

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES



**FORMACIÓN EN COMPETENCIAS DE SOSTENIBILIDAD,  
RESPONSABILIDAD SOCIAL Y ÉTICA PROFESIONAL: ESTUDIO  
DE CASOS EN INGENIERÍA INDUSTRIAL E INGENIERÍA  
INFORMÁTICA**

Tesis doctoral

Rafael Miñano Rubio

Licenciado en CC Matemáticas

2019

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE ORGANIZACIÓN,  
ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS Y ESTADÍSTICA INGENIERÍA DE  
ORGANIZACIÓN

**FORMACIÓN EN COMPETENCIAS DE SOSTENIBILIDAD,  
RESPONSABILIDAD SOCIAL Y ÉTICA PROFESIONAL: ESTUDIO  
DE CASOS EN INGENIERÍA INDUSTRIAL E INGENIERÍA  
INFORMÁTICA**

Autor:

Rafael Miñano Rubio

Licenciado en CC Matemáticas por la Universidad Complutense de Madrid

Directores:

Ana Moreno Romero

Ingeniera Industrial por la Universidad Politécnica de Madrid y Doctora en Psicología Social y de las Organizaciones por la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).

Julio Lumbreras Martín

Doctor Ingeniero Industrial por la Universidad Politécnica de Madrid

2019



*A mi padre, mi madre y mi hermana, que me quieren porque sí,  
pero creo que esta tesis les hace sentirse un poquito más orgullosos*

*A Paloma, Hayuk, Laura, Cai y Pato, por su compañía en estos años tan  
atareados y mantenerme en contacto con la Vida*

*A René y Alban, mis hermanos de otros continentes,  
con los que compartí intensamente sus etapas de doctorado*

*A mis alumnos y alumnas, porque me motivan, inspiran  
y dan sentido a mi trabajo como profesor*

*...y, especialmente, a la Vida, que nos da, nos quita  
y nos sorprende tanto.*

## Agradecimientos

Me resistí durante mucho tiempo a enfrascarme en la tarea de hacer una tesis doctoral, a pesar de la insistencia de muchos y buenos amigos. Pero la Vida enreda y confabula, y ahora me encuentro cerrando mi tesis y sintiéndome agradecido por ello. Agradecido por todo lo aprendido, por el camino recorrido, por las vivencias experimentadas, por las nuevas perspectivas, pero especialmente por las personas con las que lo he ido compartiendo.

Gracias a Ana por su dirección cercana, lúcida, paciente y honesta. También a Julio, que desde la distancia me ha transmitido su orientación, confianza y estímulo. Y a Carlos Mataix, que sirvió de catalizador para que esta tesis comenzara. Los tres abrieron caminos que me han permitido realizar este trabajo, y ahora me ofrecen también nuevas rutas y posibilidades.

Encontrar cuál fue el primer paso de esta tesis es complicado, en particular cuando se tienen más de 50 años y una gran capacidad de dispersión. Entre varios, destaco el agradecimiento a las personas de Ingeniería Sin Fronteras (ahora ONGAWA) que hace unos 15 años organizaron un curso sobre “Universidad y Educación en Valores”. Ese curso me permitió encontrar el modo y a las personas con las que vivir más plenamente mi vocación en mi lugar de trabajo. Gracias a Celia, en la entonces EUI, y al grupo de profesores de la ETSIT (Carlos, Chus, Manolo, Manu, Santiago, Valentín,...), comencé a experimentar y a disfrutar en las aulas universitarias con la educación en valores, para el desarrollo, la sostenibilidad, la responsabilidad social, la ética,... todo está relacionado.

También estoy agradecido al excepcional grupo de profesores, estudiantes y PAS con los que compartí la aventura del título propio UPM de experto en cooperación, por todo lo que aprendí con ellos en esos años y que ha sido fundamental para realizar esta tesis. A algunos ya los he nombrado, y sería muy largo nombrar a todos, pero sí quiero recordar de forma especial a Jaime Cervera, por lo que generó en la UPM como director de cooperación; a Eva Álvarez, por su amistad, entusiasmo y compartir procesos de doctorado; a Eloy, Miguel Ángel y Pedro, por haber sido y ser el apoyo entrañable en la escuela vecina del Campus Sur; a Gonzalo Fernández, estudiante del título, que más tarde me abrió a otras redes de profesorado que han sido muy importantes en esta tesis.

Cuando iba a los seminarios de Valsaín, a las JENUI, a los encuentros del EDINSOST, los grupos focales o las entrevistas, me preguntaban “¿pero ‘eso’ te sirve para tu tesis?”. Mi respuesta era “mi tesis me ha servido para poder ir a ‘eso’”. Gracias a todas las personas, entusiastas, comprometidas, listas y buenas que forman parte de estas redes, que me han acogido, inspirado, animado y orientado en estos años de doctorando, y con las que espero seguir colaborando. Gracias especiales para las que se mostraron dispuestas a formar parte del tribunal de esta tesis, para mí es un honor que algunas de ellas estén finalmente en él.

También tengo un agradecimiento especial para las personas con las que he trabajado directamente en los diferentes estudios de esta tesis. A Diego Uribe, Esperanza Vera y Miguel Ángel Rubio, por sus navegaciones por los sitios web de las universidades españolas. A Diego Pérez, Ángel, Mariaje, Celia y Eloy (de nuevo), Áurea, José Luis Llavona, Sara y Gonzalo Génova, por su colaboración y apoyo con artículos, comunicaciones o con el documento de tesis. A Inma por su orientación en los comienzos, y a Ruth y Teresa por las cuestiones administrativas. Y a todo el grupo de profesorado de las asignaturas Ingenia, en especial al del módulo de sostenibilidad (los “ambientales” Rafa, Javier, Adolfo, que no han aparecido en otros agradecimientos) y los coordinadores de “mis” Ingenia (en especial Roberto y José María). Gracias por acogerme en la ETSII, en sus aulas y permitirme “organizarles” parte de su asignatura. Ha sido un gran aprendizaje para mí.

Gracias a mis compañeros y amigos de mi departamento y escuela. Aunque no estén involucrados directamente, he recibido su interés, apoyo e ilusión por mi trabajo. Y también ganas de que acabe ya y me centre algo más en las asignaturas de mates. Gracias por liberarme de algunas tareas docentes en estos años. Y gracias especiales a Ana, Áurea y Mari Ángeles por ayudarme a última hora con los temas de formato del documento.

Agradezco a mis amigos y mi familia (en especial mi madre y hermana) su comprensión por mis ausencias y su apoyo en la distancia. Y doy gracias a las tecnologías que han facilitado conservar los lazos y mantener vivas las relaciones. Espero aumentar la frecuencia del encuentro, el abrazo en vivo y la celebración de los eventos en fecha.

A mis hijos, Hayuk y Laura, les agradezco que me hayan mantenido enganchado a la vida con su vitalidad, nuestras peleas y su apertura al mundo en estos años. A Cai, mientras estuvo, y a Pato les agradezco la salud física y mental que me han regalado a base de pasearme día a día.

Y doy gracias a Paloma, amorosa y amante compañera. Por su mirada, su escucha, sus toques de atención, su confianza en mí y en lo que hago, y por no haber sido celosa de “la otra”, a la que he dedicado tanto tiempo y atención en estos años. Es un regalo que compartas tan de cerca tu vida conmigo.

Somos muy poca cosa ante la magnitud del universo, en el espacio y en el tiempo. Pero desde esta pequeñez, es hermoso encontrarnos con otras personas y colaborar con ellas para cuidar lo que somos, para cuidar el lugar que habitamos, para soñar y trabajar juntas para construir algo mejor para los que ahora estamos y para los que vengan. Quizás sea eso, camuflado entre citas y datos, lo más esencial que me ha aportado esta tesis. Y doy gracias por ello.



# CONTENIDO

<b>RESUMEN .....</b>	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XV</b>
<b>LISTA DE ACRÓNIMOS.....</b>	<b>XXII</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Desarrollo sostenible como respuesta a los retos y desafíos globales .....	1
1.2. Papel de la universidad ante los desafíos globales.....	6
1.3. La formación de buenos profesionales de la ingeniería.....	10
1.4. Demandas externas para una formación en ingeniería adaptada a los retos actuales .	14
1.5. Justificación y motivación .....	19
1.5.1. Competencias para la responsabilidad social, sostenibilidad y ética profesional: competencias RSSE. ....	19
1.5.2. Motivación académica y práctica .....	21
1.5.3. Motivaciones personales .....	27
1.6. Objetivos, preguntas y alcance de la investigación.....	28
1.7. Enfoque metodológico. ....	29
1.8. Estructura de la tesis.....	31
<b>2. COMPETENCIAS DE SOSTENIBILIDAD, RESPONSABILIDAD SOCIAL Y ÉTICA PROFESIONAL EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR EN INGENIERÍA .....</b>	<b>35</b>
2.1. Competencias en la educación superior.....	35
2.2. Competencias para afrontar los retos del desarrollo sostenible .....	38
2.2.1. UNESCO.....	39
2.2.2. UNECE: Comisión Económica de Naciones Unidas para Europa .....	41
2.2.3. CADEP-CRUE: Grupo de Trabajo de Calidad Ambiental y Desarrollo Sostenible de la CRUE .	43
2.2.4. Otras referencias.....	44
2.3. Competencias de sostenibilidad, responsabilidad social y ética profesional en el ámbito de la ingeniería .....	45
2.3.1. Competencias RSSE en los Libros Blancos de las ingenierías informáticas e industriales. ....	48
2.3.2. Las competencias RSSE desde las agencias de acreditación en ingeniería.....	49
2.3.3. Mapas de competencias del proyecto EDINSOST.....	52
2.4. Competencias éticas para la formación en ingeniería .....	53
2.4.1. Necesidad de la ética en la formación en ingeniería .....	53
2.4.2. Competencias éticas y de responsabilidad profesional en ingeniería.....	55
<b>3. INTEGRACIÓN CURRICULAR DE LAS COMPETENCIAS RSSE .....</b>	<b>61</b>
3.1. Enfoque global para la integración curricular de las competencias RSSE.....	61

3.2. Planes estratégicos .....	63
3.3. Revisión de los planes de estudios .....	64
3.3.1. Inclusión de los principios básicos .....	66
3.3.2. Integración global de las perspectivas RSSE .....	68
3.3.3. Posibilidades de especialización .....	69
3.3.4. La iniciativa CDIO y su propuesta curricular para las ingenierías .....	70
3.4. Liderazgo académico en la gestión de recursos humanos. ....	74
3.4.1. De “abajo hacia arriba”: el rol del profesorado en la integración de las competencias RSSE en la formación universitaria .....	74
3.4.2. De “arriba hacia abajo”: la importancia del liderazgo institucional en la implicación del profesorado.....	77
<b>4. ESTRATEGIAS DOCENTES PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS DE SOSTENIBILIDAD, RESPONSABILIDAD SOCIAL Y ÉTICA PROFESIONAL .....</b>	<b>81</b>
4.1. Metodologías activas y participativas.....	81
4.2. Evaluación de competencias de sostenibilidad, responsabilidad social y ética profesional.....	87
4.3. Metodologías docentes para el desarrollo de competencias éticas .....	88
4.3.1. El estudio de casos presentados como dilemas éticos .....	88
4.3.2. Estrategias para la toma de decisiones.....	91
4.3.3. Evaluación .....	93
4.4. Metodologías docentes para el desarrollo de competencias de sostenibilidad y ética profesional en el marco del aprendizaje basado en proyectos .....	96
4.4.1. Metodologías estándar para la integración de la sostenibilidad en proyectos tecnológicos.....	97
4.4.2. Metodologías para la integración de la responsabilidad ética en proyectos tecnológicos.....	99
4.4.3. Integración de criterios de sostenibilidad y responsabilidad ética en el marco de la iniciativa CDIO	107
<b>5. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>115</b>
5.1. Introducción.....	115
5.2. Preguntas, objetivos y alcance de la investigación.....	115
5.3. Estrategia general de la investigación .....	117
5.3.1. Paradigma de la investigación .....	118
5.3.2. Diseño general del estudio de casos.....	121
5.4. Diseño metodológico para el análisis de la integración de las competencias de sostenibilidad, responsabilidad social y ética profesional en titulaciones de ingenierías informáticas e industriales. ....	124
5.4.1. Planificación .....	125
5.4.2. Recogida de datos.....	128
5.4.3. Interpretación y análisis de datos.....	132
5.4.4. Limitaciones .....	133
5.5. Enfoque metodológico para las intervenciones docentes. <i>Design-Based Research</i> ....	134

5.6. Diseño metodológico para el análisis del desarrollo de competencias de ética profesional en una asignatura obligatoria de ingenierías informáticas (caso 1).....	135
5.6.1. Diseño del modelo de intervención y la matriz de evaluación .....	137
5.6.2. Diseño cuasi-experimental.....	137
5.6.3. Recogida de datos.....	139
5.6.4. Interpretación y análisis de datos.....	140
5.7. Diseño metodológico para el análisis del desarrollo de competencias de sostenibilidad es asignaturas basadas en proyectos en titulaciones de ingeniería industrial (caso 2) .....	141
5.7.1. Metodología de investigación-acción .....	142
5.7.2. Recogida y análisis de datos .....	145
5.8. Metodología para el contraste y categorización de resultados .....	149
5.8.1. Entrevistas semiestructuradas y grupos focales.....	149
5.8.2. Planificación, desarrollo y análisis .....	152
<b>6. INTEGRACIÓN DE COMPETENCIAS RSSE EN LOS ESTUDIOS DE GRADO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL E INGENIERÍA INFORMÁTICA EN UNIVERSIDADES ESPAÑOLAS.....</b>	<b>157</b>
6.1. Introducción.....	157
6.2. Integración de los aspectos RSSE en las estrategias de las universidades.....	158
6.3. Inclusión de competencias RSSE en las competencias de los grados.....	159
6.4. Integración sistemática de las competencias RSSE en los planes de estudios.....	162
6.5. Integración holística de las competencias RSSE en los planes de estudios .....	166
6.6. Integración sistemática y holística de las competencias RSSE en los planes de estudios .....	167
6.7. Inclusión de las competencias RSSE en los temarios según el tipo de asignaturas .....	169
6.7.1. Estudio de las asignaturas de la categoría <i>Ambiental</i> .....	169
6.7.2. Estudio de las asignaturas de la categoría de <i>Seguridad</i> .....	170
6.7.3. Estudio de las asignaturas de la categoría de <i>Economía y Empresa</i> .....	172
6.7.4. Estudio de las asignaturas de la categoría de <i>Humanidades</i> .....	174
6.7.5. Estudio de las asignaturas de la categoría <i>Mixtas</i> .....	177
6.7.6. Estudio de las asignaturas de la categoría <i>Otras</i> .....	178
6.7.7. Estudio de las asignaturas de la categoría de <i>Proyectos</i> .....	179
6.7.8. Estudio del Trabajo Fin de Grado.....	181
6.8. Análisis global .....	183
6.8.1. Enfoque holístico de las competencias RSSE .....	186
6.8.2. Integración sistemática de las competencias RSSE .....	188
6.8.3. Experiencias relevantes e inspiradoras.....	189
6.9. Conclusiones .....	190
<b>7. ESTUDIO DE CASO. DESARROLLO DE COMPETENCIAS DE ÉTICA PROFESIONAL Y RESPONSABILIDAD SOCIAL EN TITULACIONES DE INGENIERÍA INFORMÁTICA.....</b>	<b>195</b>
7.1. Introducción.....	195
7.2. Contexto académico .....	196

7.3. Modelo de intervención .....	198
7.3.1. Matriz de evaluación.....	199
7.3.2. Intervención.....	204
7.4. Efectividad de la intervención .....	205
7.4.1. Progresos en las componentes básicas .....	205
7.4.2. Conocimiento y uso de códigos éticos profesionales.....	208
7.4.3. Análisis de otros factores.....	210
7.4.4. Percepción del alumnado .....	212
7.5. Conclusiones .....	214
<b>8. ESTUDIO DE CASO. DESARROLLO DE COMPETENCIAS DE SOSTENIBILIDAD EN ASIGNATURAS BASADAS EN PROYECTOS EN TITULACIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL. ..</b>	<b>217</b>
8.1. Introducción.....	217
8.2. Contexto académico .....	219
8.2.1. Las asignaturas <i>Ingenia</i> .....	221
8.3. Planteamiento inicial .....	224
8.3.1. Modelo conceptual .....	224
8.3.2. Propuesta metodológica.....	230
8.4. Acción: implementación en la docencia.....	232
8.5. Observación: seguimiento y evaluación .....	234
8.5.1. Cuestionario de conocimientos sobre responsabilidad profesional e impactos de la ingeniería.....	234
8.5.2. Cuestionario de autopercepción de capacidades para integrar la sostenibilidad en proyectos .....	236
8.5.3. Cuestionarios sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje. ....	238
8.6. Reflexión: cambios introducidos y valoraciones .....	251
8.6.1. Cambios introducidos a lo largo del proceso.....	252
8.6.2. Valoraciones por parte de los coordinadores de las asignaturas <i>Ingenia</i> .....	256
8.7. Conclusiones .....	258
<b>9. CONTRASTE DE RESULTADOS Y CATEGORIZACIÓN SEGÚN LAS PERSPECTIVA DE PLANES DE ESTUDIOS, DOCENTE E INSTITUCIONAL.....</b>	<b>265</b>
9.1. Introducción.....	265
9.2. Perspectiva de los planes de estudios .....	267
9.2.1. Integración holística y sistemática de competencias RSEE en planes de estudios.....	268
9.2.2. Trabajo de los conceptos fundamentales en asignaturas de <i>Humanidades</i> .....	270
9.2.3. Aplicación e integración de criterios de <i>RSSE</i> en asignaturas de <i>Proyectos y TFG</i> . ....	272
9.2.4. Trabajo de competencias <i>RSSE</i> de forma transversal.....	273
9.3. Perspectiva docente .....	274
9.3.1. Competencias .....	274
9.3.2. Metodologías .....	277
9.3.3. Evaluación .....	280

9.3.4. Profesorado .....	281
9.4. Perspectiva institucional y organizativa .....	286
9.4.1. Estrategias institucionales para la integración de las competencias RSSE en la práctica docente: dos casos.....	290
9.5. Conclusiones .....	296
<b>10. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS.....</b>	<b>301</b>
10.1. Contribuciones.....	301
10.2. Logro de los objetivos de investigación.....	304
10.2.1. Objetivo OE1: descripción de las competencias RSSE en los actuales planes de estudios	304
10.2.2. Objetivo OE2: analizar la efectividad de intervenciones docentes en competencias RSSE	306
10.2.3. Objetivo OE3: síntesis y contraste de resultados.....	308
10.3. Reflexiones y respuestas a la pregunta de investigación .....	309
10.3.1. Perspectiva de los planes de estudios .....	310
10.3.2. Perspectiva docente.....	315
10.3.3. Perspectiva institucional .....	318
10.4. Limitaciones .....	322
10.5. Futuras investigaciones y líneas de trabajo.....	323
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>329</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>355</b>
ANEXO 1. Información y resultados relativos al estudio exploratorio sobre la integración de las competencias RSSE en los estudios de grado de ingenierías industriales e informáticas de universidades españolas. ....	355
ANEXO 1.1. Universidades y titulaciones de las que se han estudiado sus estrategias y planes de estudio.....	356
ANEXO 1.2. Otras competencias RSSE: titulaciones de grado específicas, titulaciones de máster y redacciones propias de cada universidad .....	359
ANEXO 1.3. Titulaciones de referencia de trabajo sistemático y holístico en competencias RSSE.	365
ANEXO 1.4. Asignaturas de referencia de todas las categorías estudiadas. Aspectos cualitativos relevantes.....	389
ANEXO 2. Información relativa al estudio de caso sobre el desarrollo de competencias de ética profesional y responsabilidad social en titulaciones de ingeniería informática. ....	411
ANEXO 2.1. Guía de Aprendizaje del curso 2013-14 de la asignatura de Aspectos Jurídicos, Profesionales, Éticos y Legales. ....	412
ANEXO 2.2. Enunciado de las pruebas pre-test y post-test. ....	418
ANEXO 2.3. Enunciados de las actividades propuestas para realizar por el alumnado.....	420
ANEXO 3. Información relativa al estudio de caso sobre el desarrollo de competencias de sostenibilidad en asignaturas basadas en proyectos en ingeniería industrial.....	423
ANEXO 3.1. Guía Docente del módulo de sostenibilidad para las asignaturas Ingeniería .....	424
ANEXO 3.2. Evolución de la guía para el alumnado en relación a las competencias de sostenibilidad .....	428
ANEXO 3.3. Evolución del formato del documento de sostenibilidad.....	436

ANEXO 3.4. Resultados del cuestionario de evaluación del proceso docente de todas las asignaturas ingenia .....	440
ANEXO 4. Grupos de discusión y entrevistas .....	443
ANEXO 5. Informe de méritos .....	455





## RESUMEN

A lo largo de las últimas décadas, se ha visto que ni las respuestas a los retos sociales y ambientales globales, ni su implementación, son simples ni evidentes en el complejo marco de la globalización actual. Las problemáticas son multicausales y afectan a muy diversos actores: gobiernos, empresas, sindicatos, sociedad civil, e instituciones de enseñanza. Cada uno de ellos tiene sus propias vías para intervenir en el proceso. En particular, desde muy diversos ámbitos, se reconoce la responsabilidad de las universidades para abordar estos retos, y la necesidad de sus aportaciones desde su triple misión formadora, investigadora y de transferencia de conocimiento a la sociedad.

Tanto los informes internacionales como los estudios de diagnóstico de las universidades españolas sobre la incorporación de la sostenibilidad en la universidad reflejan que las mayores barreras y dificultades de cambio se encuentran en el ámbito de la docencia, a pesar de que se observen progresos en la atención a los aspectos pedagógicos y de integración en los planes de estudios (Capítulo 1).

Aún se está lejos de conseguir una orientación del currículo universitario hacia el desarrollo sostenible; hay muchas lagunas en los planes de estudios y pocos ejemplos de cambio curricular a gran escala. Además, la mayoría de las experiencias son aisladas y con una baja incidencia en la elaboración de planes formativos a nivel general, no alcanzando a todo el alumnado. Cuando el análisis se realiza desde la perspectiva de las competencias de ética profesional y de responsabilidad social, muy relacionadas con las competencias necesarias para afrontar los retos del desarrollo sostenible de la sociedad globalizada actual, se llega a resultados similares.

Esta situación refleja la pertinencia de desarrollar experiencias e investigaciones que sirvan de referencia para la integración efectiva y sistemática de estas competencias en los planes de estudios de las titulaciones universitarias. La complejidad de estas temáticas implica que los modelos docentes elegidos han de aportar una visión holística y sistémica, generar espacios para la reflexión, y herramientas para abordar problemas abiertos incorporando modos de pensar y criterios “no técnicos”.

En la investigación realizada se abordan algunos de estos retos con el fin de contribuir a la mejora de la formación de los estudiantes de ingenierías en competencias de responsabilidad social, sostenibilidad y ética profesional. Para ello, se han integrado esas distintas perspectivas en un mismo marco de desarrollo de competencias, que se ha denominado “competencias RSSE” para simplificar la redacción. Con ello, se espera que los resultados que aporte esta investigación se puedan adaptar a las características particulares de cada entorno académico. En el ámbito docente, el nexo de unión entre estos tres enfoques es el objetivo común de contribuir a la formación integral de estudiantes de ingeniería, para que sean conscientes y responsables de las implicaciones de su actividad

profesional en el contexto global; un contexto en el que las tecnologías juegan y jugarán un papel destacado.

La **principal contribución** de la investigación es aportar referencias y propuestas sobre cómo integrar las competencias RSSE en los planes de estudios de forma holística, completa, sistemática y efectiva, dentro del actual contexto académico español de las titulaciones de ingeniería. Estas propuestas se han elaborado desde la práctica y para la práctica. Los resultados en los que se fundamentan se han recogido del análisis de los actuales planes de estudio de titulaciones de ingeniería de universidades españolas, de intervenciones docentes en distintos contextos académicos, y del diálogo con profesorado y alumnado universitario. El **objetivo final** es contribuir a la transformación de la universidad para que sea un agente proactivo y eficaz para afrontar los desafíos globales.

Para que la investigación fuera viable, se determinó su **alcance** a los casos de las ingenierías industriales e informáticas. No obstante, algunos de sus resultados se pueden extrapolar a otras ingenierías y otros contextos académicos universitarios.

En particular, se han definido tres objetivos específicos:

- describir cómo los actuales grados de ingenierías industriales e ingenierías informáticas están integrando en la docencia las competencias RSSE, atendiendo de forma especial si se hace de forma holística y sistemática a lo largo del plan de estudios, e identificando buenas prácticas y modelos de referencia;
- analizar la efectividad de metodologías completas para desarrollar competencias RSSE en contextos docentes concretos;
- sintetizar los resultados y elaborar una serie de propuestas desde una triple perspectiva: planes de estudios, práctica docente, y acciones institucionales y de organización.

Para desarrollar el trabajo de investigación se ha optado por un **enfoque metodológico** desde el paradigma del pragmatismo, utilizando tanto métodos cuantitativos como cualitativos. Así, se ha elegido un diseño de estudio de caso múltiple, planteando tres estudios, desarrollados en paralelo, que analizan la práctica docente desde distintas perspectivas y siguiendo metodologías de investigación diferentes (capítulo 5).

Desde la perspectiva de los planes de estudio, se ha realizado una investigación exploratoria sobre cómo se están integrando las competencias RSSE en el currículo de titulaciones de ingenierías informáticas e industriales en 25 universidades españolas. Siguiendo una metodología basada en técnicas de *benchmarking*, se ha profundizado hasta el nivel de los temarios y prácticas docentes de las asignaturas. Además, se han identificado experiencias inspiradoras que han servido de referencia para inferir propuestas e identificar factores de éxito (capítulo 6).

Desde la perspectiva docente, se han analizado dos intervenciones en contextos diferentes con metodologías diferentes: una asignatura obligatoria de primer curso de ingeniería informática para desarrollar competencias de ética profesional (capítulo 7) y una asignatura obligatoria de máster para desarrollar competencias de sostenibilidad en proyectos de ingeniería industrial (capítulo 8).

En ambos casos, las experiencias se alinearon con los objetivos, los resultados de aprendizaje y la evaluación de dichas asignaturas. Se ha seguido un marco metodológico común, basado en el *design-based research*, adaptándolo a las condiciones de cada contexto. En el primer caso, se utilizó un diseño cuasi-experimental para analizar el progreso de los estudiantes a partir de los resultados obtenidos en dos semestres consecutivos. En el segundo caso, se ha hecho un estudio longitudinal con una metodología de investigación-acción a lo largo de tres cursos académicos.

A partir de los resultados, análisis y conclusiones de los estudios, se realizó un proceso de reflexión y síntesis de dichas conclusiones, apoyado en entrevistas semiestructuradas a expertos y diversos grupos de discusión. Además, esta última fase se ha orientado también a identificar aspectos clave relativos a las acciones institucionales y de organización que pueden contribuir más eficazmente a la integración de las competencias RSSE en la formación universitaria (capítulo 9).

Los **resultados y propuestas** fruto de la investigación realizada se presentan agrupadas en las distintas perspectivas consideradas: planes de estudio, práctica docente e institucional

Desde la **perspectiva de los planes de estudio**, la investigación muestra la existencia de una gran diversidad de modelos, en función del tipo de titulación, del tipo de asignaturas en donde se integran las competencias RSSE o de los distintos tipos de temáticas que se trabajan. No obstante, se han observado algunas características generales. En las ingenierías informáticas, el trabajo de las competencias RSSE suele concentrarse en las asignaturas de aspectos sociales, éticos y legales, y hay un déficit de tratamiento de los aspectos ambientales. En las ingenierías industriales, se ha observado que se trabajan competencias RSSE en una mayor variedad de asignaturas, en especial en las relativas a tecnologías ambientales y proyectos, y los aspectos éticos son los que menos aparecen explícitamente. En ambos casos, dichas características reflejan las recomendaciones recogidas en los Reales Decretos y Libros Blancos relativos a esas titulaciones.

En cuanto al modo de integrar las competencias RSSE en los planes de estudio, se han seleccionado algunos ejemplos concretos de currículos que integran las distintas dimensiones de las competencias RSSE y lo hacen en diferentes momentos del mismo. A partir de los resultados de la investigación, se considera que un modelo apropiado y factible para que un plan de estudios de ingeniería integre de forma holística y sistemática el desarrollo de competencias RSSE debería de apoyarse en tres pilares:

- la inclusión de los principios de la sostenibilidad, la ética profesional y la responsabilidad social en materias obligatorias;
- la integración de dichos principios en asignaturas aplicadas de proyectos y los trabajos de fin de titulación, y
- el trabajo transversal en otros momentos del plan de estudios.

Este modelo es compatible con las estructuras actuales del currículo de las ingenierías y las competencias definidas en los mismos. Se ha observado que las asignaturas existentes del ámbito de las humanidades, de proyectos y el Trabajo Fin de Grado, son muy apropiadas para desarrollar un enfoque holístico y reflexivo. Además, se considera que la presencia de asignaturas del área de economía y empresa en todas las titulaciones es una oportunidad para trabajar en ellas las competencias RSSE. Se han encontrado interesantes ejemplos que lo hacen, bien desde el enfoque de la responsabilidad social o desde el análisis crítico de los modelos de negocio y de desarrollo económico.

El principal reto identificado es lograr que la presencia de las competencias RSSE en el plan de estudios no sea algo aislado y puntual, en función de las iniciativas particulares del profesorado, sino que se trabajen de forma coherente y sistemática a lo largo del mismo. Para afrontarlo, la existencia de mapas de competencias, que asignan y visibilizan su trabajo en asignaturas concretas, se ha visto como un instrumento eficaz.

Desde la **perspectiva de la práctica docente**, una primera contribución de esta tesis es un modelo conceptual y un modelo metodológico que se han mostrado eficaces para el trabajo de competencias RSEE en diversos contextos.

El modelo conceptual pretende potenciar la visión holística y facilitar que los estudiantes amplíen su mirada a la hora de abordar proyectos tecnológicos. Este modelo complementa las tres dimensiones básicas de la sostenibilidad (económica, social y ambiental) planteando “por qué” (aportando fundamentos éticos), “para quiénes” (incluyendo en los análisis a los diferentes grupos de interés) y “para qué” (fomentando una visión estrategia orientada a la creación de valor compartido), y propone su consideración a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.

El modelo metodológico está basado en tres aspectos básicos – identificar, analizar, aplicar – que sintetizan las propuestas de muy diversas fuentes para integrar aspectos éticos y sociales en proyectos tecnológicos. Además, recoge algunas de las características que, a partir de los resultados de las intervenciones y su contraste en los grupos y entrevistas, se han considerado más apropiadas para potenciar la reflexión y la visión holística: flexibilidad para adaptarse al contexto académico e intereses del alumnado, tratando de acercarle a la realidad profesional; simplicidad, y alineamiento de las actividades con los métodos de evaluación, priorizando el favorecer la implicación y motivación de los estudiantes frente a la obtención de una valoración cuantitativa.

Los análisis cuantitativos y cualitativos realizados sobre las dos intervenciones docentes, basadas en dichos modelos, reflejan progresos en el desarrollo de las competencias RSSE. En el primer caso, destacan las mejoras en la identificación de problemáticas éticas y la utilidad de los códigos deontológicos. En el segundo, se han observado progresos en la visión global, en la conciencia de la importancia de la sostenibilidad en el desarrollo de proyectos de ingeniería y la actitud para promover impactos positivos.

Además, en el ámbito docente, esta tesis también aporta referencias de asignaturas de muy diversos tipos que pueden ser inspiradoras para trabajar las competencias RSSE en titulaciones de ingeniería desde un enfoque holístico y reflexivo.

Otro factor que se considera clave, tanto a partir de las intervenciones como de los grupos y entrevistas, es la motivación y la formación del profesorado para llevar a cabo la adaptación a cada contexto. Además, el alumnado valora especialmente su papel orientador en el proceso de aprendizaje. Si se quiere transmitir una visión holística, el reto es trabajar de forma continua y coordinada, en grupos de trabajo que integren distintos perfiles, armonizando las distintas visiones y capacidades que tiene el profesorado en relación a la sostenibilidad, la ética o la responsabilidad social.

Por último, desde la **perspectiva institucional**, el gran reto es la transformación de la propia cultura de la universidad y la transformación personal de los profesionales que forman parte de ella.

Para llevar a cabo dicha transformación, una primera propuesta es partir de las iniciativas ya existentes – planes estratégicos de calidad, responsabilidad social universitaria o de sostenibilidad, acreditaciones internacionales, proyectos de investigación orientados a retos sociales y ambientales – y alinear con ellas la integración de las competencias RSSE en los planes de estudios, visibilizándolas. Además, es necesario definir los indicadores adecuados para realizar un seguimiento de las acciones previstas, una evaluación de los objetivos y una rendición de cuentas sobre los mismos, potenciando su continuidad y mejora. Una práctica que se ha mostrado eficaz es la creación de comisiones de competencias transversales (o de la figura de responsable de competencias transversales), cuya misión es coordinar su inclusión a lo largo del plan de estudios de forma sistemática y coherente. Esta práctica se apoya en la existencia de mapas de competencias, ya mencionados anteriormente.

En relación al apoyo al profesorado, se resalta la importancia de la formación y la existencia de equipos de trabajo que sirvan como referentes para el profesorado, estudiantes y los propios gestores académicos. De nuevo, se propone aprovechar iniciativas formativas ya en marcha – formación en competencias, en trabajo interdisciplinar, formación inicial de profesorado, formación sobre investigación e innovación responsable, etc. – para integrar en ellas la formación de profesorado en competencias RSSE. El apoyo institucional es esencial para facilitar la formación, continuidad, visibilidad y reconocimiento de los equipos de trabajo.

Un factor que se considera clave en la transformación de la cultura universitaria es la apuesta institucional por una mayor flexibilidad en la organización docente para facilitar el trabajo interdisciplinar y transdisciplinar, interdepartamental e intercentros, y superar así la rigidez de las estructuras disciplinares. Un instrumento que se ha visto eficaz es la existencia de espacios de encuentro interdisciplinares que incluyen a actores no académicos que favorecen el intercambio de experiencias y promueven acciones de transformación. Los retos planteados por el desarrollo sostenible y la complejidad de los mismos, pueden ser una gran oportunidad para la promoción de dichos espacios.

Tomando las distintas perspectivas en conjunto y buscando las palabras clave que pudieran sintetizar los resultados de esta tesis, dichas palabras clave podrían ser **complejidad** y **responsabilidad**.

Se propone asumir la complejidad, tanto de la temática en sí misma y de las competencias necesarias para abordar sus problemáticas, como del contexto en el que se tienen que implementar las propuestas de cambio. Esto implica tener en cuenta múltiples factores y múltiples actores, asumir que es un proceso que requiere tiempo, cambios en la cultura institucional y generar nuevos espacios, hábitos y modos de actuar. La propuesta es no introducir más complejidad al sistema, alinearse con lo que ya está en marcha, identificando las palancas y oportunidades existentes, y aprovecharlas para afrontar los retos que se plantean. No se pretende incrementar el trabajo sino reorientarlo hacia los objetivos que se persiguen.

En las intervenciones y en el trabajo con los grupos y entrevistas, se ha visto la relevancia de transmitir el sentido de responsabilidad como lo más específico de las competencias RSSE. En el ámbito específico de los estudios de ingeniería, se considera fundamental ampliar la visión, potenciar la reflexión y la conciencia de las implicaciones de la actividad profesional, presentando la sostenibilidad, la responsabilidad social y la ética como algo intrínseco a dicha actividad.

Las propuestas que se aportan desde las distintas perspectivas se plantean, por tanto, desde un doble enfoque de responsabilidad. Responsabilidad profesional como miembros de la comunidad universitaria y responsabilidad social de la universidad como institución al servicio de la sociedad. Una institución que desempeña un rol crucial para afrontar los retos globales actuales, en particular la formación de ciudadanos y profesionales responsables. Dicho enfoque no se centra tanto en el aspecto de las obligaciones, sino en la oportunidad que representa para crear valor compartido y aportar un factor de calidad a la formación de los estudiantes, al trabajo del profesorado y a la propia institución universitaria.

## ABSTRACT

The past few decades have shown that the answers to global social and environmental challenges are neither simple, clear nor easy to implement in today's complex globalised society. The problems are multi-causal and affect many different actors: governments, companies, trade unions, civil society, and educational institutions, each with its own way of influencing the process. In particular, the responsibility of higher education institutions in addressing these challenges is widely recognized, as is the requirement that they contribute through their triple mission of training, research and transferring knowledge to society.

Both international reports and diagnostic studies of Spanish universities on the incorporation of sustainability in higher education show that the greatest barriers and resistance to change are to be found in the field of teaching, despite the fact that some progress has been observed (Chapter 1).

Much remains to be done to reorient university curricula towards sustainable development; study programs are incomplete and there are few instances of large-scale curricular changes. Moreover, most cases are isolated, have little impact on the overall training program, and fail to reach all students. Similar outcomes are observed when an analysis is done from the perspective of professional ethics and social responsibility - skills which are closely related to the competencies required to face the challenges of sustainability.

Given this situation, it is important to conduct research so as to manage an effective and systematic integration of those skills and competencies into university degrees. Besides, the very complexity of these topics means that teaching models must promote a holistic and systemic vision, as well as open up spaces for reflection and create tools to address open problems that incorporate "non-technical" criteria and ways of thinking.

This research addresses some of these challenges and aims to contribute to an improvement in the training of engineering students in the competencies for social responsibility, sustainability, and professional ethics. These different perspectives have been integrated into the same competencies-development framework which I have called "RSSE competencies" (an acronym of the Spanish term *Responsabilidad Social, Sostenibilidad y Ética*). It is hoped that the results of this research can be adapted to the specific characteristics of each academic context. In the field of teaching, the three approaches share the common goal of contributing to the comprehensive training of engineering students, who are to become aware of and responsible for the impact of their professional activity in a global context; a context in which technology plays a prominent role.

The main **contribution** of the research is to provide points of reference and proposals on how to integrate RSSE competencies into engineering curricula in the current academic context of Spanish university degrees, in a way that is holistic, comprehensive, systematic and effective. These proposals have been developed from practice and for practice. The

results on which they are based have been reached by analysing the current curricula of engineering degrees at various Spanish universities, by analysing teaching practices in different academic contexts, and through dialogue with university professors and students. The **final goal** is to contribute to the transformation of universities so that they may become proactive and effective agents in facing global challenges.

The research has focused on case studies on industrial and computer engineering degrees. However, some of its results can be extrapolated to other engineering degrees or academic university contexts. In particular, three **specific objectives** have been defined:

- to describe how the current programs of both industrial and computer engineering degrees are integrating RSSE competencies into their teaching, specifically analysing whether this is done holistically and systematically throughout the curriculum, and identifying good practices and reference models;
- to analyse the effectiveness of comprehensive teaching methodologies in developing RSSE competencies in specific academic contexts;
- to synthesize the results and define proposals from a triple perspective: curriculum, teaching practices, and institutional and organizational actions.

The **methodology** is based on a practical paradigm, combining both quantitative and qualitative methods. Hence, a multiple-case-study design has been chosen, with three different pieces of research developed in parallel, analysing teaching practices from different perspectives and following different research methodologies (Chapter 5).

Regarding the curriculum, exploratory research has been carried out to discover how RSSE competencies are being integrated into the programs of both industrial and computer engineering degrees in 25 Spanish universities. The curriculum, the syllabus, and teaching practices of the given courses have been analysed using a methodology based on benchmarking techniques. Inspiring examples have also been identified and used as a reference on which to base proposals and identify success factors (Chapter 6).

Regarding teaching, two practices were analysed in different contexts and using different methodologies: a compulsory course for freshmen of computer engineering degrees aimed at developing professional ethics skills (Chapter 7); and a compulsory course for students of a Master's for developing competencies for sustainability of industrial engineering projects (Chapter 8).

In both cases, these teaching practices were aligned with the objectives, learning outcomes and assessment of the courses in which they were taught. A common methodological framework was applied, using design-based research, but different methods were used to adapt the research to the actual conditions of each context. In the first case, a quasi-experimental design was used to analyse the students' progress based on the results obtained in two consecutive semesters. In the second case, a longitudinal study was developed using an action-research methodology over three academic years.

The results, analysis, and conclusions of the studies led to a process of reflection and synthesis, which was supported by semi-structured interviews with experts and focus groups. This last phase also aimed to identify key aspects of institutional and organizational actions that can contribute more effectively to integrating RSSE competencies into university education (Chapter 9).

The results and proposals obtained from the research are presented in accordance with the different perspectives considered: curriculum, teaching and institutional.

From the **curriculum perspective**, the research reveals the existence of a great diversity of models, depending on the degree, the courses integrating RSSE competencies and the particular topics that are considered. However, some general characteristics have been observed. In the computer engineering degrees, the RSSE competencies are usually included in specific courses about social, ethical and legal issues, and a significant lack of environmental issues has been observed. In the industrial engineering degrees, work on RSSE competencies is present in a greater variety of courses, especially those related to environmental technologies and projects, but ethical issues do not usually appear explicitly. In both cases, these characteristics reflect certain government recommendations made during the process of defining the new degrees for the European Higher Education Area.

With regards to how RSSE competencies have been embedded into the curriculum, examples have been selected to illustrate the different aspects of RSSE competencies included in various different courses. The results of the research suggest that an appropriate and feasible model for holistically and systematically developing RSSE competencies within the engineering programs should be based on three pillars:

- including the principles of sustainability, professional ethics and social responsibility in mandatory courses;
- explicitly including such principles in project courses and, specifically, in capstone projects;
- transversally embedding RSSE topics into appropriate courses of the study programs.

This model is compatible with the current engineering curricula and the skills defined in them. It has been observed that existing courses in the domain of both the humanities and the engineering projects, as well as the capstone project are very appropriate areas for developing a holistic and reflective approach. Furthermore, the presence of economics and business courses in every engineering program is considered an opportunity for working on RSSE competencies. Some interesting examples have been found, which address RSSE topics either from a social responsibility perspective or through a critical analysis of business models and economic development.

The main challenge identified is that of ensuring that RSSE competencies are not integrated into the curriculum on isolated occasions due to the individual initiatives of teaching staff, but rather that they are developed consistently and systematically throughout. The use of

competencies maps, which assign and indicate which competencies are included in each course, has been seen as an effective tool to address this challenge.

From a **teaching practice perspective**, the first contribution of this thesis is to provide a conceptual model and a methodological model, which have both proved to be effective in developing RSSE competencies in different contexts.

The conceptual model aims to foster a more holistic view and to help students broaden their perspective when undertaking technological projects. This model complements the three basic dimensions of sustainability (economic, social and environmental) by encouraging reflection on the "why" (providing ethical foundations), "for whom" (including stakeholders in the analyses), and "for what" (fostering a strategic vision for the creation of shared value). The model also proposes that these dimensions be considered throughout the whole life cycle of the project.

The methodological model is based on three basic steps - identify, analyse, apply - that synthesize proposals from very diverse sources in order to integrate ethical and social issues into technological projects. It also includes some of the characteristics which the results of the studies and their discussion in groups and interviews showed to be useful in promoting reflection and a holistic approach: flexibility in adapting to the academic context and to students' interests, bringing them in line with the realities of the professional world; simplicity; and aligning activities to assessment methods, prioritizing the students' involvement and motivation as opposed to merely obtaining a quantitative grade.

The quantitative and qualitative analyses of the two teaching practices, based on these models, show progress in the development of RSSE competencies. In the first case, there are clear improvements in identifying ethical issues and the usefulness of deontological codes. In the second, significant progress has been observed in the global view, in awareness of the importance of sustainability when developing engineering projects, and in the attitude to promoting positive impacts.

Furthermore, and with regards to teaching, this thesis also refers to very different courses that can serve as an inspiration for working on RSSE competencies in engineering degrees with a holistic and reflective approach.

As was expected, the motivation and training of professors have emerged as key factors, both in the studies and in the groups and interviews. They are essential for adapting the learning activities related to RSSE competencies to both the academic context and to students' interests. Our students especially value the guiding role of professors in the learning process. When the goal is to instil a holistic view, the challenge is to harmonize the different visions and capacities that teachers currently have in relation to sustainability, ethics or social responsibility, and to work in groups with a diversity of profiles in a continuous and coordinated way.

Finally, from an **institutional perspective**, the main challenge is to transform the university culture and to foster a personal transformation in those involved in the learning process.

To bring about this transformation, a good starting point is to build on existing initiatives: strategic quality plans, sustainability plans, university social responsibility strategies, international accreditations, research projects oriented towards social and environmental challenges. These initiatives should include the incorporation of RSSE competencies into the curricula, which gives these competencies greater visibility. Appropriate indicators should also be defined to follow up on the planned actions, in order to assess and report on the outcomes, as this will reinforce their continuity and improvement. A practice that has proven effective is the appointment of either committees or persons responsible for cross-cutting competencies, whose mission is to ensure that these competencies are included throughout the curriculum in a systematic and coherent way. Use of the aforementioned competencies maps has also proven successful.

Regarding institutional support to professors, we wish to highlight the importance of teacher training, and the existence of working groups that serve as a reference for professors, students and the academic managers themselves. Again, our proposal is to make use of existing training initiatives – on skills-based learning, interdisciplinary work, responsible research, innovation training, initial teacher training, etc. – and to embed RSSE competencies into them. Institutional support is also essential to facilitate the training, continuity, visibility, and recognition of working groups.

An institutional commitment to promoting greater flexibility in how teaching is organised is considered a key factor in the transformation of Spanish university culture. This flexibility should facilitate interdisciplinarity and transdisciplinarity, interdepartmental and interinstitutional cooperation, thereby overcoming the rigidity of the disciplinary structures. The existence of interdisciplinary meeting spaces, open to non-academic agents, has been identified as an effective tool. Such places foster the exchange of experiences and promote transformative actions. The challenges posed by sustainable development and the complexity thereof can be a great opportunity for promoting these spaces.

After taking into account the various perspectives, two key words that could summarise the conclusions of this thesis are **complexity** and **responsibility**.

Complexity has to be tackled: the complexity of the matter itself, the complexity of the skills required to address its challenges, and the complexity of the academic context where the changes have to be implemented. This means that multiple factors and multiple actors have to be taken into account, that the process will take time, that changes must be made to the institutional culture, and that new spaces, habits, and behaviours must be generated. The general proposal is not to introduce more complexity into the system, but to align actions with existing strategies, and to identify and take advantage of existing leverages and

opportunities so as to address identified challenges. The aim is not to increase the workload but to reorient it towards the pursued goals.

Among the various studies developed in this thesis, instilling a sense of responsibility has been identified as the most specific of the RSSE competencies. In engineering education, it is essential to present sustainability, social responsibility, and ethics as something intrinsic to the profession, opening up perspectives beyond purely technical issues, and fostering reflection on and awareness of the impact of engineering on society.

The proposals reached from these different perspectives arise, therefore, from a dual approach to responsibility: professional responsibility as members of the university community, and social responsibility of the university as an institution at the service of society. The university plays a critical role in addressing current global challenges, including the training of responsible citizens and professionals. The focus is not so much on obligations, but on opportunities for creating shared value and for delivering quality to the training of students, as well as to the professional activity of the faculty and to the university institution itself.



# LISTA DE ACRÓNIMOS

ABET: Accreditation Board for Engineering and Technology  
ACM: Association for Computer Machinery  
ACV: Análisis de Ciclo de Vida  
ACV-S: Análisis de Ciclo de Vida Social  
CADEP: Comisión de Calidad ambiental, el desarrollo sostenible y la prevención de riesgos de la CRUE (ahora comisión CRUE-Sostenibilidad)  
CCV: coste del ciclo de vida  
CDIO: Iniciativa CDIO (Concebir, Diseñar, Implementar, Operar)  
CEAB: Canadian Engineering Accreditation Board  
CICUE: Comisión de Internacionalización y Cooperación de las Universidades.  
CRUE: Conferencia de Rectores de la Universidad Española  
CTI: Commission des Titres d'Ingénieur de Francia  
CTS: Ciencia, Tecnología y Sociedad  
DBR: Design-Based Research  
DIT: Defining Issues Test  
DPC: Decision Process Checklist  
DS: Desarrollo sostenible  
EDINSOST: Proyecto Educación e innovación social para la sostenibilidad. Formación en las Universidades españolas de profesionales como agentes de cambio para afrontar los retos de la sociedad.  
EEES: Espacio Europeo de Educación Superior  
EFQM: European Foundation for Quality Management  
ENAE: European Network for Accreditation of Engineering Education  
EPS: Semestre Europeo de Proyectos  
ESD: Educación para el Desarrollo Sostenible  
ESIT: Engineering and Science Issues Test  
ETSII-UPM: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la UPM  
ETSISI-UPM: Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sistemas Informáticos de la UPM  
EWB: Engineers Without Borders  
FIB-UPC: Facultat d'Informàtica de Barcelona de la Universitat Politècnica de Catalunya  
IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers  
IES: Instituciones de educación superior  
ITD-UPM: Centro de Innovación en Tecnología para el Desarrollo Humano de la UPM  
LCSA: Life Cycle Sustainability Assessment  
MCDA: Multi Criteria Decision Analysis  
OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico  
ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible  
PDI: Personal Docente e Investigador  
PMEAR: Pittsburgh-Mines Engineering Ethics Assessment Rubric

RRI: Responsible Research and Innovation

RSC: Responsabilidad Social Corporativa

RSE: Responsabilidad Social Empresarial

RSSE: competencias para la responsabilidad social, la sostenibilidad y la ética profesional

TFG: Trabajo Fin de Grado

TFM: Trabajo Fin de Máster

UE4SD: University Educator for Sustainable Development Project

UNECE: Comisión Económica de Naciones Unidas para Europa

UNEP: United Nations Environment Programme

UNESCO: Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

UPM: Universidad Politécnica de Madrid



# 1. INTRODUCCIÓN

Este capítulo presenta en primer lugar una breve descripción del contexto global en el que se enmarca la investigación de esta tesis. Partiendo de una perspectiva general, se explican algunos de los retos y desafíos actuales más relevantes para identificar las características específicas que se consideran necesarias para formar a los profesionales de la ingeniería que han de afrontar dichos retos. Para ello, se reflexiona sobre el papel de la universidad y lo que puede considerarse un buen profesional de la ingeniería en la sociedad global actual. A partir de esas reflexiones, se explican los aspectos clave que justifican la investigación realizada en esta tesis, presentando a continuación sus objetivos y la pregunta de investigación, el enfoque metodológico elegido y, para finalizar, el modo en el que se estructura este documento.

## 1.1. Desarrollo sostenible como respuesta a los retos y desafíos globales

El mundo actual se muestra como un amplio mosaico de relaciones, nexos, vínculos económicos y sociales, que configuran una **realidad compleja**. Ha dejado de ser un conjunto de sociedades más o menos independientes para convertirse de lleno en un sistema articulado de subsistemas que, a través de mecanismos complejos, se relacionan y condicionan recíprocamente. Ha quedado atrás la “cartografía” en la que el mundo aparecía de forma ordenada y los nuevos mapas que describen la organización de nuestro planeta presentan un modelo articulado en redes que deja obsoletos los viejos límites y fronteras (Castells 2010 y 2012; González Gilmas 2008; Murga-Menoyo y Novo 2017; Robertson 2003).

En las últimas décadas, el crecimiento económico en varias partes del mundo ha sacado a millones de personas de la pobreza, y también se han logrado avances tecnológicos importantes que han cambiado radicalmente la manera en que la gente se comunica, organiza, socializa, aprende y participa como ciudadanos de sus países y del mundo. Sin embargo, el progreso en el desarrollo humano – considerando éste más allá de la dimensión económica – ha sido desigual. El informe “El futuro que queremos para todos” (UN 2012), que sirvió de base para el diseño de la actual agenda de desarrollo, la Agenda 2030<sup>1</sup>, recoge algunos de los **retos más relevantes** teniendo como perspectiva la promoción de un desarrollo humano sostenible: reducción de la pobreza y las desigualdades, brechas de conocimiento, cambios demográficos, seguridad, gobernabilidad y rendición de cuentas, crecimiento del impacto ambiental o la necesidad de encontrar nuevos modelos de desarrollo. Las crisis mundiales de energía, financiera y de alimentos ocurridas entre 2007 y 2010 hicieron evidentes las interdependencias de la economía mundial, y por ello los retos que enfrenta hoy el mundo son globales, y requieren políticas y soluciones globales. Los retos sociales que se plantea la Unión Europea en su estrategia para el 2020 no son muy diferentes, como puede verse en el cuadro 1.1.

---

<sup>1</sup> <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/la-agenda-de-desarrollo-sostenible/>

*Cuadro 1.1. Retos sociales prioritarios en las políticas de la UE de acuerdo con el programa marco de Investigación e Innovación (EC 2016)*

- Salud, cambios demográficos y bienestar.
- Seguridad alimentaria, agricultura y bosques sostenibles, investigación sobre aguas marinas y continentales, bioeconomía.
- Energía segura, limpia y eficiente.
- Transporte inteligente, integrado y verde.
- Cambio climático, medioambiente, gestión eficiente de recursos y materias.
- Europa en un mundo en cambio – sociedades inclusivas, innovadoras y reflexivas.
- Sociedades seguras – libertad y seguridad de Europa y sus ciudadanos.

Además, algunos de estos desafíos tienen un reconocido carácter de urgencia como son los relativos a la degradación ambiental (Steffen et al. 2015; UNESCO 2017a) que, a su vez, impactan negativamente en la vida de las personas frenando su desarrollo. Parece que hay una tensión insalvable entre el **desarrollo económico** y la **conservación del medio ambiente**: los países con un mayor nivel de desarrollo humano son los que tienen una mayor huella ecológica<sup>2</sup>, superior a la capacidad de la Tierra para soportarla, y los países con una huella ecológica con un nivel asumible por las capacidades del planeta, no alcanzan niveles elevados de desarrollo humano (figura 1.1).

Pero también existe una tensión de **cosmovisiones**, la moderna (predominante) y la “sostenibilista” (emergente). La primera basada en la supremacía y el dominio del ser humano sobre la naturaleza, el individualismo y un sistema socioeconómico orientado hacia el crecimiento y la satisfacción de los consumidores. La segunda, que considera que la humanidad forma un todo interconectado con la naturaleza, y como parte de él debe de contribuir a su equilibrio; por una parte, respetando los límites de la biosfera y no dañándola con procesos irreversibles, y por otra, cuidando de la naturaleza humana, elevando los niveles de equidad social en el reparto y acceso a los recursos globales (Lobera 2011; Moriarty 2015; Murga-Menoyo y Novo 2017).

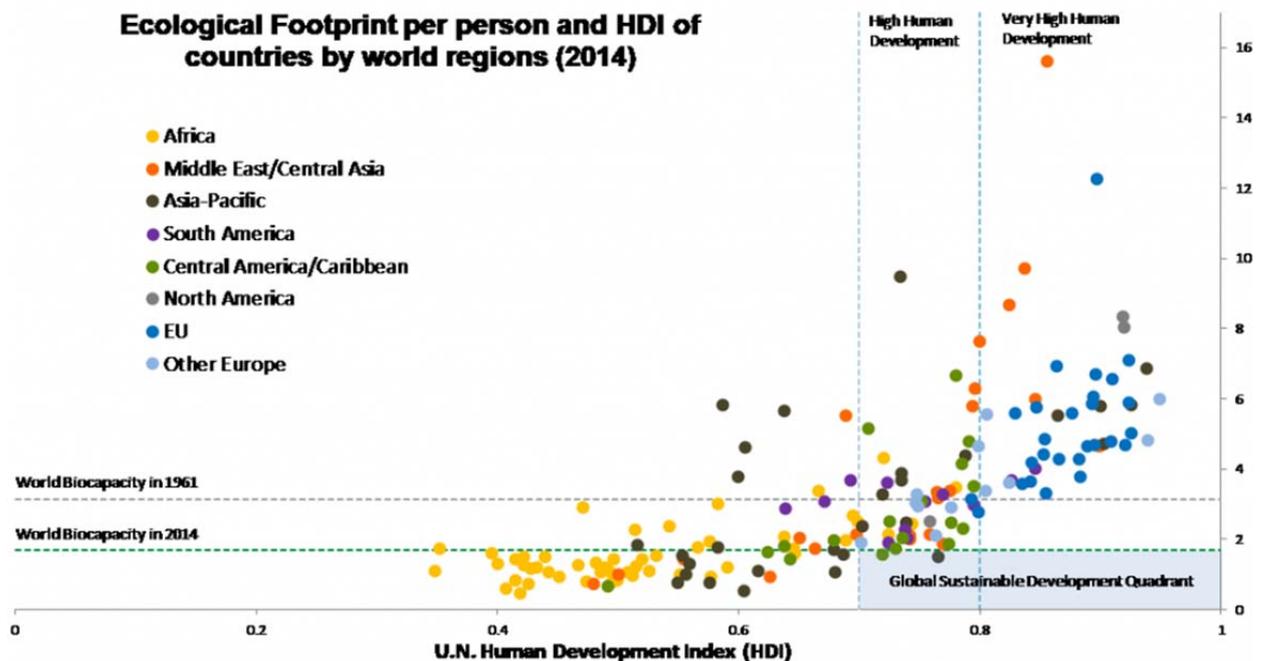
Según cómo se resuelvan estas tensiones y los conflictos sociales y del medio ambiente, el desarrollo global puede bifurcarse en caminos dramáticamente diferentes (Raskin et al. 2002). Actualmente, esta percepción se ha extendido y el diagnóstico sobre la encrucijada que afronta la humanidad, y la necesidad de reorientar el rumbo y encontrar un sistema productivo viable basado en el uso sostenible de los recursos para satisfacer las necesidades humanas, gozan de un amplio consenso académico y en las

---

<sup>2</sup> La huella ecológica es un indicador ambiental de carácter integrador del impacto que ejerce una cierta comunidad humana, país, región o ciudad sobre su entorno. Es el área de terreno necesario para producir los recursos consumidos y para asimilar los residuos generados por una población determinada con un modo de vida específico (Wackernagel et al. 1997).

instituciones internacionales (Alonso et al. 2013; Gore 2015; UN 2015; UNDP 2014; WWF 2014) aunque esté costando su traslado al campo de las acciones políticas.

Figura 1.1: Correlación entre el Índice de Desarrollo Humano y la huella ecológica. Fuente: Global Footprint Network (2018)



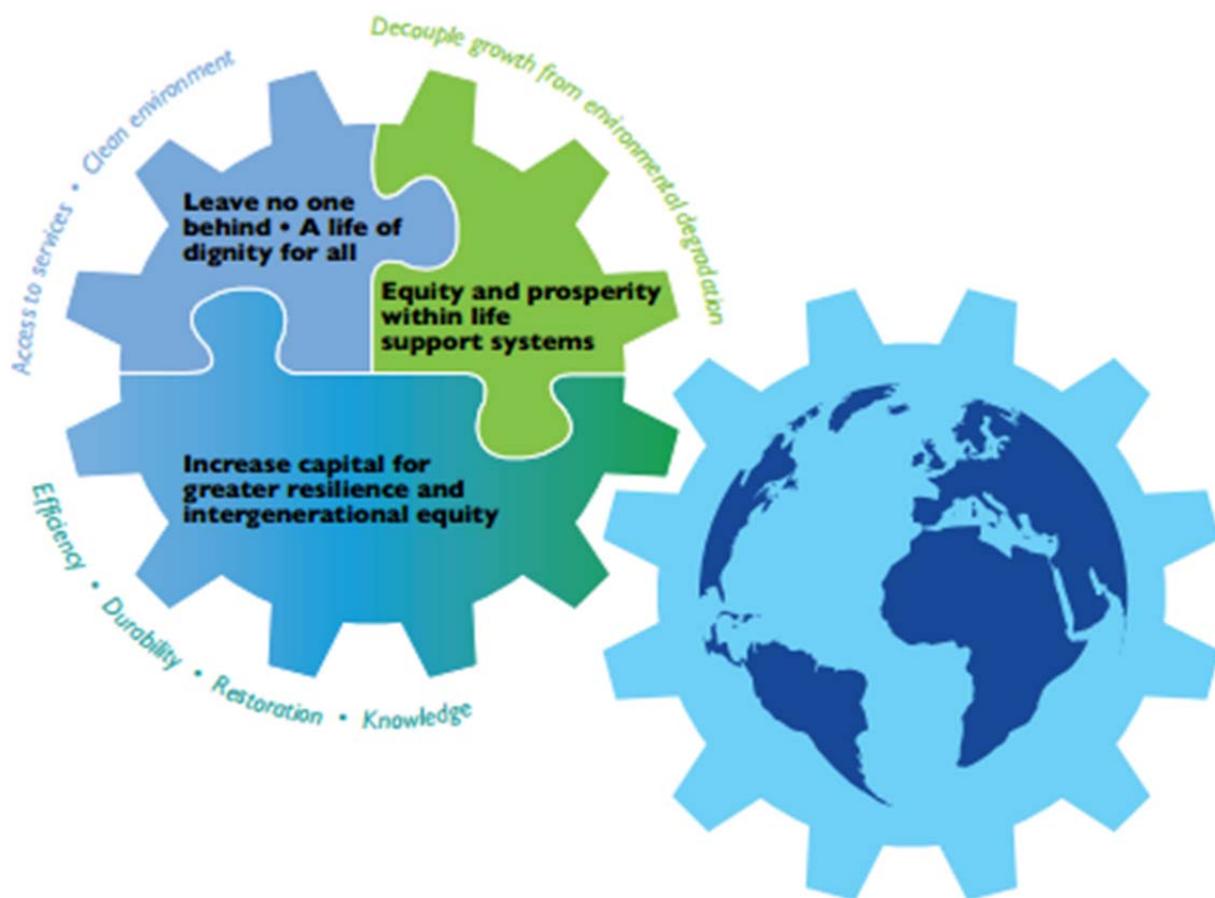
El concepto de **sostenibilidad** se ha incorporado al conjunto de imágenes que nuestra sociedad tiene sobre el mundo y sobre sus capacidades para satisfacer las necesidades humanas (Lobera 2011). Sin embargo, es en sí mismo un concepto social y culturalmente controvertido, está abierto a interpretaciones ampliamente diferentes y asume distintos significados no sólo entre culturas, sino también entre los distintos grupos de interés dentro de una misma sociedad (Fien y Tilbury 2002).

La Conferencia de Estocolmo en 1972 fue la primera cumbre internacional en la que apareció el término **desarrollo sostenible**, ante la necesidad de conservar un medio ambiente sano que garantizara las opciones de desarrollo de la población mundial. El denominado Informe Brundtland (UN 1987) contribuyó a consolidarlo, definiéndolo como *“el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras”*.

Esta definición incluye dos aspectos fundamentales. Por una parte, la idea de los límites del entorno natural para satisfacer las necesidades presentes y futuras, que pone el foco en el respeto y la conservación del medioambiente. Y por otra, la idea de necesidades, que apela a la responsabilidad social, ya que *“el desarrollo sostenible requiere la satisfacción de las necesidades básicas de todos y extiende a todos la oportunidad de satisfacer sus aspiraciones a una vida mejor”*, por lo que dicho desarrollo debe llevarse a cabo en condiciones de universalidad y equidad.

El concepto de desarrollo sostenible ha ido evolucionando en el sentido de que se habla de sostenibilidad como una propiedad deseable de un sistema. La sostenibilidad de un sistema es la propiedad que éste tiene de mantener su organización interna de forma equilibrada con el medio (Alba 2016). En los sistemas en los que el ser humano es la especie dominante, esa organización es social y económica y su relación con el medio es ecológica. De ahí que se hable de las **tres dimensiones de la sostenibilidad**: sociocultural, económica y ambiental (Naredo 1996; Jiménez Herrero 2000; Karatzoglou 2013). El trabajo diferenciado en cada una de ellas da un amplio abanico de conceptualizaciones y materializaciones de la sostenibilidad, como puede verse en las figuras 1.2 y 1.3 que muestran diferentes concreciones en el marco de los organismos internacionales y de la empresa, respectivamente.

*Figura 1.2. Integración de las 3 dimensiones de la sostenibilidad. Fuente: Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP 2014)*



Actualmente, las agendas internacionales de protección ambiental, de lucha contra la pobreza y de desarrollo humano, han convergido en la denominada **Agenda 2030** ante la evidencia de las interrelaciones entre todas ellas y la necesidad de superar sus respectivas limitaciones. Esta agenda, aprobada por Naciones Unidas en 2015, tiene un carácter global y es aplicable a todos los países, tomando en consideración sus distintas realidades. Esto supone que requiere acciones de, y en, países de todos los niveles de desarrollo. Supera una

visión excesivamente parcial y simplificada de los procesos de desarrollo abordándolos desde cuatro dimensiones centrales:

- desarrollo social incluyente,
- sostenibilidad del medio ambiente,
- desarrollo económico incluyente,
- seguridad y paz,

basándose en tres principios fundamentales:

- derechos Humanos,
- igualdad y
- sostenibilidad.

Además, tiene un carácter universal implicando tanto a gobiernos, sector privado, sociedad civil y a toda la ciudadanía en general (UN 2015).

*Figura 1.3. Integración de las distintas dimensiones de la sostenibilidad en la estrategia de Responsabilidad Social de una empresa. Fuente: [www.iberdrola.com](http://www.iberdrola.com)*



Neubauer y Calame (2017) señalan que, aunque la Agenda 2030 tiene sus limitaciones – no implica obligaciones, no aborda las causas de los desequilibrios o presenta inconsistencias entre los distintos objetivos –, representa un acuerdo globalmente aceptado que recoge los retos principales del mundo actual de forma exhaustiva e integrada. Para ellos, ha de ser considerada como una gran oportunidad a pesar de que implique la toma de decisiones políticas que pueden ser impopulares, ya que, en el corto plazo, no todos los sectores de la población se verán beneficiados. Por otra parte, debe tenerse en cuenta que el cambio hacia un modelo productivo sostenible puede ser generador de importantes oportunidades de nuevos empleos – los denominados “empleos verdes” o *green jobs* – en muchos sectores, como las energías limpias, el cuidado de los bosques o la producción industrial más limpia.

Sin limitar la búsqueda de nuevos modelos, el paradigma del desarrollo sostenible, considerándolo como una *“noción utópica que marca una dirección sobre la cual avanzar”* (Lobera 2011), puede ser un instrumento útil para coordinar esfuerzos para afrontar los retos actuales. En esta tarea, la educación y especialmente las instituciones de educación superior (en adelante IES), como agentes de formación de profesionales, gestores y líderes, juegan un papel importante y es necesario que asuman su responsabilidad ante la sociedad.

## **1.2. Papel de la universidad ante los desafíos globales.**

A lo largo de las últimas décadas, se ha visto que ni las respuestas a los retos sociales y ambientales globales, ni su implementación, son simples ni evidentes en el complejo marco de la globalización actual. Las problemáticas son multicausales y afectan a muy diversos actores: gobiernos, empresas, instituciones de enseñanza, sindicatos, sociedad civil. Todos estos actores tienen distintos modos de intervenir en el proceso, en función de su poder, conocimientos y capacidad de acción, y la universidad ha de asumir su papel en esta tarea (Lambrechts 2016).

Desde diversos ámbitos, internos y externos, se reconoce la **responsabilidad de las Instituciones de Educación Superior** para abordar estos retos, así como la necesidad de sus aportaciones como actores sociales desde su triple misión: formadora, investigadora y de transferencia de conocimiento a la sociedad (cuadro 1.2).

Alba (2017) destaca la existencia de cierto consenso internacional sobre el rol de las universidades en relación con la sostenibilidad, tal y como reflejan las más de treinta declaraciones, cartas o iniciativas internacionales que han sido aprobadas, difundidas y firmadas por más de 1.400 universidades en los últimos treinta años (Wright 2004; Grindsted 2011; Grindsted y Holm 2012; Lozano et al. 2015).

Además, se apela a que las propias universidades se transformen y asuman un rol de **agentes de cambio y transformación** orientados a la creación de un nuevo modelo de sociedad, basado en el desarrollo sostenible, la atención de las necesidades sociales y valores como la paz, la justicia, la libertad, la igualdad y la solidaridad (UNESCO 1998, Declaración de Barcelona 2004, UNU 2014).

Sin embargo, esto implica cambios profundos y complejos que no son fáciles de llevar a cabo. Por ejemplo, en el ámbito europeo, aunque los documentos del Espacio Europeo de Educación Superior (en adelante EEES) mencionan el desarrollo sostenible y la cohesión social entre sus objetivos, algunos autores señalan que los enfoques competenciales y de aprendizaje a lo largo de la vida se subordinan a las demandas del mercado, la empleabilidad, el emprendimiento y la competitividad mercantil (Alba 2017, Bolívar 2008 y 2011; Escudero 2009; Gonzalo et al. 2017; Lambrechts 2016). De hecho, se observa que las últimas orientaciones aparecidas en marzo de 2018 en la Nueva Agenda de Capacidades

sobre el desarrollo competencial de la enseñanza superior en el marco del EEES, no se hace una apuesta clara por el desarrollo sostenible (EC 2018).

*Cuadro 1.2. Algunas declaraciones sobre la responsabilidad de las universidades para dar respuesta a los retos globales actuales.*

<p style="text-align: center;"><b>Declaración de Talloires (1990).</b> Association of University Leaders for a Sustainable Future.</p> <p><i>“Creemos así, que se requieren urgentes acciones para combatir y revertir la tendencia de los problemas anteriormente mencionados. [...] Las universidades tienen un papel importante en la educación, investigación, formación de políticas y en el intercambio de información necesaria para alcanzar estos objetivos. Las universidades deben proporcionar así, el liderazgo y el apoyo para movilizar los recursos internos y externos, de modo que sus instituciones respondan a este urgente desafío.”</i></p> <p style="text-align: center;"><b>Declaración mundial sobre la Educación Superior en el siglo XXI: visión y acción.</b> UNESCO, Octubre 1998 (UNESCO 1998).</p> <p><i>MISIONES Y FUNCIONES DE LA EDUCACION SUPERIOR: “Reafirmamos la necesidad de preservar, reforzar y fomentar aún más las misiones y valores fundamentales de la educación superior, en particular la misión de contribuir al desarrollo sostenible y el mejoramiento del conjunto de la sociedad”</i></p> <p style="text-align: center;"><b>Declaración de Graz (2003).</b> Forward from Berlin: the role of universities. European University Association.</p> <p><i>“Las universidades europeas han de ser activas a escala global y contribuir a la innovación y el desarrollo económico sostenible, equilibrando competitividad y excelencia con la cohesión social.”</i></p> <p style="text-align: center;"><b>World Conference on Higher Education: The New Dynamics of Higher Education and Research For Societal Change and Development.</b> Paris. Julio 2009 (UNESCO 2009).</p> <p><i>“Ante la complejidad de los desafíos globales actuales y futuros, la educación superior tiene la responsabilidad social de avanzar en la comprensión de los problemas, que implican dimensiones sociales, económicas, científicas y culturales y nuestra capacidad para responder a ellas. Debe conducir a la sociedad a generar conocimiento global para abordar los desafíos globales, entre otros la seguridad alimentaria, el cambio climático, la gestión del agua, el diálogo intercultural, energía renovable y salud pública.”</i></p>
--

Neubauer y Calame (2017) consideran que los **Objetivos de Desarrollo Sostenible** (en adelante ODS) – definidos en la Agenda 2030 – son una **oportunidad** para reinventar y reforzar la tradición humanista de la universidad, enfatizando el valor y las capacidades del ser humano, optando por el razonamiento crítico y la promoción de la educación y la investigación como acción política (en el mejor sentido del término). Para ellos, la clave está en si las universidades priorizan y dan el espacio suficiente a los ODS en la orientación de sus estrategias formativas e investigadoras. En esta línea, existen algunas iniciativas relevantes, como el caso de las universidades miembros de la *Global Higher Education for Sustainability*

*Partnership*<sup>3</sup>, que asumen las líneas de actuación de las agendas internacionales para orientar sus agendas particulares (Murga-Menoyo 2017).

En España, la Conferencia de Rectores de la Universidad Española (en adelante CRUE) ha consensuado sus compromisos y la aportación conjunta de las universidades al Plan de Acción 2018-2020 que ha impulsado el Gobierno de España para trabajar en el marco de la Agenda 2030<sup>4</sup>. Se comprometen a generar y transferir un conocimiento acorde a los objetivos de dicha Agenda y a incluir de manera transversal los objetivos y valores de desarrollo sostenible en todas sus acciones (cuadro 1.3).

*Cuadro 1.3. Compromisos de las universidades españolas acordados por la CRUE para contribuir al Plan de Acción 2018-2020 para el cumplimiento de la Agenda 2030 (Mayo 2018).*

- La **incorporación** de manera transversal de los principios, valores y objetivos del Desarrollo Sostenible a la **misión, las políticas y las actividades** de las universidades y de la CRUE.
- La **inclusión de competencias** relacionadas con un Desarrollo Sostenible e inclusivo, necesarias para la construcción de una ciudadanía global, en la **formación de estudiantes, personal docente e investigador y personal de administración y servicios**.
- La generación y la transferencia de un **conocimiento comprometido con el Desarrollo Sostenible**, incluyendo aquí también el conocimiento necesario para articular y dar seguimiento a la propia Agenda 2030.
- La capitalización de los **espacios singulares** que ofrecen las comunidades universitarias para la puesta en marcha de proyectos innovadores para abordar los retos de la Agenda 2030 a escala controlada.
- El fortalecimiento del **vínculo de la universidad con otros agentes de la sociedad**, desde administraciones públicas a actores sociales pasando por empresas y otros colectivos, aprovechando su experiencia en la creación y consolidación de alianzas a varios niveles, desde las redes internacionales de investigación y cooperación a la visibilización e inclusión de colectivos minoritarios.
- La articulación de un **debate público y abierto** en torno al Desarrollo Sostenible, la Agenda 2030 y su propia gobernanza en el contexto nacional e internacional.
- Reporte de **informes acerca de los impactos** de las universidades en términos de docencia, investigación y transferencia, alineándolos a cada uno de los ODS.

En el **ámbito investigador y de transferencia de conocimientos**, la responsabilidad de las IES se debe concretar ejerciendo el rigor y la originalidad científica para comprender las causas de los retos globales, generar soluciones a las distintas problemáticas que afectan a la sostenibilidad, y promover, desde la independencia y la plena responsabilidad, la reflexión sobre los problemas sociales y el desarrollo de los valores éticos que la sociedad demanda

---

<sup>3</sup> Red universitaria integrada a su vez por otras cuatro redes: *Association of University Leaders for Sustainable Future*, *Copernicus-Campus University Network for Sustainability*, *International Association of Universities* y la *United Nations University*. <https://sustainabledevelopment.un.org/partnership/?p=1534>

<sup>4</sup> [http://www.crue.org/Comunicacion/Noticias/Las universidades acuerdan su contribución al Plan de Acción de la Agenda 2030.aspx](http://www.crue.org/Comunicacion/Noticias/Las%20universidades%20acuerdan%20su%20contribuci3n%20al%20Plan%20de%20Acci3n%20de%20la%20Agenda%202030.aspx)

(Buckler y Creech 2014; Delors et al. 1996; Neubauer y Calame 2017; UNESCO 1998). La Declaración de Nagoya (UNU 2014) y los diálogos CRUE-OCUD (2015) animan a desarrollar estas tareas creando alianzas multi-sector y multi-actor (cuadro 1.4). Con ello, se quiere fomentar programas interdisciplinarios y colaborativos que permitan abordar las problemáticas del desarrollo sostenible desde diferentes perspectivas integradas, potenciar el trabajo en red, promover un liderazgo amplio y fuerte, y una conciencia pública de los valores del desarrollo sostenible

*Cuadro 1.4. La Agenda 2030 y la universidad española. Síntesis de algunas de las propuestas de los Diálogos Universidad y Desarrollo Sostenible (CRUE-OCUD 2015).*

### ***Cómo integrar la Agenda 2030 en la docencia universitaria.***

La Universidad debe incorporar a la docencia universitaria, **además de los conocimientos técnicos**, las competencias y capacidades genéricas vinculadas a la transmisión de valores que contribuyan a **formar ciudadanos responsables y comprometidos** con el Desarrollo Sostenible, repensando si es necesario los diseños curriculares por competencias de los grados universitarios.

Las Universidades deben de trabajar en convertir sus campus en **laboratorios vivos de experimentación sostenible**.

### ***La contribución de la investigación universitaria a los ODS.***

La Universidad debe de contribuir al Desarrollo Sostenible desde la **investigación y la innovación**:

- Aportando respuestas tecnológicas adecuadas y socialmente legitimadas, que den soluciones interdisciplinarias a los problemas transversales que plantea la Agenda 2030.
- facilitando la **investigación colaborativa y entornos interdisciplinarios**,
- fomentando el **trabajo en red**.
- apostando por el **emprendimiento** desde la **investigación e innovación social**.
- **visibilizando** la investigación e innovación orientada al Desarrollo Sostenible.
- **conectando a la ciudadanía** con los grandes sistemas del conocimiento científico.

### ***El reto de la Agenda 2030 para la extensión universitaria.***

La Universidad debe abrirse a la **construcción de alianzas con otros actores** implicados con la Agenda 2030 y sus Objetivos.

Para ello tiene que reflexionar y ser capaz de generar **modelos estratégicos de colaboración estable y reciprocidad mutua**, que vayan más allá de la mera recepción de fondos a cambio de servicios o asistencias técnicas.

El compromiso de la universidades con el desarrollo sostenible ha de reflejarse también en su **modo de operar internamente**, demostrando la excelencia en prácticas de buen gobierno, las relaciones comunitarias y la gestión de la huella ambiental de la institución – eficiencia energética, movilidad, gestión de residuos, compra “verde” – convirtiéndose en centros de referencia de sostenibilidad (Alba 2017; Buckler y Creech 2014; Grindsted y Holm 2012; Mayor Zaragoza 2017; Murga-Menoyo 2017; Wright 2004).

Con relación a su **misión formativa**, las IES han de ser conscientes de que los estudiantes que se forman en ellas son los profesionales que van a liderar los cambios en el ámbito público y privado. La universidad tiene la responsabilidad de aportar futuros profesionales que sean capaces de hacer frente y resolver los problemas que plantea una sociedad compleja y cambiante, tanto a nivel local como global (Albareda-Tiana y Gonzalvo-Cirac, citado en Gonzalo et al. 2017; François 2017). Si no se consigue que incorporen en su profesión una visión que impulse un desarrollo más sostenible y equilibrado se estará perdiendo la oportunidad de sentar unas bases sólidas para el futuro. *“Sin duda nos debe preocupar el mundo que vamos a dejar a las generaciones futuras pero también es muy importante prestar atención sobre qué tipo de generaciones futuras vamos a dejar al mundo”* (Benayas et al. 2017).

Existe el peligro de encontrarnos con la paradoja de necesitar analizar problemas cada vez más complejos mientras que, por otro lado, desde la academia se tiende a la hiperespecialización y a analizar espacios cada vez más restringidos de la realidad (Lobera 2011). Para evitarlo, las IES deben aportar una formación que prepare a los profesionales del futuro no solamente en los conocimientos y habilidades de su ámbito, sino que amplíe su visión aportando también conocimientos y **capacidad de reflexión crítica** sobre las necesidades sociales, políticas y ambientales del contexto en el que desarrollará su actividad futura (Declaración de Barcelona 2004). Además, también deberían promover valores y una **conciencia ética** que fortalezcan la responsabilidad y el compromiso de sus estudiantes para con la sociedad; su receptividad a las realidades locales, nacionales y mundiales, y habilidades para integrar principios y comportamientos éticos en las organizaciones e instituciones en las que desarrollarán su vida profesional (Mayor Zaragoza 2017; MEC 2011; Rathje et al. 2008; UNESCO-COMEST 2015; Van den Hoven 2016).

Quizás esto sea el antídoto para otra paradoja señalada por David Orr (2004) cuando recuerda que las problemáticas actuales no se pueden atribuir a una falta de educación superior y se pregunta por qué aquellos que contribuyen a la explotación de las comunidades y de los ecosistemas son aquellos que tienen licenciaturas, masters, MBAs y doctorados, y no los *“pobres ignorantes del Sur”*.

### **1.3. La formación de buenos profesionales de la ingeniería**

Siguiendo esta línea general de ampliar el alcance de la formación superior para adecuarla al contexto actual, conviene plantearse cuáles son los aspectos que se consideran clave para la formación de buenos profesionales de la ingeniería.

Un buen profesional es aquel que con su práctica aporta a la sociedad los *bienes internos* de su profesión, entendiendo por *bienes internos* el producto o servicio que prestan a la sociedad y por el que cobran su legitimidad social: la medicina se ocupa de la salud, la abogacía de la justicia, el periodismo de la información, y la ingeniería de productos y servicios materiales, proporcionando mejoras sociales por medios técnicos, siendo un

punto de encuentro entre los conocimientos científicos y las necesidades sociales (Bilbao et al. 2006; Smith et al. 2014).

Desde la perspectiva de la sostenibilidad, Machín et al. (2017) identifican la importancia de la ingeniería en la función mediadora de la tecnología en la interacción del ser humano con el medio ambiente, lo que permite a través de ella redefinir la relación a veces contradictoria entre sociedad y naturaleza. Si se acepta el desarrollo sostenible como el instrumento que sirve de eslabón mediador e integrador de este antagonismo, aparece la necesidad de preparar a todos los actores en los principios de la sostenibilidad y, especialmente, a los involucrados en el desarrollo tecnológico como son los profesionales de la ingeniería.

Este **rol mediador** de la ingeniería, hace que tenga un papel importante en la configuración de la sociedad y en su evolución como tal. Actualmente, se utilizan los conceptos de *sociedad de la información*, *sociedad red* o *sociedad del conocimiento*, para describir las tendencias de la sociedad postindustrial (Castells 1998; Cyranek 2005), y en todos ellos la tecnología es un instrumento esencial para estructurar la sociedad. De hecho, los profesionales de la ingeniería se incluyen en el nuevo concepto de *trabajadores del conocimiento* descrito por Davenport (2002) como “*personas con un alto grado de educación o conocimiento experto, cuyos trabajos suponen de forma central creación, distribución o aplicación de conocimiento*”.

El informe de la comisión de la UNESCO para la ética del conocimiento científico y la tecnología sobre las contribuciones a la Agenda 2030 (COMEST 2015), concluye la necesidad de encontrar nuevas respuestas institucionales ante los cambios sociales inducidos por el desarrollo del conocimiento científico y tecnológico. Como problemáticas más relevantes destaca la desigualdad de acceso a los beneficios de dicho desarrollo, y las tensiones que se generan entre intereses públicos y privados.

Ante los retos identificados, se propone el desarrollo de modelos más abiertos para el acceso y la toma de decisiones relativas al conocimiento científico y tecnológico, la revisión y el desarrollo de estándares éticos consensuados, así como la promoción de la formación ética de científicos y profesionales para que integren dichos estándares en el funcionamiento cotidiano de las instituciones, organizaciones y empresas científicas y tecnológicas (cuadro 1.5).

Considerando la perspectiva del profesional de la ingeniería, como individuo, la **deontología profesional** de la ingeniería enfatiza que sus conocimientos y capacidades han de orientarse al beneficio de la sociedad (cuadro 1.6). Pero, ¿qué se considera bueno o deseable para la sociedad?, ¿cómo se valora la “bondad” de un proyecto técnico? Por un lado, puede entenderse que está bien en cuanto a su coherencia con las leyes y conocimientos científicos, su eficacia, rigor, eficiencia; por otra parte, se puede valorar si da respuesta adecuada a lo que la sociedad demanda, a sus necesidades, con criterios de justicia, de

beneficio económico, de sostenibilidad, de responsabilidad ante las consecuencias de su uso. Esto implica el uso de criterios éticos y morales para alcanzar un acuerdo tanto sobre el alcance y las características de la propia responsabilidad profesional como sobre los valores y las prioridades al servicio de los cuales debe ejercerse (Bilbao et al. 2006).

*Cuadro 1.5. Áreas relacionadas con el desarrollo científico y tecnológico en las que se requieren nuevos enfoques éticos e institucionales (COMEST 2015).*

- **Reducir la brecha de conocimiento**, para hacer realidad el derecho de todas las personas de participar en el progreso científico y en los beneficios que de él resulten.
- Promover la **investigación responsable y la innovación adaptada y sostenible** mediante iniciativas normativas a niveles relevantes.
- **Evaluar y gestionar los riesgos**, considerando el principio de precaución, y vigilando los posibles usos indebidos de la ciencia.
- Fortalecer los **marcos éticos e institucionales** para garantizar que los efectos producidos por la aplicación de tecnologías, en relación con la evaluación de riesgos y la sostenibilidad, se **compartan equitativamente**.
- Garantizar la **participación pública** y la consulta ciudadana, incluso en cuestiones complejas y controvertidas.

*Cuadro 1.6. Buen profesional de la ingeniería. Fuente: Código ético de la World Federation of Engineering Organizations.<sup>5</sup>*

*“As engineering professionals, we use our knowledge and skills for the benefit of the world, in order to create engineering solutions for a sustainable future. In doing so, we strive to serve our communities ahead of any personal or sectional interests.*

*To do so successfully requires ethical behavior. Simply put, ethical behavior is about making choices. In line with our obligations as professionals, we wish to ensure that the choices that we make as engineers enable us to do things which are ‘good’. In addition, we wish to ensure that we do these ‘good things’ in a manner which is ‘right’.”*

Esta **responsabilidad** afecta a las **consecuencias directas** de la actividad profesional (ambientales, sociales, psicológicas, económicas), pero también es necesario considerar las **responsabilidades futuras** (*forward-looking responsibilities*). La ingeniería transforma las vidas individuales y los contextos sociales a través de los productos y servicios tecnológicos que produce, y no siempre los cambios se producen de la forma prevista por los profesionales (Doorn y Van de Poel 2012; Smith et al. 2013). Asumiendo que es imposible

---

<sup>5</sup> <http://www.wfeo.org/ethics/>

tener certidumbre plena sobre los impactos sociales de la tecnología en el futuro, esto no exime a los profesionales e instituciones de su responsabilidad para desarrollar nuevas tecnologías de modo que sus impactos sean deseables y se orienten a un mayor empoderamiento de las personas, en lugar de a limitarlo (Doorn 2012; Moriarty 2015; Swierstra y Waelbers 2012).

Como se ha visto anteriormente, entre los retos globales más relevantes se encuentra el de desacoplar el progreso y el bienestar social de la degradación ambiental, y esto implica la responsabilidad de incluir **criterios de sostenibilidad en todo progreso tecnológico** (Ferrer-Balas 2008). Pero además de aportar soluciones a los retos actuales, el desarrollo tecnológico plantea en sí mismo nuevos dilemas sociales: *“¿Son fiables los resultados de elecciones cuando existe la posibilidad de que se usen las posibilidades de las nuevas tecnologías de tratamiento masivo de datos para que sean los políticos los que elijan a sus votantes en lugar de a la inversa? ¿Qué le ocurrirá al mercado laboral cuando la inteligencia artificial consiga mejores resultados que los humanos en la mayoría de tareas cognitivas? ¿Qué le ocurrirá a la sociedad humana cuando la biotecnología nos permita tener bebés de diseño y abrir brechas sin precedentes entre los ricos y los pobres?”* (Harari 2017).

Por todo ello, el buen profesional de la ingeniería ha de ser plenamente consciente de lo que está sucediendo en la sociedad y tener las habilidades necesarias para afrontar los aspectos sociales del desarrollo tecnológico (Stahl 2016). Entre esas habilidades está la **visión holística y sistémica**, una **actitud proactiva** para identificar problemáticas y efectos a medio y largo plazo, así como la **inclusión de otros actores** sociales para la toma de decisiones relativas al desarrollo de nuevas tecnologías e infraestructuras, promoviendo una gestión ética y responsable de las organizaciones en las que desarrollan su actividad profesional (Crawley et al. 2011; De Graaff y Ravesteijn, 2001; Declaración de Barcelona 2004; IEEE 2017; Kermisch 2012; Moor 2005; Moriarty 2015; Mulder et al. 2012).

Como apuntaba Langdon Winner (2001), la idea de un progreso científico y técnico como garante de felicidad y bienestar no dejaba de ser un mito ingenuo, pero al menos asumía que la tecnología debía asociarse a la construcción de un mundo mejor, un propósito que a menudo se diluye en las declaraciones de los promotores de la innovación. Por ello, ante cualquier proyecto de desarrollo tecnológico, frente a una postura “¿por qué no?” propone una actitud de responsabilidad que se plantee el propósito “¿para el bien de quién?”. Moriarty (2015) propone que los ingenieros se pregunten no solamente “*how*” o “*what*”, sino especialmente “*why*”. Esta actitud se recoge en los últimos años desde la perspectiva de la Investigación e Innovación Responsable en la Unión Europea, enfatizando un desarrollo de la ciencia y la tecnología *para* la sociedad, focalizada en los fines, en donde la investigación y la innovación se orienten a los retos de la sociedad y los impactos deseables (EC 2015b, 2016; Owen et al. 2012; Stahl 2016).

Con relación a la formación universitaria de la ingeniería, Conlon (2008) y François (2017) consideran que el enfoque centrado en el desarrollo de competencias orientadas a la

empleabilidad es insuficiente para afrontar los retos de encontrar soluciones tecnológicas sostenibles y se necesita integrar la dimensión social desde un enfoque multidisciplinar. Otros autores consideran que es necesario que los estudios universitarios de ingeniería incluyan el desarrollo de una actitud de responsabilidad ante los otros y la sociedad, desde una perspectiva de excelencia profesional y de creación de valor, más que como una barrera que limita las acciones (Doorn 2012; Génova y González 2016; IEEE 2017; Lathem et al. 2011).

Si no se **amplía el alcance de la formación de los futuros ingenieros**, se corre el riesgo de que conviertan en meros instrumentos técnicos y despersonalizados en manos de otros (Génova et al. 2007). Si se considera, como Cortina (2007) y Brodeur (2013), que la actividad profesional ha de ser un medio para empoderar y dar sentido a los planes vitales de las personas, la formación universitaria también debe de apoyar a los estudiantes en su desarrollo personal y búsqueda de sentido.

La necesidad de afrontar estos retos relativos a la formación de los futuros profesionales de la ingeniería se ha reflejado en diversas declaraciones, estrategias, objetivos, decretos, descriptores, ... de muy diversas instituciones nacionales e internacionales, tanto políticas, como académicas y profesionales. Estas *demandas externas* a las propias instituciones educativas ya han sido útiles, y pueden seguir siéndolo, sirviendo como palancas para promover transformaciones en los planes de estudios y las estrategias docentes en las escuelas de ingeniería. En la siguiente sección se recogen algunas de ellas.

#### **1.4. Demandas externas para una formación en ingeniería adaptada a los retos actuales**

De las propuestas que se han hecho desde diferentes instituciones para que la formación de los futuros ingenieros sea adecuada a los retos de un desarrollo sostenible en el contexto actual, se recogen en esta sección aquellas que se ha considerado que tienen, o deberían de tener, una incidencia más directa en la configuración de los planes docentes de las universidades, por provenir de las administraciones públicas con competencias en educación superior o de agencias de acreditación profesional. No obstante, se parte de una perspectiva más global, aportando algunas demandas procedentes de organismos internacionales, como Naciones Unidas o directrices de la Unión Europea, para continuar con directrices del estado español y finalizar con las propuestas y recomendaciones de colectivos profesionales.

Desde **Naciones Unidas**:

- ✓ Declaración mundial sobre la Educación Superior en el siglo XXI: visión y acción (UNESCO 1998).

*“Artículo 1. La misión de educar, formar y realizar investigaciones:*

*a) formar diplomados altamente cualificados y ciudadanos responsables, capaces de atender a las necesidades de todos los aspectos de la actividad humana, ofreciéndoles*

*calificaciones que estén a la altura de los tiempos modernos, comprendida la capacitación profesional, en las que se combinen los conocimientos teóricos y prácticos de alto nivel mediante cursos y programas que estén constantemente adaptados a las necesidades presentes y futuras de la sociedad.”*

- ✓ Declaración de Nagoya sobre Educación Superior y Desarrollo Sostenible (UNU 2014).

*“2.3 Reconociendo el papel y la responsabilidad fundamental de las instituciones de educación superior para formar profesionales con pensamiento crítico y creativo, con competencias y capacidades la innovación orientada a encontrar soluciones a problemas complejos y transdisciplinarios, y fomentar la comprensión y la práctica de valores y principios colectivos que guíen actitudes y transformaciones que respeten los límites ambientales de nuestro planeta, mediante actividades de educación, capacitación, investigación y divulgación.”*

- ✓ Agenda 2030 para el desarrollo sostenible (UN 2015).

*“Meta 4.7 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible:*

*De aquí a 2030, se debería asegurar que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible (DS), entre otras cosas mediante la educación para el DS y los estilos de vida sostenibles, los derechos humanos, la igualdad de género, la promoción de una cultura de paz y no violencia, la ciudadanía mundial y la valoración de la diversidad cultural y la contribución de la cultura al DS.”*

Aunque no tienen un carácter obligatorio, como ya se ha mencionado anteriormente, diversos autores (Benayas et al. 2017; Neubauer y Calame 2017) consideran el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible como una oportunidad para transformar los planes de estudios y los estándares de calidad de la formación universitaria.

En el contexto de la **Unión Europea**:

- ✓ En el marco del EEES, los denominados “descriptores de Dublín” describen lo que los estudiantes han de haber aprendido tras su paso por los estudios universitarios (EHEA 2005). En concreto:

En estudios de grado: *“Sean capaces de integrar conocimiento y manejarse en la complejidad, y formular juicios con información incompleta o limitada, pero que incluya una reflexión sobre asuntos relevantes de carácter social, científico y ético”.*

En estudios de posgrado: *“Sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios”.*

- ✓ Estrategia de la UE 2011-2014 para la Responsabilidad Social Corporativa (EC 2011).

*“El desarrollo ulterior de la RSC requiere nuevas habilidades, así como cambios en los valores y comportamiento. Los Estados miembros pueden desempeñar un papel importante instando a las instituciones educativas a integrar la RSC, el desarrollo sostenible y la ciudadanía responsable en los planes de estudios de educación pertinentes, tanto en la escuela secundaria como en la universidad.”*

En el **contexto de la universidad española:**

- ✓ En el Real Decreto 1393/2007, de ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, su preámbulo indica que:

*“[...] se debe tener en cuenta que la formación en cualquier actividad profesional debe contribuir al conocimiento y desarrollo de los Derechos Humanos, los principios democráticos, los principios de igualdad entre hombre y mujeres, de solidaridad, de protección medioambiental, de accesibilidad universal y diseño para todos, y de fomento de la cultura de la paz.”*

Además, entre las competencias básicas que han de desarrollar todos los titulados se incluyen los descriptores de Dublín, mencionados anteriormente.

- ✓ Para las distintas áreas de conocimiento o sectores profesionales, diferentes órdenes ministeriales o resoluciones de la Secretaría General de Universidades, publicadas en el Boletín Oficial del Estado, establecen requisitos o recomendaciones para el reconocimiento de las titulaciones oficiales. En ellas, se especifican las competencias que deben de adquirirse a lo largo de los respectivos estudios. En general, se incluyen los descriptores de Dublín y, en las ingenierías, es común que se incluyan varias competencias relacionadas con la capacidad de valorar los impactos económicos, sociales y/o ambientales de las soluciones adoptadas, con la comprensión de la responsabilidad profesional o con la consideración de condicionamientos sociales, éticos o legales en el desarrollo de proyectos de ingeniería. Algunos ejemplos son:

Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos: *“Capacidad para analizar y diagnosticar los condicionantes sociales, culturales, ambientales y económicos de un territorio, así como para realizar proyectos de ordenación territorial y planeamiento urbanístico desde la perspectiva de un desarrollo sostenible.”*

Ingenierías Informáticas: *“Capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas comprendiendo la responsabilidad ética y profesional de la actividad del Ingeniero TI.”*

Ingenierías Industriales: *“Conocimientos básicos y aplicación de tecnologías medioambientales y sostenibilidad.”*

Ingenierías Agronómicas: *“Capacidad para dirigir o supervisar equipos multidisciplinares y multiculturales, para integrar conocimientos en procesos de decisión complejos, con información limitada, asumiendo la responsabilidad social, ética y ambiental de su actividad profesional en sintonía con el entorno socioeconómico y natural en la que actúa.”*

- ✓ Estatuto del Estudiante Universitario (Real Decreto 1791/2010)

Se establece el derecho de los estudiantes de doctorado a *“recibir una formación investigadora de calidad, que promueva la excelencia científica y atienda a la equidad y la responsabilidad social” (Artículo 10 a).*

*“Se favorecerán prácticas de responsabilidad social y ciudadanía que combinen aprendizajes académicos en las diferentes titulaciones con prestación de servicio en la comunidad orientado a la mejora de la calidad de vida y la inclusión social” (Artículo 64.3).*

- ✓ El documento “La Responsabilidad Social de la Universidad y el Desarrollo Sostenible” elaborado por la Comisión Técnica de la Estrategia Universidad 2015 (MEC 2011)

*“Sería importante asegurar la incorporación de los conceptos de responsabilidad social y de desarrollo sostenible y sus principales contenidos en las competencias transversales de las titulaciones oficiales. A este fin, es recomendable que la Agencia Nacional de Evaluación y Acreditación (ANECA), incluya estos conceptos, así como la perspectiva propia de los mismos, en los documentos en los que proceda, en especial en los relativos a los protocolos de evaluación para la verificación de los títulos oficiales y en otros documentos semejantes.”*

- ✓ Se ha comentado anteriormente el reciente compromiso de la CRUE para la inclusión de competencias relacionadas con un desarrollo sostenible e inclusivo y la construcción de una ciudadanía global en la formación de estudiantes. Pero desde hace tiempo diversas comisiones sectoriales de la CRUE elaboran informes y documentos de recomendaciones en relación con el papel de la universidad para afrontar los retos del desarrollo sostenible. Destacan las aportaciones de la CADEP (Calidad ambiental, el desarrollo sostenible y la prevención de riesgos, ahora CRUE-Sostenibilidad) y la CICUE (Internacionalización y Cooperación de las Universidades). Algunos de sus documentos, como las “Directrices para la introducción de la Sostenibilidad en el Curriculum” (CADEP-CRUE 2012) o los “Diálogos para la integración de la Agenda 2030” (CRUE-OCUD 2015), se tomarán como referencias a lo largo de esta tesis.

## Desde el ámbito profesional de la ingeniería:

En los **Libros Blancos**<sup>6</sup> elaborados en el proceso de adaptación de las titulaciones universitarias españolas al EEES, en distintos ámbitos de la ingeniería se destaca la importancia de desarrollar la capacidad para valorar el impacto de las soluciones adoptadas, en un contexto social, medio ambiental y global, así como de transmitir a los profesionales una actitud ética y responsable, de respeto a las personas, al entorno social y al medio ambiente. En las propuestas sobre la estructura de los planes de estudios se incluían categorías como *Ética, Legislación y Profesión* en las ingenierías informáticas y materias de tecnologías y gestión ambiental en las ingenierías industriales.

Diferentes **agencias de acreditación internacional** de titulaciones de ingeniería, como ABET<sup>7</sup> o EUR-ACE<sup>8</sup>, por nombrar algunas de las más valoradas en la universidad española, incluyen entre sus criterios la formación en determinadas competencias directamente relacionadas con las demandas anteriores, apelando a la comprensión de la responsabilidad ética y profesional de la práctica de la ingeniería y de sus impactos económicos, sociales y ambientales en un contexto global. En el capítulo 2, dedicado a las competencias de responsabilidad social, sostenibilidad y ética profesional se presentarán con detalle (tabla 2.3).

Una de las iniciativas más relevantes en el ámbito de la educación en ingeniería, la iniciativa CDIO<sup>9</sup>, en la que están involucradas más de 120 universidades de todo el mundo, integra en sus propuestas curriculares tanto la sostenibilidad como los aspectos sociales y éticos relacionados con la profesión, considerando la necesidad de potenciar y enfatizar dicha inclusión (Crawley et al. 2007; Crawley et al. 2011). Sus propuestas se explicarán con más detalle en el capítulo 3, dedicado a la integración curricular de las competencias de responsabilidad social, sostenibilidad y ética profesional.

En el sector de las ingenierías informáticas, las recomendaciones curriculares de la *Association for Computer Machinery* (ACM 2018) y, más recientemente, los criterios de la acreditación Euro-Inf (EQANIE 2017), consideran los aspectos éticos, sociales y legales como parte del núcleo central del currículo.

Entre las recomendaciones del proceso de reflexión promovido por el *Institute of Electrical and Electronics Engineers* sobre diseño ético (IEEE 2017), destaca la propuesta de que la ética y el razonamiento ético se incluyan en el currículo de las titulaciones de ingeniería y se forme a los estudiantes para integrar los aspectos éticos en el diseño de las nuevas tecnologías.

---

<sup>6</sup> [www.aneca.es/Documentos-y-publicaciones/Libros-Blancos](http://www.aneca.es/Documentos-y-publicaciones/Libros-Blancos)

<sup>7</sup> *Accreditation Board for Engineering and Technology*: [www.abet.org](http://www.abet.org)

<sup>8</sup> *European Network for Accreditation of Engineering Education*: [www.enaee.eu](http://www.enaee.eu)

<sup>9</sup> *CDIO INITIATIVE*: [www.cdio.org](http://www.cdio.org)

Para finalizar esta sección, en donde se han recogido diversas propuestas institucionales para que la universidad afronte los retos del desarrollo sostenible, se recogen otras demandas más “cercanas a la realidad” tomadas de las reflexiones de Hall et al. (2017) sobre la educación superior y los bienes públicos: *“El mercado demanda a las universidades que preparen profesionales flexibles para el proceso económico global. Sin embargo, los profundos desafíos sociales y globales también demandan a las instituciones de educación superior una respuesta. Los pueblos indígenas piden la descolonización y/o la indigenización de la educación superior. El cambio climático exige que la educación superior sea más efectiva en la enseñanza y el aprendizaje de lo que se necesita para la supervivencia del planeta. En un mundo de violencia, se insta a las universidades a desempeñar un papel más proactivo en la reducción de la violencia contra la mujer, la intolerancia religiosa, la proliferación nuclear y la desigualdad. La universidad pública debe esforzarse por responder a las demandas de que sirva tanto al bien público como al privado”*.

## **1.5. Justificación y motivación**

Una vez presentado el contexto en el que se enmarca el trabajo de esta tesis, en esta sección se justifica la elección de los objetivos de la investigación realizada y las razones, tanto académicas como personales, que han motivado la misma. En primer lugar, se explica la denominación elegida para las competencias que son objeto de estudio, ya que dicha denominación no es habitual en la literatura académica.

A continuación, se recogen algunos de los aspectos que la literatura académica, y la propia experiencia, han identificado como necesarios, pero no suficientemente desarrollados, para que la universidad pueda cumplir plenamente su rol para afrontar los retos actuales. Ellos serán los que justifiquen los objetivos de la investigación realizada en esta tesis. Por último, también se presentan las motivaciones y circunstancias personales del autor de esta tesis, ya que contribuyen a explicar la orientación de la misma.

### **1.5.1. Competencias para la responsabilidad social, sostenibilidad y ética profesional: competencias RSSE.**

El título de esta tesis incluye la denominación de *competencias para la responsabilidad social, la sostenibilidad y la ética profesional*, pero ¿por qué se ha elegido tal denominación? El objetivo ha sido integrar diversas perspectivas desde las que se aborda el estudio de las competencias transversales que los profesionales de la ingeniería deberían de tener para ampliar su visión, lograr la excelencia profesional y afrontar los retos de la sociedad globalizada actual. Cada una de las perspectivas mencionadas representan enfoques amplios y complejos, con muchas interrelaciones y temáticas en común, que se complementan y enriquecen. En adelante, por facilitar la lectura de esta tesis, también se denominarán *competencias RSSE*.

Bajo la etiqueta de competencias de **responsabilidad social**, Doorn y Kroesen (2013) enmarcan las competencias que empoderan a los estudiantes de ingeniería para contribuir con su profesión a la mejora del contexto social, económico y legal, abarcando temáticas éticas, políticas y de sostenibilidad, como reflejan el *International Workshop Preparing for Social Responsibility*<sup>10</sup> o el monográfico *Perspectives on Teaching Social Responsibility to Students in Science and Engineering* (Zandvoort et al. 2013). Además, desde la perspectiva de la organización empresarial, integrada en la formación en ingeniería, la Responsabilidad Social Corporativa (en adelante RSC) tiene importantes fundamentos éticos y se orienta a la rendición de cuentas en las tres dimensiones básicas del desarrollo sostenible: económica, social y ambiental (Børsen et al. 2013; CTI 2015; Porter y Kramer 2006).

Desde la perspectiva de la **educación para el desarrollo sostenible** se insiste en la importancia de una visión holística y un enfoque multidisciplinar, que incluya los aspectos sociales y éticos (Brodeur 2013; Chua y Cheah 2013; Declaración de Barcelona 2004; Mulder et al. 2012; Murga-Menoyo 2015; UE4SD 2015; UNECE 2011; UNESCO 2014b). Si se toman como referencia las directrices de la CRUE para la introducción de la sostenibilidad en el currículo, sus propuestas incluyen de forma explícita el sentido de responsabilidad ante la sociedad y la componente ética, orientándose a capacitar al alumnado para una *“comprensión crítica de la problemática social, económica y ambiental, global y local, la aplicación de procedimientos para la toma de decisiones y realización de acciones coherentes con la sostenibilidad, y la construcción de una ética personal coherente con los valores de la sostenibilidad que permita desarrollar el sentido de responsabilidad hacia las consecuencias de las propias decisiones y acciones, así como la capacidad de situarse ante los dilemas éticos y razonar y justificar sus posibles soluciones”* (CADEP-CRUE 2012).

Desde la perspectiva de la **ética profesional** en la ingeniería, además del interés en los principios éticos y deontológicos (Davis 2006; Sleurs 2008) o el conocimiento de los códigos éticos profesionales (Besterfield-Sacre et al. 2000; Colby y Sullivan 2008; Herkert 1999), se destaca la importancia de abordar la comprensión de los impactos de la actividad profesional de la ingeniería, las consecuencias de la misma tanto en el entorno natural como en las relaciones sociales, desde un enfoque de responsabilidad; esta responsabilidad debe buscar el equilibrio en las relaciones entre la naturaleza y el ser humano, así como la equidad en personas y naciones para disfrutar los beneficios del desarrollo tecnológico (Brey 2012; Colby y Sullivan 2008; ENAEE 2015; Harris Jr et al. 2013; Rudnicka et al. 2013; Wright 2011; Zandvoort 2008).

Además, muchos autores incluyen enfoques meso y macro, que abordan temáticas como la RSC, CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad), justicia social, equidad, derechos humanos, bienes públicos y la sostenibilidad ambiental (Bucciarelli 2008; Conlon 2008, 2010; Didier y Derouet

---

<sup>10</sup> *Workshop Preparing for Social Responsibility: Teaching ethics, peace and sustainability to students in science and engineering*. Delft, Octubre 2010: <http://ethicsandtechnology.eu/socialresponsibility/index.php>

2013; Herkert 2001; Mitchell and Baillie 1998; Ozaktas 2013; Rathje et al. 2008; Yau et al. 2013; Zandvoort 2008; Zandvoort et al. 2013). También son frecuentes las experiencias docentes que combinan con éxito la docencia criterios de ética en la ingeniería con criterios de sostenibilidad, observándose que se complementan y refuerzan mutuamente (Byrne 2012; El-Zein et al. 2008).

Desde la perspectiva de la responsabilidad en la innovación y el desarrollo tecnológico, la Comisión Europea asume la visión de Von Schonberg (2013) que los considera como un proceso interactivo en el que los actores sociales y los innovadores son mutuamente *responsables* del proceso de innovación y de sus productos comercializables, con una perspectiva de aceptabilidad *ética, sostenibilidad y deseabilidad social* orientada a una apropiada integración de los avances científicos y tecnológicos en la sociedad (Angelaki 2016).

Como se ha visto, cada perspectiva integra a las otras y, quizás, se podría haber elegido como denominación cualquiera de ellas. Sin embargo, se ha optado por considerar las tres de forma explícita para reafirmar la importancia de cada una de ellas y de que se trabajen desde un enfoque holístico e integrador. De este modo, se espera que las contribuciones de esta tesis puedan ser útiles a todos aquellos docentes e instituciones que estén trabajando desde cualquiera de ellas. En particular, considerando los ámbitos de ingeniería que son objeto de estudio en esta tesis, la integración de las competencias RSSE en las titulaciones de ingenierías industriales puede aprovechar la relación directa con la dimensión ambiental de la sostenibilidad, mientras que en las ingenierías informáticas las problemáticas más visibles son relativas a cuestiones éticas, sociales o legales. El objetivo es facilitar que, a partir del trabajo de la dimensión que esté más directamente relacionada con una titulación o materia, se establezcan conexiones con el resto y se promueva una visión holística y sistémica.

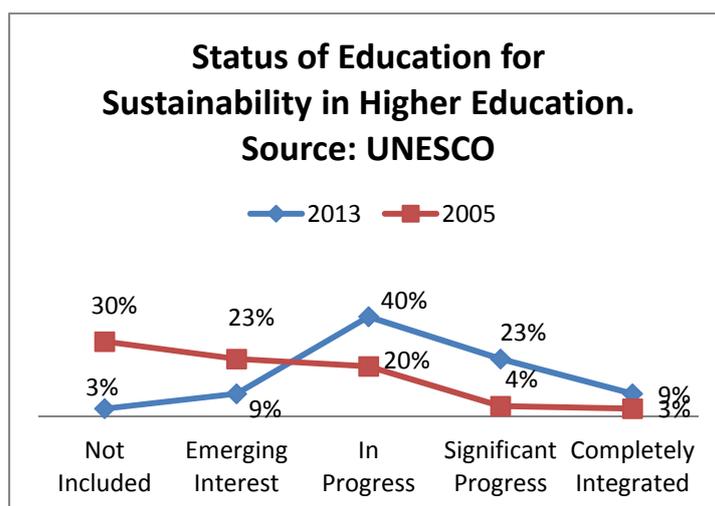
Reforzando esta idea de integración, también se pueden incluir otros enfoques con los que se comparten objetivos y metodologías. Es este caso, paradigmas como la educación para el desarrollo y la ciudadanía global (Boni y Pérez-Foguet 2006; Cano 2014; De Wit y Leask 2017; Ortega 2008; Pérez-Foguet et al. 2005) o la educación para la ingeniería global (Murphy et al. 2015; Trimmingham et al. 2016; Pérez-Foguet et al. 2018) también han servido de referencia en el trabajo desarrollado.

### **1.5.2. Motivación académica y práctica**

En las secciones anteriores se ha presentado la necesidad de la inclusión en la formación universitaria en ingeniería de conocimientos, habilidades y valores que integren aspectos ambientales, sociales y éticos, y que fomenten la reflexión y la toma de conciencia sobre la responsabilidad de los futuros profesionales. Pero, ¿cuál es la situación en la realidad docente de los centros universitarios?

Entre las propuestas de la Declaración de Barcelona (2004) para la formación en ingeniería para el desarrollo sostenible estaba la redefinición de la misión de las universidades e IES, un mayor compromiso con la calidad, y el apoyo para revisar los objetivos de investigación y los paradigmas docentes. En los primeros aspectos ha habido avances, especialmente en los objetivos institucionales y la gestión de aspectos económicos y ambientales especialmente en las regiones del Norte y Oeste de Europa (Albareda et al. 2017; UE4SD 2014, Wals 2014). El informe final sobre la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible (Buckler y Creech 2014), muestra significativos progresos en el reconocimiento de la importancia de estas temáticas por parte de los gobiernos, las empresas y las universidades. También reconoce progresos en la reorientación de programas educativos de diferentes niveles, integrando aspectos de sostenibilidad, y promoviendo innovaciones pedagógicas. Sin embargo, el grado de integración efectiva de la sostenibilidad en las IES es aún bajo (figura 1.4) y se requieren más esfuerzos para transformar los entornos educativos, especialmente en la capacitación del profesorado.

Figura 1.4. Evolución de la integración de la Educación para la Sostenibilidad en la Educación Superior (Buckler y Creech 2014).



La relevancia que están adquiriendo actualmente los *rankings*, el enfoque en la productividad científica – que valora más el factor de impacto que la relevancia o impacto social de las soluciones planteadas por los investigadores – y la viabilidad económica de las IES, están provocando que la gestión de tareas y un enfoque de logro basado en “objetivos empresariales”, releguen el desarrollo de otras facetas como la excelencia docente o una investigación orientada a las problemáticas sociales (Benayas et al. 2017; Lazzarini et al. 2018; Morrissey 2015). No obstante, la reciente incorporación de las actividades de transferencia del conocimiento e innovación a agentes sociales dentro de los criterios de evaluación de la actividad investigadora en España, es un signo de cambio<sup>11</sup>. Como se verá a

<sup>11</sup> BOE-A- 2018-16138. Resolución de 14 de noviembre de 2018, de la Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora, por la que se publican los criterios específicos aprobados para cada uno de los campos de evaluación.

lo largo de esta investigación, la transformación de las tareas docentes e investigadoras requiere procesos más complejos cuyos resultados no son inmediatos, pero sí son imprescindibles.

Esto también ocurre en el ámbito de la sostenibilidad, donde la proliferación de clasificaciones y comparativas del desarrollo de iniciativas sostenibles en las universidades lleva a una mayor preocupación por la memoria de gestión que por el desarrollo de políticas coherentes de responsabilidad social. Es lo que Alba (2017) caracteriza como *greenwashing*, por el que las universidades hacen ver que son sostenibles cuando en realidad hacen pequeñas acciones ecoeficientes y, en cierta medida, insignificantes.

Tanto en los informes internacionales como en los estudios de diagnóstico de las universidades españolas, la dimensión en la que se aprecian más barreras y dificultades para incorporar los temas de sostenibilidad en la universidad es el ámbito de la docencia, aunque se observan progresos en la atención a los aspectos pedagógicos y de integración en los planes de estudios (Benayas et al. 2017; Neubauer y Calame 2017; Wals 2014).

En el estudio del grupo de trabajo de evaluación de la sostenibilidad universitaria de la CRUE de 2011 se apreciaba que muchas universidades ofertaban cursos especializados en educación para el desarrollo sostenible y sostenibilidad, pero muy pocas habían integrado esas temáticas en todos los grados con el objetivo de que todos sus alumnos pudieran recibir una formación mínima (CADEP-CRUE 2011). El documento “La Responsabilidad Social de la Universidad y el Desarrollo Sostenible” elaborado por la Comisión Técnica de la Estrategia Universidad 2015 (MEC 2011) recoge antecedentes importantes en la oferta formativa universitaria reglada, como es el caso de la atención a la ética o los derechos humanos – en enseñanzas del área de la educación, la psicología, la salud o en especialidades de las ciencias experimentales – y a la responsabilidad social y la sostenibilidad de las empresas – en estudios relacionados con el mundo de la economía o de la empresa –. Sin embargo, no se observaba una estrategia integradora de la responsabilidad social de la Universidad o de la sostenibilidad capaz de aunar las variadas iniciativas puestas en marcha en el ámbito docente.

Por tanto, aún se está lejos de conseguir una **reorientación del currículo en relación con el desarrollo sostenible**, hay muchas lagunas en los planes de estudios y pocos ejemplos de cambio curricular a gran escala. Además, las experiencias disponibles son puntuales y escasas con referencia a grupos innovadores de docentes, y con una incidencia baja en la elaboración de planes formativos a nivel general, no alcanzando a todo el alumnado (Albareda et al. 2017; Aznar et al. 2017; Brodeur 2013; CTI 2017; De Wit y Leask 2017; Graham 2018; González-Gaudio et al. 2015; Harpe y Thomas 2009; Lazzarini et al. 2018; Lozano y Lozano 2014; Mulder et al. 2012).

Desde la perspectiva de la formación en ética profesional y responsabilidad social en ingenierías, también hay indicios de que el impacto global de las demandas externas es

limitado y no hay evidencia de que la forma en que actualmente las universidades preparan a los estudiantes de ingeniería sea adecuada o suficiente. En general, parece que esta formación juega un papel marginal en los planes de estudios, tanto en tiempo como en créditos u oferta de asignaturas, y no se aprecia que los mecanismos de acreditación y evaluación garanticen que se cubran los objetivos docentes en relación con la ética profesional y la responsabilidad social (Colby y Sullivan 2008; CTI 2017; Fabregat 2013; Rathje 2008; Zandvoort et al., 2013).

Esta situación refleja la pertinencia de desarrollar experiencias e investigaciones que aporten referencias para la **integración efectiva y sistemática de las competencias RSSE en los planes de estudios** de las titulaciones universitarias. Entre las líneas de investigación propuestas en el programa de investigación sobre la responsabilidad social y el compromiso con el desarrollo sostenible en el sistema universitario español (MEC 2011) está la inclusión de la responsabilidad social en las competencias, materias y asignaturas de las titulaciones, asumiendo la complejidad de incorporar las diversas temáticas incluidas en el propio concepto de responsabilidad social. En esta línea destacan los informes realizados en la Universidad de Valencia sobre la inclusión de competencias de sostenibilidad en sus titulaciones (Aznar et al. 2012, 2013), aunque no alcanzan a analizar cómo se trabajan de forma efectiva en el aula.

Uno de los retos identificados para llevar a cabo la integración de las competencias RSSE en los planes de estudios de ingeniería hace referencia a la **complejidad** de la materia en sí misma y su carácter ambiguo; implica problemáticas abiertas, con alto nivel de incertidumbre, dependientes del contexto, de muy diversos factores, actores y perspectivas, cuyas soluciones no son únicas, y muy diferentes a los problemas científicos o tecnológicos que habitualmente se abordan en la mayoría de las materias del currículo (Børsen et al. 2013; Ozaktas 2011; Takala y Korhonen-Yrjänheikki 2013; Zandvoort et al. 2013). Sin embargo, la formación en ingeniería aún se caracteriza por una orientación técnica y práctica, focalizada en encontrar e implementar soluciones dentro de un marco de certidumbre y predictibilidad (Halbe et al. 2015).

Esta complejidad implica la necesidad de ofrecer una visión más amplia al alumnado, desarrollando un **enfoque holístico y sistémico**, que se mencionaron anteriormente como habilidades necesarias para el profesional de la ingeniería. Segalàs (2009) indica que la mayoría del estudiantado sigue priorizando el rol tecnológico de la sostenibilidad, viendo la tecnología como la solución a los problemas ambientales sin apenas considerar los aspectos sociales, por lo que los cursos sobre sostenibilidad deberían de enfatizar más la parte social e institucional de la sostenibilidad. El estudio de Holsapple et al. (2012) refleja que los estudiantes perciben carencias en la comprensión y la resolución de dilemas complejos incluso después de cursos de formación en ética de la ingeniería. Los estudios realizados por Lambrechts et al. (2013) también reflejan que las competencias RSSE se trabajaban de forma

fragmentada e incompleta, sin combinar adecuadamente conocimientos, habilidades, actitudes y valores, lo que dificulta adquirir la visión holística necesaria.

Como se verá con más detalle en el capítulo 4, para desarrollar esas capacidades se recomienda emplear estrategias de enseñanza-aprendizaje activas, que provoquen la **reflexión**, proponiendo el análisis y la resolución de **problemas reales**, y en las que los estudiantes sean capaces de descubrir personas detrás de los datos y aborden las interconexiones entre las diferentes dimensiones de la sostenibilidad (UNESCO 2014b).

Es importante, además, hacerlo de **forma conjunta, coordinada y coherente**. Por una parte, el pensamiento crítico y la reflexión no son por sí mismos suficientes para dar lugar a acciones transformadoras, responsables y sostenibles, por lo que es necesario dar oportunidades para abordar problemas reales (Collazo y Geli 2017; Fear et al. 2006). Pero, por otra parte, en este tipo de actividades orientadas a problemas reales, no siempre se debaten las limitaciones que implican su puesta en práctica, la relevancia o el impacto de las soluciones planteadas, y no se promueve la reflexión sobre los valores éticos de las acciones en su contexto social o ambiental (Benayas et al. 2017; GUNI 2012a). Además, se reconoce que una plena, coherente y efectiva integración de las competencias RSSE implica una **evaluación** adecuada y coherente de las mismas (Cebrián y Junyent 2015; Mochizuki y Fadeeva 2010).

Entre las **barreras** que se han identificado para poder llegar a todo ello, destacan:

- la hiperespecialización de la investigación y la **estructura** excesivamente rígida, disciplinar y compartimentada que persiste en la mayoría de las universidades (Benayas et al 2017; Holgaard et al. 2016; Ferrer-Balas et al. 2008; Gonzalo et al. 2017; GUNI 2012a; Halbe et al. 2015; Lazzarini et al. 2018; Lozano et al. 2015; Mulder et al. 2012; Sammalisto et al. 2015; Segalàs 2009; Verhulst y Lambrechts 2014),
- las resistencias y dificultades que encuentra el **profesorado** para trabajar estos temas, en los que no suele ser especialista, teniendo carencias para la comprensión de los conocimientos y habilidades relacionados con las competencias RSSE, así como para evaluar el desarrollo de competencias que no son instrumentales (Colby y Sullivan 2008; Fabregat 2013; Lambrechts 2016; Segalàs 2009; UE4SD 2014; Verhulst y Lambrechts 2014),
- la falta de recursos y **apoyo institucional** efectivo para reconocer y mantener las iniciativas que se desarrollan (Ferrer-Balas et al. 2008; Hoover y Harder 2014; Verhulst y Lambrechts 2014).

Por tanto, para facilitar la perspectiva holística del desarrollo humano ambiental y socialmente sostenible, que combine reflexión y conexión con las problemáticas reales, es necesario que haya tanto un enfoque de “abajo hacia arriba” – con iniciativas docentes individuales y de grupos de profesorado – como de “arriba hacia abajo” – con apoyo institucional apropiado para desarrollar modelos curriculares más flexibles y potenciar la

capacitación de las personas que los han de llevar a la práctica – (Aznar et al. 2011; Aznar et al. 2017; Corcoran y Wals 2005; Lazzarini 2018; Lozano 2012; Mulder et al. 2012; UNECE 2013; Vilches y Gil Pérez 2012; Zandvoort et al. 2013).

Este **doble enfoque** es importante, ya que los procesos docentes se refuerzan cuando las acciones en las otras áreas de actividad de la universidad (investigación, gestión y relación con la sociedad) están alineadas, por lo que es clave el liderazgo institucional para promover también las acciones de “abajo hacia arriba” (Lozano 2012; Mulà et al. 2017; Mulder et al. 2012; Segalàs 2009; UE4SD 2015).

Para potenciar esas acciones, una de las prioridades, de acuerdo con la hoja de ruta para la educación para el desarrollo sostenible de la UNESCO (2014b), es la formación continua del profesorado y el fortalecimiento de los recursos docentes, por lo que Buckler y Crech, (2014) señalan la necesidad de **innovar, investigar y evaluar el desarrollo y la efectividad de buenas prácticas docentes**. Es necesario visibilizar estas buenas prácticas, aportando datos sobre la manera en que se alcanzan los objetivos y resultados, así como la propia **visión del profesorado** sobre cómo integrar la sostenibilidad en su práctica docente y la **visión de los estudiantes** sobre el desarrollo de sus competencias RSSE, que no son siempre coincidentes (Aznar et al. 2017; Holsapple et al. 2012; Tilbury 2012).

*Cuadro 1.7. Síntesis de retos y necesidades para la formación de los futuros profesionales de la ingeniería en competencias RSSE. Elaboración propia a partir de distintos autores.*

- La complejidad de la propia materia y las competencias necesarias implica:
  - aportar una **visión holística** y sistémica, incluyendo a otros actores y modos de trabajo interdisciplinares y transdisciplinares;
  - integrar conocimientos, **reflexión**, y abordar **problemas abiertos** y desestructurados;
  - otros modos de pensar (“no técnicos”).
- La mayoría de las experiencias actuales:
  - son aisladas, **no son sistemáticas**, **no alcanzan a todos** los estudiantes o bien lo hacen sólo en un momento específico de sus estudios;
  - integran las competencias RSSE de forma implícita o fragmentada, **incompleta**, sin que se cubra la combinación de objetivos de conocimientos, habilidades, valores y actitudes, o bien sin que haya una coherencia entre contenidos, metodologías y métodos de evaluación.
- Se demandan:
  - estudios sobre la **efectividad** de buenas prácticas docentes, que incluyan la **visión del profesorado y del alumnado**;
  - modelos curriculares flexibles;
  - referencias para potenciar **líneas de trabajo que combinen un doble enfoque**: de “arriba hacia abajo” (liderazgo institucional) y de “abajo hacia arriba” (iniciativas y acciones del profesorado y alumnado).

El cuadro 1.7 resume estos retos y necesidades para la formación de los futuros profesionales de la ingeniería en competencias de responsabilidad social, sostenibilidad y ética profesional, seleccionando aquéllos que han orientado la investigación realizada en esta tesis.

### **1.5.3. Motivaciones personales**

Este proyecto de tesis comienza a finales del año 2012 a raíz del interés del autor por contribuir al trabajo de las competencias de responsabilidad ética, social y ambiental en las titulaciones de ingeniería, en particular en las impartidas en su universidad (Universidad Politécnica de Madrid, en adelante UPM). Este interés fue fruto de la evolución de su actividad en la universidad en ese campo, que comenzó como profesor de asignaturas de libre elección relacionadas con la cooperación para el desarrollo (Cañizo et al. 2006), y continuó como coordinador del grupo de cooperación Educación para el Desarrollo en el área de las TIC (Miñano et al. 2011), coordinador del título propio UPM de experto en Cooperación para el Desarrollo (Cervera et al. 2008), participando en proyectos de innovación educativa relativos a la integración de competencias transversales en los estudios de ingeniería y, actualmente, como profesor en asignaturas “no técnicas”, obligatorias en los nuevos grados – adaptados al EEES – de ingenierías informáticas y de telecomunicaciones (Miñano y Fernández Aller, 2011; Miñano et al. 2015)<sup>12</sup>.

Esta actividad, muy orientada a la práctica docente, marca el carácter de esta tesis, que pretende hacer contribuciones aplicables dentro del actual marco de las titulaciones de ingeniería, en particular de ingenierías informáticas e industriales, en las que se ha enfocado la investigación. La visión del autor es que el trabajo de las competencias RSSE deje de ser una opción personal, aislada o “exótica” dentro de los estudios de ingeniería, se consolide como parte importante de la formación de los futuros profesionales, aportando valor a dicha formación, y contribuya a que, tanto la propia universidad como los profesionales que forma, asuman su responsabilidad para configurar una sociedad sostenible e inclusiva.

Además de las referencias de otros autores, su propia experiencia le ha mostrado la importancia de incidir en los distintos niveles que condicionan la práctica docente: la propia estructura del plan de estudios (nivel macro), la docencia en las asignaturas (nivel micro) y el apoyo institucional para facilitar, promover y potenciar las iniciativas del profesorado (nivel meso).

Las distintas investigaciones realizadas en el marco de esta tesis, pretenden obtener resultados útiles para cada una de esas tres perspectivas, enfocándose en algunos de los retos identificados en la sección anterior (cuadro 1.7): integración efectiva y sistemática de las competencias RSSE en los planes de estudios; modelo curricular; desarrollo de una visión

---

<sup>12</sup> Aspectos Éticos y Sociales, en los grados de ingenierías informáticas de la ETSI Sistemas Informáticos (UPM), y Ciencia, Tecnología y Sociedad, en los grados de ingenierías de telecomunicación de la ETSI Sistemas de Telecomunicación (UPM).

holística; promover la reflexión y el contacto con problemas reales; desarrollar, analizar y evaluar experiencias docentes concretas, y aportar la visión del profesorado y del alumnado.

## 1.6. Objetivos, preguntas y alcance de la investigación.

Esta tesis pretende abordar algunos de los retos identificados y contribuir a la mejora de la formación de los estudiantes de ingenierías en competencias de responsabilidad social, sostenibilidad y ética profesional, desde un enfoque basado en la responsabilidad que la universidad y sus miembros tienen ante la sociedad para afrontar los actuales retos que plantea el desarrollo sostenible.

Teniendo en cuenta este objetivo general y las necesidades identificadas, para orientar el desarrollo de la tesis se formuló la siguiente pregunta de investigación:

*Considerando el actual contexto académico español de las titulaciones de ingeniería, ¿cómo se pueden integrar las competencias RSSE en los planes de estudios de forma holística, completa, sistemática y efectiva?*

Las respuestas que se aportan pretenden ser eminentemente **prácticas**, con el fin de orientar y promover **transformaciones** viables en el actual **contexto académico español** de las titulaciones de ingeniería. Para que la investigación fuera viable, se optó por determinar su alcance a los **casos de las ingenierías industriales e informáticas**, ámbitos en los que está implicado el autor de esta tesis, como docente y como estudiante de programa de doctorado. No obstante, algunos de sus resultados pueden ser extrapolables a otras ingenierías y otros contextos académicos universitarios.

Para llegar a ellas, la investigación se plantea desde tres perspectivas diferentes:

- ✓ una perspectiva “macro”, centrada en el estudio de los **planes de estudios** de titulaciones de ingeniería,
- ✓ una perspectiva “micro”, focalizada en la **práctica docente** en asignaturas obligatorias concretas,
- ✓ una perspectiva “meso”, relativa a las **acciones institucionales** y de organización necesarias para generar los cambios necesarios para mejorar la formación de los estudiantes.

Para orientar la investigación se han definido tres objetivos específicos:

- ✓ OE1: describir cómo los actuales grados de ingenierías industriales e ingenierías informáticas están integrando en la docencia las competencias RSSE, atendiendo de forma especial si se hace de forma holística y sistemática a lo largo del plan de estudios, identificando buenas prácticas y modelos de referencia.

- ✓ OE2: analizar la efectividad de metodologías completas para desarrollar competencias RSSE en contextos docentes concretos.
- ✓ OE3: sintetizar los resultados y elaborar una serie de propuestas desde una triple perspectiva: planes de estudios, docente e institucional.

### 1.7. Enfoque metodológico.

Para poder responder a la pregunta de investigación y lograr los objetivos planteados, se ha optado por un enfoque metodológico muy orientado al análisis de la práctica docente, desde el paradigma del *pragmatismo*, utilizando tanto métodos cuantitativos como cualitativos.

La estrategia general elegida para desarrollar el trabajo de investigación de esta tesis es el estudio de casos. Esta metodología es adecuada cuando la comprensión de una determinada situación real está muy condicionada por las características del contexto, tanto estructural como temporal, se tiene muy poco control sobre la misma y se pretende dar respuesta a preguntas de investigación del tipo “cómo” o “por qué” (Yin 2008). Además, ofrece cierta flexibilidad en la selección y análisis de datos que favorece la emergencia de nuevas ideas a lo largo del proceso de investigación, lo cual es especialmente deseable en áreas de investigación novedosas y en desarrollo (Eisenhardt y Graebner 2007; Yin 2008).

Se ha elegido un diseño de estudio de caso múltiple, planteando tres estudios desarrollados en paralelo, con el fin de analizar la práctica docente desde distintas perspectivas y siguiendo metodologías de investigación diferentes.

Desde la **perspectiva de los planes de estudios**, se ha realizado una **investigación exploratoria** sobre cómo se están integrando las competencias RSSE en los planes de estudios de titulaciones relacionadas con ingeniería informática e industrial en España. Tomando como referencia técnicas de **benchmarking**, se ha buscado profundizar en el modo en el que se concreta el trabajo de dichas competencias en las asignaturas a partir de sus guías docentes. El análisis se ha basado en aspectos cuantitativos y cualitativos. A partir de la definición de determinadas categorías dentro de las competencias RSSE y categorías de asignaturas de un plan de estudios, se obtienen algunos indicadores cuantitativos que permiten valorar si la integración de las competencias se está haciendo de forma holística y sistemática. El análisis cualitativo, centrado en los contenidos y metodologías, se orienta a identificar prácticas relevantes que sirvan de referencia para inferir propuestas e identificar factores de éxito para el desarrollo de las competencias RSSE.

Desde la **perspectiva docente**, se han realizado dos estudios de caso sobre intervenciones docentes orientadas al desarrollo de competencias RSSE en contextos diferentes, en las que ha participado de forma activa el autor de la tesis. En ambos casos, las experiencias se integraron en el desarrollo habitual de asignaturas obligatorias, con la participación de todo el alumnado de las mismas, lo que implica un número elevado de estudiantes en diversos

grupos. Las intervenciones llevadas a cabo estaban alineadas con los objetivos, los resultados de aprendizaje y la evaluación de la propia asignatura. Se ha seguido un marco metodológico común, basado en el *Design-Based Research* (Cohen et al. 2011; Design-Based Research Collective 2003), estudiando y comparando los resultados de intervenciones sucesivas.

Para cada caso específico las metodologías elegidas han sido diferentes. El primero de estos estudios de caso se llevó a cabo con estudiantes de grado de ingenierías informáticas de la ETSI Sistemas Informáticos de la UPM (en adelante ETSISI-UPM), en el marco de una asignatura obligatoria de primer curso relacionada con los aspectos legales, profesionales, éticos y sociales de la informática. La intervención se enfocó en el desarrollo de competencias de ética profesional, siguiendo una **metodología cuasi-experimental** en **dos semestres** diferentes.

El segundo se desarrolló en asignaturas obligatorias del máster habilitante de ingeniería industrial de la ETSI Industriales de la UPM (en adelante ETSII-UPM), en un contexto de aprendizaje basado en proyectos. En este caso, la intervención se orientó al desarrollo de competencias de sostenibilidad, siguiendo una **metodología de investigación-acción** a lo largo de **tres cursos consecutivos**.

La elección de los estudios de caso ha estado marcada por el enfoque pragmático y orientado a la práctica de esta tesis. Se han elegido contextos docentes en donde era viable la participación activa del autor de la tesis, bien porque ya participaba previamente (la ETSISI-UPM) o bien donde había posibilidades de integrarse en el grupo de profesorado que trabajaba en las asignaturas donde se realizaría la intervención (la ETSII-UPM). Por otra parte, eran contextos en donde existía un apoyo institucional que facilitaba la realización de la investigación y ofrecía posibilidades de incorporar los resultados de la misma a las actividades docentes. Por último, permitían obtener perspectivas diferentes y ampliar el alcance de la investigación: se ha trabajado en titulaciones diferentes, en momentos diferentes de la formación de los estudiantes – con alumnado de primer curso de grado en el caso de la ETSISI-UPM y con alumnos de primer curso de máster en el caso de la ETSII-UPM – y desarrollando competencias diferentes – competencias básicas de razonamiento crítico y centradas en ética profesional en el caso de la ETSISI-UPM y competencias de aplicación en proyectos en el caso de la ETSII-UPM –.

A partir de los resultados, análisis y conclusiones de los estudios realizados, se realizó un proceso de reflexión y síntesis de dichas conclusiones, de forma que se pudiera aportar respuestas a la pregunta de investigación. Para validar y completar estas conclusiones, el autor se ha apoyado en la realización de entrevistas semiestructuradas a expertos y en los resultados de diversos grupos de discusión que ha promovido o en los que ha participado. En esta fase también se ha profundizado en recoger información relevante para identificar los aspectos clave relativos a las acciones institucionales y de organización que pueden

contribuir más eficazmente a la integración de las competencias RSSE en la formación universitaria.

Finalmente, tras este último proceso, se elaboraron las conclusiones finales y las respuestas a la pregunta de investigación desde distintas perspectivas: estructura de los planes de estudios (macro), experiencia docente (micro) y el apoyo institucional (meso).

## **1.8. Estructura de la tesis.**

Para finalizar este capítulo introductorio, se explica cómo se ha estructurado este documento. En este primer capítulo se ha presentado el contexto que justifica y motiva la realización de esta investigación, identificando la pregunta de investigación, los objetivos de la misma y explicando las líneas generales de la metodología que se ha seguido para desarrollarla.

Los tres capítulos siguientes constituyen el **marco teórico** de la investigación realizada. La integración de las competencias RSSE en la educación superior requiere tomar una perspectiva amplia del proceso educativo, que tenga en cuenta qué contenidos, habilidades y valores se quieren transmitir, pero también las estrategias de enseñanza, aprendizaje y evaluación más apropiadas para desarrollarlas, y cuáles son los marcos curriculares e institucionales que pueden favorecer un desarrollo efectivo de las mismas.

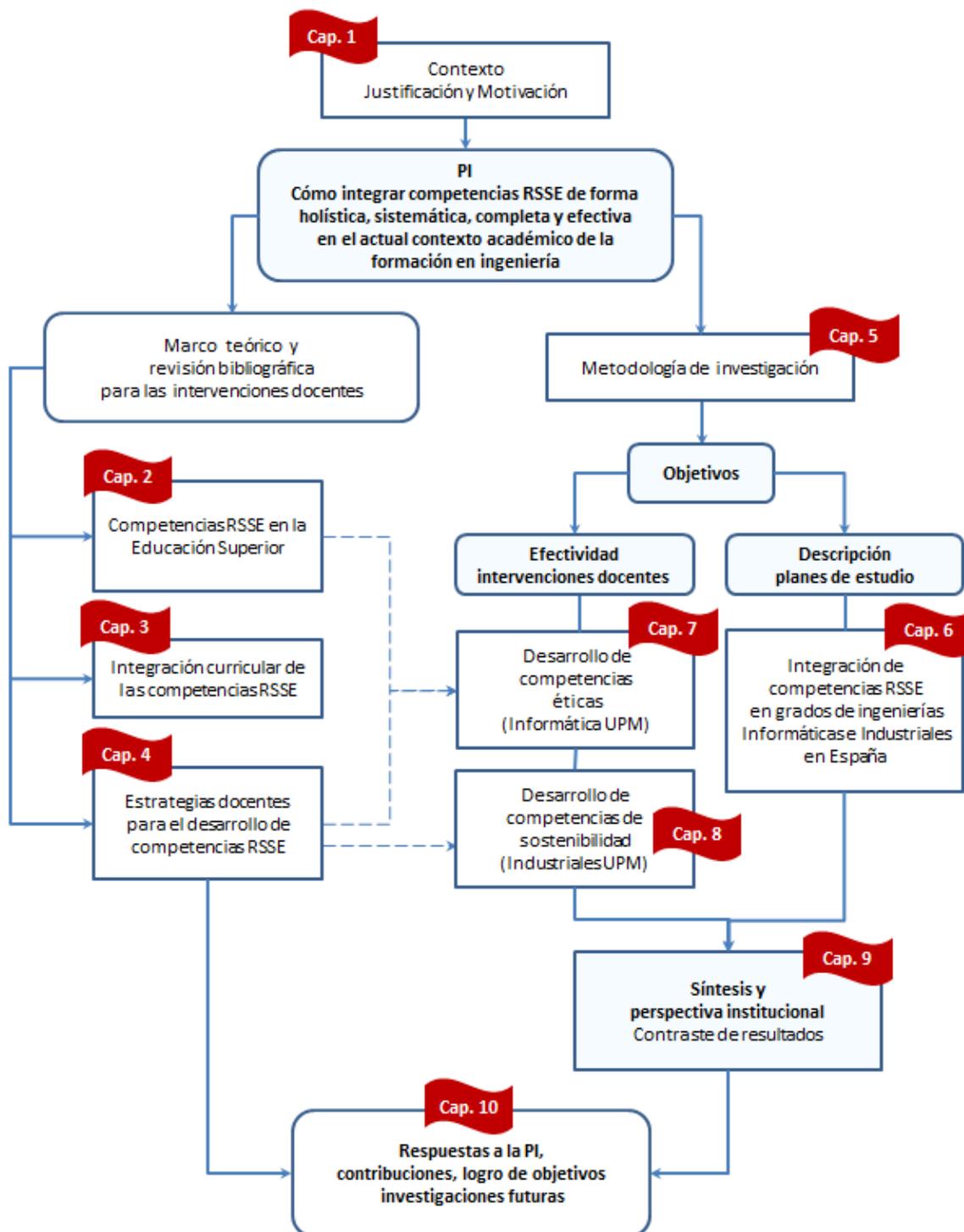
En el capítulo 2 se presenta una revisión sobre lo que se consideran las competencias de sostenibilidad, responsabilidad social y ética profesional necesarias en la educación superior, en particular en el ámbito de la ingeniería. Partiendo de lo más general hacia lo particular, se explica el marco actual para el desarrollo de competencias en el Espacio Europeo de Educación Superior, se presentan diferentes propuestas sobre las competencias que se consideran necesarias para responder a los retos del desarrollo sostenible de la sociedad actual desde la formación universitaria y, en particular, las que se consideran más importantes en el ámbito de la ingeniería. Cierra este capítulo los resultados de la revisión bibliográfica realizada para apoyar una de las intervenciones docentes que se analizarán en la investigación, en la que se profundiza específicamente en las competencias éticas para estudiantes de ingenierías.

El capítulo 3 presenta una revisión de la literatura en relación con la integración de las competencias RSSE desde las perspectivas de los planes de estudios y de la implicación institucional. Dicha revisión refleja la necesidad de abordar los cambios desde un enfoque global que implique a todas las dimensiones de la actividad universitaria. Además, se recogen distintas propuestas y recomendaciones relativas a planes estratégicos de universidad, estructura de los planes de estudios y el liderazgo en la gestión de los recursos humanos.

El capítulo 4 aporta el marco teórico desde la perspectiva docente, recogiendo las aportaciones de la literatura en relación con las estrategias docentes para implementar de

modo efectivo y coherente el desarrollo de las competencias RSSE en la formación universitaria, así como el modo de abordar su evaluación. Además, se profundiza en las metodologías docentes más directamente relacionadas con las dos intervenciones docentes que se estudiarán en esta tesis, incluyendo la revisión bibliográfica realizada para apoyar las mismas.

Figura 1.5. Esquema general de la tesis.



En el capítulo 5 se explica con detalle la **metodología de investigación** seguida para alcanzar los objetivos de esta tesis y responder a la pregunta de investigación. En primer lugar se justifica la estrategia general elegida y, a continuación, se presentan las metodologías e instrumentos específicos de recogida y análisis de datos de cada uno de los estudios realizados.

Los siguientes capítulos explican el **desarrollo, resultados y conclusiones** que se han obtenido **de los distintos estudios**. El capítulo 6 presenta los resultados y conclusiones de la investigación exploratoria sobre la integración de las competencias RSSE en titulaciones de ingenierías informáticas e ingenierías industriales en España. El capítulo 7 presenta los resultados y el análisis de la intervención docente realizada en titulaciones de ingeniería informática de la ETSISI-UPM para desarrollar competencias de ética profesional; y el capítulo 8 presenta los resultados de la investigación-acción realizada en asignaturas del máster de ingeniería industrial de la ETSII-UPM para integrar competencias de sostenibilidad en el desarrollo de proyectos de ingeniería.

El capítulo 9 sintetiza el análisis de la información recogida mediante entrevistas semiestructuradas y grupos focales con el fin de contrastar los resultados y análisis anteriores relativos al ámbito docente y de los planes de estudios. Además, de forma especial se recogen las aportaciones relativas a la perspectiva institucional.

Por último, el capítulo 10 se reflexiona sobre las que se consideran como principales **contribuciones** de esta tesis, se resumen los **logros** para cada uno de los objetivos específicos, y se presentan las **conclusiones** que pretenden dar respuestas a la pregunta de investigación planteada. También se explicarán las que se consideran que son las limitaciones del trabajo realizado y se plantean algunas líneas de investigación futura para seguir contribuyendo a la mejora de la formación en competencias de sostenibilidad, responsabilidad social y ética profesional de los futuros profesionales de la ingeniería.

Al final de este documento, además de las **referencias**, se añaden cuatro **anexos** en donde se pueden consultar con más detalle alguna información relevante sobre cada uno de los estudios realizados y sobre algunos de sus resultados.



## **2. COMPETENCIAS DE SOSTENIBILIDAD, RESPONSABILIDAD SOCIAL Y ÉTICA PROFESIONAL EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR EN INGENIERÍA**

Este capítulo presenta una revisión sobre lo que se consideran las competencias de sostenibilidad, responsabilidad social y ética profesional necesarias en la educación superior, en particular en el ámbito de la ingeniería. En primer lugar, se hace una breve revisión del concepto de competencia y se explica el marco actual para el desarrollo de competencias en la educación superior, en particular dentro del nuevo Espacio Europeo de Educación Superior. En las siguientes secciones, se presentan diferentes propuestas sobre las competencias que se consideran necesarias para responder a los retos del desarrollo sostenible de la sociedad actual desde la formación universitaria y, en particular, las que se consideran más importantes en el ámbito de la ingeniería. Por último, se incluye en este capítulo una sección en la que se profundiza específicamente en las competencias éticas para estudiantes de ingenierías a partir de la revisión bibliográfica realizada en la fase preliminar de uno de los estudios de caso realizados en esta tesis.

### **2.1. Competencias en la educación superior**

Se ha visto que la globalización y el desarrollo tecnológico están creando un mundo cada vez más diverso e interconectado. Para comprender y funcionar bien en este mundo, los individuos necesitan, por ejemplo, dominar las tecnologías cambiantes, manejar adecuadamente enormes cantidades de información disponible o interactuar con personas de diferentes culturas y valores. También enfrentan desafíos colectivos como sociedades, tales como el equilibrio entre el crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental, y la cohesión social, que dependen críticamente de las competencias de la población, entendiendo como competencias las capacidades demostradas de utilizar conocimientos, destrezas y habilidades personales, sociales y metodológicas, así como actitudes y valores, en situaciones de trabajo o estudio y en el desarrollo profesional y personal (OCDE 2005; EC 2006).

El concepto de competencia tiene sus antecedentes en los estudios del comportamiento, de McClelland (1973), que pretendía inferir las características de los trabajadores con mejor desempeño a partir de sus comportamientos observables. Para él, una competencia consistía en evidenciar una característica personal que pudiera evaluarse y que permitiera diferenciar a aquellos empleados que tienen un rendimiento superior de aquellos con un rendimiento promedio. Otras líneas de investigación contribuyeron a desarrollar dicho concepto, unas vinculadas también al análisis del comportamiento laboral, y otras centradas en el estudio del comportamiento humano basado en la inteligencia cognoscitiva y el análisis de las formas de aprender y de enseñar (psicología educativa) o en las *inteligencias múltiples* (Boyatzis 1982; Gardner 1983; Prahaland y Hamel 1990; Spencer et al. 1994).

En cualquier caso, todos estos planteamientos tienen en común la consideración de factores que van más allá de las capacidades puramente cognitivas de las personas, interesándose por otro tipo de habilidades y actitudes, así como por una caracterización precisa del puesto de trabajo o del contexto en donde ha de desempeñarlas.

Desde que se creó el Espacio Europeo de Educación Superior el aprendizaje y dominio de las competencias ha cobrado mayor relevancia. En dicho contexto, los términos "resultados de aprendizaje" y "competencia" se utilizan con diferentes matices de significado y en marcos de referencia en cierto modo diferentes. Según la guía para el uso de los ECTS (EC 2015a), la **competencia** se refiere a la *"capacidad demostrada para emplear el conocimiento, las habilidades y las capacidades sociales y/o metodológicas en situaciones de trabajo o estudio y en el desarrollo profesional y personal, en términos de responsabilidad y autonomía"*. Los **resultados de aprendizaje** expresan. *"el nivel de competencia alcanzado por el estudiante y verificado a través de una evaluación, describiendo lo que un estudiante sabe, comprende y es capaz de hacer tras culminar con éxito un proceso de aprendizaje"*.

Una competencia va más allá de los meros conocimientos involucrando la habilidad de enfrentar demandas complejas apoyándose en recursos psicosociales, que incluyen destrezas y actitudes, en un contexto en particular (OCDE 2005). En este mismo sentido, en el Proyecto Tuning (Gonzalez y Wagenaar 2003) se indica que las competencias representan una combinación dinámica de las capacidades cognitivas y metacognitivas, de conocimiento y de entendimiento, interpersonales, intelectuales y prácticas, así como de valores éticos. Las competencias no se pueden enseñar, sino que tienen que ser desarrolladas por los propios estudiantes a través de la acción, sobre la base de la experiencia y la reflexión (UNESCO 2015).

Las competencias pueden ser **específicas** de la materia o **genéricas**. Las primeras hacen referencia a las competencias que el estudiante debe adquirir en aspectos técnicos específicos de la materia o titulación. Por el contrario, las genéricas son comunes para cualquier disciplina o área de conocimiento y deberían de ser adquiridas por los egresados de cualquier titulación. A estas últimas también se las identifica como transversales por no atenerse a ninguna materia o disciplina determinada.

El concepto de competencia es complejo, tiene carácter multidimensional e implica la interacción dinámica de numerosos factores. Por ello, la relación de competencias genéricas que se consideran necesarias en la formación actual es muy variada y admite diversas categorizaciones. Por ejemplo, González y Wagenaar (2003) distinguen tres tipos:

- ✓ **Instrumentales:** relativas a conocimientos y habilidades como el uso de la tecnología y gestión de la información, capacidad de análisis y síntesis, resolución de problemas o toma de decisiones.

- ✓ **Interpersonales:** habilidades de interacción social y cooperación, como trabajo en equipo, trabajo en contextos interdisciplinarios e internacionales, aprecio de la diversidad o compromiso ético.
- ✓ **Sistémicas:** relativas a la capacidad de aplicar las anteriores en contextos más amplios, como liderazgo, adaptación a nuevas situaciones o preocupación por la calidad).

Otro marco muy utilizado es el basado en el conocido como “Informe Delors” sobre la educación para el siglo XXI (Delors et al. 1996) que fundamenta la educación a lo largo de la vida en cuatro pilares:

- ✓ **Aprender a conocer:** relacionado con los conocimientos teóricos de determinadas materias, y las capacidades de comprender y aprender.
- ✓ **Aprender a hacer:** relacionado con las capacidades para aplicar los conocimientos en contextos concretos, para hacer frente a situaciones diversas o trabajar con otros.
- ✓ **Aprender a ser:** relacionado con las capacidades de autonomía, de juicio y de responsabilidad personal, la propia personalidad y valores.
- ✓ **Aprender a vivir juntos:** relacionado con las capacidades de comprensión del otro y la percepción de las formas de interdependencia (realizar proyectos comunes y regular los conflictos) respetando los valores de pluralismo, comprensión mutua y paz.

Cuando se trabaja con competencias, el reto es identificar cuáles son las competencias clave en el propio contexto. Para la formación universitaria y para la formación a lo largo de la vida, el proyecto DeSeCo (OCDE 2005) y las recomendaciones del Parlamento Europeo y del Consejo sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente (EC 2006) son buenas referencias.

Desde el proyecto DeSeCo, se considera que las competencias clave han de ser relevantes tanto para los especialistas como para todos los individuos, han de ayudar a enfrentar demandas en una amplia variedad de contextos – bien para resolver problemas, para mejorarlas o bien para prevenir riesgos (Cózar Escalante, citado en Murga-Menoyo 2015) – y han de contribuir a obtener resultados valiosos (éxito) tanto para el propio individuo como para la sociedad en su conjunto.

La identificación de competencias clave precisa un marco de valores compartidos, destacando, en el caso del proyecto DeSeCo, los **valores democráticos** y el **logro de un desarrollo sostenible**, en sus diversas dimensiones, que implican que los individuos deberían poder alcanzar su potencial, deberían respetar a otros y contribuir a producir una sociedad equitativa. Además, entre otras competencias – como el uso interactivo del lenguaje y la tecnología, el trabajo en equipo y cooperar, manejar y resolver conflictos, o conducir proyectos personales – se consideran la **reflexión** y el **manejo de la complejidad** en el núcleo de competencias clave (OCDE 2005).

La primera se describe como la habilidad de los individuos de pensar por sí mismos como expresión de una madurez moral e intelectual, y de tomar responsabilidad por su aprendizaje y por sus acciones. Los individuos acostumbrados a reflexionar también siguen estos procesos de pensamiento en la práctica o en la acción, implicando el uso de destrezas meta cognitivas, habilidades creativas y la adopción de una actitud crítica.

Por otra parte, se reconoce que el mundo diverso y complejo de hoy requiere no apresurarse hacia una sola respuesta, a una solución de ‘esto o aquello’, sino que se manejen las tensiones – autonomía y solidaridad, diversidad y universalidad, innovación y continuidad – tomando en cuenta las muchas interconexiones e interrelaciones entre posiciones o ideas que pudieran parecer contradictorias, integrándolas como aspectos de la misma realidad (OCDE 2005).

Lambrechts (2016) considera que, aunque algunos autores creen que es imposible integrar el desarrollo sostenible en las actuales estructuras de los planes de estudios (Sterling 2004), la opción por un aprendizaje basado en competencias es un punto de partida válido para dicha integración. De hecho, algunas de las competencias mencionadas anteriormente son identificadas como relevantes desde la perspectiva de las competencias para la educación para el desarrollo sostenible, como se muestra en la siguiente sección.

## **2.2. Competencias para afrontar los retos del desarrollo sostenible**

Ya se ha comentado anteriormente que, en general, la relación de competencias genéricas es muy variada y admite diversas categorizaciones. Eso mismo ocurre cuando se consideran el *“conjunto de conocimientos, valores, actitudes, destrezas y habilidades que una persona necesita para afrontar con éxito los retos del desarrollo sostenible”*, que Murga-Menoyo y Novo (2014) identifican como *“competencias de sostenibilidad”*. Por ejemplo, Wiek et al. (2011) definen cinco categorías de competencias básicas:

- pensamiento sistémico,
- competencias anticipatorias,
- competencias normativas,
- competencias estratégicas,
- competencias interpersonales.

Por otra parte, en el estudio encargado por la UNESCO sobre procesos y aprendizajes en Educación para el Desarrollo Sostenible (Tilbury 2011), además de la adquisición de conocimientos, teorías y valores relacionados con el desarrollo sostenible, se incluyen las siguientes competencias:

- formular preguntas críticas,
- aclarar los propios valores,
- plantearse futuros más positivos y sostenibles,
- pensar de modo sistémico,

- responder a través del aprendizaje aplicado,
- estudiar la dialéctica entre tradición e innovación.

Se observan coincidencias y diferencias, que aparecen también en distintos autores y propuestas sobre el tema. Esta sección, se centra en tres propuestas que se han considerado útiles para tener una visión amplia y diversa de las competencias necesarias para afrontar con éxito los retos del desarrollo sostenible. En el último apartado se presentarán también algunas propuestas de otras fuentes.

### 2.2.1. UNESCO

El Mapa de Ruta de la UNESCO para la ejecución del Programa de acción mundial de Educación para el Desarrollo Sostenible (en adelante ESD) (UNESCO 2014b), menciona entre las dimensiones esenciales de la ESD los siguientes conocimientos, habilidades y actitudes:

- ✓ **Contenidos del aprendizaje:** temas esenciales como el cambio climático, la reducción del riesgo de desastres y el consumo y producción sostenibles.
- ✓ **Resultados del aprendizaje:** Estimular el aprendizaje y promover las **competencias básicas** tales como el pensamiento crítico y sistémico, la adopción conjunta de decisiones, así como asumir la responsabilidad por las generaciones actuales y futuras.
- ✓ **Transformación social:** Habilitar a los educandos de cualquier edad y en cualquier entorno educativo, para transformarse a sí mismos y a la sociedad en la que viven:
  - Posibilitar la transición hacia una economía y sociedad más ecológicas, dotando de competencias para “empleos verdes” y para adoptar estilos de vida sostenibles.
  - Habilitar a las personas para que sean ciudadanos del mundo, que participen y asuman papeles activos, a nivel local y global, a fin de que afronten y resuelvan problemas y contribuyan en última instancia a crear un mundo más justo, pacífico, tolerante, inclusivo, seguro y sostenible.

Las competencias básicas mencionadas como resultados del aprendizaje se pueden detallar a su vez con otras competencias más específicas, como muestra Murga-Menoyo (2015) y se resumen en la tabla 2.1.

Tras la declaración de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, la UNESCO ha actualizado sus propuestas de objetivos educativos orientados al logro de dichos objetivos (UNESCO 2017b). Además de recoger las competencias que se consideran clave para avanzar en el desarrollo sostenible (cuadro 2.1), para cada uno de los 17 objetivos, propone una serie de objetivos de aprendizaje agrupados en tres dimensiones: cognitiva, socio-emocional y de comportamiento. También para cada uno de los ODS, aporta una relación de posibles contenidos y temáticas académicas relacionadas con los mismos, así como estrategias metodológicas y actividades para lograr los objetivos de aprendizaje propuestos. Estas propuestas pueden ser una buena referencia para el trabajo de competencias RSSE en estudios de ingeniería.

Tabla 2.1. Matriz básica de competencias para la sostenibilidad. Adaptación propia de la propuesta de Murga-Menoyo (2015).

Competencias básicas	Componentes	Capacidades
<b>Análisis crítico</b>	Pensamiento crítico Autoobservación Compromiso ético Compromiso intelectual	-Comprender que el conocimiento es incompleto y está teñido de subjetividad -Comprender que todo sistema (conceptual, socioeconómico, etc.) presenta disfunciones que pueden ser identificadas y corregidas -Reconocer las disfunciones sociales y económicas que se oponen al desarrollo sostenible -Proponer alternativas de mejora
<b>Reflexión sistémica</b>	Visión de conjunto, diversa y compleja Pensamiento relacional Pensamiento holístico Sentimiento de pertenencia a la comunidad de vida	-Comprender la realidad, física y social, como un sistema dinámico de factores interrelacionados, a nivel global y local -Comprender las interrelaciones entre valores, actitudes, usos y costumbres sociales, estilos de vida -Profundizar en las causas de los fenómenos, hechos y problemas -Comprender al ser humano como un ser ecodependiente
<b>Toma de decisiones colaborativa</b>	Habilidades argumentativas Habilidades participativas Compromiso democrático y con los derechos humanos universales	-Poner en juego habilidades de trabajo colaborativo en grupos diversos -Reconocer el derecho de las personas a participar en todas las cuestiones que les afectan y en los procesos de desarrollo sostenible (procesos endógenos)
<b>Sentido de responsabilidad hacia las generaciones presentes y futuras</b>	Compromiso social Pensamiento anticipatorio Pensamiento sincrónico y diacrónico Compromiso ético: precaución, responsabilidad, solidaridad, cuidado, compasión (Hathaway y Boff, citado en Murga-Menoyo 2015)	-Comprender los efectos que, a medio y largo plazo, tienen los comportamientos individuales sobre los usos y costumbres sociales, y, a través de ellos, sobre colectivos humanos de la propia comunidad y de otras. -Comprender las consecuencias de los comportamientos individuales y colectivos sobre las condiciones biológicas necesarias para la vida, presente y futura. -Cuidar las relaciones intra e intergeneracionales, con criterios de equidad y justicia -Contribuir al cambio por la sostenibilidad, adoptando alternativas posibles a los estilos de vida injustos e insostenibles hoy consolidados

*Cuadro 2.1. Competencias clave para avanzar en el desarrollo sostenible, a partir de los trabajos de De Haan, Rieckmann, Wiek et al. (citados en UNESCO 2017b).*

**Pensamiento crítico:**

Capacidad de cuestionar las normas, prácticas y opiniones; para reflexionar sobre los propios valores, percepciones y acciones; y para tomar una posición ante el discurso del desarrollo sostenible.

**Pensamiento sistémico:**

Capacidad de reconocer y comprender las interrelaciones entre diferentes dominios y escalas, para analizar sistemas complejos y para abordar la incertidumbre.

**Competencia de colaboración:**

Habilidades para aprender de otros; comprender y respetar las necesidades, perspectivas y acciones de otros (empatía); para entender, relacionarse y ser sensible a los demás (liderazgo empático); para gestionar conflictos en un grupo; y para facilitar la colaboración y resolución participativa de problemas.

**Competencia anticipatoria:**

Capacidad de comprender y evaluar futuros diversos - posibles, probables y deseables -; para crear una visión propia del futuro, aplicar el principio de precaución, evaluar las consecuencias de las acciones y para hacer frente a los riesgos y cambios.

**Competencia normativa:**

Habilidades para comprender y reflexionar sobre las normas y valores que subyacen a las propias acciones; para considerar valores, principios y objetivos de sostenibilidad en un contexto de conflictos de intereses, diversidad de alternativas, incertidumbre y contradicciones.

**Competencia estratégica:**

Habilidades para desarrollar colectivamente e implementar acciones innovadoras que promuevan la sostenibilidad a nivel local y global.

**Competencia de autoconciencia:**

Capacidad de reflexionar sobre uno mismo y el propio rol en la comunidad local y la sociedad (global); para evaluar y motivar las propias acciones; para gestionar los propios sentimientos y deseos.

**Competencia integrada de resolución de problemas:**

Capacidad de aplicar diferentes marcos de solución de problemas para problemas complejos de sostenibilidad, con opciones de soluciones inclusivas y equitativas que promuevan un desarrollo sostenible, integrando las anteriores competencias.

### **2.2.2. UNECE: Comisión Económica de Naciones Unidas para Europa**

Otra referencia importante es el documento elaborado por el grupo de expertos en competencias para el desarrollo sostenible para la Comisión Económica de Naciones Unidas para Europa (UNECE 2011). Dicho documento describe las competencias clave para los educadores, pero aportan un marco de referencia que también puede ser útil para la formación de los estudiantes. El marco se presenta en forma de matriz, en la que las filas

agrupan las competencias según la categorización propuesta por Delors et al. (1996), comentada anteriormente, mientras que las columnas representan tres características esenciales de la ESD, que pueden ser descritas por diversas componentes:

- ✓ **Enfoque holístico**, relativo a un pensamiento integrador, inclusivo y que maneja la complejidad.
- ✓ **Visión del cambio**, que implica capacidades para explorar futuros alternativos, aprendiendo del pasado y comprometiéndose con el presente.
- ✓ **Lograr la transformación**, en relación con el significado de ser un educador, los enfoques pedagógicos empleados y el cambio del propio sistema educativo.

*Tabla 2.2. Matriz básica de competencias para la sostenibilidad. Adaptación propia basada en UNECE (2011).*

	<b>Enfoque holístico</b>	<b>Visión del cambio y orientación a la acción y la transformación</b>
<b>Aprender a conocer</b>	<p>Pensamiento sistémico</p> <p>Comprender interdependencias económicas-sociales-naturales; presente-futuro; local-global)</p> <p>Conocimientos diversos: ética, derechos humanos, biodiversidad, principios de ecología, cambio climático, calidad ambiental, RSC, tecnologías ambientales,...</p>	<p>Concepto de desarrollo sostenible</p> <p>Conocer éxitos, fracasos, situación actual y perspectivas de futuro con relación al desarrollo sostenible</p> <p>Comprender las causas de la insostenibilidad</p> <p>Principio de precaución</p>
<b>Aprender a hacer</b>	<p>Incorporar diversas perspectivas en dilemas y conflictos</p> <p>Manejar la complejidad</p> <p>Trabajo interdisciplinar</p>	<p>Análisis de las consecuencias potenciales de decisiones y acciones</p> <p>Creatividad para plantear alternativas de futuro</p>
<b>Aprender a ser</b>	<p>Acepta la diversidad de culturas, disciplinas, perspectivas</p>	<p>Toma de decisiones</p> <p>Actitud proactiva para contribuir positivamente al contexto social y ambiental, local y globalmente</p> <p>Asumir la incertidumbre</p>
<b>Aprender a vivir juntos</b>	<p>Actitud proactiva para participar y promover grupos diversos</p>	<p>Trabajar y negociar con otros en la construcción de nuevas visiones de futuro</p>

En la tabla 2.2 se ha adaptado dicho marco a las competencias que se quieren desarrollar en los estudiantes, integrando las dos últimas características en una sola, teniendo en cuenta la propuesta de otros autores para orientar el desarrollo de competencias hacia la acción y la transformación (Sterling 2014; Gonzalo et al. 2017).

### **2.2.3. CADEP-CRUE: Grupo de Trabajo de Calidad Ambiental y Desarrollo Sostenible de la CRUE**

En el contexto español, una referencia importante para la integración de la sostenibilidad en los planes de estudios y, en general, en la educación superior, son las “Directrices para la introducción de la Sostenibilidad en el Curriculum” elaboradas por el Grupo de Trabajo de Calidad Ambiental y Desarrollo Sostenible de la CRUE (CADEP-CRUE 2012).

En su primera versión, aprobada en 2005, identifica los criterios generales para la cualificación profesional y la formación integral de los estudiantes universitarios en relación con el desarrollo sostenible, generalizando las competencias propuestas en la Declaración de Barcelona (2004) para los futuros profesionales de la ingeniería. Además, aporta recomendaciones sobre acciones específicas a desarrollar por las universidades desde distintos niveles: curricular, docente, institucional, etc.

En 2012 se actualizaron dichas directrices y se sintetizaron en cuatro las **competencias transversales para la sostenibilidad**, adaptadas a su integración en la formación universitaria:

SOS1. Competencia en la **contextualización crítica** del conocimiento estableciendo **interrelaciones** con la problemática social, económica y ambiental, local y/o global.

SOS2. Competencia en la **utilización sostenible** de recursos y en la **prevención de impactos** negativos sobre el medio natural y social.

SOS3. Competencia en la **participación** en procesos comunitarios que promuevan la sostenibilidad.

SOS4. Competencia en la aplicación de **principios éticos** relacionados con los valores de la sostenibilidad en los comportamientos personales y profesionales.

Además de identificar las competencias, también se sintetizan una serie de **principios básicos** para su aplicación en el ámbito universitario. Este enfoque se considera especialmente interesante para los objetivos de esta tesis, pues integra en su visión de la sostenibilidad las dimensiones éticas y de responsabilidad social, y enfatiza la visión holística, la complejidad y la transversalidad para su integración en la actividad de la universidad (Cuadro 2.2).

*Cuadro 2.2. Principios genéricos de sostenibilidad en el marco universitario (CADEP-CRUE 2012)*

**1. PRINCIPIO ÉTICO:** La universidad debe esforzarse por educar a la ciudadanía reconociendo el valor intrínseco de cada persona, situando la libertad y la protección de la vida como objetivos de las políticas públicas y los comportamientos individuales. La búsqueda de ese objetivo debe realizarse en armonía con el medio ambiente y estar condicionada por la necesidad de equidad, el respeto de los derechos de las futuras generaciones y el estímulo de procedimientos de racionalidad comunicativa y participativa en la toma de decisiones.

**2. PRINCIPIO HOLÍSTICO:** La universidad, en todas sus facetas, debe actuar desde una concepción integral e interdependiente de los componentes de la realidad social, económica y ambiental. Asumir enfoques éticos, ecológicos, sociales y económicos para abordar las problemáticas relacionadas con los desequilibrios ambientales, la pobreza, la injusticia, la desigualdad, los conflictos bélicos, el acceso a la salud y el consumismo, entre otros. Implica una comprensión relacional de los procesos, independientemente de sus diversas manifestaciones.

**3. PRINCIPIO DE COMPLEJIDAD:** La adopción de enfoques sistémicos y transdisciplinares que permitan una mejor comprensión de la complejidad de las problemáticas sociales, económicas y ambientales, así como de la implicación en las mismas de todas las actividades ciudadanas y profesionales.

**4. PRINCIPIO DE GLOCALIZACIÓN:** La adopción de enfoques que establezcan relaciones entre los contenidos curriculares y las realidades locales y globales.

**5. PRINCIPIO DE TRANSVERSALIDAD:** Integración de los contenidos dirigidos a la formación de competencias para la sostenibilidad en las diversas áreas de conocimiento, asignaturas y titulaciones. Se aplicarán a los diferentes niveles de gestión, investigación y transferencia en la universidad.

**6. PRINCIPIO DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:** Contribución de la Universidad a la sostenibilidad de la Comunidad. Se reflejará en la gestión interna y en la colaboración con entidades y organismos en proyectos de investigación y acciones que contribuyan a mejorar la calidad de la formación universitaria y el avance en la resolución de los problemas sociales, económicos y ambientales.

#### **2.2.4. Otras referencias**

Se han elegido los tres marcos anteriores, por ser marcos con apoyo institucional, pero en la bibliografía se pueden encontrar otras categorizaciones y enfoques que tienen muchas similitudes y coincidencias con ellos. La revisión de Gonzalo et al. (2017) muestra que es común agrupar las competencias en tres ámbitos: **cognitivo** (relacionadas con el saber y vinculadas con la comprensión crítica de la problemática ambiental global y local), **metodológico** (relacionadas con el saber hacer, la adquisición de habilidades, estrategias, técnicas y procedimientos para la toma de decisiones y la realización de acciones relativas al medio ambiente y el desarrollo sostenible) y **actitudinal** (relacionadas con el saber ser y valorar, las actitudes y los valores de sostenibilidad).

Además, añade la incorporación en los últimos años de nuevas dimensiones como la **orientación a la acción y la transformación** (Saéñz-Rico et al. 2015; Sterling 2014) y la

dimensión **relacional y afectiva**, que puede asemejarse a la de saber convivir (Albareda-Tiana y Gonzalvo-Cirac 2013).

Desde el ámbito de la educación para la ciudadanía global, diversos autores resaltan la importancia de la formación universitaria para desarrollar competencias de pensamiento crítico para comprender el mundo actual, desarrollar la conciencia social, el sentimiento de pertenencia a una comunidad global, así como la toma de decisiones basada en los valores de la ética cívica y la inclusión de todas las partes (de Wit y Leask 2017; Neubauer y Calame 2017).

En el ámbito de la Responsabilidad Social Corporativa, la investigación ha permitido identificar aquellas competencias básicas que se requieren para la integración de las acciones de Responsabilidad Corporativa en la estrategia de la compañía, destacando la orientación a grupos de interés y la capacidad de diálogo con ellos, el sentido ético, así como la capacidad para comprender y aceptar la diversidad social y cultural como un componente enriquecedor personal y colectivo para desarrollar la convivencia entre personas (GIOS 2011).

### **2.3. Competencias de sostenibilidad, responsabilidad social y ética profesional en el ámbito de la ingeniería**

En el marco de la 2ª International Conference on Engineering Education in Sustainable Development se publicó la denominada Declaración de Barcelona (2004) para remarcar la importancia del desarrollo sostenible en la formación tecnológica y estimular a que la educación superior en ingeniería integrara los objetivos de la ESD en sus acciones.

En ese manifiesto se especificaron las capacidades que en ese momento se consideraron necesarias para que los profesionales de la ingeniería afrontaran los retos del desarrollo sostenible. En el cuadro 2.3 se puede observar que dichas competencias son coherentes con los enfoques y las características de las competencias vistas en la sección anterior.

En esa misma línea, Liebert (2013) resalta la importancia de **conocer y comprender el papel relevante de la tecnología en el mundo actual**, que impacta tanto en el medio natural como en la sociedad. Considera necesario conocer los procesos sociales relacionados con el desarrollo tecnológico así como los marcos legales que la sociedad define para regular su relación el mismo, y determinar las responsabilidades y obligaciones cuando se producen daños. El rol de la tecnología en el desarrollo social es a veces ambiguo y a veces problemático, es generador de problemas pero también tiene el potencial de resolverlos, y es esencial visibilizar dicho potencial a los estudiantes.

Mulder et al. (2012) plantean cuáles son esos problemas y cómo resolverlos desde una perspectiva del desarrollo sostenible. En general, son problemas que se refieren a necesidades muy diversas – optimización de sistemas actuales con un enfoque preventivo o de eficiencia, innovar estructuras o sistemas ya existentes, imaginar nuevas soluciones para

nuevas o antiguas necesidades sociales –, pero generalmente implicarán **marcos de acción multidisciplinares** en los que dichos problemas son percibidos de modos diversos por los distintos actores implicados (Ferrer-Balas 2008).

*Cuadro 2.3 Competencias para profesionales de la ingeniería, según la Declaración de Barcelona (2004)*

Declaramos que los ingenieros de hoy en día deben ser capaces de:

- Comprender cómo su trabajo **interactúa con la sociedad y el medio ambiente**, a nivel local y global, para identificar posibles desafíos, riesgos e impactos [*aprender a conocer*].
- Comprender la **contribución de su trabajo en diferentes contextos** culturales, sociales y políticos y tener en cuenta esas diferencias [*aprender a conocer*].
- Trabajar en **equipos multidisciplinares**, para adaptar la tecnología actual a las demandas para promover estilos de vida sostenible, prevenir la contaminación y mejorar la eficiencia de los recursos y la gestión de residuos [*aprender a hacer*].
- Aplicar un **enfoque holístico y sistémico** para resolver problemas y superando la tendencia a dividir la realidad en partes desconectadas [*aprender a hacer de forma holística y sistémica*].
- **Participar activamente** en la discusión y diseño de políticas económicas, sociales y tecnológicas, para ayudar a redirigir a la sociedad hacia un desarrollo más sostenible [*aprender a convivir, orientación a la transformación*].
- Aplicar el conocimiento profesional de acuerdo con los principios deontológicos, la **ética y los valores** universales [*aprender a ser*].
- Escuchar atentamente las demandas de los **ciudadanos y otras partes interesadas** y permitir que tengan voz en el desarrollo de nuevas tecnologías e infraestructuras [*inclusión, vivir con otros*].

Dado que el tiempo de formación es limitado y hay una gran diversidad de ámbitos tecnológicos, se considera que lo más adecuado es proporcionar a los estudiantes los **fundamentos, criterios, principios y valores del paradigma de la sostenibilidad**. El objetivo es que las soluciones que elijan equilibren los aspectos ambientales, económicos y sociales analizándolos desde un **enfoque sistémico** (Ferrer-Balas 2008; Mulder et al. 2012; Segalàs 2009). Además, como ya se comentó en la introducción (sección 1.3), los estudiantes han de aprender a pensar en procesos a largo plazo, con capacidad de anticipación, asumiendo que no todo puede ser completamente controlado. Más aún, es necesario transmitir la complejidad del contexto social en donde se llevan a cabo esos procesos y, aunque suene decepcionante, que no hay recetas simples para desarrollar tecnologías sostenibles (Segalàs et al. 2009; Mulder et al. 2012).

También se vio en la introducción que la deontología profesional de la ingeniería señala que los conocimientos y capacidades han de orientarse al beneficio de la sociedad. Desde la perspectiva de la responsabilidad social, Doorn y Kroesen (2013) consideran que lo esencial de la formación en ingeniería es empoderar a los estudiantes para **contribuir positivamente** al contexto social, económico y legal de su actividad profesional, aportando capacidades

para abordar los dilemas derivados de los efectos no deseados de la tecnología y asegurar un impacto positivo de la misma en la sociedad. Precisamente, una de las tendencias identificadas en el reciente estudio del Massachusetts Institute of Technology sobre la educación en ingeniería es la orientación del currículo hacia el diseño de proyectos con una **implicación social relevante** (Graham 2018).

Para ello, se debe transmitir a los estudiantes una **actitud proactiva para analizar críticamente las situaciones y actuar responsablemente**. La vida profesional no es simplemente un entorno en el que se resuelven problemas técnicos desafiantes, sino también un lugar en donde hay que **juzgar, valorar y tomar decisiones** que afectan a preocupaciones, necesidades, intereses y valores de muy diversos sectores de la sociedad (Liebert 2013). Las competencias de responsabilidad social están pues muy ligadas a las capacidades de **razonamiento ético** aplicadas a la valoración de las tecnologías existentes, innovadoras, emergentes o potenciales, y a establecer las condiciones en que determinados proyectos tecnológicos deben desarrollarse de forma coherente a la responsabilidad profesional. Además de prever y evaluar las posibles consecuencias de un proyecto, también se trata de encontrar un equilibrio para no presentar los riesgos como más ciertos de lo que realmente son, pero tampoco sobrevalorar la incertidumbre y, por lo tanto, retrasar los esfuerzos preventivos (Børsen et al. 2013).

En los estudios de ingeniería, existe el riesgo de que la toma de decisiones éticas se aborde de la misma forma que la resolución de problemas técnicos, siendo necesaria la formación en otros modos de racionalidad (Génova y González 2016; IEEE 2017). En la sección 2.4 se profundizará específicamente sobre estas competencias, pues serán objeto de estudio en la intervención de uno de los estudios de caso de esta tesis.

No obstante, es necesario ir más allá de este enfoque individual, ya que en la actividad profesional de la ingeniería suele desarrollarse en equipos, en muchos casos multidisciplinares con diferentes responsabilidades. Es por tanto, fundamental que los futuros ingenieros estén capacitados para **incluir a otros actores y participar** en procesos de reflexión y toma de decisiones sobre proyectos y/o políticas tecnológicas (Bucciarelli 2008; Conlon y Zandvoort 2011; Doorn 2012). Además, la responsabilidad social no se restringe a los individuos sino que también afecta a las organizaciones en donde se desarrolla su actividad. Por ello, es también importante que los estudiantes conozcan y comprendan los principios generales de la **Responsabilidad Social Corporativa**, pero también cuáles son los asuntos relevantes cuando el uso, diseño o desarrollo de tecnología está en el núcleo de la actividad de la empresa (Børsen et al. 2013)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Una referencia interesante para conocer los asuntos relevantes por sectores es el documento del GRI (*Global Reporting Initiative*) *Sustainability Topics for Sectors: What do stakeholders want to know?*, disponible en: [www.globalreporting.org/resourcelibrary/sustainability-topics.pdf](http://www.globalreporting.org/resourcelibrary/sustainability-topics.pdf)

### 2.3.1. Competencias RSSE en los Libros Blancos de las ingenierías informáticas e industriales.

Durante el proceso de adaptación de las titulaciones universitarias españolas al EEES se elaboraron los denominados *Libros Blancos*<sup>2</sup> para las diversas titulaciones existentes en aquellos momentos. En ellos se analizaban las características de los estudios correspondientes o afines en Europa, estudios de inserción laboral de los titulados durante los últimos años, los perfiles y competencias profesionales, y se proponía una estructura de plan de estudios, entre otros aspectos.

Los estudios de competencias tomaron como referencia la categorización de González y Wagenaar (2003), pero generalmente las propuestas sobre competencias que se elaboraron no siguieron ese modelo. Con relación a lo que se pueden considerar competencias RSSE, y tomando como referencia los libros relativos a ingenierías industriales y a ingeniería informática, se han seleccionado las siguientes propuestas o referencias:

- ✓ Comprender la **responsabilidad social, ética y profesional**, y civil en su caso, de la actividad del Ingeniero en Informática y su papel en el ámbito de las TIC y de la Sociedad de la Información y del Conocimiento.
- ✓ Diseñar, desarrollar, evaluar y asegurar la **accesibilidad, ergonomía, usabilidad y seguridad** de los sistemas, aplicaciones y servicios informáticos, así como de la información que proporcionan, conforme a la **legislación y normativa** vigentes.
- ✓ Concebir, desplegar, organizar y gestionar sistemas y servicios informáticos en contextos empresariales o institucionales para mejorar sus procesos de negocio, responsabilizándose y liderando su puesta en marcha y mejora continua, así como **valorar su impacto económico y social**.
- ✓ Capacidad de adaptación a los cambios tecnológicos y con una buena formación específica y **multidisciplinar** que les permita gestionar el mundo de la empresa con todas sus facetas.
- ✓ Capacidad para **valorar el impacto** de las soluciones adoptadas, en un contexto **social, medio ambiental y global**.
- ✓ Formar al egresado en los principios básicos de organización y dirección de empresas, comercialización y marketing, gestión de la calidad, **medio ambiente** y la prevención de riesgos laborales; todo ello en los aspectos técnicos y económicos, orientados a la calidad total.
- ✓ Transmitir a los profesionales una **actitud ética y responsable**, de respeto a las personas, al entorno social y al medio ambiente.
- ✓ Familiarizarse con la **normativa y legislación ambiental**.

---

<sup>2</sup> <http://www.aneca.es/Documentos-y-publicaciones/Libros-Blancos>

- ✓ Capacidad para **identificar los problemas ambientales** más importantes que se derivan de las actividades de tipo industrial, siendo capaz de **plantear alternativas** para la resolución de dichos problemas.

### 2.3.2. Las competencias RSSE desde las agencias de acreditación en ingeniería

Después de revisar las propuestas de competencias que se consideran necesarias para los profesionales de la ingeniería desde las perspectivas de la educación para la sostenibilidad y la responsabilidad social, es necesario conocer cómo se ven reflejadas en los criterios que establecen diferentes agencias de acreditación de titulaciones de ingeniería.

Por ejemplo, la *Commission des Titres d'Ingénieur* de Francia define un conjunto de resultados de aprendizaje que constituye una referencia genérica de cualquier formación de ingeniería (CTI 2015). Los que se pueden considerar relacionados con las competencias RSSE, los incluye dentro de los requisitos específicos de la empresa y la sociedad:

- la capacidad de tener en cuenta los problemas de las relaciones de trabajo, la **ética**, la **responsabilidad**, la **seguridad** y la **salud** en el trabajo,
- la capacidad de tener en cuenta las **cuestiones medioambientales**, en particular mediante la aplicación de los **principios del desarrollo sostenible**,
- la capacidad de tener en cuenta los **problemas y las necesidades de la sociedad**.

En la dimensión organizativa y personal se incluyen:

- la capacidad de integrarse en la vida profesional, de integrarse en una organización, de animarla y desarrollarla: ejercicio de **responsabilidad**, espíritu de **equipo**, compromiso y liderazgo, gestión de proyectos, maestría libro, **comunicación con especialistas y con no especialistas**,
- la capacidad de **conocerse a sí mismo**, de autoevaluarse, de gestionar sus habilidades (especialmente en una perspectiva de aprendizaje permanente), para **tomar decisiones** profesionales.

Otras agencias de acreditación, son algo más específicas, como puede verse en la tabla 2.3, que recoge los criterios más directamente relacionados con las competencias RSSE de tres agencias: Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET 2015), European Network for Accreditation of Engineering Education (ENAE 2015) y la Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB 2017). En la tabla se han agrupado siguiendo criterios de categorización similares a los vistos en la sección 2.2, de forma que se vea la relación con las propuestas anteriores.

Tabla 2.3. Competencias RSSE recogidas en los criterios establecidos por diversas agencias de acreditación en ingeniería (ABET 2015, ENAAE 2015, CEAB 2017) (Traducción propia).

	EUR ACE	ABET	CEAB
<b>Conocimientos y comprensión + visión holística</b>	<b>Práctica de la ingeniería:</b> Conciencia de las <b>implicaciones/restricciones no técnicas, sociales</b> , de salud y seguridad, <b>ambientales</b> , económicas e industriales de la práctica de la ingeniería.	(h) formación amplia necesaria para entender el <b>impacto</b> de las soluciones de la ingeniería ingenieriles en un contexto global, económico, ambiental y social. (i) conocimiento de temas contemporáneos.	(9) <b>Impacto de la ingeniería</b> en la sociedad y el medio ambiente: capacidad para analizar los aspectos sociales y ambientales de las actividades de la ingeniería. Dicha capacidad incluye la comprensión de las interacciones que la ingeniería tiene con los aspectos económicos, de salud, seguridad, legales y culturales de la sociedad, las incertidumbres en la predicción de tales interacciones, y los conceptos de diseño y desarrollo sostenible y la gestión ambiental.
<b>Aplicación + visión holística</b>	Capacidad para <b>desarrollar y diseñar</b> productos complejos (dispositivos, artefactos, etc.), procesos y sistemas en su campo de estudio que cumplan los requisitos establecidos, que pueden incluir <b>consideraciones no técnicas: sociales</b> , de salud y seguridad, <b>ambientales</b> , económicas e industriales. Capacidad para <b>gestionar actividades o proyectos</b> técnicos o profesionales complejos en su campo de estudio, asumiendo la <b>responsabilidad</b> de la toma de decisiones.	(c) habilidad para <b>diseñar</b> un sistema, componente o proceso que alcance los requisitos deseados teniendo en cuenta <b>restricciones realistas</b> tales como las económicas, ambientales, <b>sociales</b> , políticas, <b>éticas</b> , de salud y seguridad, de fabricación y de <b>sostenibilidad</b> .	(4) Diseño: Capacidad para <b>diseñar</b> soluciones para problemas de ingeniería complejos y abiertos, y para diseñar sistemas, componentes o procesos que satisfagan necesidades específicas <b>considerando adecuadamente</b> los riesgos para la salud y seguridad, estándares aplicables y aspectos económicos, <b>ambientales</b> , culturales y <b>sociales</b> .
<b>Ética y valores</b>	Capacidad para consultar y <b>aplicar códigos de práctica profesional</b> y normas de seguridad en su campo de estudio. Capacidad para recopilar e interpretar datos relevantes y manejar la complejidad dentro de su campo de estudio, para emitir juicios que incluyan una <b>reflexión sobre temas éticos y sociales</b> relevantes.	(f) Comprensión de la <b>responsabilidad</b> profesional y ética.	(8) Profesionalidad: comprensión de las funciones y <b>responsabilidades</b> del profesional de la ingeniería en la sociedad, especialmente la función principal de protección de las personas y el interés público. (10) <b>Ética y equidad:</b> Capacidad para aplicar la ética profesional con equidad y responsabilidad.
<b>Trabajar con otros</b>	Conciencia del amplio contexto <b>multidisciplinar</b> de la ingeniería. [...] cooperar eficazmente con ingenieros y no ingenieros.	(d) habilidad para trabajar en equipos <b>multidisciplinarios</b>	(6) Trabajo individual y en equipo: capacidad de trabajar eficazmente como miembro y líder en equipos, preferiblemente en un entorno <b>multidisciplinar</b> .

Tabla 2.4. Mapa de sostenibilidad para grados de ingeniería (parcial). Proyecto EDINSOST (Sánchez Carracedo et al. 2017b)

MAPA DE LA COMPETENCIA SOSTENIBILIDAD			
Titulación: Grado en Ingeniería X			
COMP.	Unidad de competencia	Niveles de dominio (según la pirámide de Miller simplificada)	
		Nivel 1. SABER	Nivel 2. SABER CÓMO
SOS1	1.1 Tiene una perspectiva histórica (estado del arte) y entiende los problemas sociales, económicos y ambientales, tanto a nivel local como global.	1.1.1. Conoce las principales causas, consecuencias y soluciones propuestas en la literatura respecto a la problemática social, económica y/o ambiental, tanto a nivel local como global.	1.1.2. Analiza las diferentes dimensiones de la sostenibilidad en la resolución de un problema concreto relacionado con la Ingeniería X.
	1.2 Es creativo e innovador. Es capaz de ver las oportunidades que ofrece la ingeniería X para contribuir al desarrollo de productos y procesos más sostenibles.	1.2.1. Conoce los conceptos de creatividad e innovación y estrategias para desarrollarlos.	1.2.2. Reflexiona sobre nuevas formas de hacer las cosas. Sabe como utilizar técnicas que estimulan la creatividad, la generación de ideas, y gestionarias de tal modo que resulten una innovación. Participa activamente cuando se usan.
SOS4	4.1 Se comporta de acuerdo a los principios deontológicos relacionados con la sostenibilidad.	4.1.1. Conoce los principios deontológicos relacionados con la sostenibilidad. Es consciente de que existen leyes y normativas relacionadas con la sostenibilidad en su ámbito profesional. Conoce el concepto de responsabilidad social y corporativa en general y sus posibilidades y limitaciones.	4.1.2. Es capaz de valorar las implicaciones de los principios deontológicos relacionados con la sostenibilidad en un proyecto en el ámbito de la Ingeniería X.
			4.1.3. No toma decisiones que contradigan los principios deontológicos relacionados con la sostenibilidad. Es capaz de proponer soluciones y estrategias para impulsar proyectos en el ámbito de la Ingeniería X coherentes con dichos principios.

Globalmente, enfatizan la comprensión de la responsabilidad ética y profesional de la práctica de la ingeniería, el conocimiento de sus impactos económicos, sociales y ambientales en un contexto global, la integración de esa visión holística en el desarrollo de proyectos de ingeniería y las capacidades de trabajar con otros en contextos multidisciplinares.

### 2.3.3. Mapas de competencias del proyecto EDINSOST

Una experiencia relevante, actualmente en marcha, para contextualizar el desarrollo de competencias de sostenibilidad en titulaciones universitarias españolas es el Proyecto EDINSOST<sup>1</sup>, financiado por el “Programa Estatal de I+D+i Orientada a los Retos de la Sociedad”, cuyo objetivo es avanzar en la innovación educativa en EDS en las universidades españolas (Sánchez Carracedo et al. 2017a).

Entre sus objetivos específicos se encuentra la definición de “mapas de sostenibilidad” para cada una de las titulaciones estudiadas y establecer el marco que facilite incorporarlo de manera holística (Sánchez Carracedo et al. 2018). Dicho marco se define en forma de matriz, en donde las filas corresponden a las cuatro competencias definidas por la CADEP-CRUE (2012) (sección 2.2.3) y las columnas a tres niveles de dominio de una competencia basados en la pirámide de Miller (1990): *saber*, *saber cómo*, *demostrar* y *hacer*. Cada una de las cuatro competencias puede tener una o varias “unidades de competencia” que la describen, y para cada una de ellas se explicitan los resultados de aprendizaje para cada uno de los niveles. A modo de ejemplo, la tabla 2.4 muestra algunas celdas del mapa de sostenibilidad para titulaciones de ingenierías.

Otras referencias anteriores en el contexto español de las enseñanzas de ingeniería, son las guías para el trabajo de competencias transversales relacionadas con la sostenibilidad y la responsabilidad social que desarrollaron la UPC<sup>2</sup> (competencia de sostenibilidad y compromiso social), la UPCT<sup>3</sup> (competencia aplicar criterios éticos y de sostenibilidad en la toma de decisiones) y la UPM<sup>4</sup> (competencia de respeto al medioambiente). Estas guías describen con detalle la competencia y sus diversas dimensiones, establecen resultados de aprendizaje y proporcionan matrices de evaluación de los mismos. Se explicarán con más detalle en el capítulo 6, en donde se presenta el estudio realizado sobre la integración de las competencias RSSE en planes de estudios de ingenierías.

Como se ha visto en esta sección, no hay una lista única de competencias ni una única estrategia. Cada institución, cada plan de estudios, cada asignatura deberá de elegir la

---

<sup>1</sup> Educación e innovación social para la sostenibilidad. Formación en las Universidades españolas de profesionales como agentes de cambio para afrontar los retos de la sociedad: [www.edinsost.upc.edu](http://www.edinsost.upc.edu)

<sup>2</sup> Universitat Politècnica de Catalunya: [https://www.upc.edu/ice/ca/innovacio-docent/publicacions\\_ice/quaderns-per-treballar-les-competencies-generiques-a-les-assignatures/1086.pdf](https://www.upc.edu/ice/ca/innovacio-docent/publicacions_ice/quaderns-per-treballar-les-competencies-generiques-a-les-assignatures/1086.pdf)

<sup>3</sup> Universidad Politécnica de Cartagena, Competencias UPCT: <http://repositorio.upct.es/handle/10317/4102>

<sup>4</sup> Universidad Politécnica de Madrid: <https://innovacioneducativa.upm.es/competencias-genericas/formacionyevaluacion/respetoMedioAmbienta>

estrategia y las competencias que mejor se adapten a sus circunstancias y objetivos. Lo esencial no es tanto el listado de las competencias sino cómo éstas se reflejan de forma efectiva en el currículo (Lambrechts 2016; Mochizuki y Fadeeva 2010). De ahí la pertinencia de realizar un estudio sobre cómo se están implementando estas competencias en los planes de estudios de grados de ingeniería en las universidades españolas.

En los siguientes capítulos (3 y 4) se revisan diversos factores que se consideran esenciales para llevar a cabo de modo efectivo y coherente el desarrollo de las competencias RSSE en la formación universitaria. En primer lugar desde la perspectiva de su integración en el currículo y posteriormente desde el punto de vista de la práctica docente, metodologías y evaluación.

Antes de ello, en la última sección de este capítulo, se profundiza en las competencias éticas apropiadas para la formación en ingeniería. Este trabajo es el resultado de parte de la revisión bibliográfica realizada como paso previo a una de las intervenciones docentes realizadas en esta tesis, en concreto, la relativa al desarrollo de competencias éticas para el alumnado de primer curso de ingenierías informáticas. El resto de dicha revisión se incluirá en el capítulo 4, dedicado a las estrategias docentes.

## **2.4. Competencias éticas para la formación en ingeniería**

En esta sección aparecen de nuevo aquellas características de las competencias RSSE más directamente relacionadas con los aspectos éticos y de responsabilidad profesional, explicándose con más detalle y de forma que sirvieran de referencia para la intervención docente que tiene como objetivo el desarrollo de competencias éticas. En primer lugar, se recogen las reflexiones de diversos autores sobre la necesidad de la ética en la formación universitaria, y a continuación se profundiza en las competencias específicas relacionadas con la ética profesional. En ambos casos, se considera de forma particular el ámbito de la ingeniería.

### **2.4.1. Necesidad de la ética en la formación en ingeniería**

Adela Cortina (2007) afirma que la enseñanza no es neutral pues, explícita o implícitamente, siempre es una transmisión de valores, a través de la palabra del profesorado o a través de sus actitudes, a través de lo que hace o a través de lo que omite. Un argumento muy común entre el profesorado universitario en ingenierías es que la ética se debe de traer aprendida de casa y el colegio. Frente a él, Cortina afirma que, en efecto, el aprendizaje comienza en la familia y la escuela, pero continúa en universidades y escuelas superiores, cuyo sentido y legitimidad ante la sociedad estriba en formar profesionales con un profundo conocimiento de su materia y dispuestos a orientarse en la práctica por los valores y metas que dan sentido a su profesión. Más recientemente, ante el hecho de que quienes desencadenaron la crisis económica actual eran egresados de las universidades de excelencia, se cuestiona: *“¿qué formación estamos dando a nuestros profesionales?”* (Cortina 2013).

Tampoco la ciencia ni la tecnología son neutrales, pues sus productos son diseñados, contruidos y utilizados por personas, y se configuran por los intereses, valores y consensos de una gran diversidad de grupos de investigadores, desarrolladores, inversores, empresas, usuarios, etc. La ingeniería juega un papel esencial en el desarrollo tecnológico y puede influir en los posibles riesgos y beneficios de un modo muy directo (Orlikowski y Iacono 2001; Roeser 2012). Colby y Sullivan (2008) citan la respuesta de un profesor entrevistado en su estudio, que afirmaba que se podría ignorar que la ingeniería es una actividad con componentes éticos, pero no era posible eliminarlos, *“¿qué tal si eliminamos la gravedad?, ¿se puede?”*.

La velocidad y los cambios revolucionarios que conlleva la emergencia de nuevas tecnologías (nanotecnología, robótica, inteligencia artificial, biogenética, etc.) demanda nuevos enfoques éticos que sean proactivos para identificar y abordar las consecuencias sociales y ambientales de sus aplicaciones (COMEST 2015; Moor 2005; Wright 2011). Incluso, desde puntos de vista más pragmáticos, hay autores que motivan una mayor formación ética por las pérdidas económicas que tienen su causa en la falta de ética, como las provocadas por la piratería en relación con la propiedad intelectual (Tahat 2014).

Quizás, las carencias en la formación de los profesionales de la ingeniería en aspectos éticos, podrían justificarse si otras instituciones y actores sociales (sistemas políticos, legales, o incluso “el mercado”) controlaran de forma efectiva que los resultados de la ciencia y la tecnología se utilicen con efectos positivos en la sociedad. Pero al no ser así, los científicos e ingenieros, al ser ciudadanos y tener un papel importante en la producción de nuevos conocimientos y en el desarrollo de nuevas aplicaciones tecnológicas, deben contribuir a que estas instituciones sociales estén a la altura de la aplicación beneficiosa de la ciencia y la tecnología en el mundo, así como ser proactivos en integración de criterios éticos consensuados en las rutinas de las instituciones en las que desarrollan su profesión (COMEST 2015; Zandvoort et al. 2013).

Sin embargo, a pesar de las demandas y recomendaciones de instituciones públicas y profesionales (ya mencionadas en los capítulos anteriores), hay resistencias a incorporar los temas éticos y sociales en la enseñanzas de ingeniería. Se puede justificar porque son materias ambiguas, cuyas problemáticas no suelen estar claramente estructuradas, que admiten un número indefinido de alternativas, cuya valoración depende del contexto en el que aparecen y la perspectiva teórica que se considere (Børsen et al. 2013; IEEE 2017; Ozaktas 2011; Takala y Korhonen-Yrjänheikki 2011; Van de Poel y Royackers 2007). Son materias complejas, y como tales hay que abordarlas, sin caer en el error de invisibilizarlas o reducirlas a una serie de normas o principios (IEEE 2017), o en el de caer en simplificaciones fáciles como mantener que la ética y el éxito profesional son incompatibles, o bien lo contrario, que un comportamiento ético implica necesariamente el éxito profesional (Génova y González 2016).

Como se muestra a continuación, hay bastantes referencias sobre cómo integrar la ética profesional en la formación universitaria.

#### 2.4.2. Competencias éticas y de responsabilidad profesional en ingeniería

¿Qué formación ética debe dar la universidad a sus estudiantes de ingeniería? ¿Cuáles son las competencias que se consideran fundamentales para cubrir las necesidades mencionadas anteriormente?

Las referencias de diversas instituciones y autores, presentadas en la introducción y en las secciones anteriores de este capítulo, dejan claro que la formación ética en la universidad debe orientarse fundamentalmente hacia **la ética profesional** y, en el caso de la ingeniería, a capacitar a los futuros profesionales para un **uso responsable** de la ciencia y la tecnología (Génova y González 2016; IEEE 2017; Lathem et al. 2011; Rudnicka et al. 2013; Rathje et al. 2008). Siguiendo los principios básicos de la ética profesional esta responsabilidad debe de estar orientada a hacer **contribuciones positivas** – tanto a la sociedad como al entorno natural y material – y a **evitar los impactos negativos**, teniendo como valor de referencia el derecho de todas las personas para acceder y compartir los beneficios del desarrollo tecnológico (Bilbao et al. 2006; Colby y Sullivan 2008; Doorn y Kroesen 2013; IEEE 2017; Harris Jr et al. 2013; OCDE 2005; Royal Academy of Engineering 2017; Swierstra y Waelbers 2012; UNECE 2011; Zandvoort 2008).

Jonas (1984) considera que este enfoque de la **ética de responsabilidad** es más apropiado que otros paradigmas clásicos, como el deontológico o el utilitarista, debido a algunas características específicas del desarrollo tecnológico:

- colectivo, al participar múltiples agentes;
- complejidad y multiplicidad de causas y efectos;
- incertidumbre e imprevisibilidad de las consecuencias sociales.

En esa línea, y con el fin de que los estudiantes no vean la ética como algo externo a la ingeniería, Génova y González (2016) proponen situarse desde el punto de vista del actor y basar la formación en la ética de la virtud y la excelencia profesional.

Otros autores defienden la necesidad de ir más allá de un enfoque individual de la responsabilidad profesional, que es demasiado restrictivo y no abarca la complejidad de la actividad profesional actual. Esta actividad se desarrolla generalmente en equipos y raramente se tienen que tomar decisiones de forma individual. Además, estas decisiones estarán frecuentemente condicionadas por el contexto institucional y de la organización en la que se trabaja. Por tanto, hablan de la necesidad de distinguir entre **“micro-ética”** y **“macro-ética”** y abordar ambas (Bucciarelli 2008; Conlon y Zandvoort, Swierstra y Jelsma, citados en Doorn y Kroeser 2013; Lozano 2013).

Para orientar una de las intervenciones docentes analizadas en esta tesis, se ha hecho una revisión específica de los conocimientos y habilidades que se proponen para la formación en competencias de ética profesional.

Se pueden sintetizar los **principales conocimientos** requeridos en la ética profesional como:

- **principios y valores de ética profesional**, en particular el principio de precaución, y conocimiento de modelos de conducta relevantes (Crawley et al. 2011; Davis 2006; Declaración de Barcelona 2004; IEEE 2017; Sleurs 2008; UNECE 2011; UNESCO 2017a),
- conocimiento de **códigos deontológicos** (Besterfield-Sacre et al. 2000; Colby y Sullivan 2008; Declaración de Barcelona 2004; ENAEE 2015; Herkert 1999; Lozano 2013; Sánchez Carracedo et al. 2017b),
- conocimiento y comprensión de los principales **impactos, riesgos** – en especial en cuestiones de salud, seguridad, medioambiente – y **problemáticas** éticas relacionadas con las soluciones y el desarrollo tecnológico, así como de las posibles situaciones en las que pueden aparecer (ABET 2015; Brey 2012; Colby y Sullivan 2008; CEAB 2017; Crawley et al. 2011; ENAEE 2015; IEEE 2017; Liebert 2013; Lozano 2013; Rudnicka et al. 2013; UNECE 2011; Wright 2011).
- conocimiento del **rol de la profesión** en las políticas públicas y la sociedad en general, así como del contexto social actual, lo que implica incluir temáticas como tecnología y sociedad, justicia social, equidad, derechos humanos, bienes públicos, empoderamiento de las personas o sostenibilidad ambiental (Bucciarelli 2008; Conlon 2008, 2010; Crawley et al. 2011; Didier y Derouet 2013; Herkert 2001; Liebert 2013; Mitchell y Baillie 1998; Ozaktas 2013; Rathje et al. 2008; Yau 2013; Zandvoort 2008; Zandvoort et al. 2013).
- conocimiento de los principios de la responsabilidad social corporativa y la **ética empresarial** (Colby y Sullivan 2008; De Graaff y Ravesteijn 2001; Didier 2008; GIOS 2011; Lozano 2013; Sánchez Carracedo et al. 2017b).

En cuanto a las **habilidades esenciales**, tomando como referencia diversas fuentes (Besterfield-Sacre et al. 2000; Børsen et al. 2013; Cortina 2007; Crawley et al. 2011; Davis 2006; De Haan 2010; De Wit y Leask 2017; ENAEE 2015; Génova y González 2016; IEEE 2017; Liebert 2013; Neubauer y Calame 2017; Rudnicka et al. 2013; Sánchez Carracedo et al. 2017b; Shuman et al. 2004; Shuman et al. 2005; Tey 2006), se destacan las siguientes:

- **sensibilidad ética**, entendida como la capacidad de determinar si una situación involucra o no problemas éticos, e identificar los valores que subyacen en dicho problema,
- **razonamiento ético**, entendido como el proceso de reflexión que desarrolla una persona, basado en argumentos y valores éticos, desde que se le plantea una situación moral hasta que toma una decisión y establece un juicio ético.
- juicio ético o **toma de decisiones** autónomas, informadas y argumentadas, basadas en valores y principios.

Con relación al **razonamiento ético** y la **valoración** de las dimensiones éticas de la práctica profesional, deben orientarse a establecer las condiciones en que determinados proyectos tecnológicos deben desarrollarse de forma coherente a la responsabilidad profesional (incluyendo tanto los medios, como los fines y las consecuencias previstas o potenciales de dichos proyectos).

Es importante tener en cuenta que en la cultura predominante, y en especial en el ámbito de las ingenierías, se considera que las ciencias exactas y naturales tienen el monopolio del conocimiento racional y objetivo, y que, con tiempo suficiente, la tecnología solucionará todos los problemas (Quintanilla 2012). Los estudiantes de estudios técnicos no se sienten cómodos con las ambigüedades e imprecisiones inherentes a los aspectos éticos y sociales, que no pueden expresarse en lenguajes matemáticos o de programación, y generalmente desconfían de otro tipo de racionalidad por considerarla irreal, arbitraria o una imposición ideológica. Los códigos y principios éticos no pueden usarse como datos de entrada para un algoritmo ético que genere decisiones éticas. Los futuros profesionales no podrán evitar su juicio ético personal en cada situación particular, por lo que es necesario que aprendan a razonar sobre estas temáticas, y a tener criterios propios y autónomos. Cualidades habituales de los estudiantes de ingenierías como la curiosidad o el hábito de un razonamiento riguroso y sistemático, pueden considerarse como aliados para desarrollar las habilidades de razonamiento ético (Génova y González 2016; IEEE 2017).

La **toma de decisiones** éticas es un proceso complejo que los especialistas organizan en una serie de pasos (Harris Jr et al. 2013; Mitcham y Duvall, citados en Van de Poel y Royakkers 2007), que son útiles tanto para enseñar ética aplicada como para analizar problemas éticos de la vida real. Para Van de Poel y Royakkers (2007) el objetivo es que se tenga la capacidad de hacer un análisis sistemático de la situación, explorando las consideraciones éticas y el contexto social de la misma, teniendo en cuenta diversos puntos de vista, con actitud crítica y reflexiva, que permita argumentar la decisión final.

El estudio en profundidad de la toma de decisiones éticas implica un doble análisis: de contenido y de forma. El contenido se refiere a los núcleos conceptuales, los valores escogidos y razonado para llegar a argumentar nuestra decisión. La forma se corresponde precisamente con la solidez de la argumentación (Tey 2006).

Con relación a la toma de decisiones, hay otras habilidades genéricas que se consideran importantes. Adela Cortina (2007) valora las capacidades de **comunicación y diálogo** que incluyan en el proceso de decisión a todas las partes afectadas y sepan ir más allá de la argumentación racional. También otros autores consideran que las habilidades racionales no son suficientes, ya que existen restricciones personales (emociones, motivaciones, experiencias) y sociales (convenciones, presiones) que afectan al proceso de toma de decisiones, de forma que éste no es algo exclusivamente racional. De hecho, estudios realizados sobre la incidencia de la formación en el comportamiento muestran que, aunque ésta puede aportar conocimientos en cuestiones éticas y habilidades de razonamiento ético,

esto no asegura necesariamente que las personas actúen luego éticamente (Bowden y Smythe 2008; Mumford et al. 2006).

Desde el intuicionismo (Haidt 2001; Salvador y Folger 2009; Sonenshein 2007; Thiel et al., 2012) se sugiere que habilidades como la **regulación emocional y la autorreflexión** también son habilidades necesarias para capacitarse en la toma de decisiones. Roeser (2012) las considera especialmente importantes en el contexto del diseño y desarrollo tecnológico, jugando un papel esencial en la “responsabilidad hacia adelante”, siendo más consciente de cómo se puede contribuir a mejorar situaciones de otros; afirma que las emociones contribuyen a una actitud más comprometida que, finalmente, lleva a desarrollar productos éticamente mejores.

Además de conocimientos y habilidades, las competencias éticas tienen una importante dimensión actitudinal. Anteriormente, ya ha aparecido la importancia de transmitir a los estudiantes una **actitud proactiva** para analizar críticamente las situaciones y actuar responsablemente. Génova et al. (2007) enfatizan que la ética profesional debería aspirar a algo más que el mero cumplimiento de un código de conducta o tener determinadas habilidades. El comportamiento ético no puede confinarse en un conjunto de normas, conocimientos y habilidades. Un profesional puede ser forzado a seguir el código, pero no puede ser forzado de ninguna manera a interiorizar sus valores, a realizar un comportamiento verdaderamente ético: la virtud siempre es libre, no puede ser “producida”, sólo puede ser “educada”.

En una revisión sobre la efectividad de la formación para el desarrollo de competencias éticas, Bowden y Smythe (2008) muestran que las investigaciones desarrolladas reflejan que la formación produce cambios en el conocimiento de principios éticos, la conciencia sobre derechos y valores éticos, y habilidades de razonamiento moral. Sin embargo hay discrepancias sobre su efectividad para el cambio de comportamientos.

Colby y Sullivan (2008) reconocen que un objetivo tan ambicioso y complejo como el de formar profesionales ética y socialmente responsables no puede ser plenamente logrado en la formación de grado universitaria y Davis (2006) afirma que a lo más que se puede aspirar razonablemente es a una mejora sustancial o mejora relativa (por ejemplo, en sensibilidad, razonamiento y valoración ética) entrenando a los estudiantes en estrategias específicas.

Pero aceptando estas limitaciones, la universidad ha de asumir su responsabilidad en la formación ética de los futuros ingenieros, que no ha de ir orientada a convencer sobre “qué es lo bueno”, sino a proporcionar conocimientos, capacidades y procedimientos para que puedan decidir de forma autónoma qué es lo más justo. Y transmitir una actitud proactiva para actuar éticamente y aplicar el conocimiento profesional de acuerdo con principios deontológicos y valores éticos.





### 3. INTEGRACIÓN CURRICULAR DE LAS COMPETENCIAS RSSE

Este capítulo presenta una revisión de la literatura en relación con la integración de las competencias RSSE desde las perspectivas de los planes de estudios y de la implicación institucional. En la primera sección se explica la necesidad de abordar los cambios desde un enfoque global que implique a todas las dimensiones de la actividad universitaria. Las siguientes secciones presentan distintas propuestas y recomendaciones agrupadas en tres ámbitos: planes estratégicos de universidad (sección 3.2), revisión de los planes de estudios (sección 3.3.) y el liderazgo en la gestión de los recursos humanos (sección 3.4).

#### 3.1. Enfoque global para la integración curricular de las competencias RSSE

En el informe final de la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible (Buckler y Creech 2014) se reconoce que no es suficiente con escalar y replicar buenas prácticas docentes que se hayan identificado, sino que es necesario un cambio curricular sistémico, proponiendo un **enfoque global que afecte a toda la institución** – planes de estudios, metodologías docentes, investigación y gestión – implicando a todos los actores y aprovechando la referencia del desarrollo sostenible como oportunidad para el cambio de la propia universidad (Lambrechts 2016; Mulder et al. 2012; REDS-SDSN 2017; Scott et al., citados en Buckler y Creech 2014). Pero parece que este enfoque aún sigue siendo la excepción más que la regla, lo que justifica el interés de estudiar cuál es la situación en los estudios de ingeniería en España con relación a la integración de las competencias RSSE.

Tomando como referencia a distintos autores (Barrón et al. 2010; CADEP-CRUE 2012; Ferrer-Balas et al. 2008; François 2017; Lozano 2012; Segalàs 2009; Verhulst y Lambrechts 2014), este enfoque global y sistémico se encuentra con importantes **barreras que lo frenan**, que afectan a distintos ámbitos:

✓ Relativas a la **cultura universitaria**:

- falta de conciencia, interés y comprensión de la necesidad del mismo, tanto por parte del profesorado como de los equipos directivos,
- carencias en las competencias del PDI en aspectos cognitivos y metodológicos, que puede sentirse inseguro para introducir nuevas temáticas en su docencia,
- resistencias del profesorado a que su autonomía docente se vea limitada o condicionada,
- resistencias a la transdisciplinariedad,
- falta de demanda explícita por parte de otros actores: estudiantes, administración, empresas, etc.; por ejemplo, falta de especificación en la normativa legal actual sobre la obligatoriedad de incluir estas materias en los planes de estudios universitarios,
- la propia inercia y resistencia al cambio.

✓ Relativas al **currículo**:

- planes de estudios sobrecargados,
- poco compromiso con el desarrollo de las competencias transversales en general,
- poca presencia de enfoques metodológicos activos y participativos,
- complejidad de integrar de forma transversal las competencias RSSE en las diferentes materias de las diversas titulaciones, no hay recetas generales.

✓ Relativas a la **gestión y al liderazgo institucional**:

- falta de incentivos para reflexionar y trabajar en el cambio curricular y la innovación docente, reconociéndose más las tareas de investigación,
- un modelo de organización excesivamente rígido, con una estructura disciplinar muy compartimentada, que se adapta lentamente a los cambios y demandas externas,
- a veces el tamaño de la institución puede ser una barrera, en especial en universidades muy grandes y/o dispersas,
- falta de inclusión de la dimensión docente en los planes estratégicos que abordan aspectos de sostenibilidad social, ambiental o económica de la propia institución,
- falta de recursos humanos y económicos para apoyarla,
- los cambios educativos son lentos, a medio y largo plazo, y no son atractivos para los equipos gestores.

Para intentar superar estas barreras y promover el cambio es necesario combinar enfoques de “arriba hacia abajo” y de “abajo hacia arriba”. Las iniciativas institucionales necesitan una masa crítica de profesorado implicado y capacitado que las implemente en las aulas y en la actividad universitaria en general, pero también el PDI debe de sentirse apoyado en sus iniciativas docentes para no caer en la frustración y el desánimo (Hoover y Harder 2014; Lazzarini et al. 2018; Mulder et al. 2012; Zandvoort et al. 2013). Para Segalàs (2009) la clave está en trabajar en red desde “abajo” y facilitar desde “arriba”.

Desde distintas instancias (UNESCO 2014b, UNECE 2011, UE4SD 2015) y los propios autores citados anteriormente, se proponen algunas líneas de acción y recomendaciones que se consideran clave para orientar este compromiso institucional para la integración curricular de las competencias RSSE y hacerlo efectivo. Muchas de ellas son coincidentes o bien se complementan, por lo que se ha intentado hacer una síntesis de las mismas, agrupándolas en tres líneas principales:

- Inclusión de criterios de sostenibilidad en los planes estratégicos y sistemas de evaluación de la calidad universitaria.
- Revisión de los planes de estudios.
- Liderazgo académico en la gestión de recursos humanos.

Se empleará el término de sostenibilidad porque es el más frecuente en las referencias utilizadas, pero las propuestas son válidas para el marco de esta tesis, que incluye también los ámbitos de la responsabilidad social y la ética profesional.

### 3.2. Planes estratégicos

Dentro del Programa de Acción Mundial de Educación para el Desarrollo Sostenible (UNESCO 2104b) se propone que se incluya la promoción de la sostenibilidad de forma transversal en todos los ámbitos de los **planes estratégicos de las universidades** como un factor que aporta valor a la actividad universitaria y contribuye a su excelencia.

Esto implica seguir el principio *“practice what you preach”* (Mulder et al. 2012; Segalàs 2009; UNECE 2011) y que haya coherencia con los criterios de sostenibilidad, no solamente en la docencia, sino también en todos los aspectos relevantes la actividad universitaria:

- investigación: promoviendo la investigación en temáticas relacionadas con el desarrollo sostenible y/o la responsabilidad social e introduciendo criterios de sostenibilidad e investigación responsable en todas las actividades,
- gestión interna: optimizando el impacto ambiental del funcionamiento cotidiano, aplicando los resultados de la investigación en el propio campus u orientando la investigación hacia dicha optimización, e introduciendo criterios éticos y de responsabilidad social en la gestión,
- relaciones con la sociedad: siendo un actor activo para afrontar los retos sociales y ambientales a nivel local, regional y/o global.

También implica que se definan los indicadores adecuados para realizar un seguimiento de las acciones previstas, una evaluación de los objetivos y una rendición de cuentas sobre los mismos, potenciando su continuidad y mejora, haciendo de la sostenibilidad y la responsabilidad social un factor de calidad (Barrón et al. 2010; CADEP-CRUE 2012; CTI 2017; Lozano 2012; Mulà y Junyent 2017; REDS-SDSN 2017; UNECE 2011; UNESCO 2014b). Si es así, Ferrer-Balas (2008) ve como una oportunidad una cierta presión competitiva entre las universidades o el ejemplo de instituciones de primer nivel para promover cambios.

Tomando de nuevo como referencia a la CTI francesa, ésta evalúa también el desempeño institucional con relación al desarrollo sostenible y la responsabilidad social (CTI 2017) planteando las siguientes preguntas:

- *¿Cómo se refleja y se muestra esta visión en la gestión de la Escuela y en el perfil de un ingeniero capacitado?*
- *¿Quién y cómo se definen las competencias clave del programa educativo en esta área?*
- *¿De qué manera la organización y el funcionamiento de la Escuela son coherentes con las competencias de desarrollo sostenible y responsabilidad social que se desean para los estudiantes?*

Para facilitar los cambios necesarios, una estrategia útil puede ser el **alineamiento con otras iniciativas** en marcha a nivel local, regional o global, que permitan crear sinergias para la integración de la sostenibilidad en las universidades: el proceso de Bolonia, la educación a lo largo de la vida, la Agenda 2030, el programa Horizonte 2020, etc. Esto puede permitir ampliar las fuentes de financiación y recursos (Ferrer-Balas et al. 2008; REDS-SDSN 2017; UNECE 2011).

Como parte de la planificación estratégica, también se destaca la importancia del **diálogo con los grupos de interés**, tanto internos (estudiantes, personal de administración y servicios, profesorado) como externos (empleadores, administración, redes internacionales, organizaciones sociales), para promover cambios sistémicos (Mulder et al. 2012; Velazquez et al. 2006; Keeler et al. 2016). Se insta a aprovechar sus aportaciones para orientar la evolución del currículo y las prioridades de investigación, así como reflexionar con ellos sobre los cambios deseables en las políticas universitarias (Barrón et al. 2010; Lomotey 2017; Tilbury 2012; UE4DS 2015).

En el diálogo con las administraciones públicas y organizaciones profesionales, los requerimientos legales han demostrado ser un catalizador para superar inercias y resistencias a los cambios, por lo que se considera importante que se incluyan los principios del desarrollo sostenible en sus criterios de calidad y acreditación para la educación superior (Lazzarini et al. 2018; Leal y Pane 2016; UE4SD 2015).

En el contexto español también se demanda que las agencias nacionales y regionales de acreditación introduzcan criterios de sostenibilidad en sus procesos de evaluación y acreditación de las titulaciones universitarias, viendo las modificaciones de planes de estudios exigidas por dichos procesos como una oportunidad para la inclusión generalizada de la sostenibilidad como criterio de calidad de los centros universitarios (Antúnez et al. 2017; Aznar et al. 2017; Barrón et al. 2010; Murga-Menoyo 2017).

Esto está directamente relacionado con la **revisión integral de los planes de estudios** que es otra de las recomendaciones básicas y que se aborda en la siguiente sección.

### **3.3. Revisión de los planes de estudios**

Como afirman De Wit y Leask (2017) en su reflexión sobre el currículo para el siglo XXI, el plan de estudios es un instrumento clave por el cual las instituciones universitarias pueden llegar a todo su alumnado y hacer una contribución significativa a la sociedad asegurando que los estudiantes de hoy se gradúen bien formados y dispuestos a marcar la diferencia, en positivo, en el mundo del mañana. Sin embargo, no hay un modelo único, sino que ha de adaptarse al contexto de cada país, institución y titulación.

Al plantearse qué cambios curriculares son necesarios en las titulaciones de ingeniería, Ferrer-Balas (2008) considera que es necesario asumir que la sostenibilidad – y se podrían considerar también la responsabilidad social y la ética profesional – no es una disciplina

técnica, pero sí está directamente relacionada con el contexto en el que las disciplinas técnicas son aplicadas y con las consecuencias emergentes de sus aplicaciones. Implica, por lo tanto, adoptar una aproximación sistémica a todo el proceso de la ingeniería. Aunque existen titulaciones específicamente relacionadas con la “ingeniería sostenible”, considera más apropiado que las ingenierías incorporen una perspectiva de sostenibilidad adaptada a la práctica docente de cada disciplina concreta.

Este proceso se ha denominado como “sostenibilización curricular” (CADEP-CRUE 2012), y está siendo abordado de forma creciente en diferentes sistemas educativos europeos (QAA y HEA 2014; Jucker y Mathar 2015; UE4SD 2016). Como se vio en la introducción, desde diversos ámbitos se considera necesario la integración en los actuales planes de estudios de perspectivas de responsabilidad social, ética profesional, cooperación para el desarrollo o educación global (ACM 2018; Colby y Sullivan 2008; Conlon 2008; Davis 2006; GUNI 2017; MEC 2011; Shuman 2005), pero en adelante se usará dicha denominación, integrando en ella el resto de las dimensiones.

Aprovechando las similitudes entre los distintos enfoques mencionados anteriormente, la tabla 3.1 presenta la propuesta de Byrne (2014) para integrar la dimensión global en la formación en ingeniería adaptada a la denominación de sostenibilización curricular.

*Tabla 3.1. Pasos para procesos de sostenibilización curricular. Adaptación de la propuesta de Byrne (2014) para integrar las competencias relacionadas con dimensión global de la formación en ingeniería. Traducción propia.*

1. Desarrollar un entendimiento común de la sostenibilidad identificando los temas y habilidades que son relevantes para las materias actuales del currículo, e identificar cuáles de ellos se trabajan actualmente en el mismo.
2. Comprender cómo, incorporando esos contenidos y competencias, se cubren los resultados de aprendizaje requeridos en los procesos de acreditación.
3. Identificar y priorizar oportunidades para integrar esos contenidos y competencias en los planes de estudio y en actividades extra-curriculares. Desarrollar nuevos materiales, metodologías y enfoques docentes.
4. Buscar oportunidades para relacionar componentes de cursos diferentes, de forma que el aprendizaje pueda construirse sobre conocimientos previos y los temas transversales como ética, responsabilidad social y sostenibilidad estén integrados a lo largo de todo el currículo.
5. Planificar el seguimiento y la evaluación de las innovaciones introducidas y medir su efectividad en relación a los resultados de aprendizaje establecidos. Asegurar que el profesorado tiene el tiempo necesario para realizar dicho seguimiento y evaluación, así como para reflexionar y compartir estos aprendizajes con otros colegas. También es necesario que se dedique tiempo a la formación del profesorado para llevar a cabo estas tareas.

En coherencia con lo visto en la sección dedicada a las competencias RSSE, sostenibilizar el currículo no equivale a introducir nuevos contenidos o nuevas asignaturas en los planes de estudios, que en general ya están muy sobrecargados (Barrón et al. 2010; Mulder et al.

2012). En esa misma línea, el informe final de la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible recoge los resultados de varios estudios realizados con estudiantes de grado – de Francia y el Reino Unido – que reflejan su apoyo mayoritario a la promoción del desarrollo sostenible desde las universidades, prefiriendo una adaptación armoniosa y coherente del currículo frente a la mera adición de contenidos o asignaturas (NUS y HEFCE, REFEDD, citados en Buckler y Creech 2014).

Para ello, el cambio debe de implicar la revisión de las **estrategias docentes y de evaluación**, de forma que se potencie el desarrollo de una visión crítica y holística, innovando con la incorporación de proyectos interdisciplinarios entre diferentes áreas y materias, potenciando la resolución de problemas y toma de decisiones que incorporen criterios de sostenibilidad, de responsabilidad ética y social. Es necesario desarrollar **modelos curriculares más flexibles** que superen la rigidez de la estructura disciplinar e integre de forma efectiva el trabajo de las competencias transversales (Albareda-Tiana y Gonzalvo-Cirac 2013; Aznar et al., 2017; Barrón et al. 2010; CADEP-CRUE 2012; Mulà et al. 2017; Mulder et al. 2012; REDS-SDSN 2017; Tilbury 2011).

En la línea del enfoque sistémico, se propone conectar los objetivos y actividades del currículo con la actividad investigadora y la gestión de los campus, incorporando a los estudiantes en el día a día de la actividad universitaria. Esto puede hacerse facilitando la participación en la toma de decisiones, en acciones de mejora de la sostenibilidad del campus, o reflexionando sobre los impactos de la investigación que se lleva a cabo y sobre los criterios de priorización de la financiación de la misma (CADEP-CRUE 2012; De Wit y Leask 2017; Lozano 2012).

Siguiendo de nuevo a Ferrer-Balas (2008), se pueden distinguir tres niveles de actuación necesarios en el proceso de sostenibilización curricular:

- ✓ dar a conocer los principios básicos a todo el alumnado,
- ✓ integrar globalmente las perspectivas RSSE y
- ✓ ofrecer posibilidades de especialización.

Estos tres niveles son compatibles con las propuestas que se hacen desde diversos ámbitos y autores (Antúnez et al. 2017; Barrón et al. 2010; Benayas 2017; CADEP-CRUE 2012; Colby y Sullivan 2008; Conlon 2008; CTI 2017; IEEE 2017; Moreso y Casadesús 2017; Mulder et al. 2012; Machín 2017; Mulà y Junyent 2017; Segalas 2009; UNESCO 2017b) y a continuación se presenta una síntesis de las mismas agrupadas en esos mismos niveles.

### **3.3.1. Inclusión de los principios básicos**

En primer lugar, se considera fundamental dar a conocer los **principios básicos** de la sostenibilidad, ética profesional, y tecnología y sociedad **a todos los estudiantes**, ya sea a través de asignaturas específicas o de módulos integrados en otras asignaturas, que

permitan que el estudiante vea estos principios de una manera integrada y conectada, con suficiente profundidad de análisis.

Conlon (2008) y Colby y Sullivan (2008) recomiendan que estos fundamentos se introduzcan en el **primer curso** de forma que se consideren como algo inherente a la formación en ingeniería, concibiéndola como un proceso social al igual que técnico y proponiendo que participen departamentos de humanidades en la impartición de estas asignaturas o módulos. Barrón et al. (2010) recuerdan la frecuente ausencia de disciplinas de humanidades en las carreras técnicas y las universidades politécnicas.

También se considera necesario que estén presentes en las **asignaturas relacionadas con proyectos, prácticas curriculares externas y en los trabajos de fin de titulación**, debiendo de explicitarse los criterios y requisitos de sostenibilidad – sociales y ambientales – y ser evaluados. Una opción cada vez más frecuente es pedir capítulos específicos en los trabajos de fin de titulación (García Almiñana et al. 2013; Sánchez Carracedo et al. 2016).

Un apoyo importante para la integración de los principios básicos de sostenibilidad, ética o responsabilidad social son las **demandas externas tanto de la administración como del ámbito profesional**. Hay países, como Dinamarca, Suecia o Finlandia, en los que es obligatoria la integración de la ética y la sostenibilidad en la formación en ingeniería, teniendo que aparecer explícitamente en los resultados de aprendizaje de asignaturas obligatorias (Lundqvist 2016; Zandvoort et al. 2013). Ya se ha visto en el capítulo anterior que en España se han incluido competencias RSSE en la definición de los grados de ingenierías, pero no hay ninguna exigencia sobre su inclusión en asignaturas concretas.

Además de la administración pública, es importante la influencia del sector profesional para promover la inclusión explícita de los principios y conceptos básicos en asignaturas. La CTI francesa evalúa si existe un espacio educativo dedicado a problemas sociales sistémicos durante el primer año para todos los estudiantes y cómo se integran las cuestiones sociales (recursos, energía, clima, biodiversidad, salud, gobernanza, etc.) en los programas educativos (CTI 2017). La *Canadian Engineering Accreditation Board*, es más explícita y propone que un 12% del currículo se oriente a estudios complementarios, especificando entre áreas de estudio que deben de estar incluidas: humanidades y ciencias sociales; profesión, ética, legislación e igualdad; el impacto de la ingeniería en la sociedad; salud y seguridad; desarrollo sostenible y gestión ambiental (CEAB 2015).

En el sector de las **ingenierías informáticas**, la *Association for Computer Machinery* establece que los aspectos sociales y profesionales forman parte del núcleo del currículo de las diferentes áreas, teniendo que trabajarse al menos en alguna asignatura obligatoria y recomendando ampliar su tratamiento en asignaturas optativas. En ellos incluye ética profesional, contexto social y sostenibilidad, y plantea las principales problemáticas sociales relacionadas con las tecnologías de la información: privacidad, propiedad intelectual, ciberdelitos, etc. (ACM 2018).

En España, el Libro Blanco para el Título de Grado en Ingeniería Informática (ANECA 2005), elaborado como referencia para el diseño de los nuevos planes de estudios adaptados al EEES, incluía entre los contenidos generales de la ingeniería – 5-10% del total de contenidos – la subcategoría de *Ética, Legislación y Profesión*, cuyos descriptores eran: aspectos legales y éticos de las TIC, regulación de la profesión, informática y sociedad. Las otras subcategorías eran relativas a *Gestión de las organizaciones y Destrezas profesionales*, como comunicación, trabajo en equipo o resolución y gestión de conflictos.

En el ámbito de las **tecnologías industriales** se hacen diversas propuestas según las especialidades. El enfoque más común es incluir los aspectos relacionados con las competencias RSSE dentro de las materias de calidad integral, tecnologías del medio ambiente y gestión ambiental, con referencias a los aspectos legales y normativos (ambientales, de seguridad o de propiedad intelectual). En algunos casos se consideran como contenidos instrumentales del título, en otros como contenidos propios de universidad y en otros como materias transversales.

### **3.3.2. Integración global de las perspectivas RSSE**

El siguiente nivel de actuación para la sostenibilización curricular es la integración en el currículo de las perspectivas RSSE de forma global, en todas aquellas actividades de aprendizaje en las que sea razonable, de una manera **coherente y transversal**. El reto es encontrar la conexión entre los contenidos y objetivos de una asignatura y las temáticas de sostenibilidad, responsabilidad social, problemáticas éticas o legales que estén relacionados con ellos. Aquí, se pueden incluir, conferencias, casos prácticos, dilemas éticos, trabajos específicos, discusiones o debates en clase, talleres, etc.

Estas actuaciones han de ir ligadas a un cambio de enfoque de la formación universitaria que integre el **trabajo de las competencias transversales** como parte esencial de la misma. Se trata de abordar el proceso formativo en su conjunto desde una visión más integral y holística (Barrón et al. 2010; Declaración de Barcelona 2004; Ferrer-Balas 2008).

También se puede enmarcar en este nivel la participación en **proyectos interdisciplinares**, ofertados como actividades curriculares o extracurriculares, como seminarios, proyectos, retos, concursos, *living labs*, voluntariados, etc., que aborden alguna temática de relevancia social o ambiental (Barrón et al. 2010; Braßler 2016; CADEP-CRUE 2012; Chambers et al. 2016; CTI 2017; Finelli 2012; Malheiro et al. 2015). Mulder et al. (2012) enfatizan el interés de este tipo de actividades y el reto que supone incorporar a actores externos en las actividades académicas, ya que combinar sus objetivos e intereses con los objetivos formativos y el marco académico no siempre es sencillo.

De nuevo, el objetivo debe de ser mostrar que el aprendizaje de los principios de sostenibilidad y responsabilidad social no entran en contradicción con los contenidos disciplinares técnicos, sino que los complementan, **aportando valor y un suplemento de calidad** a su aplicación y a la formación de buenos profesionales (Ferrer-Balas 2008).

### 3.3.3. Posibilidades de especialización

El último nivel propuesto es ofrecer la posibilidad de especialización en aspectos determinados de la sostenibilidad, específicos de cada titulación, puesto que es evidente que, entre los profesionales que hace falta formar, hacen falta diferentes profundidades de análisis (CADEP-CRUE 2012). Una opción muy frecuente en las universidades es la oferta de programas de máster orientados a distintas áreas de especialización relevantes para el desarrollo sostenible (urbanismo sostenible, energías renovables, restauración de ecosistemas, desarrollo rural y gestión sostenible, agua y saneamiento, etc.).

Pero también en los grados se pueden ofrecer oportunidades de orientar la formación hacia algún ámbito de la sostenibilidad y el desarrollo sostenible. La oferta de optatividad es una oportunidad para la existencia de asignaturas específicas que profundicen en los aspectos técnicos de aplicación para el desarrollo sostenible o para profundizar en los fundamentos de la sostenibilidad, responsabilidad social, aspectos éticos, sociales y/o legales. Wiek et al. (2015) y Wals et al. (2015) explican experiencias interesantes de oferta de asignaturas optativas en las que se involucran a los alumnos en proyectos reales con una fuerte componente de sostenibilidad. En algunas universidades hay programas específicos, dotados de financiación, de Trabajos Fin de Grado y Máster con un sello de sostenibilidad o de cooperación para el desarrollo<sup>1</sup>.

Por último, para finalizar esta sección sobre la revisión de los planes de estudios, se sintetizan en el cuadro 3.1 las características que se consideran necesarias para una sostenibilización curricular eficaz. En el primero de los estudios realizados en esta tesis se valorará en qué medida los planes de estudios de grados de ingenierías informáticas e industriales de universidades españolas reflejan esas características.

---

<sup>1</sup> *Universidad Politécnica de Madrid:* <http://www.upm.es/Estudiantes/CompromisoSocial/CooperacionDesarrollo>,  
[http://www.upm.es/Estudiantes/BecasAyudasPremios/Becas/Becas\\_Movilidad?id=2c8cf0da8b11a510VgnVCM10000009c7648a\\_\\_\\_\\_\\_yfmt=detaillyprefmt=articulo](http://www.upm.es/Estudiantes/BecasAyudasPremios/Becas/Becas_Movilidad?id=2c8cf0da8b11a510VgnVCM10000009c7648a_____yfmt=detaillyprefmt=articulo)

*Universidad Pública de Navarra:*

<http://www.unavarra.es/relacionesinternacionales/cooperacion-universitaria-al-desarrollo/movilidad-en-cooperacion-universitaria/programa-creas-upna?submenu=yes>

*Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea:*

<https://www.ehu.eus/es/web/oficop/programa-praktikoa-eta-kap>,

<https://www.ehu.eus/es/web/iraunkortasuna/campus-bizia-lab-zer-da>

*Cuadro 3.1. Características necesarias para una sostenibilización curricular eficaz. Elaboración propia a partir de diversas referencias.*

- ✓ Ha de garantizar que **alcanza a todo el alumnado**, lo que implica que ha de haber un número significativo de asignaturas obligatorias en donde se trabajen las competencias RSSE, tanto a nivel de grado como de máster, y no solamente actividades opcionales (Buckler y Creech 2014; Colby y Sullivan 2008; De Wit y Leask 2017; CTI 2017; Moreso y Casadesús 2017; Rathje et al. 2008).
- ✓ Ha de hacerse de forma **sistemática**, desarrollando actividades en diferentes asignaturas a lo largo de los diferentes cursos, implicando al mayor número de departamentos posible, reforzando la percepción de que las competencias RSSE están en el núcleo de la formación en ingeniería. Es necesario una secuenciación coordinada, coherente e incremental de las competencias a trabajar para garantizar un aprendizaje profundo y significativo (Colby y Sullivan 2008; François 2017; Segalàs 2009; Yau et al. 2013).
- ✓ Ha de ir acompañado de un **cambio de enfoque metodológico**, al menos en las asignaturas en las que se trabajen competencias RSSE (Albareda et al. 2017; CADEP-CRUE 2012; Mulà y Junyent 2017; Moreso y Casadesús 2017; Tilbury 2012). Ha de evaluarse y reportar el logro de los resultados de aprendizaje explicitados en el currículo, dentro del marco común de evaluación de otras competencias y resultados de aprendizaje (CADEP-CRUE 2012; Cebrián y Junyent 2015; CTI 2017; De Wit y Leak 2017; Mulà y Junyent 2017; Mochizuki y Fadeeva, 2010).

#### **3.3.4. La iniciativa CDIO y su propuesta curricular para las ingenierías**

Para finalizar esta sección sobre la integración curricular de las competencias RSSE, se explica la iniciativa CDIO, como marco educativo innovador orientado a la formación en ingeniería de las próximas generaciones. Es relevante en el contexto de esta tesis por diversos motivos. En primer lugar, porque integra, desde la perspectiva del profesional que se necesita para la sociedad actual, la ética profesional, la responsabilidad social y la sostenibilidad, y sus propuestas están enfocadas al diseño del currículo de las ingenierías. Además, sus propuestas también abarcan aspectos metodológicos, institucionales y de apoyo al profesorado. Por último, es importante porque una de las intervenciones docentes que se estudian en esta tesis se desarrolla en un contexto docente basado en las propuestas de la iniciativa CDIO, con las que se han encontrado importantes sinergias.

La filosofía del enfoque CDIO recoge los aspectos esenciales de la nueva educación en ingeniería: entusiasmo por lo que los ingenieros hacen, aprendizaje profundo de los fundamentos y habilidades necesarias, conocimiento de la contribución de la ingeniería a la sociedad, y todo ello enseñado de forma que conecte con la pasión de los estudiantes (Crawley et al. 2007).

El desarrollo de este enfoque se inició con el trabajo de cuatro universidades – *Chalmers University of Technology*, *Royal Institute of Technology (KTH)*, *Linköping University* y *Massachusetts Institute of Technology (MIT)* – a finales de la década de los 90, y actualmente lo incorporan en mayor o menor medida más de 120 centros de educación superior en todo el mundo entre los que se encuentran la *Universitat Politècnica de Catalunya* y la *Universidad Politécnica de Madrid*<sup>2</sup>.

La iniciativa tiene tres objetivos generales para la formación de los estudiantes de ingeniería. En concreto, se pretende que sean capaces de:

- Tener un conocimiento profundo de los fundamentos técnicos.
- Liderar la creación y operación de nuevos productos, procesos y sistemas.
- Comprender la importancia y el impacto estratégico del desarrollo tecnológico en la sociedad.

Esta formación enfatiza los fundamentos y potencia las habilidades, desarrollándose en un contexto de “Concepción, Diseño, Implementación y Operación” de productos, procesos y sistemas. CDIO es el contexto de la formación no los contenidos de la misma. Pretende acercar lo más posible el entorno educativo a la realidad profesional que vivirán los estudiantes en el futuro.

Para ello, se realiza un trabajo riguroso en colaboración con diferentes grupos de interés, identificando detalladamente las necesidades de formación y diseñando una serie de experiencias educativas que contribuyan a cubrir dichas necesidades. Esto se concreta en dos instrumentos de referencia: el *CDIO Syllabus* y los *CDIO Standards*.

Los estándares aportan criterios para el diseño de los planes de estudios, su desarrollo y evaluación:

- Filosofía general (estándar 1): considerando que el desarrollo de un producto, con sus diversas fases CDIO, es el contexto en el que se ha de desarrollar la formación.
- Diseño del plan de estudios (estándares 2 al 5): han de explicitar resultados de aprendizaje relativos a competencias personales e interpersonales, además de los técnicos; esto ha de hacerse tanto en un curso introductorio como en experiencias de diseño e implementación en dos o más momentos del plan de estudios.
- Espacios de trabajo (estándar 6): el aprendizaje tiene que tener espacios adecuados para su desarrollo.
- Métodos de enseñanza-aprendizaje (estándares 7 y 8): han de estar basados en la experiencia y la actividad del estudiante, y han de integrar tanto la adquisición de conocimientos disciplinares como de competencias transversales no técnicas.

---

<sup>2</sup> <http://www.cdio.org/cdio-collaborators/school-profiles>

- Desarrollo profesional del profesorado (estándares 9 y 10): se han de desarrollar acciones para que el profesorado esté capacitado para desarrollar este enfoque, integrando y evaluando las diferentes competencias que se desarrollan.
- Evaluación (estándares 11 y 12): se han de prever los medios e instrumentos para evaluar el desarrollo de las competencias de los estudiantes, el desarrollo del propio plan de estudios y proporcionar *feedback* a estudiantes, profesorado y grupos de interés.

Es interesante el trabajo realizado por Malmqvist et al. (2017) definiendo un estándar específico de desarrollo sostenible para la formación universitaria en ingeniería, dentro del conjunto de estándares CDIO. El cuadro 3.2 describe dicho estándar, que recoge muchas de las líneas explicadas en esta sección y poder ser una referencia útil para la sostenibilización curricular de titulaciones de ingeniería.

*Cuadro 3.2. Propuesta de estándar de desarrollo sostenible en el marco de los estándares CDIO. Tomado de Malmqvist et al. (2017) y basado en Enelund et al. (2013). (Traducción del autor de la tesis.)*

#### **Estándar de desarrollo sostenible**

Un plan de estudios que identifica la capacidad de contribuir a un desarrollo sostenible como una competencia clave de sus egresados. El plan de estudios incluye numerosas experiencias de aprendizaje de sostenibilidad, desarrollando los conocimientos, habilidades y actitudes requeridas para afrontar estos desafíos.

**Descripción:** El currículo presenta experiencias de aprendizaje de sostenibilidad tanto a nivel básico como a nivel avanzado. La sostenibilidad se aborda tanto en asignaturas específicas como en experiencias de aprendizaje integradas en otras asignaturas y proyectos académicos. El plan de estudios ofrece oportunidades para que los estudiantes se especialicen en desarrollo sostenible en estudios de posgrado (máster).

**Justificación:** Abordar los problemas de sostenibilidad es un desafío clave para la humanidad. Los profesionales de la ingeniería deben comprender las implicaciones de la tecnología en el desarrollo social, económico y en la sostenibilidad ambiental, de forma que puedan desarrollar soluciones técnicas adecuadas y colaborar con otros actores en la resolución de problemáticas socio-técnicas.

**Evidencias:** pueden incluir uno o más de los siguientes aspectos, aunque no exclusivamente:

- Los resultados de aprendizaje del plan de estudios abordan aspectos sociales, económicos y de sostenibilidad ambiental.
- Los resultados de aprendizaje de asignaturas concretas abordan aspectos sociales, económicos y de sostenibilidad ambiental.
- El plan de estudios incluye asignaturas específicas de sostenibilidad, así como experiencias de aprendizaje de sostenibilidad integradas en otras asignaturas.
- Se documentan las experiencias de aprendizaje de sostenibilidad que se incluyen progresivamente en distintas asignaturas y proyectos académicos.
- Titulaciones de máster que ofrecen oportunidades para especializarse en sostenibilidad.

En cuanto al *CDIO Syllabus*, su objetivo es aportar un conjunto de resultados de aprendizaje claro, completo y consistente para los grados en ingeniería, en suficiente detalle para que

puedan ser entendidos e implementados por cualquier escuela de ingeniería. Estos resultados pretenden ser útiles para el diseño de los planes de estudios y de un sistema integral de evaluación de aprendizaje del estudiante. Para los objetivos de esta tesis es relevante la reflexión realizada en su última revisión. En el *Syllabus 2.0* (Crawley et al. 2011) se incluyen explícitamente aspectos relacionados con la sostenibilidad, la ética y la responsabilidad social – es decir, con las competencias RSSE – que no estaban presentes en la primera versión. Además, en relación con las competencias RSSE, el *CDIO Syllabus* integra en los programas de ingeniería muchas de las competencias que se han visto esenciales en el capítulo 2.

En concreto, en el *Syllabus 2.0* se incluyen las siguientes competencias:

- ✓ En el nivel de habilidades y atributos personales y profesionales explicita competencias como:
  - Análisis bajo condiciones de incertidumbre.
  - Pensamiento sistémico y holístico.
  - Pensamiento creativo y pensamiento crítico.
  - Ética, integridad y responsabilidad social.
  - Visión proactiva, considerar las propias contribuciones a la sociedad.
  - Conocimiento de los impactos sociales y técnicos de los nuevos descubrimientos científicos, tecnologías e innovaciones.
  
- ✓ En el nivel de **destrezas interpersonales** incluye la competencia de trabajo en equipos interdisciplinarios con profesionales no ingenieros.
  
- ✓ En el nivel específico de su propuesta, que denomina **Concebir, Diseñar, Implementar y Operar sistemas en un contexto empresarial y social**, da un lugar importante al contexto social y ambiental, y en cada una de las fases de la metodología incluye explícitamente aspectos relativos a la sostenibilidad.
  - En relación con el **contexto social y ambiental**, considera la responsabilidad de los ingenieros hacia la sociedad y la regulación social de la ingeniería, los impactos de su actividad, problemáticas relevantes (políticas, sociales, legales y ambientales) y generación de valores, desarrollo de una perspectiva global; además, considera necesaria la aplicación de criterios de sostenibilidad en la práctica de la ingeniería, así como conocer la definición, objetivos y principios de la sostenibilidad.
  - En la fase de **concepción** e ingeniería de sistemas considera las necesidades ambientales y las influencias de aspectos éticos, sociales ambientales, legales y normativos.
  - En la fase de **diseño**, considera todo el ciclo de vida del mismo y explicita como criterio el diseño para la sostenibilidad y seguridad, previendo la retirada, reutilización y reciclaje.

- En la fase de **implementación**, promueve procesos de implementación sostenibles, resaltando la gestión de la salud y seguridad humanas, así como la seguridad ambiental.
- Por último, en la fase de **operación**, promueve operaciones sostenibles y seguras, tanto para las personas como para el medio ambiente, y explicita la importancia de las consideraciones ambientales de la retirada y el fin del ciclo de vida.

Se considera que el *CDIO Syllabus* es una referencia interesante para incluir aspectos RSSE en la formación basada en proyectos de ingeniería, llegando a un nivel de detalle considerable.

### 3.4. Liderazgo académico en la gestión de recursos humanos.

En esta última sección se aborda el otro de los aspectos clave para la integración curricular de las competencias RSSE como es el liderazgo académico enfocado al desarrollo profesional del profesorado, y su alineamiento con los principios de la responsabilidad social y la sostenibilidad. En primer lugar, desde la perspectiva de “abajo hacia arriba” se revisa el rol del profesorado en la integración de las competencias RSSE en la formación universitaria y, posteriormente, se recogerán las propuestas y recomendaciones para que iniciativas de “arriba hacia abajo” hagan más eficaz su labor.

#### 3.4.1. De “abajo hacia arriba”: el rol del profesorado en la integración de las competencias RSSE en la formación universitaria

El nuevo enfoque de la educación basada en competencias implica que el modelo pedagógico basado en el profesorado como transmisor de conocimientos debe ser sustituido por otro modelo en el que el alumnado se convierte en el agente activo del proceso de aprendizaje, que deberá seguir manteniendo durante toda la vida. La **función del profesorado** debe ser la de planificar y diseñar actividades de aprendizaje que permitan a los estudiantes adquirir las competencias establecidas en los planes de estudios, sirviendo de guía, facilitador y motivador del proceso de aprendizaje (UE 2015; Collazo y Geli 2017).

En el ámbito específico del desarrollo de competencias RSSE, su papel es esencial a la hora de elegir las competencias a desarrollar, y las estrategias y actividades docentes que mejor se adaptan al contexto en el que se han de implementar. El profesorado es fundamental para estimular la implicación del alumnado en el aprendizaje activo y la reflexión, facilitando su participación real y autónoma. Es importante también su capacidad para **establecer las conexiones** entre la materia de la asignatura que imparte con las diversas dimensiones sociales, ambientales y éticas que pueden estar relacionadas con ella y con la futura profesión de sus estudiantes (De Wit y Leask 2017; García-González et al. 2017). En el caso de las ingenierías, ha de ser capaz de hacerlas accesibles e interesantes para la mentalidad positivista y pragmática común en el alumnado de los estudios tecnológicos (Génova y González 2016).

Tilbury (2011a) recuerda que el aprendizaje también se produce de modo implícito a través del denominado “currículum oculto”, por lo que la **coherencia del profesorado** a la hora de transmitir valores asociados a la responsabilidad social, la sostenibilidad o la ética profesional es fundamental, y recomienda ser consciente de la importancia de que las prácticas cotidianas del aula también sean coherentes. Un estudio realizado por Holsapple et al. (2012) muestra que los estudiantes no encontraban en su profesorado los modelos de comportamiento éticos esperados y enfatizan la importancia de la integridad académica como referente para la responsabilidad profesional que se quiere transmitir. En esta línea, los cuestionarios de autoevaluación del profesorado diseñados por el grupo de trabajo de sostenibilización curricular de la CRUE, incluyen una dimensión relacionada con las buenas prácticas en el aula<sup>3</sup>.

También es esencial su rol en la **evaluación** de este tipo de competencias, que requiere que el profesorado aporte *feedback* específico a los estudiantes, y que diseñe una evaluación adaptada al contexto y coherente con las competencias que se pretenden desarrollar (De Wit y Leask 2017; García-González et al. 2017).

Si se desea transformar la formación universitaria y adaptarla a los retos de la sociedad actual, se precisa empoderar al profesorado para que sea un **agente de cambio**, para lo cual ha de estar motivado, capacitado y adecuadamente apoyado por las instituciones (UNECE 2011). La **capacitación** del profesorado es uno de los grandes retos y, en el caso de la educación para la sostenibilidad y la responsabilidad social, ha de abordarse desde una doble vertiente: la adquisición de este tipo de competencias *per se*, y la adquisición de la competencia profesional como docente para formar en ellas al alumnado (Murga-Menoyo 2015).

Con relación a las **competencias** que se consideran necesarias **para el profesorado**, ya se mencionó en la sección 2.2.2 la propuesta del grupo de expertos en competencias para el desarrollo sostenible para la Comisión Económica para Europa de Naciones Unidas (UNECE 2011). Dicha propuesta enfatiza el enfoque holístico, inclusivo, que maneja la complejidad, orientado y comprometido con el cambio y la transformación del contexto social, pero también del propio sistema educativo. Además, Benayas et al. (2017) referencian estudios y trabajos específicos que señalan que si el profesorado quiere ser una efectiva correa de transmisión de las competencias RSSE, debería adquirir competencias tales como el pensamiento crítico y creativo, la imaginación de escenarios de futuro, la comprensión de sistemas complejos, trabajo colaborativo interdisciplinar y transdisciplinar, y habilidades para procesos participativos de toma de decisiones (Aznar et al., Aznar y Ull, Barrón et al., Cebrián y Junyent, Murga-Menoyo, Ull, citados en Benayas et al. 2017). Por encima de esas competencias concretas, Mercé Junyent destaca la necesidad de que los profesionales sean **conscientes** de la importancia de la integración de las perspectivas del desarrollo sostenible

---

<sup>3</sup> Cuestionario APROSOS: <https://soscurricular.blogspot.com.es>

en su trabajo y lo consideren como un **valor añadido** y un **factor de calidad** de su acción docente e investigadora. Y recuerda que esto también debería de ser asumido a nivel institucional (GUNI 2012b).

Una referencia para el desarrollo profesional del profesorado es el proyecto Erasmus, *University Educators for Sustainable Development* (en adelante UE4SD<sup>4</sup>), desarrollado entre 2013 y 2016, en el que ha trabajado una red de 53 universidades de 33 países europeos, entre ellas cinco españolas: Universidad Autónoma de Madrid, Universitat Autònoma de Barcelona, Universitat de Girona, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea y Universidad de Granada. Este proyecto estaba centrado en el desarrollo profesional de los educadores y ha producido materiales que proporcionan una comprensión compartida de la ESD en diferentes contextos culturales, respaldan el desarrollo de las competencias de los educadores y estimulan políticas educativas relevantes a diferentes niveles, desde institucionales hasta europeos.

Entre las **recomendaciones** que se dan específicamente **para el profesorado universitario** (UE4SD 2015) se anima a éste a:

- **reflexionar** críticamente sobre la calidad en la enseñanza universitaria desde el punto de vista de la ESD;
- considerar las oportunidades de **innovación** dentro de la EDS y tener una actitud de reflexión continua;
- incorporar **nuevos métodos y enfoques** en su propia práctica docente;
- **conectar** con los grupos de trabajo, redes y las principales revistas activas en este campo;
- **informar** a los gestores de la universidad sobre las oportunidades de desarrollo profesional en el ámbito de la ESD;
- **involucrarse** en las iniciativas en marcha y hacer uso de los recursos existentes<sup>5</sup>.

Ahora bien, entre las **barreras** identificadas para la integración curricular de las competencias RSSE se encontraban algunas relativas al profesorado: la falta de interés y de comprensión de la necesidad de trabajar dichas competencias; inseguridad ante los cambios o la propia resistencia a ellos, por sentirse amenazado o limitado en su autonomía; sentimiento de poco reconocimiento o apoyo. Mulder et al. (2012) y Segalàs (2009) dan algunas pistas para tratar de salvar dichas barreras y *“ganar el corazón y el alma”* del profesorado.

En primer lugar, proponen presentar el trabajo en competencias RSSE como una **oportunidad** en lugar de como una amenaza, utilizando un **“enfoque individual”** (Peet et al.

---

<sup>4</sup> <https://www.ue4sd.eu/>

<sup>5</sup> Uno de los resultados del proyecto es precisamente una plataforma de recursos: <https://platform.ue4sd.eu/>

2004; Holmberg et al. 2008). Éste se basa en promover un diálogo abierto con el profesorado en el que se le pregunta sobre las relaciones inherentes que puede tener la sostenibilidad, la ética o la responsabilidad social con la materia en la que es experto, animándole a contribuir con sus conocimientos al desarrollo de las competencias RSSE. Otra estrategia recomendada es involucrar a los profesores en proyectos multidisciplinares relacionados con el desarrollo sostenible y en los que puedan aportar sus conocimientos y experiencia.

Es importante tener en cuenta que el profesorado, además de su función docente, también participa en el diseño de los planes de estudios, está implicado en la priorización de los temas de investigación, así como en la gestión de la universidad ocupando puestos de responsabilidad en departamentos, decanatos, consejos de gobierno o comisiones académicas de distinto tipo. Es, por tanto, un **actor clave** para alcanzar de forma eficiente una transformación global en los procesos de enseñanza aprendizaje en las universidades de forma coherente a los compromisos de responsabilidad social y para la sostenibilidad (Vilches y Gil Pérez, citado en Antúnez et al. 2017).

Un reciente estudio desarrollado por Lazzarini et al. (2018) describe algunas de las **características más frecuentes** entre el profesorado que está implicado en actividades docentes en ingeniería relacionadas con el desarrollo sostenible. Sus ámbitos docentes e investigadores son amplios, desde la ingeniería a las ciencias sociales, y la mayoría están involucrados en actividades relacionadas con organizaciones y movimientos sociales. Se les considera como potenciales “conectores” con otros grupos universitarios y de la sociedad en general, así como promotores de los principios y valores del desarrollo sostenible y facilitadores de un cambio hacia una cultura universitaria más holística.

Sin embargo, los resultados de dicho estudio mostraban que el profesorado involucrado en actividades de ESD no estaba suficiente comprometido como agente de cambio, proponiendo los autores que el **liderazgo institucional** de las universidades ha de jugar un papel esencial. Las características del mismo se revisan en el siguiente apartado.

### **3.4.2. De “arriba hacia abajo”: la importancia del liderazgo institucional en la implicación del profesorado**

Los modelos de liderazgo institucional son importantes y se recomienda que promuevan la colaboración, el empoderamiento de las personas y una clara distribución de responsabilidades (Ferrer-Balas et al. 2008; UNECE 2011). Barrón et al. (2010) y Segalàs (2009) proponen que haya una persona/grupo/unidad visible que sea la responsable de las estrategias de sostenibilidad, y Mulà et al. (2017) reclaman la necesidad de **estrategias sistémicas** que incluyan programas de desarrollo profesional del profesorado.

Para desarrollar estas estrategias, la investigación ha demostrado que es eficaz la **identificación de personas y/o grupos interesados y motivados** por la integración de estos principios en la práctica docente y en la actividad general de la universidad, o que de hecho estén ya implicados en ello (Ferrer-Balas et al. 2008). Dichas personas y grupos – que

algunos denominan **sustainability champions** (Lozano 2006) – pueden ser importantes agentes de cambio que han de ser apoyados e incentivados institucionalmente.

Para apoyarles, implicarles y contribuir a su desarrollo, distintos autores (Antúnez et al. 2017; Aznar et al. 2017; Barrón et al. 2010; Green y Whitsed, Leask, citados en De Wit y Leask 2017; Holmberg et al. 2012; Lazzarini et al. 2018; Lozano 2012; Mulà et al. 2017; Mulder et al. 2012; UE4SD 2015) proponen muy diversas opciones que se sintetizan a continuación:

- ✓ programas de **formación**, haciendo especial hincapié en el profesorado novel, para potenciar sus competencias RSSE, así como competencias pedagógicas, de innovación o de liderazgo,
- ✓ **acompañamiento** personalizado (*mentoring*) por personas más expertas,
- ✓ programas de formación basados en **proyectos**, promoviendo y reconociendo una investigación de excelencia orientada al desarrollo sostenible,
- ✓ creación de **espacios de interacción** para el intercambio de experiencias, la reflexión sobre las prácticas docentes, y promover la generación creativa de nuevas ideas y acciones de transformación,
- ✓ crear **redes** de “aliados” en cada departamento o centro,
- ✓ potenciar encuentros y acciones **interdisciplinares** y **transdisciplinares**, que contribuyan a generar nuevas identidades académicas que superen las rigideces de las estructuras disciplinares,
- ✓ potenciar la creación y la participación en **plataformas y redes** para la colaboración, el intercambio académico, la investigación pedagógica y aprendizaje entre iguales,
- ✓ **visibilizar** y **divulgar** las buenas prácticas relacionadas con la sostenibilidad, tanto verticales como horizontales, entre el alumnado y el profesorado, propiciando información y debates en torno a ellas,
- ✓ apoyar la generación y el acceso a **recursos docentes** orientados al desarrollo de las competencias RSSE,
- ✓ generar **incentivos de reconocimiento** formal y tangible de los esfuerzos de los implicados en procesos de innovación docente,
- ✓ incluir criterios de sostenibilidad en el proceso de **evaluación del profesorado**, con el fin de asegurar una docencia coherente con los principios de desarrollo sostenible,
- ✓ y apoyar dichas iniciativas con **recursos económicos** suficientes.

No obstante, Segalàs (2009) pone en duda la efectividad de alguna de dichas propuestas, en particular la formación basada en un enfoque “*teach the teacher*” (cursos de formación clásicos) o en la generación de recursos de apoyo para el profesorado, que la experiencia muestra que tienen un uso escaso.

Una experiencia interesante que combina una estrategia institucional, la revisión curricular y el apoyo al desarrollo profesional es la presentada por Lundqvist (2016) tras la experiencia de la integración de la ética profesional en los programas de postgrado de ingenierías en la

Universidad de Chalmers. Identifica como el mayor reto la inseguridad del profesorado ante los temas éticos y la falta de expertos que les pudieran dar apoyo. Como factores de éxito señala la implicación de los directores de las titulaciones y el profesorado, y el apoyo institucional aportando recursos para seminarios con expertos en la materia, *coaching* para el profesorado, contratación de profesorado, y apoyo para el cambio metodológico orientado al aprendizaje por proyectos. De esta forma, la integración de los aspectos éticos no se ha hecho en una asignatura específica sino integrada en otras y conectándolos con problemas reales de la ingeniería. Recuerda que es un proceso lento y recomienda trabajar con objetivos a corto plazo y con expectativas alcanzables.

Por tanto, parece que el reto de implicar al profesorado es uno de los aspectos clave para la integración de las competencias RSSE en la formación universitaria, por lo que entender las particularidades de este grupo es fundamental.

Es importante mencionar que, desde un enfoque sistémico de toda la institución, estas propuestas y oportunidades no solamente tienen como destinatario al profesorado, sino que es preciso ofrecerla a toda la comunidad universitaria, y especialmente al personal con responsabilidades de gestión y liderazgo (Mulà et al. 2017; UNESCO 2014b).

Llevar a cabo una transformación desde este enfoque sistémico es una tarea compleja, confusa, requiere mucho tiempo y es difícil de implementar. Liderar el cambio orientado hacia la sostenibilidad en las universidades requiere algo más que compromiso y conocimientos. Es preciso saber gestionar la complejidad, la incertidumbre, la multiplicidad de actores y la ambigüedad del concepto (Tilbury 2012). Aún se está en los inicios de la necesaria transformación sistémica y habrá que generar hojas de ruta adaptadas a cada contexto, realistas e ilusionantes.



## 4. ESTRATEGIAS DOCENTES PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS DE SOSTENIBILIDAD, RESPONSABILIDAD SOCIAL Y ÉTICA PROFESIONAL

En este capítulo se recogen las aportaciones de la literatura en relación con las estrategias docentes para implementar de modo efectivo y coherente el desarrollo de las competencias RSSE en la formación universitaria. En la primera sección se abordan las metodologías docentes que han mostrado ser apropiadas para el trabajo de estas competencias y en la segunda se reflexiona sobre el tema de la evaluación. Además, se incluyen también dos secciones relativas a la revisión bibliográfica realizada para apoyar las intervenciones docentes analizadas en esta tesis. La primera de ellas profundiza en algunas metodologías docentes para desarrollar competencias éticas, en particular el estudio de casos presentados como dilemas morales y la toma de decisiones, así como en las metodologías de evaluación de dichas competencias. En la segunda se revisan metodologías docentes para la integración de criterios de sostenibilidad y de ética profesional en proyectos tecnológicos.

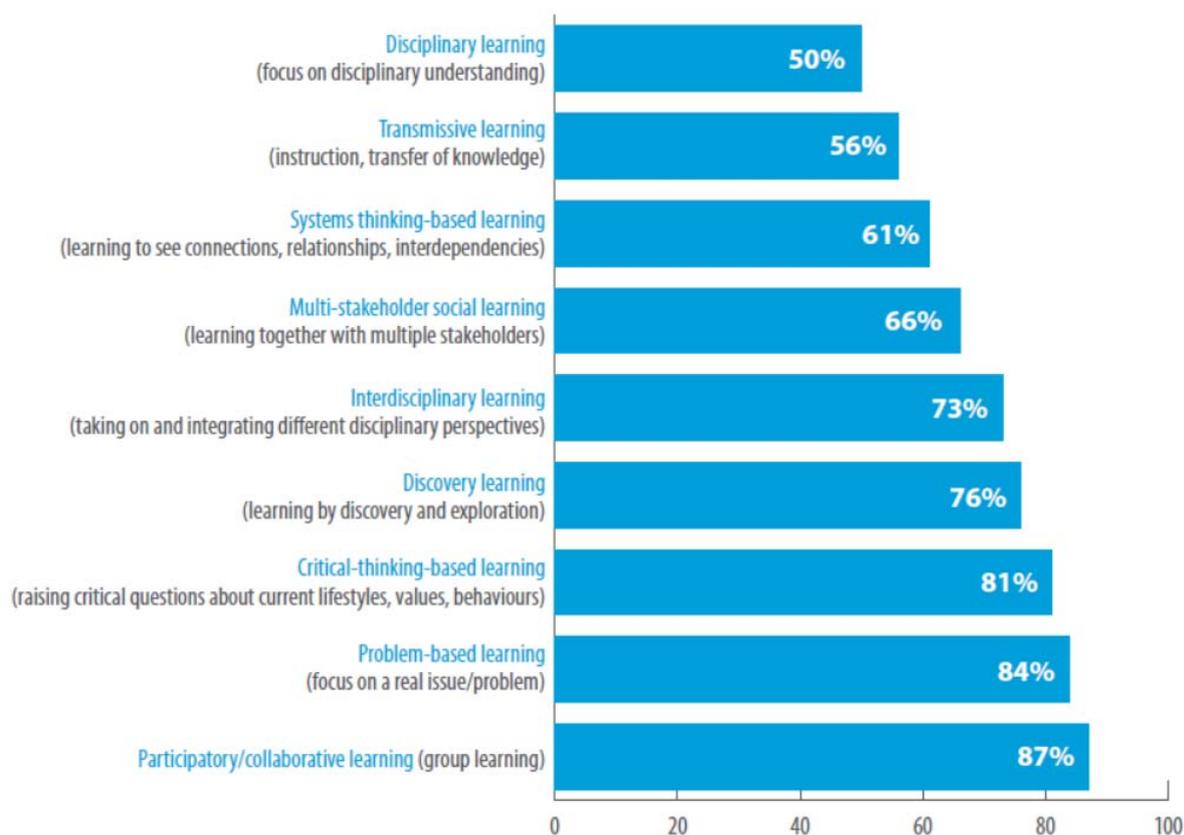
### 4.1. Metodologías activas y participativas

Aunque los resultados de las investigaciones muestran que no existe un método mejor que otro de forma absoluta, sí que permiten afirmar que para los objetivos de bajo nivel – adquisición y comprensión de la información – cualquier método es adecuado y equivalente. Sin embargo, para alcanzar objetivos superiores, como por ejemplo, el desarrollo del pensamiento crítico y del aprendizaje autónomo, **un enfoque centrado en los alumnos y las metodologías activas** – donde el propio estudiante es responsable de su aprendizaje, buscando, seleccionando, analizando y evaluando la información, asumiendo un papel activo en la construcción de su propio conocimiento – son más adecuados y eficaces (Collazo y Geli 2017; Fernández 2006). Además, favorecen el aprendizaje a largo plazo, las habilidades de razonamiento de alto nivel y mejoran las actitudes del alumnado (Prince 2004; Springer et al. 1999).

En el contexto de las competencias RSSE, se reconoce que este enfoque y el uso de metodologías activas es el más adecuado y efectivo (Bowden y Smythe 2008; Colby y Sullivan 2008; Doorn y Kroesen 2013; Leal y Pane 2016; McLaughlan 2007; Mulder et al. 2012; Segalàs et al. 2009; Sterling 2012; Zandvoort et al. 2013). Se recomienda hacer explícitos los objetivos de aprendizaje y combinarlos con los fundamentos teóricos apropiados y la aplicación de **metodologías diversas y complementarias**, de forma que se pueda abordar la complejidad de la formación en competencias RSSE y adaptarse a los diversos modos de aprendizaje del alumnado (Murga-Menoyo y Novo 2017; Rathje et al. 2008; Segalàs 2009; Sterling 2012). Entre los estudios realizados para el Informe Final de la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible (UNESCO 2014a), se analizó qué tipos de aprendizajes y metodologías se consideraban más eficaces con relación a la EDS. En los resultados que refleja la figura 4.1 se puede observar que los encuestados priorizan el

aprendizaje participativo y colaborativo, el que está basado en problemas y el que adopta un enfoque crítico.

Figura 4.1. Tipos de aprendizaje más relevantes asociados a la Educación para el Desarrollo Sostenible (UNESCO 2014a)



El **aprendizaje colaborativo** involucra a los estudiantes que trabajan en grupo para lograr un objetivo común, aunando interdependencia y responsabilidad individual; diversos estudios muestran que son eficaces tanto en resultados cognitivos, como de habilidades y afectivos (Felder y Brend, Terenzini et al., citados en Segalàs 2009; Murga-Menoyo 2015; Springer et al. 1999). Para el desarrollo de competencias RSSE, cuando el contexto lo permita, se debe de favorecer que este trabajo sea **interdisciplinar** e incluya también agentes sociales externos.

Promover una **actitud crítica y reflexiva** orientada al desarrollo de las competencias RSSE no es una tarea sencilla por la complejidad de los fenómenos que aborda, que implican una visión holística y sistémica. Para ello, diversos autores (Benayas 2017; Murga-Menoyo y Novo 2017; Sterling 2012; Tilbury 2011, 2012) consideran necesario crear espacios en donde se anime a los estudiantes a:

- cuestionar y profundizar en las causas de los problemas abordados, que no siempre serán lineales,
- adoptar una perspectiva sistémica, identificando conexiones e interrelaciones entre los elementos y factores que concurren en cada caso,

- plantearse la propia postura respecto a los nuevos conocimientos,
- plantearse los papeles, las actitudes y las responsabilidades de cada persona/actor respecto de los problemas planteados,
- considerar los efectos indirectos o de largo alcance, sea en el tiempo o en el espacio,
- plantearse nuevos escenarios que anticipen necesidades, problemáticas y nuevos modos de enfocar los problemas.

Sin embargo, el pensamiento crítico y la reflexión no necesariamente implican un **paso a la acción y a la transformación**, por lo que es necesario proponer actividades que planteen la búsqueda de soluciones a situaciones problemáticas cercanas a la realidad y al ámbito profesional de los estudiantes. El estudio de **casos reales** y metodologías de aprendizaje basado en **proyectos y retos**, tomando el propio campus como recurso de aprendizaje o en contextos de servicio a la comunidad, son muy apropiados (Benayas 2017; Collazo y Geli 2017; Fear et al. 2006; Génova y González 2016; Sterling 2012).

Sin pretender ser una relación exhaustiva, se presentan algunas técnicas concretas que se han mostrado útiles y eficaces tanto para el desarrollo de competencias RSSE como en el ámbito concreto de las enseñanzas de la ingeniería. Al igual que se ha comentado con relación a las competencias, en cada contexto académico habrá que seleccionar las metodologías y estrategias de aprendizaje que mejor se adapten a dicho contexto, a los objetivos formativos, a la formación y experiencia del profesorado que las implementará, así como a los recursos disponibles.

- ✓ La clase “tradicional”, de **forma expositiva**, también es útil para introducir conceptos y conocimientos básicos relativos a sostenibilidad, ética, contexto global, etc. (Azapagic et al. 2005). Puede complementarse con el visionado de videos cortos, fragmentos de películas comerciales, ciencia ficción o documentales, o invitando a expertos externos (Berne y Schummer 2005; Génova y González 2016).
- ✓ **Diálogo socrático**, practicado a lo largo del curso, permite desarrollar la reflexión y el razonamiento crítico salvando algunas de las limitaciones del razonamiento positivista y del descubrimiento por uno mismo, y propiciando además el aprendizaje del propio profesorado (Génova y González 2016; Lambrechts 2016). También puede adaptarse para diseñar guías de apoyo para integrar temáticas RSSE en el desarrollo de proyectos (Sánchez Carracedo et al. 2015).
- ✓ La **clase invertida** es una técnica de enseñanza activa que, a partir del trabajo previo del alumnado basado en diversos recursos docentes – vídeos, lecturas, gamificación, etc. – permite al profesorado dedicar el tiempo de clase presencial para realizar otras actividades más complejas y participativas (Berglund et al. 2017; Bergmann y Sams, citado en Génova y González 2016).

- ✓ La **lectura** y la **escritura crítica**, la realización de ensayos, diarios, investigaciones o trabajos monográficos con exposición de los mismos, son prácticas útiles para profundizar en determinadas temáticas, utilizar perspectivas diferentes, cuestionar discursos o plantearse futuros alternativos (Han y Jeong 2014; Lambrechts 2016; Tilbury 2011).
- ✓ **Técnicas gráficas** como el trabajo con mapas conceptuales o la foto-elicitación, también son útiles para el desarrollo de competencias RSSE. Los primeros potencian la visión sistémica y las interrelaciones entre los diferentes conceptos, y se han mostrado útiles para el desarrollo de competencias RSSE y su evaluación (Borrego et al. 2009; Lambrechts 2016; Lourdel, citada en Segalàs 2009; Murga-Menoyo 2015; Segalàs 2009). La foto-elicitación, que utiliza fotografías para inducir una reacción, recordar experiencias y vivencias personales, para generar opiniones y discusiones acerca de significados y/o situaciones concretas, también se ha usado con éxito en contextos universitarios (Ruíz-Gutiérrez 2017).
- ✓ La **discusión** participativa en pequeños grupos, los **debates** estructurados u online, aprovechando herramientas tecnológicas, son efectivos para mejorar la implicación y la participación, propician el diálogo argumentativo y la precisión en el uso del lenguaje. Es importante identificar los objetivos de aprendizaje y proponer un proceso que favorezca la reflexión y la argumentación frente a la mera expresión de opiniones (Cotton y Winter 2010; McLaughlan 2007; Murga-Menoyo 2015; Prensky, Voss, citados en Génova y González 2016; Sánchez Prieto 2007; Vallejo y Zorrilla 2016).
- ✓ El **estudio de casos** consiste en la presentación de situaciones problemáticas de la vida real para su análisis, permitiendo explorarlas desde diferentes perspectivas, mostrar ejemplos de prácticas profesionales, de éxitos o fracasos desde la perspectiva del desarrollo sostenible, analizar diversas alternativas y practicar la toma de decisiones. Se pueden plantear enfocándose al análisis, a la aplicación de estándares, leyes o códigos deontológicos, o a la toma de decisiones (Cotton y Winter 2010; Fenner et al., citado en Segalàs 2009; Lambrechts 2016; Vega-Marcote y Varela Losada 2016).
- ✓ En los **juegos de simulación** (*role playing*) los participantes actúan asumiendo los roles de diferentes actores en una determinada situación. Combina el desarrollo de habilidades para desarrollar la empatía, la amplitud de perspectiva, el manejo de la complejidad, el trabajo en grupo y la toma de decisiones. Es especialmente útil, para las competencias RSSE, cuando las situaciones implican problemas y decisiones que pueden orientarse con criterios de sostenibilidad, responsabilidad social o ética profesional (Dieleman y Huisingh 2006; Doorn y Kroesen 2013; Lourdel, citada en Segalàs 2009; Maier et al. 2007; McLaughlan 2007).

- ✓ El **aprendizaje basado en problemas** es un proceso de aprendizaje iterativo que se utiliza para enseñar una amplia variedad de temas. Se puede elegir un tema relacionado con el desarrollo sostenible y solicitar a los estudiantes que lo investiguen para generar un acervo de conocimientos. Los estudiantes pueden desarrollar una visión sobre acciones alternativas y posibles soluciones al problema que luego utilizarán para elaborar un plan de acción. Posteriormente, se puede llevar la acción a cabo y, más adelante, abrir un periodo de reflexión y evaluación. Este proceso fomenta al mismo tiempo el aspecto conceptual y práctico de las nociones básicas sobre sostenibilidad (Braßler 2016; Cotton y Winter 2010; Tilbury 2014a).
  
- ✓ El **aprendizaje basado en proyectos** implica a los estudiantes en un proyecto real, complejo, a través del cual han de desarrollar conocimientos, habilidades y actitudes. Es útil para el desarrollo de competencias RSSE cuando en el proyecto se integran criterios de sostenibilidad, ética o responsabilidad social, que han de ser explícitamente valorados y evaluados. También es deseable que se desarrollen en contextos interdisciplinarios o que tengan una orientación social, reforzándose la comprensión de las relaciones entre tecnología y sociedad (Conlon 2008; Mulder 2006; Lathem et al. 2011). Hay distintos marcos en donde se pueden desarrollar experiencias de esas características. Por ejemplo las *science shops* y los *living-labs* son espacios en donde se involucra a los estudiantes en actividades de investigación orientadas a la praxis y consultoría académica, para resolver problemas reales en los propios campus universitarios o en otros contextos proporcionados generalmente por organizaciones de la sociedad civil; estas iniciativas se pueden integrar como parte del plan de estudios, y son una gran oportunidad de trabajo interdisciplinario y de estar en contacto con retos sociales reales (IAU 2018; Tassone y Eppink 2016).

López et al. (2014) y Cheah (2014), han reflexionado sobre factores clave y retos en la integración de la sostenibilidad en asignaturas basadas en proyectos. El tiempo disponible para que los estudiantes trabajen en su proyecto es un factor clave: por una parte, el alumnado debe equilibrar el trabajo de su proyecto junto con la demanda de otros módulos y exámenes; por otra, el tiempo requerido para proyectos reales no siempre se ajusta al marco académico. Como retos, mencionan el ampliar la experiencia de aprendizaje para todos los estudiantes, las dificultades logísticas, compatibilizar y coordinar el desarrollo de las distintas competencias transversales y la falta de multidisciplinariedad en el contexto de enseñanza habitual. Por último, pero no menos importante, es el tema de la evaluación, recomendando elaborar métodos de evaluación adaptados a las características de los proyectos desarrollados y del contexto académico en el que se desarrolla la experiencia.

- ✓ El **aprendizaje servicio** hace posible que los estudiantes sean capaces de transformar y mejorar la realidad, promoviendo en alguna de sus dimensiones el desarrollo sostenible, siendo en sí misma un modelo de dicho desarrollo. Es un aprendizaje basado en la

experiencia que potencia tanto la adquisición de conocimientos como el compromiso social. Para que el aprendizaje y el desarrollo de competencias sea significativo es importante la inclusión de reflexión, crítica y evaluación. Es una metodología que también influye de forma importante en la dimensión efectiva de los participantes (Aramburuzabala et al. 2015; Collazo y Gelli 2017; Lanthem et al. 2011; Murga-Menoyo 2015; Sivek, citado en Tilbury 2011).

Para cerrar esta sección, se presenta un ejemplo interesante de combinación de diversos tipos de técnicas en una misma asignatura. Binder et al. (2017) explican su experiencia en una asignatura obligatoria del programa de máster en Ingeniería de Minas, denominada “Desarrollo Sostenible en Minería”, que se estructura en tres bloques que siguen distintas metodologías (figura 4.2).

*Figura 4.2. Distintos enfoques metodológicos para los distintos bloques de una asignatura sobre Desarrollo Sostenible en Minería (Binder et al. 2017).*

What?	Basics and Methods of Sustainability	Getting to know views and ideas	Finding own position to given question
Who?	Students / Teacher	Students / Mining Stakeholder	Students
How?	Class room learning	Keynote speeches and discussion	Development of an own approach

En el primero de ellos, se abordan los conceptos y métodos básicos mediante metodologías de clase invertida, utilizando el tiempo de clase presencial para la discusión en grupo, fomentando también competencias profesionales, sociales y personales. En el segundo se potencia la participación de agentes externos, con experiencia en la práctica profesional en diversos campos de la ingeniería. El tercer bloque se enfoca a una reflexión e investigación individual, sobre un tema a elegir libremente, con el fin de que el estudiante desarrolle su propia postura crítica sobre las problemáticas de sostenibilidad en la ingeniería de minas. Posteriormente tiene que defenderla mediante la presentación de un póster y una posterior discusión abierta sobre el mismo que servirá de base para la evaluación del curso. Los criterios de dicha evaluación se acuerdan previamente con el alumnado, cuando presenta su propuesta de investigación, y se publican con antelación.

## 4.2. Evaluación de competencias de sostenibilidad, responsabilidad social y ética profesional

Para que la integración de las competencias RSSE sea completa en la formación universitaria ha de incluir también la **evaluación** del desarrollo de las mismas en el alumnado (Cebrián y Junyent 2015; Mochizuki y Fadeeva 2010). Esta importancia la ha recogido la *Commission des Titres d'Ingénieur* de Francia en sus últimas campañas de acreditación, siendo una de las dimensiones a evaluar dentro del foco de “desarrollo sostenible y responsabilidad social” (CTI 2017) planteando las siguientes preguntas:

- ¿Se evalúa a los estudiantes en estos temas de DS y RS?
- ¿En qué espacios educativos y cómo?
- ¿Cómo se usa la prueba internacional de sensibilidad a la sostenibilidad (SULITEST)<sup>1</sup>?
- ¿Las competencias que se evalúan son las que están en la matriz de competencias?
- ¿Cómo valora el centro su compromiso con esta dimensión?

Los informes muestran que, en general, estas competencias no se evalúan de forma directa (CTI 2017). Como ya se identificó al presentar la justificación y motivación de esta tesis, la evaluación de este tipo de competencias no instrumentales es uno de los grandes retos con que se enfrenta el profesorado y es uno de los campos en los que se necesita investigar sobre la validez y la viabilidad de los instrumentos de evaluación utilizados (Colby y Sullivan 2008; Fabregat 2013; Lambrechts 2016; Segalàs 2009; UE4SD 2014; Verhulst y Lambrechts 2014).

Para abordar este reto, algunos autores (De Wit y Leask 2017; Lathem et al. 2011; Yorke 2003) apuntan hacia una mayor presencia de la evaluación formativa, asumiendo que los cambios metodológicos necesarios para abordar adecuadamente la formación en competencias RSSE implican también cambios en la evaluación.

La **evaluación formativa** se caracteriza por priorizar la mejora del aprendizaje a lo largo del proceso formativo frente a su medición al final de dicho proceso. Es fundamentalmente colaborativa y dialógica, puesto que los estudiantes reciben *feedback* sobre su propio desarrollo por parte del profesorado o de otros estudiantes, y existe la oportunidad de establecer una discusión sobre la valoración del mismo, fomentando el juicio crítico y autocrítico (Bell y Cowie 2001; Murga-Menoyo 2015; Sterling 2012; Yorke 2003).

Frank y Barzilai (2004) y Keefer et al. (2014) muestran los beneficios del uso de la evaluación formativa en diferentes contextos universitarios de ingeniería utilizando metodologías

---

<sup>1</sup> Prueba online de conocimientos de sostenibilidad basada en preguntas de opción múltiple. Evalúa, en 30 minutos, el nivel mínimo de conocimientos en responsabilidad social, ambiental y económica, aplicable a estudiantes universitarios de cualquier nivel en cualquier tipo de institución de educación superior. Las preguntas versan sobre los desafíos que enfrenta la sociedad y el planeta (cuestiones sociales, ambientales y económicas, comprensión básica de la tierra, ciclos de agua y carbono, efecto invernadero, etc.), preguntas sobre prácticas para integrar la responsabilidad social en una organización y preguntas sobre la responsabilidad de las personas como empleados y ciudadanos. <https://www.sulitest.org>.

orientadas a la resolución de problemas. Se destaca la importancia de alinear las actividades formativas con los resultados de aprendizaje deseados y el modo de evaluar su logro. Lathem et al. (2011) proponen que técnicas como encuestas, entrevistas, grupos focales, pueden aportar información relevante sobre la efectividad del trabajo realizado; además, resaltan la importancia de la evaluación para ayudar al profesorado a introducir mejoras y, especialmente, para generar evidencias que contribuyan a vencer la resistencia al cambio que suele existir para la introducción del trabajo de las competencias RSSE en la formación universitaria en ingeniería.

Un instrumento útil para la evaluación formativa son las **matrices de evaluación** o **rúbricas**. Originalmente surgen como herramientas de evaluación, recogiendo en forma de matriz criterios e indicadores de los distintos niveles de logro de un proceso formativo. Esto implica definir con precisión qué se espera del estudiante en relación con su desempeño de una determinada tarea, lo cual es muy útil para definir las actividades más adecuadas y para que los propios estudiantes conozcan y se orienten a lo que se espera de ellos (Martínez y Raposo 2011; Murga-Menoyo 2015; Panadero y Jonsson 2013; Popham 1997). Murga-Menoyo (2015) propone cuatro rúbricas para las competencias básicas propuestas por la UNESCO (2014b) – presentadas anteriormente en la tabla 2.1 –, detallando diferentes niveles de logro a los que se puede llegar en el desarrollo de estas competencias, siendo una interesante referencia para el trabajo y evaluación de competencias RSSE. Otros instrumentos que se han demostrado útiles y eficaces en la evaluación formativa de competencias de pensamiento holístico y sistémico son los mapas conceptuales, la evaluación entre pares, expresiones artísticas, diarios o portafolios (Borrego et al. 2009; Lourdel, citada en Segalàs, 2009; Mulder et al. 2012; Segalàs 2009; Sterling 2012).

### **4.3. Metodologías docentes para el desarrollo de competencias éticas**

Tras la revisión de las metodologías activas que se han visto apropiadas para el desarrollo de las competencias RSSE, en esta sección se profundiza en una de ellas, que se destaca en la literatura como especialmente adecuada para el desarrollo específico de las competencias éticas: el trabajo con casos y situaciones reales presentadas como dilemas morales. Además, se presentan también algunas estrategias metodológicas para la toma de decisiones éticamente fundamentadas. Todo ello ha servido de referencia para diseñar la propuesta docente del estudio de caso relativo al desarrollo de competencias éticas con estudiantes de ingenierías informáticas.

#### **4.3.1. El estudio de casos presentados como dilemas éticos**

El dilema moral aparece cuando en el caso estudiado se presenta una situación conflictiva con dos o más opciones de respuesta igualmente válidas pero en las que se priorizan valores, principios o perspectivas éticas diferentes. Ante esta situación, se pide a los estudiantes que se posicionen y tomen una decisión al respecto. Es importante destacar que lo que realmente importa de esta técnica no es la opción por la que se decanta la persona sino el

razonamiento que ha utilizado para llegar a dicha opción, enfatizándose el proceso de reflexión previo a la toma de decisión y la argumentación de la misma (Tey 2006).

Para Lozano et al. (2006), los objetivos del uso de dilemas morales en la formación se pueden resumir en:

- promover la madurez del razonamiento moral, tanto en complejidad como en profundidad,
- mejorar la capacidad de pensar crítica y autónomamente,
- familiarizar con las cuestiones éticas más significativas, tanto sociales como profesionales,
- promover actitudes de respeto activo, escucha y sensibilidad hacia los demás, evitando dogmatismo y egocentrismo.

Esta metodología pretende **evitar el adoctrinamiento**, estimular un diálogo abierto y respetuoso donde los participantes den argumentos para justificar las acciones, y promover un proceso de búsqueda de propuestas que sean aceptables para todos los involucrados (Lozano et al. 2006).

Cuando se trabaja con casos, el profesorado debe seleccionar **situaciones problemáticas** que sean lo más **emocionalmente atractivas** posibles, y pedirle al alumnado que discuta y reflexione sobre los valores que implica el caso. En el contexto de la formación en ingeniería, se elegirán situaciones enmarcadas en actividades profesionales de cercanas a los intereses del alumnado, y planteadas preferiblemente desde el punto de vista del profesional (Billington, citado en Génova y González 2016; Lozano et al. 2006).

Colby y Sullivan (2008) observan que el uso de situaciones ya pasadas no es suficiente para ayudar a los estudiantes a aprender a identificar problemas potenciales antes de que sean obvios o para elegir las prioridades en la toma de decisiones. El caso puede ser real o hipotético, pero siempre debe ser **abierto y desafiante**, asumiendo ambigüedades e incertidumbres, estimulando el uso de la imaginación y la creatividad (Génova y González, 2016; Han y Jeong 2014; Liebert 2013; Ozaktas 2013). Thiel et al. (2012) estudiaron la influencia del contenido de casos emocionales en el entrenamiento ético basado en casos y encontraron que las situaciones con **contenido emocional** estimulan su retención y facilitan la transferencia de principios éticos de toma de decisiones.

Esta metodología se puede trabajar de forma individual o grupal, aunque lo más enriquecedor es combinar ambas, como proponen Lozano et al. (2006) en los siguientes pasos:

- (1) Presentación del dilema y propuesta de una primera solución reflexiva, argumentada y escrita **individualmente**.
- (2) Formación de **grupos** para promover el diálogo a partir de las diferentes propuestas de cada persona.

- (3) Presentación general de las consideraciones de cada grupo, dividido por tipos de respuesta, y un inicio del **debate en la sesión plenaria**.
- (4) **Búsqueda colectiva** para acuerdos de compromiso o soluciones más equilibradas y universalmente aceptables.
- (5) Evaluación final y **conclusiones**: reflexión y revisión de las perspectivas iniciales.

Los **beneficios** de esta metodología son diversos.

- ✓ La discusión de dilemas éticos **familiariza a la persona con las cuestiones éticas más importantes**, tanto sociales como profesionales (Lozano et al., 2006). Trabajar con casos es un método útil para comprender la teoría moral y la aplicación de diferentes perspectivas éticas, y su efectividad se ve reforzada cuando hay una introducción teórica de las mismas (Rathje et al. 2008; Yau et al. 2013).
- ✓ Durante este proceso la persona considera – la mayoría de las veces inconscientemente – su **propia escala de valores** y ello le permite clarificar su opción en relación con lo que considera correcto o incorrecto (Tey 2006).
- ✓ También es apropiada para la **introducción de los códigos deontológicos** profesionales, como apoyo para la identificación de las cuestiones éticas implicadas en el caso, comparando la relevancia de uno o más códigos profesionales para una situación específica, o bien aplicándolos para analizar, construir y argumentar una solución para dicha situación (Colby y Sullivan 2008; Mumford et al. 2008).
- ✓ El estudio de situaciones controvertidas, aporta a los estudiantes la oportunidad de **reflexionar, razonar y argumentar sobre** conflictos morales. Al haber múltiples consideraciones en estos casos, los valores positivos entran en conflicto con otros y no hay respuestas fáciles, sin que eso signifique que cualquier opinión sea tan válida o justificable como cualquier otra (Colby y Sullivan 2008). Como se mencionó anteriormente, el modo de razonar es diferente y no se llega a la solución mediante un método algorítmico, siguiendo un “estándar de comportamiento ético profesional”. Es deseable que los estudiantes se planteen cuestiones del tipo “¿por qué esta opción y no esta otra?”, “¿qué supone este valor/imperativo ético para mí?” (Génova y González 2016).
- ✓ Tratar casos implica razonar y juzgar, pero también es muy útil para desarrollar otras habilidades importantes. Las **habilidades de comunicación y diálogo** se pueden mejorar aprovechando las interacciones del grupo y la metodología dialógica (Bowden y Smythe 2008; Lozano et al. 2006; Rudnicka et al. 2013; Génova y González 2016). En esta línea, técnicas como el *role-playing* o los debates estructurados han demostrado ser muy efectivas para desarrollar dichas competencias junto con las de razonamiento ético (Brenifier 2005; Canosa y Lucas 2008; Liebert 2013).
- ✓ En función de las estrategias empleadas para el análisis de los casos, también pueden ser útiles para desarrollar **habilidades emocionales y de autorreflexión**, entre otras capacidades de razonamiento metacognitivo (Mumford et al. 2008). Algunas de estas

estrategias se explican en la tabla 4.1, y son útiles como referencia para plantear las actividades basadas en estudios de casos.

*Tabla 4.1. Estrategias para desarrollar capacidades de razonamiento metacognitivo y razonamiento ético (Mumford et al. 2008).*

<b>Estrategia</b>	<b>Definición operativa</b>
1. Reconocer tus circunstancias	Pensar en los orígenes del problema, los individuos involucrados, y en los principios, objetivos y valores relevantes
2. Buscar ayuda externa	Hablar con un supervisor, un compañero, buscar recursos institucionales, o aprender de los comportamientos de otros en situaciones similares
3. Cuestionar tu propia valoración y la de otros	Tener en cuenta los problemas que las personas tienen a menudo para tomar decisiones éticas, recordar que las decisiones rara vez son perfectas
4. Lidiar con las emociones	Evaluar y regular las reacciones emocionales a la situación
5. Anticipar las consecuencias de las acciones	Pensar en los muchos resultados posibles, tales como consecuencias para otros, resultados a corto y largo plazo, en función de las distintas decisiones posibles
6. Analizar las motivaciones personales	Tener en cuenta los propios sesgos, los efectos de nuestros valores y objetivos, cómo justificamos nuestras acciones ante los otros, y cuestionar la propia capacidad de tomar decisiones éticas
7. Tener en cuenta los efectos de las acciones sobre otros	Tener en cuenta las percepciones y preocupaciones de los otros, y el impacto de las propias acciones sobre los demás, social y profesionalmente

El trabajo con casos que involucran dilemas éticos puede ser aplicable tanto en asignaturas específicas de ética en la ingeniería como en asignaturas de otras materias, incorporándolo donde surgen de forma natural en relación con la temática de la asignatura: seguridad, salud, legislación, impactos ambientales, privacidad, etc. (Lozano et al. 2006).

#### **4.3.2. Estrategias para la toma de decisiones**

Se ha visto que la toma de decisiones éticas es una de las competencias necesarias para la formación de profesionales responsables y se presentarán a continuación algunas de las estrategias que se proponen para desarrollarla. En general, estas estrategias se basan en proponer una serie de pasos que orientan y facilitan la realización de un análisis sistemático de la situación que permita argumentar la decisión final. Como se mencionó anteriormente, el objetivo no es tanto que se llegue a una solución correcta (no suele haberla) sino formar en el proceso de análisis y argumentación de la solución propuesta.

En primer lugar, se presentan los **cuatro pasos** que **Rest (1986)** considera clave para tomar cualquier forma de decisión ética:

- (1) **Reconocimiento:** identificación de un dilema ético, reconociendo los aspectos morales de un problema y la existencia de diferentes elecciones posibles.
- (2) **Juicio:** valoración ética, pues sin ella una decisión no puede considerarse correcta o incorrecta.

(3) **Intención moral:** Una vez que se ha emitido un juicio ético, el individuo decide si actúa éticamente o no, de acuerdo a su valoración, ya que puede haber aspiraciones personales o presiones sociales que influyan en su paso a la acción.

(4) **Actuación:** comportamiento o acción ética.

Los críticos del modelo de Rest (1986), como White Jr (1999), encontraron que en algunas situaciones extremas, los individuos pueden actuar inmoralmemente incluso si son capaces de razonar moralmente. Considerando los objetivos de la formación universitaria en competencias éticas y asumiendo las limitaciones de los mismos, comentadas anteriormente en la sección 2.4, se presentan a continuación algunos modelos que pueden servir de referencia para entrenar en las tres primeras fases – identificación, valoración y toma de decisión –, detallando algunos pasos que favorecen el análisis sistemático de una situación y la argumentación ética para la toma de decisiones.

El primer modelo es el “**ciclo ético**” (figura 4.3) que proponen Van de Poel y Royakkers (2007), estableciendo los siguientes pasos:

(1) **Identificar** y enunciar el problema.

Se debe de establecer claramente cuál es el problema, para quién es un problema y qué valores éticos están involucrados en el mismo.

(2) **Análisis** del problema.

Enfocándose en tres elementos importantes:

- las partes interesadas y sus intereses,
- los valores morales que son relevantes en la situación y
- los hechos relevantes.

(3) **Opciones** para la acción.

Se generan posibles soluciones para la acción, enfatizando la creatividad.

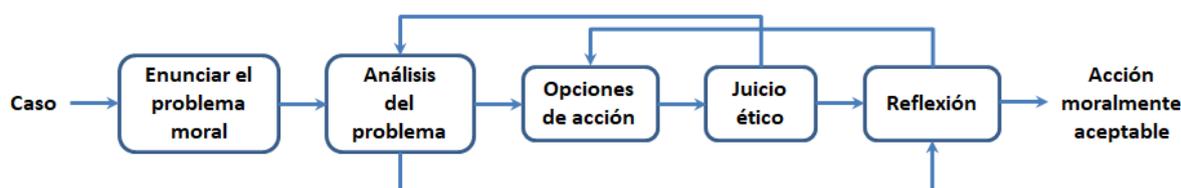
(4) Juicio ético.

Se valora la aceptabilidad moral de las diversas opciones. Puede hacerse en base a diversos marcos del pensamiento ético formal (utilitarismo, deontología, ética de la virtud, ética de la responsabilidad) o marcos informales (intuitivismo o valores sociales dominantes).

(5) Reflexión.

El objetivo es la elección argumentada de una de las opciones de acción. La argumentación está abierta a la intuición, al sentido común y a encontrar un “equilibrio reflexivo” de forma que, argumentando a favor y en contra de diferentes marcos, se pueda llegar a una conclusión que podría no estar cubierta únicamente por alguno de ellos.

Figura 4.3 Ciclo ético, propuesta para la toma de decisiones de Van de Poel y Royakkers (2007)



Estos pasos se adaptaron a un sistema de *e-learning* denominado *Agora* desarrollado por tres universidades técnicas holandesas<sup>2</sup> y utilizado también en otras universidades (Fudano et al. 2012; Van der Burg y Van de Poel 2005). El sistema lleva a los estudiantes realizar un análisis sistemático y estructurado, útil para cultivar la capacidad en el juicio ético y la toma de decisiones, impidiéndoles tomar decisiones apresuradas, emocionales o meramente intuitivas, y les obliga a examinar el caso desde varios puntos de vista. Los pasos vistos anteriormente se complementan con una primera fase de descripción de la situación y una fase final de discusión entre los propios estudiantes. Según los mismos promotores de la misma, esta herramienta ha de ser un apoyo y siguen enfatizando la importancia de la interacción directa en la formación.

Un enfoque diferente es el que proponen Mumford et al. (2008), incorporando aspectos como la autoconciencia, las emociones o la experiencia previa (figura 4.4). A partir de los resultados de experimentos previos (Mumford et al. 2006) se observaron las limitaciones de métodos exclusivamente racionales y proponen añadir estrategias que reconozcan la complejidad y amplíen las perspectivas, como por ejemplo la regulación de las emociones, análisis de las motivaciones (propias y externas), anticipar consecuencias tanto a corto como a largo plazo o considerar diversos puntos de vista.

Otras estrategias metodológicas encontradas están directamente relacionadas con metodologías de evaluación del razonamiento y/o comportamiento ético, por lo que se presentan en la siguiente sección.

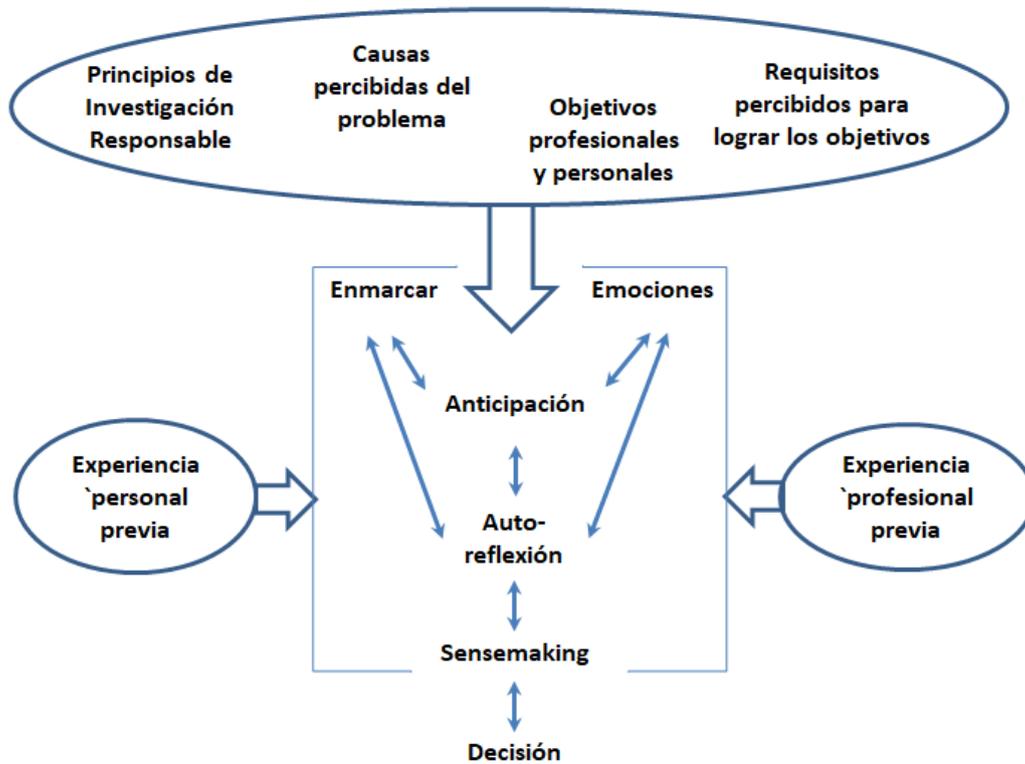
### 4.3.3. Evaluación

La evaluación del desarrollo ético es uno de los más importantes desafíos para docentes e investigadores (Finelli et al. 2012; Goldin et al. 2015; Sonenshein 2007). Mumford et al. (2008) mencionan las **limitaciones** para evaluar las estrategias de toma de decisiones éticas, por la dificultad de medir la estabilidad de los efectos, el conjunto limitado de casos que se usan en las evaluaciones, la diversidad de muchas dimensiones a evaluar o la dificultad para establecer la fiabilidad y la validez de los estudios.

---

<sup>2</sup> Delft University of Technology, Eindhoven University of Technology, University of Twente.  
<http://www.ethiekentechniek.nl/>

Figura 4.4. Modelo "sensemaking" para la toma de decisiones éticas. Mumford et al. (2008).



Varios autores sugieren que los estudiantes deben ser evaluados por sus **conocimientos y habilidades** para resolver dilemas éticos en contextos de ingeniería, pero no en valores, creencias, carácter o comportamiento real (Colby y Sullivan 2008; Herrán 2014; Rudnicka et al. 2013; Shuman et al. 2005). De cara a esta medición, el enfoque más frecuente consiste en analizar la respuesta de los participantes a uno o varios dilemas éticos, ya sea por medio de entrevistas personales, por escrito o trabajos grupales. Estas respuestas pueden ser abiertas o bien puede pedirse valorar el grado de acuerdo con unos enunciados predeterminados.

Otros autores, como Finelli et al. (2012) también presentan algunos criterios para evaluar el **comportamiento ético**. Para ellos, el comportamiento ético se refiere a la capacidad del estudiante para participar en comportamientos consistentes con su decisión ética razonada, incluyendo tanto comportamientos éticos positivos (participar en actividades de servicio, por ejemplo), como comportamientos éticos negativos (hacer trampas en los trabajos académicos, por ejemplo).

Existen diferentes tipos de **instrumentos para evaluar las competencias éticas**, como los que evalúan el nivel general de desarrollo moral, razonamiento o juicio del alumno (Comunian 2002; Kohlberg 1981, 1984; Rest y Narvaez 1998) o aquellos que se centran en los valores morales (Rudnicka 2004). Otras herramientas se concentran en evaluar el proceso ético de toma de decisiones, más allá de las habilidades racionales, como el que fue validado por Mumford et al. (2006).

Una referencia del primer tipo de instrumentos es el *Defining Issues Test* (DIT) (Rest 1979, 1986; Rest y Narváez 1998). En su versión actual consta de cinco dilemas, para los que los participantes deben valorar la importancia de 12 aspectos en una escala de 1 a 5. A partir de sus respuestas se les atribuyen distintos niveles de desarrollo moral (pre-convencional, convencional y pos-convencional) según la teoría de desarrollo moral de Kohlberg.

Sin embargo, el DIT se centra en el ámbito de la ética personal, ninguno de los dilemas utilizados en la versión actual está relacionado con la ética de la ingeniería y existe literatura que ha puesto de manifiesto las diferencias entre las respuestas a dilemas personales y a dilemas profesionales – ver revisión en O’Fallon y Butterfield (2005) – y la importancia de adaptar los dilemas al contexto específico (Dzuranin et al. 2013).

Una adaptación en el campo de la ingeniería es el *Engineering and Science Issues Test* (ESIT), diseñada y validada por Borenstein et al. (2010). Una limitación importante de estas pruebas es que se centran principalmente en el razonamiento y el juicio moral, y no en otras habilidades importantes para la toma de decisiones éticas ni en aspectos más amplios de la ética profesional de la ingeniería.

Un instrumento que también proporciona medidas de otras habilidades útiles para resolver dilemas éticos complejos y abiertos de la práctica de ingeniería profesional es la *Pittsburgh-Mines Engineering Ethics Assessment Rubric* (PMEAR Rubric). Esta matriz de evaluación fue desarrollada por un equipo de investigadores en ingeniería, filosofía y bioética de la Universidad de Pittsburgh y la Escuela de Minas de Colorado (Shuman et al., 2004). La investigación ha apoyado su validez como una medida del razonamiento ético para los dilemas de la ingeniería. Tiene cinco componentes:

- (1) Reconocimiento del dilema, identificando los problemas clave.
- (2) Información, añadiendo datos relevantes que pueden clarificar el problema.
- (3) Análisis, identificando casos análogos, diversas alternativas de solución y los riesgos de cada una.
- (4) Perspectiva, considerando distintos puntos de vista.
- (5) Resolución, argumentando la solución propuesta y demostrando conciencia de las posibles consecuencias.

Más recientemente, Keefer et al. (2014) diseñaron un *checklist* para la toma de decisiones (DPC, *Decision Process Checklist*) basado en la investigación previa sobre las respuestas que profesionales expertos daban a casos reales (Keefer y Ashley, citado en Keefer et al. 2014). Su experiencia de aplicación docente enfatiza la alineación de los resultados de aprendizaje, las actividades de instrucción y la evaluación, apelando a una mayor presencia de la evaluación formativa en la formación en ética. El DPC plantea diversas preguntas que, ante una determinada situación, pretenden guiar a los estudiantes para:

- (1) identificar aspectos éticos y responsabilidades profesionales,
- (2) identificar información relevante de dicha situación e investigar sobre la misma,

- (3) considerar diversas alternativas de acción como respuesta al problema planteado, y
- (4) considerar las consecuencias a corto, medio y largo plazo de las soluciones propuestas.

En las preguntas, la referencia a los posibles **grupos de interés** y cómo se ven afectados son una constante. Además, se propone una matriz de evaluación con 4 niveles para cada una de las anteriores categorías.

Una última referencia que se considera interesante, por estar orientada a desarrollar competencias de razonamiento ético de alto nivel en estudiantes de ingeniería, es la desarrollada y validada por Goldin et al. (2015). Enfatiza la adquisición de habilidades para **identificar, analizar y resolver los dilemas** que surgen cuando hay valores éticos, sociales o técnicos conflictivos en una determinada situación. Evalúan el comportamiento de los estudiantes en las siguientes habilidades:

- (1) Emplea conocimiento de ingeniería profesional para enmarcar problemas.
- (2) Visualiza el problema desde las múltiples perspectivas de diferentes partes interesadas.
- (3) Relaciona las perspectivas de diferentes partes interesadas a lo largo de sus análisis.
- (4) Identifica casos análogos y encuentra la similitud con el problema estudiado.
- (5) Emplea un método sistemático de razonamiento moral al desarrollar el análisis.

En el estudio de caso de esta tesis que desarrolla y analiza la intervención docente orientada al desarrollo de competencias éticas se han integrado la mayoría de estas aportaciones, adaptándolas al contexto de la intervención e intentando simplificar los criterios de evaluación. Se explicará con detalle en el capítulo correspondiente a dicho estudio.

#### **4.4. Metodologías docentes para el desarrollo de competencias de sostenibilidad y ética profesional en el marco del aprendizaje basado en proyectos**

En esta sección se presentan los resultados de la revisión bibliográfica realizada en la primera fase de la segunda intervención docente que se analiza en esta tesis. Esta revisión está centrada en metodologías útiles para integrar criterios de sostenibilidad y desarrollar competencias RSSE en procesos formativos basados en la realización de proyectos de ingeniería. Se ha realizado teniendo en cuenta distintos focos de atención. Por una parte, se han revisado distintas metodologías estandarizadas de análisis y evaluación de impacto ambiental, de impacto social, así como de evaluación de aspectos éticos de proyectos tecnológicos. Además, para que se adaptaran a los objetivos y el contexto académico de la intervención, se han buscado referencias sobre el tratamiento de la sostenibilidad y las competencias éticas en experiencias desarrolladas dentro del marco de la iniciativa CDIO presentada anteriormente en la sección 3.3.4.

#### 4.4.1. Metodologías estándar para la integración de la sostenibilidad en proyectos tecnológicos

El **Análisis de Ciclo de Vida** (en adelante ACV) se ha desarrollado ampliamente en las últimas tres décadas y actualmente es una herramienta muy utilizada para el diseño y la evaluación ambiental de procesos industriales y productos, así como para el diseño de estrategias y regulaciones ambientales (Guinée 2016). Además, está respaldada por procedimientos bien establecidos y directrices documentadas exhaustivamente (ISOa, ISOb). Es una metodología que evalúa los sistemas industriales desde la extracción de materias primas para crear el producto hasta el momento en que todos los materiales vuelven a la tierra, por lo que se habla del enfoque de la "cuna a la tumba" (*cradle-to-grave*).

La exploración sistemática de todas las fases del ciclo de vida en actividades formativas proporciona una multitud de situaciones realistas donde los problemas de sostenibilidad pueden considerarse en el contexto de la toma de decisiones de ingeniería. El contexto del ciclo de vida proporciona la visión holística del proceso de ingeniería que se necesita para tratar los complejos problemas de sostenibilidad (Crawley et al. 2008; Nagel et al. 2012).

En un principio, el enfoque de la metodología ACV se limitaba a evaluar los impactos que un producto o proceso en el medio ambiente. Sin embargo, desde 2006 y después de 30 años de desarrollo de esos métodos, se amplía el alcance de la metodología para convertirse en una herramienta de evaluación integral para la sostenibilidad, que implicó la incorporación de las tres dimensiones del desarrollo sostenible: ambiental, social y económica. Este nuevo enfoque permite evitar el problema destacado por varios autores de que la visión del desarrollo sostenible se centre exclusivamente en cuestiones ambientales (Kagawa 2007; Segalàs et al. 2010).

Junto a los métodos bien establecidos del ACV (evaluación del ciclo de vida ambiental) y del CCV (coste económico del ciclo de vida), surgió la necesidad de una nueva metodología comúnmente aceptada para evaluar un producto o proceso desde la perspectiva de las personas, utilizando indicadores sociales. Las bases del llamado **Análisis del Ciclo de Vida Social** (en adelante ACV-S), se lanzaron con la publicación de las "Directrices para la evaluación del ciclo de vida social de los productos" (Benoît y Mazijn 2009) y más tarde complementado con "Las hojas metodológicas para las subcategorías en la evaluación del ciclo de vida social (S-LCA)" (Benoît-Norris et al. 2013), ambas producidas por la "iniciativa del ciclo de vida" facilitada por el programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente<sup>3</sup>.

En el ACV-S los impactos sociales de un bien, servicio o proceso se evalúan utilizando una perspectiva de ciclo de vida y utilizando diferentes categorías de impacto (de forma similar al ACV ambiental), pero en este caso se analizan en relación con los diferentes **grupos de interés**. Las directrices de Benoît y Mazijn (2009) sugieren cinco categorías diferentes de

---

<sup>3</sup> [www.lifecycleinitiative.org](http://www.lifecycleinitiative.org)

grupos de interés, a saber: trabajadores, comunidad local, sociedad (nacional y global), consumidores y actores de la cadena de valor. Para cada categoría, hay una serie de categorías de impacto asociadas destinadas a identificar los "puntos críticos" sociales en el ciclo de vida del producto, servicio o proceso. Por ejemplo, para la categoría de los trabajadores, las categorías de impacto asociadas incluyen aspectos como el trabajo infantil, el trabajo forzoso o el salario justo, entre otros. Las metodologías de Benoît-Norris et al. (2013) dan apoyo para la recogida de datos sobre el impacto social, sugiriendo para cada categoría indicadores y fuentes, de forma que se pueda valorar el impacto en cada una de ellas combinando métricas cuantitativas, semi-cuantitativas (respuestas Si/No o en escalas) y cualitativas (con texto descriptivo).

El ACV-S no es la única metodología para evaluar la dimensión social de la sostenibilidad. Se han desarrollado otros métodos y enfoques en los últimos años para este propósito. La mayoría de ellos se mencionan en Benoît y Mazijn (2009), incluyendo estándares y certificaciones como SA 8000 y OSHAS 18001, o directrices de informes de rendición de cuentas como la AA1000 o las del *Global Reporting Initiative* (GRI 2013), que también adoptan la perspectiva de los grupos de interés para evaluar los impactos sociales.

Sin embargo, entre la amplia variedad de herramientas para evaluar la huella social de un producto o proceso, el ACV-S es quizás la metodología que mejor capta una perspectiva sistémica del ciclo de vida en la evaluación. Considera por definición todas las fases del producto, desde el diseño, extracción y fabricación, hasta las fases de uso, fin de vida y gestión de residuos, mientras que otras metodologías se centran únicamente en algunas fases del ciclo de vida de un producto en algún momento determinado. Además, la perspectiva de los grupos de interés para identificar las categorías de impacto social parece ser un enfoque pertinente, que se comparte con otras herramientas relevantes para la evaluación de la huella social.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la madurez del ACV-S y otras herramientas de evaluación de impacto social todavía es baja cuando se compara con los procedimientos bien establecidos y las directrices documentadas del ACV ambiental.

Al ser la sostenibilidad un constructo complejo y multidimensional, las herramientas de **análisis multicriterio** están mostrando su utilidad para su análisis y evaluación. Munda (2005) considera que el *Multi Criteria Decision Analysis* (en adelante MCDA) es un enfoque adecuado para gestionar conflictos relacionados con la sostenibilidad tanto a niveles micro como macro, dando orientaciones sobre el uso adecuado del mismo. Más recientemente, De Brucker et al. (2013) van más allá de enfoques MCDA más convencionales y del análisis de costo-beneficio social, integrando el enfoque basado en grupos de interés con técnicas de MCDA orientadas a satisfacer simultáneamente objetivos económicos, objetivos sociales más amplios y objetivos medioambientales. Sus experiencias muestran que dicho enfoque puede contribuir sustancialmente a la resolución o al mejoramiento de la gobernanza de conflictos sociales y la búsqueda del bien público en forma de desarrollo sostenible.

Estas técnicas de análisis multicriterio se están utilizando para fundamentar nuevas metodologías, como el ***Life Cycle Sustainability Assessment*** (LCSA), que integran las técnicas e indicadores de las metodologías específicas de las tres dimensiones básicas de la sostenibilidad: el ACV, para los aspectos ambientales, el ACV-S, para los impactos sociales, y el CCV, para los económicos. Esta metodología no es una mera suma de indicadores a los que se les asignan determinadas ponderaciones para ayudar a la toma de decisiones, sino que también incluye evaluaciones cualitativas y amplía los niveles de análisis, considerando las interacciones entre las diversas dimensiones, el análisis de escenarios futuros y el manejo de la incertidumbre. Aunque se está desarrollando ampliamente en los últimos años, aún no puede considerarse una metodología madura y consolidada (Finkbeiner et al. 2010; Guinée 2016).

#### **4.4.2. Metodologías para la integración de la responsabilidad ética en proyectos tecnológicos**

En muchas ocasiones las consideraciones éticas en ingeniería o en el desarrollo tecnológico se consideran como una restricción o un freno a los mismos, o bien se ve a la tecnología como una fuente de problemas éticos. Sin embargo, la integración de la visión y los criterios éticos en los procesos de desarrollo tecnológico se puede considerar como una **oportunidad de crear valor** (Génova y González 2016). En esta línea, Van den Hoven et al. (2012) y Stahl (2016) argumentan que la innovación tecnológica puede ser muy apropiada para abordar situaciones que implican una fuerte carga moral o dilemas éticos; sugieren que los profesionales de la ingeniería tienen la responsabilidad de desarrollar tecnologías que contribuyan a disminuir la problemática moral, aportando soluciones y empoderando a los usuarios, u a otros actores, para actuar más libre y responsablemente.

Para conocer cómo formar a los ingenieros para integrar la responsabilidad ética en proyectos tecnológicos, se han revisado diversos enfoques. Entre las muy diversas propuestas de principios de ética profesional, códigos éticos, metodologías de aplicación o valoración ética, se han seleccionado aquellas que se han considerado más adaptables para la formación de estudiantes de ingeniería y aplicables a asignaturas basadas en proyectos. Las que se presentan a continuación provienen bien de la evaluación ética de la tecnología, del diseño que integra valores o las propuestas para una investigación e innovación responsable.

##### **4.4.2.1. Propuestas desde la evaluación ética de la tecnología**

Quizás el más sencillo de los enfoques es el que se basa en el uso de los denominados **checklist, o listas de verificación ética**, y que tienen su origen en los procesos de evaluación ética de la tecnología. Uno de ellos es el *ethical Technology Assessment* (eTA), propuesto por Palm y Hansson (2006), que tiene como objetivo proporcionar indicadores de posibles implicaciones éticas negativas en una etapa temprana del desarrollo tecnológico. Proponen un *checklist* de nueve aspectos para identificar los problemas éticos más comunes en las

tecnologías emergentes, a través de un proceso de diálogo continuo, más que una valoración puntual de una tecnología específica. Los aspectos considerados son:

1. Difusión u uso de la información
2. Control, influencia y poder
3. Impactos en los patrones de relaciones sociales
4. Privacidad
5. Sostenibilidad
6. Reproducción humana
7. Género, minorías y justicia
8. Relaciones internacionales
9. Impactos en los valores humanos.

*Cuadro 4.1. Principios y ejemplos de algunos asuntos relevantes y preguntas, en el modelo de Ethical Impact Assessment de Wright (2011)*

- **Principio de no maleficencia** (obligaciones relacionadas con no hacer daño, minimizar los riesgos y tomar precauciones contra posibles riesgos o daños)
  - Seguridad, inclusión y exclusión social, discriminación, aislamiento

*¿Hay riesgos posibles de que se cause algún daño físico o psicológico a los consumidores? ¿Qué medidas podrían ser adoptadas para evitar o mitigar tales riesgos?*

*¿El uso de esta tecnología puede reemplazar o sustituir el contacto humano?*
- **Principio de beneficencia** (obligaciones para hacer el bien, quitar un daño existente, prevenir daños o riesgos que no se originan en el proyecto, para crear o aumentar los beneficios)
  - Servicio universal, accesibilidad, diseño con valores, sostenibilidad

*¿Mejorará el proyecto la seguridad de las personas, su dignidad, independencia o libertad en algún sentido?*

*¿El proyecto incorpora obsolescencia programada? ¿Cómo se justifica?*
- **Principio de justicia** (obligaciones relacionadas con cuestiones de justicia distributiva, protección de grupos vulnerables, evitar la explotación y la justicia procesal)
  - Equidad, justicia social

*¿El proyecto o servicio estará disponible ampliamente o estará restringido solamente a la población saludable, poderosa o tecnológicamente preparada?*

*¿El proyecto potencia el acceso de más personas a determinados servicios?*
- **Principio de autonomía** (obligaciones relacionadas con la protección y garantía del autonomía y la elección autónoma, de individuos y grupos, incluyendo las del propio profesional)
  - Dignidad, informe consentido

*¿Puede esta tecnología comprometer de alguna forma la dignidad de las personas?*

*¿Se informará a las personas afectadas sobre la naturaleza, significado, implicaciones y riesgos del proyecto o tecnología?*

En una línea similar, David Wright (2011) propone el *Ethical Impact Assessment*, que se basa también en un *checklist* basado en **principios éticos fundamentales** de la ética

profesional, que desglosa en otros principios y asuntos relevantes, pero a los que añade un **conjunto de preguntas** acerca de ellos. Las preguntas deben responderse en el proceso de evaluación de impacto ético, son orientativas, no hay que responder a todas exhaustivamente, y el objetivo es propiciar la reflexión y facilitar la identificación de problemáticas relacionadas con el proyecto tecnológico a evaluar (cuadro 4.1). Para responder a estas preguntas, Wright propone diversas herramientas de discusión y diálogo con las partes interesadas, incluyendo talleres de expertos, consultas y encuestas.

Basado también en esos cuatro principios éticos fundamentales, Van de Poel (2016) ha desarrollado un marco en el que se especifican las **condiciones necesarias** para que experimentos de desarrollo de nuevas tecnologías sean éticamente aceptables. Son las siguientes:

- ✓ Principio de no maleficencia:
  - Se han usado todos los medios razonables para adquirir conocimiento sobre riesgos y beneficios.
  - Monitoreo de datos y riesgos al abordar aspectos de privacidad.
  - Posibilidad y disposición para adaptar o detener el experimento.
  - Minimización de riesgos en la medida de lo razonablemente posible.
  - Escalar adecuadamente para evitar daños a gran escala y mejorar el aprendizaje.
  - Organización flexible del experimento y evitar compromisos con la tecnología.
  - Evita socavar la resiliencia.
  
- ✓ Principio de beneficencia
  - Es razonable esperar beneficios sociales del experimento.
  - Se han distribuido claramente las responsabilidades para la configuración, realización, supervisión, evaluación, adaptación, y detener el experimento.
  
- ✓ Principio de justicia
  - Si hay individuos vulnerables por causa del experimento, se prevé una protección o algún beneficio especial (o una combinación de ambos).
  - Hay un equilibrio justo entre riesgos potenciales y beneficios.
  - Está prevista la reversibilidad del daño o, de ser imposible, su compensación.
  
- ✓ Principio de autonomía
  - Los individuos que participan en el experimento son informados adecuadamente.
  - El experimento está aprobado por organismos democráticamente legitimados.
  - Los individuos que participan en el experimento pueden influir en la configuración, la realización, el seguimiento, la evaluación, la adaptación, y detener el experimento.
  - Los individuos que participan en el experimento pueden retirarse del experimento.

Las **categorías** elegidas para reflexionar sobre los aspectos éticos de innovaciones o proyectos tecnológicos, pueden ser diferentes y no necesariamente estar basadas en principios éticos. Por ejemplo, Macnaghten y Chilvers (2014) categorizan grupos de preguntas según su relación con el producto, el proceso y la finalidad de la innovación (tabla 4.2).

*Tabla 4.2. Preguntas para el análisis de responsabilidad en la innovación tecnológica, propuestas por Macnaghten y Chilvers (2014)*

<b>Preguntas sobre el producto</b>	<b>Preguntas sobre el proceso</b>	<b>Preguntas sobre la finalidad</b>
<p><i>¿Cómo se distribuirán los riesgos y los beneficios?</i></p> <p><i>¿Qué impactos pueden ser anticipados?</i></p> <p><i>¿Cómo podría cambiar en el futuro?</i></p>	<p><i>¿Cómo deberían medirse los riesgos y los beneficios?</i></p> <p><i>¿Quién es el responsable si algo va mal?</i></p> <p><i>¿Cómo se sabe que el proceso va bien?</i></p>	<p><i>¿Por qué los investigadores participan en el proyecto?</i></p> <p><i>¿Las motivaciones son transparentes y de interés público?</i></p> <p><i>¿Quiénes se beneficiarán?</i></p> <p><i>¿Hay otras alternativas?</i></p>

Con otras categorías diferentes, Swierstra y Waelbers (2012) proponen un **modelo matricial** que pretende facilitar que los profesionales asuman una responsabilidad prospectiva sobre el futuro rol social de las tecnologías que desarrollan. Su objetivo es ayudar a explorar de antemano cómo las tecnologías emergentes podrían generar impactos más allá de los objetivos para los que se desarrollaron. En el eje horizontal de la matriz, se distinguen los tres tipos de cuestiones básicas en los procesos de decisión: cuál es la situación, qué se puede hacer y qué se debe hacer. En el eje vertical consideran cuestiones que son moralmente relevantes: las partes interesadas, las posibles consecuencias y el bienestar humano. En cada una de las celdas se propone un foco de reflexión y, de nuevo, preguntas que facilitan la misma (tabla 4.3).

Por último, hay otras **metodologías que proponen varias etapas**. El enfoque ETICA (Stahl 2011), cuyo objetivo es realizar análisis prospectivos que consideren múltiples futuros posibles para elegir el más conveniente, consta de tres etapas:

- **identificación**, en la que los problemas éticos se identifican para aplicaciones particulares, artefactos o propiedades tecnológicas; la mayoría de los valores y principios éticos que se utilizan en esta etapa se derivan de una lista de verificación previa,
- **evaluación**, en la que las cuestiones éticas de la etapa de identificación se someten a una evaluación ética, y se clasifican y ordenan,
- **gobernanza**, en la que se elaboran una serie de recomendaciones para que los responsables aborden los problemas éticos descritos en las etapas anteriores.

Tabla 4.3. Matriz para la discusión prospectiva sobre el rol moral de la tecnología, y algunas preguntas orientativas para el trabajo con la misma. Síntesis propia de la propuesta de Swierstra y Waelbers (2012).

	a. Es	b. Puede	c. Debe
<b>1. Grupos de interés</b>	Presencia <i>¿La tecnología nos hará más/menos conscientes de la presencia de otros grupos de interés?</i>	Empoderamiento <i>¿La tecnología aumentará/reducirá el poder de los grupos involucrados?</i>	Derechos <i>¿La tecnología contribuirá a crear nuevos derechos para ciertos grupos de interés o a disminuirlos?</i>
<b>2. Consecuencias</b>	Anticipación <i>¿La tecnología implicará consecuencias?</i> <i>¿Contribuirá a visibilizarlas o a ocultarlas?</i>	Viabilidad <i>¿La tecnología aumentará/disminuirá las posibilidades de influir en los resultados de nuestras acciones?</i>	Responsabilidades <i>¿La tecnología aumentará/disminuirá nuestras obligaciones y responsabilidades?</i>
<b>3. Bienestar</b>	Contingencia <i>¿Cambiará la tecnología nuestra percepción del bienestar humano?</i>	Libertad <i>¿La tecnología potenciará/limitará nuestras libertades?</i>	Desarrollo moral <i>¿La tecnología nos estimulará/frustrará a comportarnos de forma virtuosa?</i>

Otros autores han ampliado el enfoque de ETICA utilizando diferentes pautas para analizar distintos niveles: tecnología, artefactos y aplicaciones (Brey 2012). Además de emplear un *checklist* de verificación ética, se recomienda una revisión de la literatura de ética tecnológica, la participación de los grupos afectados, e incluso las intuiciones morales del analista, de forma que se mejore la identificación de problemáticas éticas.

#### 4.4.2.2. *Diseño basado en valores*

Van den Hoven et al. (2012) proponen la metodología **Value Sensitive-Design** (en adelante VSD), que incorpora sistemáticamente valores morales en todas las fases del proceso de diseño de productos y sistemas tecnológicos. Su objetivo no es que los valores sean un subproducto del proyecto global sino enfocar éste desde una perspectiva ética. El VSD es una metodología integradora e iterativa, consistente en investigaciones conceptuales, empíricas y técnicas (Cummins 2006; Detweiler et al. 2011; Friedman y Kahn 2007; Manders-Huits 2011).

En una primera fase, denominada **conceptual**, el proceso se enfoca en identificar los valores humanos básicos que podrían ser potenciados o amenazados por la tecnología a desarrollar, además de considerar cómo dicha tecnología podría beneficiar o perjudicar a las diferentes partes afectadas por la implantación de la misma. La siguiente fase, **empírica**, se centra en el modo en que dichas partes interesadas experimentan las (nuevas) tecnologías con respecto a los valores que consideran importantes y cómo afrontan los posibles conflictos de valores, llevándose a cabo investigaciones tanto cualitativas como cuantitativas. En la última fase del VSD, se analizan los diseños técnicos para evaluar cómo refuerzan los valores identificados

en la investigación conceptual, y cómo estos valores se pueden ver afectados por diferentes posibilidades de diseño (Cummings 2006; Friedman y Kahn 2007; Manders-Huits, 2011).

En relación con su uso en el ámbito docente, Cummings (2006) considera que puede integrarse siempre que se comunique a los estudiantes unos objetivos y metas claros, y Manders-Huits (2011) propone complementar el enfoque VSD con la explicación de una teoría ética.

Una referencia más reciente sobre la integración de consideraciones éticas en el diseño tecnológico, es la iniciativa global lanzada por el *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (en adelante IEEE), denominada *Ethically Aligned Design* (IEEE 2017).

*Cuadro 4.2. Recomendaciones sobre la integración de criterios éticos en el desarrollo de proyectos tecnológicos. Síntesis propia a partir de las recomendaciones de la iniciativa Ethically Aligned Design (IEEE 2017).*

#### **Principios generales de diseño:**

- **Derechos humanos:** asegurarse que se respetan.
- **Bienestar:** con un **acceso asequible y universal** a las redes de comunicaciones, se puede beneficiar tanto a los individuos como a las sociedades. Importan los aspectos psicológicos, sociales, económicos y ambientales. Debe de aumentar la **libertad** de las personas.
- **Responsabilidad.** De los diseñadores y los operadores.

#### **Recomendaciones en el desarrollo de proyectos:**

- Incentivar el diseño basado en **valores como un componente integral** del desarrollo de productos, considerando el planteamiento de las inquietudes éticas como una aportación de valor al mismo más que como un factor ralentizador o limitador del proyecto.
- **No añadir más complejidad, alineándose con los procesos habituales de la organización.** Se debe estudiar el propio proceso de diseño y desarrollo para identificar los momentos más adecuados en los que los profesionales han de plantear y resolver cuestiones de ética. Los puntos de transición entre concepción, creación de prototipos, lanzamiento y revisiones son contextos naturales para realizar tales revisiones. También se puede enfocar en determinadas *red flags* identificadas de antemano como indicadores de riesgo.
- Colaboraciones **interdisciplinares** para fomentar la integración de la ética en todos los niveles del proyecto.
- Incluir a un amplio rango de **grupos de interés**, teniendo en cuenta sus intereses e incorporando sus puntos de vista.
- Considerar la **diversidad cultural**, evitando una visión ética monocultural, sin caer en un relativismo simplificador ni aceptar valores claramente antiéticos, como violaciones de los derechos humanos fundamentales.

Es un proceso abierto, de consulta a expertos, que pretende hacer reflexionar y promover acciones para integrar criterios éticos en el diseño y desarrollo de la inteligencia artificial y los sistemas autónomos, con el fin de priorizar su contribución al bienestar social. Aunque está enfocado a un sector muy específico, se han seleccionado algunas recomendaciones que pueden ser válidas para el desarrollo de proyectos de ingeniería y orientar la formación de los estudiantes para que integren dichos criterios en su futura actividad profesional (cuadro 4.2).

#### **4.4.2.3. Investigación e innovación responsable**

Desde la perspectiva de la *investigación e innovación responsable* (en adelante RRI, por sus siglas en inglés) también se ofrece un marco y determinadas propuestas que pueden orientar el modo de integrar las competencias RSSE en la formación para desarrollar proyectos tecnológicos. Esta perspectiva es recomendada por Stahl (2016) para prevenir el riesgo de que la reflexión ética sobre la tecnología se quede en meras elucubraciones teóricas y no pase a ser ética aplicada.

Se distinguen cuatro dimensiones o enfoques fundamentales (EC 2015b; Owen et al. 2012; Stilgloe et al. 2013; Tassone y Eppink 2016):

- ✓ **Anticipación.** Descripción y análisis de los posibles impactos económicos, sociales, ambientales u otros, tanto intencionados como no intencionados. Además de prevenir riesgos o daños, también es una oportunidad para visualizar futuros deseables y orientar los esfuerzos a construirlos. Se reconoce como una actividad compleja con un alto grado de incertidumbre, que ha de estar bien integrada en el proceso – ha de realizarse suficientemente pronto para ser útil, pero también cuando el proyecto esté suficientemente avanzado para que sea significativa –, estar abierta a la participación y vencer resistencias que la vean como un freno a la autonomía.
- ✓ **Reflexión.** Implica replantearse las propias visiones, marcos conceptuales, métodos de trabajo, valores, motivaciones, etc., en relación con el proyecto que se desarrolla. Reflexionar con tiempo sobre las incertidumbres, dilemas, riesgos, que han aparecido anteriormente. Se puede apoyar en el uso y contraste con estándares o códigos de conducta, colaboración multidisciplinar, técnicas de evaluación ética de la tecnología, etc.
- ✓ **Inclusión.** El proceso de reflexión debe ampliarse invitando y escuchando las diferentes visiones de otros actores públicos y grupos de interés. Deben de facilitarse procesos de diálogo, implicación y debate, cuidando la diversidad y representatividad de los participantes, los momentos en los que se les consulta, así como la profundidad y la continuidad de la colaboración.
- ✓ **Respuesta.** Una innovación responsable requiere capacidad para tomar decisiones que cambien las condiciones del proyecto en respuesta a los grupos de interés, valores públicos, nuevos conocimientos, circunstancias o contingencias relevantes identificadas

en los procesos anteriores. Los cambios pueden afectar tanto a los objetivos como a los productos concretos.

Aplicar estos enfoques no determina unas fases o un orden determinado, sino que requiere un proceso iterativo, continuo y flexible, presente en las distintas fases del desarrollo de un proyecto (Owen et al. 2012). Stilgloe et al. (2013) presentan un caso en el que dichas dimensiones se integran en las distintas fases de un proyecto como se muestra en la tabla 4.4.

*Tabla 4.4. Ejemplo de integración de las distintas dimensiones de la RRI en un proceso que sigue una metodología de “stage-gate”. Tomado de Stilgloe et al. (2013)*

<b>Criterio “stage-gate”</b>	<b>Dimensiones RRI relevantes</b>
1. Riesgos identificados, gestionados y considerados de forma aceptable	Reflexión
2. Cumple con las regulaciones pertinentes	Reflexión
3. Comunicación clara de la naturaleza y los propósitos del proyecto	Reflexión Inclusión
4. Se han descrito los impactos y las aplicaciones, así como los mecanismos previstos para revisarlos	Anticipación Reflexión
5. Identificados los mecanismos para comprender las visiones públicas y de los grupos de interés	Reflexión Inclusión

A principios de 2014, la Comisión Europea designó un grupo de expertos para identificar y proponer indicadores y otros medios efectivos para monitorear y evaluar los impactos de las iniciativas de RRI (EC 2015b). Del trabajo relacionado con los indicadores de sostenibilidad y ética, se pueden extraer algunas referencias útiles para orientar la integración de criterios de sostenibilidad y ética en la formación para el desarrollo de proyectos tecnológicos.

Con relación a la sostenibilidad, se considera que los indicadores de RRI deberían abordar fundamentalmente la siguiente pregunta: “¿en qué medida un programa de investigación o una iniciativa de innovación contribuyen al crecimiento sostenible?”.

En la **dimensión ambiental**, se recomienda analizar y controlar el uso de recursos y flujos (recursos renovables y no renovables, tasas de consumo y regeneración, el impacto de la mano de obra y la tecnología en estas tasas), así como los servicios ecosistémicos y su efecto sobre el bienestar humano.

En la **dimensión social**, se pone el foco en el impacto de la investigación y su efecto sobre la justicia y la inclusión social. Los problemas que se pueden controlar aquí incluyen el acceso y la asequibilidad de productos y servicios desarrollados como resultado de actividades de I + D para diferentes grupos sociales. La medición del impacto social debe centrarse en dos cuestiones:

- si los investigadores consideran el impacto de sus investigaciones sobre la justicia social;
- si han tomado alguna medida para extender el impacto de su investigación a una población más grande o para minimizar posibles consecuencias negativas involuntarias en relación con la justicia social.

En relación con los **aspectos éticos**, además de los aspectos de integridad (plagio, protección de los objetos de investigación, etc.), el campo de la relevancia social y la aceptabilidad ética de los resultados de I + i es el que garantiza el mayor interés en el monitoreo de la ética como una dimensión clave de la RRI.

#### **4.4.3. Integración de criterios de sostenibilidad y responsabilidad ética en el marco de la iniciativa CDIO**

Como uno de los estudios de caso se va a desarrollar en el contexto de asignaturas basadas en proyectos siguiendo el enfoque CDIO presentado en el capítulo anterior (sección 3.2.4), se ha realizado una revisión específica de la integración de las competencias RSSE en contextos CDIO, seleccionando especialmente experiencias concretas que sirvieran de referencia.

Ya se ha presentado cómo el *Syllabus 2.0* de CDIO incluye aspectos de responsabilidad ética – en la fase de concepción del proyecto y en lo relativo a las competencias personales y profesionales – así como de conocimiento del contexto social y criterios de sostenibilidad para cada una de las etapas de la metodología CDIO.

En la revisión sobre experiencias de integración de estos aspectos en contextos CDIO, se han encontrado algunas que han servido de inspiración para integrar la sostenibilidad y los aspectos éticos en las intervenciones objeto de estudio en esta tesis. Algunas de ellas se centran en la sostenibilidad ambiental (Binder et al. 2017; Enelund et al. 2013; Hussmann et al. 2010; Wedel et al. 2008), otras en cuestiones éticas (Agusto et al. 2012; Fudano 2012; Lundqvist 2016; Palm y Törnqvist 2015) y hay algunas que integran ambas dimensiones (Cheah 2014; Malheiro et al. 2015).

Dentro del marco CDIO, se considera que la integración de la evaluación ética, el diseño empático y los criterios sociales y ambientales fortalecen el producto final. Además, se resalta la oportunidad de enseñar a los futuros profesionales a capitalizar la integración holística de la sostenibilidad en los proyectos de ingeniería (Cardella, citado en Brodeur 2013; Crawley et al. 2008; Palm y Törnqvist 2015). Además, Brodeur (2013) y Chua y Cheah (2013) enfatizan la importancia de que en un aprendizaje basado en proyectos se planteen preguntas no solamente acerca del “*how*” sino también sobre el “*why*”.

La estrategia más común utilizada en el marco de experiencias CDIO se basa en la integración en cursos o asignaturas de temas específicos de sostenibilidad, responsabilidad social y/o ética siempre que se considere apropiado, o bien establecer cursos específicos

para garantizar que se incluyan sus fundamentos básicos (Enelund et al. 2013). Sin embargo, para aprovechar al máximo el aprendizaje de estos temas, se debería aprovechar el contexto de las prácticas de ingeniería que se propone desde el enfoque CDIO en las que los estudiantes tienen que trabajar frecuentemente con problemas abiertos en proyectos interdisciplinarios (Chua y Cheah 2013; Hussmann et al. 2010; Malheiro et al. 2015; Wedel et al. 2008).

En cuanto a las metodologías utilizadas para integrar las temáticas RSSE en proyectos CDIO, el análisis del ciclo de vida y las técnicas de análisis multicriterio se consideran como instrumentos útiles para integrar la sostenibilidad ambiental en dichos proyectos. Ayudan a determinar el efecto que los productos y procesos tienen sobre el medioambiente, a evaluar los problemas ambientales en un ámbito más amplio y minimizar sustancialmente los impactos (Jeswiet et al. 2005; Enelund et al. 2013). Además, el enfoque práctico de los proyectos CDIO permite considerar las cuestiones éticas y de responsabilidad social mediante una exploración sistemática de todas las fases del ciclo de vida, lo cual proporciona una visión holística del proceso de ingeniería que es necesaria para lidiar con la complejidad de la sostenibilidad del mismo (Crawley et al. 2008; Nagel et al. 2012). Este enfoque práctico también mejora la formación de los estudiantes en otras habilidades esenciales como el trabajo en equipo, la comunicación, la creatividad y el entendimiento cultural como partes integrales de la educación (Crawley et al. 2008).

Para abordar las dimensiones sociales, Chua y Cheah (2013) y Cheah (2014) explican el uso de la metodología de *Design Thinking* durante las fases de *Concepción* y *Diseño* de un proyecto, y cómo sus estudiantes han incorporado los conceptos y fundamentos de la “tecnología apropiada” para promover prácticas sostenibles. La metodología de *Design Thinking* (Brown, 2009) se centra en tres dimensiones que se apoyan entre sí:

- la empatía del usuario: ¿qué es deseable para los usuarios?,
- la viabilidad técnica: ¿qué es posible con la tecnología?, y
- la viabilidad comercial: lo que es viable en el mercado.

Otros autores han enfatizado la importancia del diseño en el desarrollo sostenible y las posibilidades que la metodología de *Design Thinking* para identificar las causas de determinados problemas relacionados con la sostenibilidad (Dos Santos Martins 2010; Wahl y Baxter 2008; Young 2010).

Las metodologías basadas en los principios de la “tecnología apropiada” han sido útiles en proyectos de innovación social, que implementan soluciones novedosas a necesidades sociales, como los descritos por Chua y Cheah (2013) y Cheah (2014), y que recientemente han sido considerados como una referencia en el estudio del MIT sobre el estado del arte en la formación en ingeniería (Graham 2018). El término “tecnología apropiada” se atribuye a Schumacher (1973), y se caracteriza por incluir a las comunidades locales en la selección y el desarrollo de tecnologías, la innovación y la implementación, todo ello de un modo que sea

económica, ambiental, social y culturalmente sostenible (Hazeltine y Bull 1999; Tharakan 2006). Este enfoque capacita a los estudiantes para contribuir a la mejora de la calidad de vida de las comunidades locales y regionales; de hecho, algunos de dichos proyectos se han implementado en diversos países del entorno (Indonesia, Myanmar, Nepal o Camboya). Se considera adecuado el enfoque de la “tecnología apropiada”, ya que los estudiantes no necesitan tener un nivel muy alto de competencias técnicas y, sin embargo, pueden empoderarse para diseñar e implementar un producto o sistema factible, coherente con las necesidades de los beneficiarios de sus proyectos, orientados a la población en la base de la pirámide y alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Sin embargo, las “tecnología apropiadas” a menudo se perciben como “low tech” y generalmente no se abordan en la educación de ingeniería o la investigación universitaria (Sandekian et al. 2005).

#### **4.4.3.1. Algunas prácticas inspiradoras que integran sostenibilidad y ética en contextos CDIO**

En esta última sección del capítulo se presentan cuatro experiencias desarrolladas con el enfoque CDIO que, en la revisión realizada, se han considerado útiles como referencia para la intervención docente que se analiza en uno de los estudios de caso de esta tesis.

- ✓ El **Semestre Europeo de Proyectos** (EPS, por sus siglas en inglés)<sup>4</sup> es un programa internacional para estudiantes de último año de carrera ofrecido por un grupo de escuelas de ingeniería europeas que cumple con las directivas de CDIO sobre experiencias de diseño e implementación. Proporciona un marco integrado para la realización de proyectos fin de titulación, que se centra en el trabajo en equipo multicultural y multidisciplinar, la resolución de problemas, la comunicación, la creatividad, el liderazgo, el espíritu empresarial, el razonamiento ético y el análisis contextual global. Los equipos tienen que producir varios entregables, incluyendo una wiki del proyecto, informe, vídeo, manual y folleto. La estructura del informe (proporcionada de antemano) incluye como secciones obligatorias, entre otras, la comercialización, la sostenibilidad y las inquietudes éticas relacionadas con el proyecto. Los capítulos de marketing, ética y deontología, así como eco-eficiencia y medidas de sostenibilidad se producen y refinan dentro de los módulos complementarios correspondientes (Malheiro et al. 2015; Duarte et al. 2015).
- ✓ La segunda de las experiencias es la realizada en la Linköping University (Suecia) por Palm y Törnqvist (2015), orientada a la integración de la **reflexión ética en un curso de proyectos** combinado con la realización de la tesis final de la titulación. Aunque se centra en los aspectos éticos, su enfoque conceptual y metodológico es muy interesante y adaptable al contexto en el que se desarrolla la segunda intervención docente de esta tesis.

---

<sup>4</sup> [europeanprojectsemester.eu/](http://europeanprojectsemester.eu/)

La ética se integra en el proyecto como uno más de los diversos e interdependientes componentes del mismo. El objetivo central es capacitar a los estudiantes en la realización de un **análisis ético sistemático** que debe llevarse a cabo desde una etapa temprana y de forma continua durante todo el proyecto. Esta reflexión ética debe influir en el nuevo servicio / sistema / tecnología promoviendo aspectos positivos de los mismos y evitando los negativos en la medida de lo posible.

Para ello, se aporta a los estudiantes una introducción a la teoría ética normativa y la responsabilidad profesional, y diferentes modelos de evaluación ética de la tecnología. Inicialmente, los estudiantes deben de identificar y enumerar las consecuencias involuntarias previstas y potenciales de su proyecto. Se enfatiza que los estudiantes prevean los riesgos, así como posibles usos y usos indebidos del servicio / sistema / tecnología, para que diseñen el proyecto de tal manera que se eviten dichos riesgos. También se les pide a los estudiantes que lleven a cabo un análisis de los grupos afectados por el proyecto y, para cada uno de los grupos identificados, esbocen las formas en que estas partes interesadas pueden verse afectadas por el servicio / sistema / artefacto que desarrollan. Además, en cada paso, se espera que analicen críticamente cuál es el diseño / conducta menos dañino y sugieran un producto mínimamente intrusivo.

Para que el proyecto en sí mismo sea **éticamente coherente**, se pide a los estudiantes que reflexionen sobre aspectos éticos del propio desarrollo del proyecto, tales como la responsabilidad, el respeto y la confianza, tanto en las relaciones internas del grupo como con clientes, usuarios u otros grupos de interés.

La **evaluación** de las competencias éticas, se realiza en base a un diario escrito por los equipos sobre el proceso y dos exámenes: un examen individual sobre conocimientos de teorías y conceptos de ética, y sistemas sociotécnicos, y un examen oral sobre un caso real sobre el que los estudiantes han de discutir en grupos. Se valora especialmente el que, además de la identificación de impactos sobre los distintos grupos de interés, se analicen las posibilidades de elegir un diseño que evite los problemas, y enfatice los impactos deseables y la aceptabilidad ética del proyecto en su conjunto (Palm y Törnqvist 2015).

- ✓ La tercera experiencia es la desarrollada por Shekar y Tunnicliffe (2017) en la Massey University (Nueva Zelanda) en colaboración con Engineers Without Borders (en adelante EWB) y su iniciativa de *Design Challenge*<sup>5</sup>. En el primer semestre de estudios de ingeniería tienen una asignatura denominada *Engineering Practice 1: Global Perspectives*, que está basada en el desarrollo de un proyecto en un **contexto de**

---

<sup>5</sup> [www.ewbchallenge.org](http://www.ewbchallenge.org)

**desarrollo humanitario.** Cada año se elige un contexto diferente facilitado por EWB, en el que los estudiantes tienen que diseñar soluciones a algún reto tecnológico para mejoras de habitabilidad, calidad de agua, gestión de residuos u otras necesidades de comunidades de Nepal, Vietnam, Camboya o Zambia. Se les pide que hagan un estudio detallado del contexto social y cultural, y se enfatizan los aspectos éticos y de sostenibilidad, tanto social como ambiental. El curso se desarrolla en cuatro fases:

- Revisión bibliográfica y análisis del contexto social y cultural.
- Generación de ideas y toma de decisiones.
- Valoración de la solución elegida.
- Presentación gráfica del prototipo y un informe escrito.

En la matriz de **evaluación** del informe final, cuatro de las facetas que se evalúan (sobre un total de 10) están relacionadas con las competencias RSSE:

- Costes, impactos y beneficios ambientales, sociales y económicos.
- Marco ético para valorar la solución elegida.
- Consideración de la incertidumbre y los riesgos en la valoración de la solución elegida.
- Consideración de aspectos de seguridad en la valoración de la solución elegida.

Se valora la calidad de la descripción dada en el informe así como la relevancia de esos aspectos en la solución elegida. Los resultados muestran que la experiencia ha sido efectiva para que los estudiantes desarrollen competencias éticas y sociales importantes para el ingeniero global (Shekar y Tunnicliffe 2017).

- ✓ La última experiencia es relativa a la **evaluación de las competencias transversales** desarrolladas en asignaturas basadas en proyectos. Entre ellas se incluyen algunas competencias RSSE, como la responsabilidad profesional, la consideración de los impactos sociales y ambientales, y aspectos éticos.

Lo específico del modelo desarrollado por Brennan y Hugo (2017) es que está basado en la **autopercepción de los estudiantes**. En su estudio, han validado un instrumento de autoevaluación de capacidades basado en las competencias de la agencia de acreditación canadiense (CEAB 2017) para titulaciones de grado en ingeniería y en el *CDIO Syllabus 2.0* (Crawley et al. 2011). La pregunta común para los 38 aspectos era “¿cómo de seguro te sientes respecto a esta capacidad?”, y los aspectos que se consideran útiles para los estudios de caso de esta tesis por su relación con las competencias RSSE se muestran en la tabla 4.5.

*Tabla 4.5. Aspectos para la evaluación de competencias transversales basada en la autopercepción de los estudiantes. Selección propia de los relativos a las competencias RSSE a partir del trabajo de Brennan y Hugo (2017)*

<b>8. Profesionalidad</b>
<p>Q9. Identificar los procesos en mi proyecto para garantizar la protección de las personas y el interés público.</p> <p>Q15. Identificar las políticas regulatorias relacionadas con mi proyecto.</p> <p>Q38. Identificar mis responsabilidades profesionales dentro de un gran proyecto de ingeniería.</p>
<b>9. Impacto de la ingeniería en la sociedad y el medio ambiente</b>
<p>Q4. Identificar las interacciones que tiene un proyecto de ingeniería con los aspectos económicos, sociales, de salud, seguridad, legales y culturales de la sociedad.</p> <p>Q27. Aplicar criterios técnicos, sociales y ambientales para elegir entre las alternativas de diseño.</p> <p>Q34. Incorporar consideraciones de sostenibilidad en la toma de decisiones del proyecto.</p>
<b>10. Ética y equidad</b>
<p>Q18. Admitir que he cometido un error.</p> <p>Q36. Identificar un dilema ético cuando aparece en un proyecto.</p> <p>Q37. Analizar las diversas posiciones sobre un tema y formular un juicio basado en la evidencia.</p>

Con esta sección finaliza la serie de tres capítulos en los que se han recogido los frutos de la revisión bibliográfica realizada para orientar los diversos estudios y la reflexión que se ha llevado a cabo en esta tesis. El capítulo siguiente presenta la metodología general y las metodologías específicas elegidas para desarrollar dichos estudios.





## **5. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

### **5.1. Introducción**

La metodología de investigación es un aspecto determinante del proceso de investigación en sí mismo, concibiendo éste como una combinación sistemática de experiencia y razonamiento para el descubrimiento y comprensión de la realidad (Cohen et al. 2011).

El carácter sistemático es esencial, pues sugiere que la investigación se basa en relaciones lógicas y no solamente en creencias, y se acude a la experiencia empírica para validar los resultados. Además, dichos resultados se han de someter al escrutinio público por parte de otros investigadores, de forma que puedan ser revisados y criticados, como forma de prevenir errores, dentro de lo posible (Cohen et al. 2011; Ghauri y Grønhaug, citados en Saunders et al. 2009; Stenhouse 1984).

Por ello, la metodología de investigación debe de explicar los métodos usados para obtener la información desde la realidad (recogida de datos), los métodos utilizados para interpretarlos y obtener resultados significativos, los medios para publicarlos y someterlos a revisión, así como las limitaciones asociados a ellos (Saunders et al. 2009).

La metodología de investigación no consiste en la mera relación de técnicas e instrumentos de análisis utilizados, sino que implica un conjunto coherente de elecciones a diferentes niveles de abstracción con el objetivo de obtener los resultados deseados garantizando su validez y fiabilidad (Huff 2008; Saunders et al. 2009).

Por otra parte, los fines de la investigación pueden ser múltiples, y la comprensión de la realidad se puede enfocar desde muy distintas perspectivas: descriptivas, explicativas, analíticas, críticas, teóricas, aplicadas, etc. (Ghauri y Grønhaug, citados en Saunders et al. 2009). Por ello, es esencial establecer un propósito claro que se debe concretar en unas determinadas preguntas y objetivos de investigación.

En este capítulo se explica el diseño metodológico seguido en esta tesis. En primer lugar, la sección 5.2 explicita los objetivos concretos de esta investigación, el alcance previsto y la pregunta que orienta la misma. La sección 5.3 explica el diseño de la estrategia general de la investigación realizada, y las siguientes secciones describen con detalle las metodologías y los instrumentos utilizados en cada uno de los diferentes estudios y fases de dicha investigación, tanto para la recogida de los datos como para su posterior análisis e interpretación.

### **5.2. Preguntas, objetivos y alcance de la investigación**

La investigación de esta tesis tiene una intención eminentemente práctica y transformadora, frente a otros posibles objetivos más orientados a generar o fundamentar teorías. Su objetivo final es contribuir a la mejora de la formación de los estudiantes de

ingenierías en competencias de responsabilidad social, sostenibilidad y ética profesional en el contexto universitario español. La investigación se ha diseñado de forma que los resultados de la misma puedan ser útiles y servir de apoyo para la gestión del cambio que permita lograr dicha mejora.

Se ha optado por una investigación de carácter exploratorio y descriptivo, considerando que tanto la formación universitaria basada en competencias como las competencias específicas objeto de estudio en esta tesis son campos de investigación en educación relativamente recientes y, por tanto, en proceso de desarrollo y maduración.

En concreto, la investigación pretende explorar cuál es la situación actual de la integración de las competencias RSSE en algunas titulaciones de ingeniería, con el fin de aportar una descripción de la misma y mejorar su comprensión. Se ha centrado en algunos de los aspectos que se han considerado más relevantes para la formación de los futuros profesionales de la ingeniería en competencias de responsabilidad social, sostenibilidad y ética profesional, en concreto:

- el **tratamiento holístico** de las competencias RSSE, abarcando sus distintas dimensiones y las interrelaciones entre ellas,
- una implantación **completa**, que incluya contenidos, metodologías y evaluación adecuadas,
- el **trabajo sistemático** a lo largo del plan de estudios o en asignaturas concretas,
- valorar su **efectividad**.

Esta exploración se plantea desde una triple perspectiva, para poder aportar respuestas más completas a una problemática que se ha visto que implica un alto grado de complejidad:

- una perspectiva “macro”, centrada en el estudio de los **planes de estudios** de titulaciones de ingeniería,
- una perspectiva “micro”, focalizada en la **práctica docente** en asignaturas obligatorias concretas,
- una perspectiva “meso”, relativa a las **acciones institucionales** y de organización necesarias para generar los cambios necesarios para mejorar la formación de los estudiantes.

Teniendo en cuenta esas distintas visiones, se quiere dar respuesta a la pregunta de investigación de esta tesis:

*Considerando el actual contexto académico español de las titulaciones de ingeniería, ¿cómo se pueden integrar las competencias RSSE en los planes de estudios de forma holística, completa, sistemática y efectiva?*

Se quiere responder dicha pregunta identificando referencias y modelos a seguir, oportunidades y palancas ya existentes, así como los retos que se vislumbran para orientar

futuros trabajos, investigaciones y estrategias de cambio. Estos resultados pretenden orientar y promover transformaciones tanto a nivel institucional como a nivel docente.

Se ha limitado el alcance de la investigación a dos ámbitos concretos, las ingenierías industriales y las ingenierías informáticas, con los que se tiene una relación académica más directa que permite una visión desde dentro que se considera útil para la investigación. No obstante, algunas de las aportaciones también pueden ser extrapolables a otros ámbitos de la formación en ingeniería y de la formación universitaria en general.

Para orientar el desarrollo de la investigación se establecieron los objetivos específicos ya mencionados en la introducción:

- ✓ OE1: describir cómo los actuales grados de ingenierías industriales e ingenierías informáticas están integrando en la docencia las competencias RSSE, atendiendo de forma especial si se hace de forma holística y sistemática a lo largo del plan de estudios, identificando buenas prácticas y modelos de referencia.
- ✓ OE2: analizar la efectividad de metodologías completas para desarrollar competencias RSSE en contextos docentes concretos.
- ✓ OE3: sintetizar los resultados y elaborar una serie de propuestas desde una triple perspectiva: planes de estudios, docente e institucional.

### **5.3. Estrategia general de la investigación**

Como regla general para diseñar una estrategia de investigación, Cohen et al. (2011) proponen el *fitness for purpose*, por lo que se han tenido muy presentes los objetivos establecidos a la hora de elegir qué tipo de investigación se ajusta mejor a los mismos.

En este sentido, el que los fines de esta investigación estén orientados a la práctica educativa, condiciona que se tengan que considerar los paradigmas y metodologías propias de la investigación educativa, que absorben a su vez determinadas corrientes de las ciencias sociales. Tomando como referencia a diversos autores se han seleccionado algunas de sus características más relevantes (Albert 2007; Cohen et al. 2011; Latorre et al., citado en Segalàs 2009; Nisbett, Popper, citados en Cohen 2011).

La realidad educativa, como realidad social, es muy diferente de los fenómenos físico-naturales. Los fenómenos sociales son dinámicos e interactivos, sujetos a aspectos e subjetivos y complejos como valores, creencias o ideologías. Esto requiere enfoques cualitativos en la investigación e introduce riesgos de subjetividad y vaguedad en los resultados.

La epistemología de los fenómenos educativos es diferente de la de las ciencias naturales, complicando el uso de las técnicas experimentales propias de éstas. En un contexto educativo, hay una mayor dificultad para controlar las variables, para conseguir repetir experiencias en las mismas condiciones, y para garantizar la precisión y exactitud de los

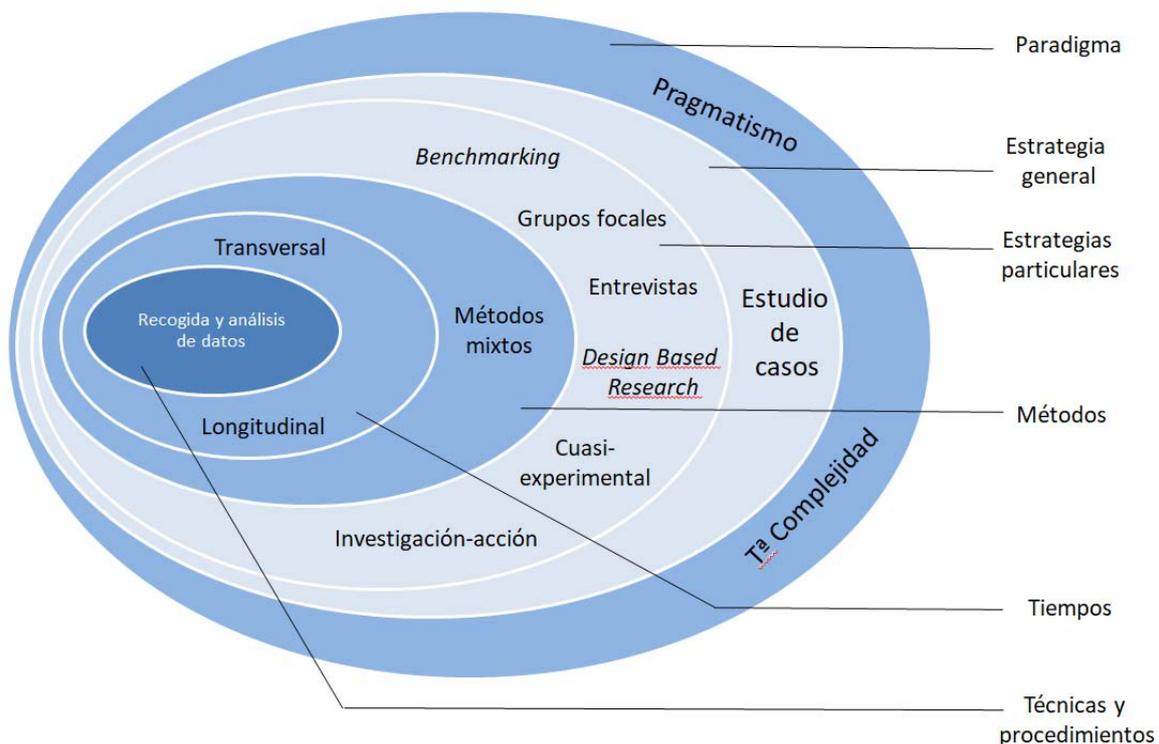
resultados. Por tanto, la generalización de éstos ha de ser mucho más cuidadosa, ya que hay una mayor variabilidad debida a las condiciones de contexto, tanto de espacio o de tiempo como de los propios participantes.

Por ello, en investigación educativa es común combinar distintas herramientas metodológicas, cuantitativas y cualitativas, experimentales y no experimentales, con el objetivo de estudiar la realidad desde distintas perspectivas.

Por último, la relación entre el investigador y el objeto de investigación suele ser diferente, ya que en muchas ocasiones el propio investigador es parte del fenómeno que se estudia. Por tanto, no se puede garantizar una total independencia u objetividad, y se ha de asumir una carga de subjetividad y no neutralidad en cuanto a valores, teorías o ideas.

Dentro de estas características generales, se han tenido que hacer determinadas elecciones para adecuar la investigación a sus objetivos. Para presentarlas de forma esquemática se ha elegido el modelo de la “cebolla de la investigación”, adaptado de Saunders et al. (2009) y representado en la figura 5.1.

Figura 5.1. Características generales de la investigación, adaptadas al modelo de la “cebolla de la investigación” (Saunders et al. 2009).



### 5.3.1. Paradigma de la investigación

Las capas externas de la “cebolla” son relativas al paradigma y al enfoque de la investigación. El modo en que se percibe la realidad que se quiere estudiar y sus referentes teóricos, condicionan la elección de estrategia de investigación, no solamente en lo que se hace sino

también en la interpretación de los resultados obtenidos (Johnson y Clark, citados en Saunders et al. 2006). Pero, por otra parte, también alumbran el camino para decidir qué tipo de metodologías se ajustan mejor a los objetivos.

Entre los paradigmas más opuestos, como son el positivista y el interpretativo – con opciones muy claras hacia la objetividad y la subjetividad, la generalización y la particularización, los métodos cuantitativos y los cualitativos, la neutralidad o no ante los valores –, se encuentran otras opciones que integran de diversas formas estos aspectos. La tabla 5.1 muestra una descripción de algunos de los que se ha considerado más relacionados con la temática y los objetivos de esta tesis.

Los paradigmas que se han considerado más adecuados para esta tesis son el *pragmatismo* y la *teoría de la complejidad*. El ámbito educativo, y en particular el universitario, es un contexto complejo que implica múltiples interacciones, necesita diversas perspectivas para ser interpretado y requiere análisis a diferentes niveles (micro, meso y macro) para alcanzar resultados que puedan orientar cambios efectivos en el marco actual. Por otra parte, aunque la investigación de esta tesis se orienta a la práctica en un determinado contexto, también se aspira a obtener resultados que puedan ser generalizables a otros entornos similares.

Además, la *teoría de la complejidad* está en sintonía con la propia temática de las competencias estudiadas, en especial con aspectos fundamentales de la sostenibilidad y la responsabilidad social.

Por último, se asume que los valores juegan un papel importante en esta investigación. En primer lugar, porque son algo esencial en las materias y competencias que son objeto de estudio: la ética, la responsabilidad social y el desarrollo sostenible. Esto es relevante en el contexto de la formación en ingeniería, donde la mayoría de las competencias a desarrollar son del ámbito científico-técnico, más cercanas a un paradigma positivista que las considera objetivas y neutrales. Pero además, la elección de este tema de tesis y la orientación del trabajo docente del autor de la tesis, también es reflejo de un compromiso con determinados valores.

Ambos paradigmas promueven la elección de métodos mixtos, tanto cuantitativos como cualitativos, adaptándolos a las necesidades de la investigación. Los métodos mixtos permiten cuantificar los datos cualitativos, convirtiéndolos en valores numéricos que admiten análisis estadísticos, y permiten cualificar los datos cuantitativos aportándoles una narrativa para ser analizados. En esta tesis, se han utilizado ambas opciones en función de los objetivos de los diferentes estudios realizados.

Esta opción, compensa las limitaciones que puede tener el uso exclusivo de un solo tipo de datos, refuerza la validez y fiabilidad de los resultados (contrarrestando el “efecto método”), y es especialmente adecuada para incorporar la complejidad y dinamismo del objeto de nuestro estudio, aumentando las opciones de alcanzar resultados no previstos (Cohen et al. 2011; Saunders et al. 2009).

Tabla 5.1. Síntesis de diferentes paradigmas de investigación social y educativa. Elaboración propia basada en Cohen et al. (2011) y Saunders et al. (2009).

	<b>Ontología</b>	<b>Epistemología</b>	<b>Enfoques de investigación</b>
<b>Positivismo</b>	La realidad es algo ordenado y objetivo, independiente de los actores sociales. Puede explicarse mediante conceptos y reglas.	Proviene exclusivamente de fenómenos observables y medibles por métodos rigurosos. Causalidad lineal. Generalización.	Estudia sociedad y sistema social (meso y macro escala). Muy estructurada. Experimental con muestras grandes. Métodos cuantitativos. Investigador independiente. Neutral.
<b>Interpretativo</b>	La realidad es subjetiva, es una construcción social. Es múltiple y cambiante.	Interpretación subjetiva de los fenómenos y las acciones sociales. Causalidad múltiple. Enfocado a comprender el contexto investigado.	Estudia individuo (micro escala). Investigación en profundidad. Métodos cualitativos. El investigador es parte de lo investigado, subjetividad. Los valores están presentes en la interpretación de resultados.
<b>Pragmatismo</b>	La realidad es objetiva y subjetiva, se adapta para responder a la pregunta de investigación. Es relativa en función del contexto espacio y tiempo.	Tanto los fenómenos observables como la interpretación subjetiva son aceptables, adaptándose a los fines de la investigación. Integra múltiples perspectivas. Enfocado a la aplicación práctica.	Adaptada a los objetivos de investigación. Métodos mixtos y diversos. El investigador aporta objetividad y subjetividad. Los valores están presentes en la interpretación de resultados.
<b>Teoría de la complejidad</b>	La realidad es objetiva. Individuos y sus entornos interactúan constante y dinámicamente para producir nuevos y emergentes sistemas y comportamientos.	Requiere múltiples perspectivas. Causalidad multidireccional. Causa y efecto son entidades que se conforman e influyen mutuamente. Busca generalizar y aplicar.	Estudio holístico: grupos, sistemas e individuos en ellos (niveles micro y macro, que se informan mutuamente). Métodos mixtos y diversos. Explicar y observar iterativamente. La relación entre el investigador y lo investigado es dinámica y autoorganizada (simbiosis entre investigación interna y externa). No es ajena a los valores.
<b>Teoría crítica</b>	La realidad es subjetiva. Es una construcción social influenciada por creencias, valores, ideologías políticas e intereses.	El conocimiento está influenciado por la comunidad y sus grupos, que definen lo que es aceptable. Orientado a la transformación y emancipación social.	Estudia sociedad, grupos e individuos, a pequeña escala. Métodos mixtos, con importancia del diálogo cualitativo. El investigador y la comunidad colaboran y deciden sus roles en igualdad, así como los métodos. Los valores están presentes en la interpretación de resultados.

### 5.3.2. Diseño general del estudio de casos

La estrategia general elegida para desarrollar el trabajo de investigación de esta tesis es el estudio de casos. Esta metodología es adecuada cuando la comprensión de una determinada situación real está muy condicionada por las características del contexto, tanto estructural como temporal, y se tiene muy poco control sobre la misma. Es especialmente apropiada para responder a preguntas de investigación del tipo “cómo” o “por qué”. Además, ofrece una cierta flexibilidad en la selección y análisis de datos que favorece la emergencia de nuevas ideas a lo largo del proceso de investigación, lo cual es especialmente deseable en áreas de investigación novedosas y en desarrollo (Eisenhardt y Graebner 2007; Yin 2008).

En esta investigación, se ha elegido un diseño de estudio de caso múltiple, cuyo esquema general se muestra en la figura 5.2. Se han planteado tres estudios, desarrollados en paralelo, que analizan la práctica docente desde distintas perspectivas siguiendo metodologías de investigación diferentes.

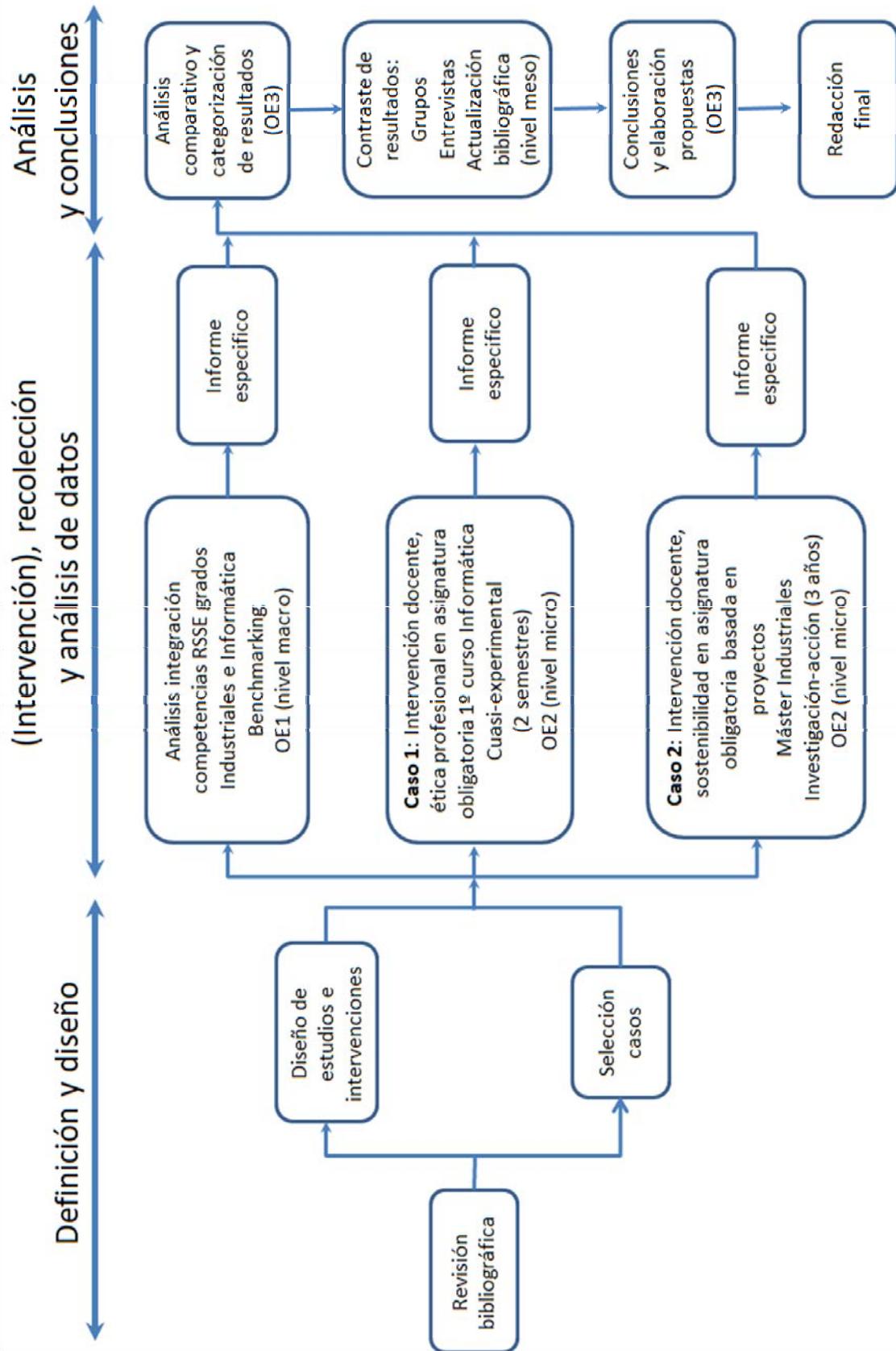
Desde la **perspectiva de los planes de estudios** (macro), se ha realizado una investigación exploratoria sobre cómo se están integrando las competencias RSSE en los planes de estudios de titulaciones relacionadas con ingeniería informática e industrial en España. Se han elegido estos dos ámbitos por ser en los que está implicado el autor de esta tesis, como docente y como estudiante de programa de doctorado. Además, forman parte del contexto en el que se desarrollan los otros estudios y el objetivo es poder complementar los resultados entre ellos.

Para realizar este estudio, se han tomado como referencia técnicas de **benchmarking**. Se ha buscado profundizar lo más posible en el modo en el que se concreta el trabajo de las competencias RSSE en las asignaturas, atendiendo especialmente si se hace de forma holística y sistemática a lo largo del currículo, e identificando referencias y modelos a seguir. Esta metodología se explica con más detalle en la sección 5.4.

Desde la **perspectiva docente** (micro), se han realizado dos estudios de caso sobre intervenciones docentes orientadas al desarrollo de competencias RSSE en contextos diferentes, en las que ha participado de forma activa el autor de la tesis. En ambos casos, las experiencias se integraron en el desarrollo habitual de asignaturas obligatorias, con la participación de todo el alumnado de las mismas, alineadas con sus objetivos, resultados de aprendizaje y la evaluación de la propia asignatura.

Aunque se ha seguido un marco metodológico común, basado en el **Design-Based Research** (Cohen et al. 2011; Design-Based Research Collective 2003), las metodologías elegidas para la intervención específica han sido diferentes.

Figura 5.2. Esquema de la metodología general basada en el estudio de caso múltiple.



La primera de las intervenciones docentes se llevó a cabo con estudiantes de grado de ingenierías informáticas, en el marco de una asignatura obligatoria de primer curso relacionada con los aspectos legales, profesionales, éticos y sociales de la informática. La intervención se enfocó en el desarrollo de competencias de ética profesional, y para su análisis se ha seguido una metodología **cuasi-experimental** en dos semestres diferentes.

La segunda intervención se desarrolló en asignaturas obligatorias del máster habilitante de ingeniería industrial, en un contexto de aprendizaje basado en proyectos. En este caso, se orientó al desarrollo de competencias de sostenibilidad, y para su análisis se ha seguido una metodología de **investigación-acción** a lo largo de tres cursos consecutivos.

La elección de distintas metodologías para las dos intervenciones docentes, se justifica por las circunstancias particulares de los respectivos contextos docentes en donde se han desarrollado y la viabilidad de poder secuenciar en el tiempo ambas intervenciones. Se optó por un estudio más extendido en el tiempo en la segunda intervención (tres cursos) pues se enmarcaba en una experiencia de innovación más amplia, impulsada desde la dirección del centro y había un compromiso institucional para hacer el seguimiento de los resultados, lo que facilitaba los procedimientos de recogida y análisis de datos, beneficiándose ambas partes. Además, se contaba con un grupo amplio de profesorado implicado en dicha experiencia y motivado en apoyar este tipo de investigaciones.

Hubiera sido deseable haber realizado también un estudio longitudinal en la primera intervención, pero la situación de cambio de planes de estudios al comienzo del curso 2014-15 implicaba mantener ambos simultáneamente, con diferentes planes y programas, y una carga de trabajo para el profesorado que en esa coyuntura temporal lo hacía inviable.

La sección 5.5 presenta las características metodológicas comunes de ambas intervenciones, y en las secciones 5.6 y 5.7 se explican los detalles específicos de los diseños metodológicos de cada uno de los estudios.

A partir de los resultados, análisis y conclusiones de los estudios realizados, se realizó un proceso de reflexión y síntesis de dichas conclusiones, de forma que se pudiera aportar respuestas a la pregunta de investigación. Para validar y completar estas conclusiones, el autor también se ha apoyado en la realización de entrevistas semiestructuradas a expertos y los resultados de diversos grupos de discusión que ha promovido o en los que ha participado. En esta fase también se ha profundizado en recoger información relevante para identificar los aspectos clave relativos a las acciones institucionales y de organización que pueden contribuir más eficazmente a la integración de las competencias RSSE en la formación universitaria.

Finalmente, tras este último proceso, se han elaborado las conclusiones finales y se proponen respuestas a la pregunta de investigación desde distintas perspectivas: estructura de los planes de estudios, la práctica docente y el apoyo institucional y organizativo.

#### **5.4. Diseño metodológico para el análisis de la integración de las competencias de sostenibilidad, responsabilidad social y ética profesional en titulaciones de ingenierías informáticas e industriales.**

El objetivo del primer estudio es cubrir el primer objetivo específico de la tesis (OE1): Describir cómo los actuales grados de ingenierías industriales e ingenierías informáticas están integrando en la docencia las competencias RSSE, atendiendo de forma especial si se hace de forma holística y sistemática a lo largo del plan de estudios, identificando buenas prácticas y modelos de referencia.

Para diseñar la metodología para alcanzarlo se ha adaptado la metodología de *benchmarking*, utilizada en el análisis competitivo de empresas y organizaciones.

El *benchmarking* es un conjunto de procesos y técnicas para el estudio de organizaciones similares con el fin de conocer cómo desarrollan su actividad, identificar las mejores prácticas organizativas y adaptar esos métodos para usarlos en la propia organización. Puede considerarse un ejemplo de aprendizaje de los demás, muy útil para evitar “reinventar la rueda”. Además, es adecuado en áreas de conocimiento que aún no han alcanzado un nivel de madurez que permita la introducción sistemática y adecuada de conceptos métricos comúnmente reconocidos (Bravo et al. 2013).

En esta tesis, las organizaciones serían las universidades y los centros en los que se imparten grados de ingenierías industriales e informáticas, y la actividad objeto de estudio la integración de las competencias RSSE.

Esta metodología se ha considerado adecuada para alcanzar el OE1 y responder a la pregunta de investigación de la tesis desde una perspectiva “macro”, pues es adecuada para evaluar una situación actual de forma que se puedan identificar las posibilidades de mejora y facilitarlas, disminuyendo la resistencia al cambio. Además, también es útil para aclarar objetivos y metas, establecer nuevos contactos e identificar líneas de investigación futura.

Se ha optado por una tipología de *benchmarking* externo, comparando entre el comportamiento de diferentes universidades que imparten grados similares, frente a otra posible opción de analizar el comportamiento de la propia universidad en sus diferentes titulaciones (*benchmarking* interno). Cada una de las opciones tenía sus ventajas, pero se optó por la primera en coherencia con el alcance elegido para esta tesis, que se ha centrado en el análisis de dos titulaciones solamente. Esto permitirá determinar factores específicos para cada una de ellas y otros que podrían considerarse más generalizables.

Además, se ha adoptado un enfoque operacional, centrándose en algunos aspectos que se han considerado críticos. En este caso, que la integración de las competencias RSSE se haga de forma holística y sistemática.

En general, un proceso completo de *benchmarking* consta de las siguientes fases:

- (1) Planificación: identificación de objetivos, selección de elementos y organizaciones a estudiar, selección de datos a recoger y métodos de recolección.
- (2) Investigación: recogida de datos.
- (3) Análisis: interpretación y análisis de datos, recomendaciones de mejora, proyección de futuro rendimiento.
- (4) Adaptación del sistema para introducir mejoras.
- (5) Implementación de mejoras.

Por el alcance de esta tesis, el estudio concluye en la fase de análisis y la elaboración de recomendaciones de mejora. A continuación, se explica con detalle el diseño concreto para aplicar esta metodología.

#### **5.4.1. Planificación**

Ya se ha comentado anteriormente que el objetivo general de este estudio es el OE1 de esta tesis. Sin embargo, para planificar adecuadamente esta investigación, se determinaron otros **objetivos específicos** de esta investigación:

- ✓ Describir cómo incluyen las universidades las competencias RSSE a nivel estratégico (misión, visión, valores).
- ✓ Describir qué competencias RSSE se incluyen entre las competencias de las titulaciones de grado de ingenierías informáticas e ingenierías industriales.
- ✓ Describir cómo se concreta el trabajo de las competencias RSSE en las asignaturas del plan de estudios, atendiendo de forma especial si se hace de forma holística y sistemática a lo largo del plan de estudios.
- ✓ Identificar y analizar experiencias relevantes que sirvan de referencia en el desarrollo de estas competencias en los grados de ingeniería.
- ✓ Identificar y analizar diferencias y similitudes entre los resultados de las distintas ingenierías.

El estudio se ha realizado de forma exhaustiva en las universidades de la Comunidad de Madrid. Se ha optado por no realizarlo para todas las universidades españolas para acotar la dimensión del estudio y hacerlo viable con los recursos disponibles<sup>1</sup>. No obstante, para completarlo, se han seleccionado otras universidades que pudieran contribuir a los objetivos del estudio. Se incluyeron las universidades politécnicas, por ser especialistas y referentes en el ámbito de la ingeniería. Además, se estudiaron también otras universidades de las que se tenían referencias de su implicación en el ámbito de la sostenibilidad y la responsabilidad

---

<sup>1</sup> Se contó con el apoyo parcial de sendos proyectos de innovación educativa: “Metodologías de formación y evaluación en competencias transversales de responsabilidad social y ambiental de la Ingeniería Informática” y “Proyectos Educativos para el Impulso de la Adquisición y Evaluación de Competencias Transversales”, ambos de la Convocatoria PIE-UPM 2014.

social, tanto públicas como privadas<sup>2</sup>. En total, se añadieron 14 universidades más. El anexo 1.1 recoge la relación de universidades y titulaciones analizadas.

Como tanto en el ámbito industrial como en el informático hay gran diversidad de titulaciones de grado<sup>3</sup>, se ha considerado un plan de estudios por universidad, ya que el núcleo de las distintas titulaciones era bastante similar. Como excepciones, se tienen los casos de la UPM y la UPC, en donde había distintos centros con planes de estudios significativamente diferentes. Así, en el estudio se han analizado un total de 27 titulaciones de ingenierías informáticas (en adelante Informática) y 28 titulaciones de ingenierías industriales (en adelante Industriales).

En cuanto a la selección de los aspectos a estudiar para aportar la descripción de cómo se concreta el trabajo de las competencias RSSE en la formación en ingenierías, se ha optado por elegir un número reducido de los mismos, que fueran significativos y que pudieran ser identificados en las fuentes de información disponibles.

Para la descripción de las estrategias generales de las universidades, se eligieron 6 categorías: aspectos éticos y de responsabilidad profesional, sociales, ambientales, desarrollo sostenible (en general), pensamiento crítico y visión global. Estas categorías, recogen las dimensiones de la sostenibilidad y competencias transversales que se han visto importantes en dicho ámbito.

Sin embargo, para la descripción de la integración de las competencias RSSE en el plan de estudios se ha elegido otra categorización. En un principio, se consideraron como referencia las competencias recomendadas en diversos documentos oficiales, bien generales para la ordenación de las enseñanzas universitarias, bien específicos para cada una de las ingenierías. A partir de ellas y de un estudio preliminar con un número reducido de titulaciones, se optó por seleccionar cuatro aspectos:

- ✓ éticos y de responsabilidad profesional,
- ✓ sociales,
- ✓ ambientales,
- ✓ legales y normativos.

En adelante, se denominarán **aspectos RSSE**. Para estudiar la integración de las competencias RSSE en los planes de estudios se identificaron las competencias, definidas en las titulaciones y en las asignaturas, que incluyen dichos aspectos. A modo de ejemplo, el

---

<sup>2</sup> En particular, su participación en la *Higher Education Sustainability Initiative*: <https://sustainabledevelopment.un.org/sdinaction/hesi>

<sup>3</sup> En el ámbito de las ingenierías industrial: ingeniería en tecnologías industriales, ingeniería mecánica, ingeniería en electrónica industrial y automática, ingeniería química, etc.  
En el ámbito de las ingenierías informáticas: ingeniería del software, ingeniería de computadores, sistemas de información, ingeniería en computación y sistemas inteligentes, etc.

cuadro 5.1 refleja las identificaciones realizadas a partir de las competencias recomendadas en las directrices oficiales.

*Cuadro 5.1. Competencias recomendadas en las directrices oficiales para los grados adaptados al Espacio Europeo de Educación Superior, y su relación con los aspectos RSEE que se han considerado en este estudio.*

COMPETENCIAS RSEE (BOE)	ASPECTOS RSEE			
	Éticos	Ambien- tales	Sociales	Legales
Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole <b>social</b> , científica o <b>ética</b> . <sup>4</sup>	X		X	
Capacidad de analizar y valorar el <b>impacto social y medioambiental</b> de las soluciones técnicas. <sup>5</sup>		X	X	
Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la <b>legislación</b> necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial. <sup>5</sup>				X
Conocimientos básicos y aplicación de tecnologías <b>medioambientales y sostenibilidad</b> . <sup>5</sup>		X		
Capacidad de analizar y valorar el <b>impacto social y medioambiental</b> de las soluciones técnicas comprendiendo la <b>responsabilidad ética y profesional</b> de la actividad del Ingeniero Técnico en Informática. <sup>6</sup>	X	X	X	
Capacidad para diseñar, desarrollar, seleccionar y evaluar aplicaciones y sistemas informáticos, asegurando su fiabilidad, <b>seguridad</b> y calidad, conforme a principios <b>éticos</b> y a la <b>legislación y normativa</b> vigente. <sup>6</sup>	X		X	X
Capacidad para diseñar y evaluar interfaces persona computador que garanticen la <b>accesibilidad y usabilidad</b> a los sistemas, servicios y aplicaciones informáticas. <sup>6</sup>			X	
Capacidad para diseñar soluciones apropiadas en uno o más dominios de aplicación utilizando métodos de la ingeniería del software que integren aspectos <b>éticos, sociales, legales y económicos</b> . <sup>6</sup>	X		X	X

<sup>4</sup> Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales. BOE-A-2007-18770.

<sup>5</sup> Orden CIN/351/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial. BOE-A-2009-2893.

<sup>6</sup> Resolución de 8 de junio de 2009, de la Secretaría General de Universidades, por la que se da publicidad al Acuerdo del Consejo de Universidades, por el que se establecen recomendaciones para la propuesta por las universidades de memorias de solicitud de títulos oficiales en los ámbitos de la Ingeniería Informática, Ingeniería Técnica Informática e Ingeniería Química. BOE-A-2009-12977.

En esta elección se ha optado por descartar la inclusión de la dimensión económica de la sostenibilidad, el razonamiento crítico, el pensamiento sistémico o el trabajo multidisciplinar, que son aspectos relevantes en el desarrollo de las competencias RSSE.

La presencia de los aspectos económicos es evidente en el currículo de todas las ingenierías, aunque no tanto lo relacionado con la economía inclusiva, la pobreza, la desigualdad o el empleo, que serían los aspectos más significativos en el estudio a desarrollar. Cuando aparecen, se ha optado por considerarlos como aspectos sociales. También hay presencia de competencias de razonamiento crítico, pero están relacionadas fundamentalmente con aspectos técnicos. La dificultad de distinguir esos matices con la información aportada por las guías docentes ha sido el motivo de no considerar estos otros aspectos de forma específica, aunque cuando aparecen se recogen como aspectos cualitativos relevantes.

#### 5.4.2. Recogida de datos

Para la recogida de datos, para cada universidad y cada titulación, se han revisado sus **páginas web** analizando la presencia de los aspectos RSSE en distintos niveles:

- ✓ en las estrategias generales de las universidades
- ✓ en las competencias y objetivos del grado,
- ✓ en las **guías docentes** de las asignaturas:
  - qué aspectos RSSE están incluidos en las competencias de la asignatura,
  - qué aspectos RSSE, y cuántos, se incluyen en el temario de la asignatura,
  - aspectos metodológicos que se consideren de interés para el desarrollo de las competencias RSSE,
  - métodos de evaluación específicos de las competencias RSSE.

Para la recogida de datos se contó con el apoyo parcial de estudiantes becados con cargo a dos proyectos de innovación educativa, mencionados anteriormente.

Además, para facilitar la comparación y la identificación de experiencias y modelos relevantes, se definieron diferentes categorías de asignaturas, de forma que se tuviera información sobre los contextos en donde se trabajan las competencias RSSE, y se pudiera hacer un análisis más detallado. Las categorías son las siguientes:

*Asignaturas técnicas relacionadas con las dimensiones de la sostenibilidad.*

##### ✓ *Ambiental (AMB)*

Asignaturas directamente relacionadas con la dimensión ambiental de la sostenibilidad, orientadas a aportar conocimientos básicos y aplicación de tecnologías medioambientales y sostenibilidad, competencia que deben adquirir los estudiantes de grados de la rama industrial. Algunos ejemplos son “Ingeniería ambiental”, “Tecnología ambiental”, “Medioambiente y sostenibilidad”, “Gestión ambiental”.

✓ *Seguridad (SEG)*

Asignaturas técnicas relacionadas con aspectos de seguridad, como materia con un impacto social relevante dentro de ambas ingenierías, aunque con distintos matices en cada una de ellas. En Industriales se centran fundamentalmente en la prevención de riesgos laborales, seguridad e higiene industrial; por ejemplo: “Calidad y seguridad industrial”, “Prevención de riesgos laborales”, “Gestión, seguridad, higiene, ergonomía”. En Informática, el ámbito de la seguridad está ligado a la protección de datos y de los sistemas de información y comunicaciones, con claras implicaciones sociales, legales o éticas en temas como privacidad o propiedad intelectual; algunos ejemplos son: “Seguridad en redes y criptografía”, “Seguridad informática y protección de datos”, “Sistemas de gestión de seguridad de sistemas de información”.

✓ *Economía y Empresa (ECON)*

Asignaturas relacionadas directamente con la competencia de formación básica “*Conocimiento adecuado del concepto de empresa, marco institucional y jurídico de la empresa. Organización y gestión de empresas*”, que está incluida en las recomendaciones oficiales de ambos ámbitos, tanto en Industriales Informática. Algunos ejemplos son: “Fundamentos de economía y empresa”, “Fundamentos de gestión empresarial”, “Modelos de gestión”, “Organización de empresas tecnológicas”.

*Asignaturas de temáticas humanísticas, “no técnicas”.*

✓ *Humanidades (HUM)*

Asignaturas no técnicas relativas a distintos ámbitos de las humanidades o ciencias sociales. Hay una gran variedad temática, que se podría agrupar en asignaturas centradas en la ética profesional (“Ejercicio y deontología profesional”, “Ética cívica y profesional”), en el ámbito de tecnología y sociedad (“Ingeniería, industria y sociedad”, “Sociología de la profesión del ingeniero”), aspectos legales (“Auditoría y legislación informática”, “Derecho Informático”) o humanidades e historia (“Humanidades y ciencias sociales”, “Historia de la ingeniería industrial”). En Informática, muchas asignaturas combinan en su título varios de los ámbitos anteriores (“Ética, legislación y profesión”, “Aspectos sociales, legales, éticos y profesionales de la informática”).

*Asignaturas relacionadas con competencias de aplicación e integración de conocimientos en proyectos profesionales.*

✓ *Proyectos (PROY)*

Se incluyen aquí las asignaturas directamente relacionadas con el desarrollo de capacidades para concebir, redactar, organizar, planificar, desarrollar y gestionar proyectos en el ámbito de la ingeniería. Algunos ejemplos de asignaturas de esta

categoría son “Proyectos”, “Proyectos de ingeniería”, “Oficina técnica”, “Gestión de proyectos”, “Planificación y gestión de proyectos”.

✓ *Trabajo Fin de Grado (TFG)*

Todas las titulaciones estudiadas incluyen en su plan de estudios la realización obligatoria de un Trabajo Fin de Grado (en adelante TFG). Es la actividad académica en la que los estudiantes han de demostrar que han adquirido las competencias necesarias para su actividad profesional y entre ellas deberían estar las competencias RSSE.

*Otras asignaturas que trabajan competencias RSSE.*

✓ *Mixtas (MIX)*

Se incluyen aquí asignaturas que abordan conjuntamente algunos de los aspectos que determinan las categorías anteriores. En los grados de Industriales hay asignaturas que en sus objetivos combinan aspectos ambientales y aspectos sociales o seguridad, como “Calidad, seguridad y medioambiente” o “Gestión de la calidad, prevención y sostenibilidad”. En los grados de Informática la combinación se da entre aspectos económicos y humanísticos, como “Economía, ética y sociedad” o “Responsabilidad social corporativa y deontología profesional”.

✓ *Otras (OTRAS)*

Se incluyen aquí asignaturas técnicas que incluyen en su guía docente alguna competencia RSSE. Algunos ejemplos son “Instalaciones mecánicas”, “Ingeniería energética”, “Robótica” o “Administración de sistemas operativos”.

La recogida de datos se hizo de forma secuencial, en tres fases, lo que permitió ir mejorando el proceso y adecuándolo a los objetivos del estudio. En una primera fase piloto, se recogieron datos de 3 universidades y se estudió la posibilidad de ampliar el estudio a algunas universidades extranjeras, opción que se desechó por la falta de homogeneidad en las fuentes de información. A partir de ella, se refinaron los aspectos RSSE a estudiar, las categorías de asignaturas y la selección del tipo de datos que se consideraron más relevantes.

En una segunda fase se recogieron los datos de los grados de ingenierías industriales, se analizaron y se presentaron los resultados en seminarios y simposios académicos (Miñano 2016a, 2016b). Esto permitió completar el análisis e incorporar mejoras en el estudio de las titulaciones de las ingenierías informáticas. Estos últimos resultados, también se presentaron en seminarios y jornadas académicas (Miñano 2017a, 2017b), lo cual ha contribuido a mejorar las reflexiones y conclusiones de esta tesis. La figura 5.3 muestra las variables que se han considerado más relevantes para el análisis y los datos que se han recogido, así como algunos ejemplos que pueden aclarar su significado.

Figura 5.3. Esquema de los datos más relevantes que se han recogido y ejemplos para algunas asignaturas.

Univ. URL	Grado	Asignatura	Car. Carácter	Categoría	ASPECTOS RSSE				Iniciativas de interés		
					Ética	Aspectos ambientales	Aspectos Sociales	Legislación Normativas	Temario	Metodología	Evaluación
Pública Privada CAM No CAM	INF IND	Tecnología del medioambiente	OB	AMB: Ambientales	0	0: Nada	0	0	Temario		
			OP	SEG: Seguridad ECON: Economía HUM: Humanidades MIXTAS OTRAS PROY: Proyectos TFG	C	C: Solo Competencias	C	C			
UPV Pública No CAM	IND	Practical cases in strategic management and entrepreneurship	OP	ECON	C	C	C	0	Temario	Metodología	Evaluación
			OB	HUM	C	C	C	C			
UPC-FIB Pública No CAM	INF	Ética, Legislación y Profesión	OB	OTRAS	T	0	C+T	0	Temario	Metodología	Evaluación
			OB	OTRAS	T	0	C+T	0			

Univ.	Grado	Asignatura	Car.	Cat.	ASPECTOS RSSE			Iniciativas de interés			
					Ética	Amb.	Soc.	Leg.	Temario	Metodología	Evaluación
UPV Pública No CAM	IND	Tecnología del medioambiente	OB	AMB	0	C+T	T	C+T	TEMARIO: 1.- Sostenibilidad. Causas y orígenes de la insostenibilidad. Desarrollo sostenible. 2.- Sostenibilidad e industria. Ecoeficiencia. Eco-diseño. Producción más limpia. METODOLOGÍA: a) Exposición de conceptos, que debe conducir a reflexiones compartidas y a la visión de un planeta con limitaciones en reposición de recursos. b) Exposición de casos y discusión compartida para estimular en los alumnos criterios de competitividad responsable y progreso sociales. c) Presentación y defensa de trabajos		
UPV Pública No CAM	IND	Practical cases in strategic management and entrepreneurship	OP	ECON	C+T	C	C	0	METODOLOGÍA: All students (in groups of up to 3) will develop a real proposal of business plan in which to apply the contents of the subject, with special consideration to ethical aspect and responsibility of their own business idea EVALUACIÓN: This business plan will be assessed by an oral presentation by the end of the course (30%), along with an essay (30%)		
UCM Pública CAM	INF	Ética, Legislación y Profesión	OB	HUM	C+T	C	C+T	C+T	METODOLOGÍA: Casos de estudio, trabajos colectivos e individuales, presentaciones, participación en Wikis, conferencias. EVALUACIÓN: 35% examen, 65% participación y evaluación de las actividades realizadas		
UPC-FIB Pública No CAM	INF	Administración de Sistemas Operativos	OB	OTRAS	T	0	C+T	0	TEMARIO: 1.5. Código ético del administrador 11.4. Seguridad y usabilidad		

También se recogieron otros datos sobre el curso en que se imparte, créditos, departamento, competencias concretas que incluyen en la guía docente o el enlace a la propia guía, pero su aportación al análisis ha sido menor.

### **5.4.3. Interpretación y análisis de datos**

A partir de los datos anteriores, se han definido distintas variables que permitirán realizar una interpretación y un análisis de dichos datos orientada a los objetivos de este estudio de caso. Dichas variables se han definido para cada tipo de titulaciones, obteniéndose resultados para los grados de Industriales y de Informática de forma que se puedan identificar diferencias y similitudes entre ambos ámbitos. También se distinguen los resultados relativos a las universidades de la Comunidad de Madrid, en donde el estudio ha sido exhaustivo, y los resultados conjuntos de todas las universidades estudiadas.

Para describir la presencia de las competencias RSSE en las estrategias de las universidades y la definición de los planes de estudios, se han utilizado las siguientes variables:

- número de universidades que mencionan cada tipo de aspecto RSSE en su estrategia (misión, visión, valores, estatutos, etc.),
- número de titulaciones que incluyen cada tipo de aspectos RSSE entre sus competencias.

Para describir cómo se concreta el trabajo de las competencias RSSE en las asignaturas del plan de estudios, atendiendo de forma especial si se hace de forma holística, se analizarán los resultados obtenidos en las siguientes variables:

- número de aspectos RSSE que una titulación incluye en el temario de asignaturas obligatorias,
- número de titulaciones que incluyen cada aspecto RSSE en los temarios de sus asignaturas obligatorias,
- número de titulaciones que incluyen cada aspecto RSSE en los temarios de sus asignaturas optativas.

Para analizar si se hace de forma sistemática, se trabajará con las siguientes variables:

- número de asignaturas obligatorias que incluyen aspectos RSSE en temario,
- número de aspectos RSSE que se trabajan en 2 o más asignaturas a lo largo del plan de estudios,
- número de titulaciones que incluyen aspectos RSSE en cada categoría de asignaturas.

Por último, para realizar un análisis más detallado y cualitativo, se interpretarán los datos recogidos de forma separada para cada categoría. Esto permite tener una visión más detallada de cómo se están trabajando las competencias RSSE y sus distintos aspectos. En general, para cada categoría se ha estudiado:

- número de titulaciones que tienen asignaturas (obligatorias u optativas) de dicha categoría,
- si las asignaturas incluyen aspectos RSSE entre sus competencias y/o su temario,
- número de asignaturas que trabajan cada tipo de aspectos RSSE,
- número de aspectos RSSE que se trabajan de forma conjunta en una asignatura.

Además, para la identificación de buenas prácticas, se ha recogido información cualitativa acerca de aspectos metodológicos de interés y los casos de asignaturas que, globalmente, trabajen de forma relevante las competencias RSSE. También se ha realizado un análisis por titulaciones, identificando aquéllas en las que se puede considerar que se da una integración sistemática y holística de las RSSE a partir de los datos recogidos.

#### **5.4.4. Limitaciones**

En general, la metodología de *benchmarking* tiene algunas limitaciones intrínsecas. Una de ellas es que el análisis realizado aporta información de un momento determinado, cuando el funcionamiento de las organizaciones es algo dinámico y cambiante. Además, sus resultados no suelen ser generalizables a todas las organizaciones, ya que la selección de las mismas no siempre se hace con criterios de aleatoriedad o exhaustividad, sino con el fin de buscar las mejores prácticas en el sector. Otra limitación viene dada por las posibles dificultades de acceso a la información deseada en las diferentes organizaciones.

En concreto, en este estudio, la fuente principal de información han sido las guías docentes de las asignaturas, que aportan una información que no siempre se corresponde con el trabajo real para el desarrollo de competencias. En particular, no es fácil que se recojan matices como el fomento de la reflexión o el razonamiento crítico, el enfoque de la dimensión económica de la sostenibilidad, el trabajo holístico de los temas, actividades específicas, etc. Además, al realizar el análisis y volver a contrastar la información, ha habido casos en donde ésta era diferente, debido al carácter dinámico de la labor docente.

De todas formas, hay que valorar la homogeneización de la información que ha traído consigo el EEES pues facilita el análisis comparativo, que hubiera sido más complicado realizar con universidades no españolas.

La descripción aportada por este estudio es representativa en lo relativo a las universidades de la Comunidad de Madrid, en donde el estudio ha sido exhaustivo en todas ellas, y del periodo de tiempo en el que se ha realizado el estudio (cursos 14-15 y 15-16). A pesar de esta limitación, y a la vista de su similitud con los resultados obtenidos para el resto de las universidades estudiadas, los resultados de este estudio aportan información útil, tanto cuantitativa como cualitativa, sobre los diferentes modos en que se están trabajando las competencias RSSE en los grados de ingenierías informáticas e industriales de las universidades españolas en general.

Seguramente hay experiencias relevantes en otras universidades españolas que no se han incluido en este estudio y es posible que no se hayan identificado todas en las universidades estudiadas. No obstante, asumiendo estas limitaciones, se considera que la validez del estudio se sustenta por la amplitud de los datos recogidos, la descripción detallada del proceso y de los datos que fundamentan los resultados, contraste con pares en diversos foros académicos, revisión de resultados atípicos o la propia reflexión del investigador sobre los posibles sesgos (Linconl y Guba, citados en Cohen et al. 2011).

### **5.5. Enfoque metodológico para las intervenciones docentes. *Design-Based Research*.**

Los estudios de caso de esta tesis, basados en intervenciones docentes, pretenden aportar respuestas a la pregunta de investigación general de la misma desde la perspectiva del aula y la actividad directa con el alumnado (nivel micro). Ambos estudios tienen como objetivo contribuir al logro del segundo de los objetivos específicos de esta tesis (OE2): Analizar la efectividad de metodologías completas para desarrollar competencias RSSE en contextos docentes concretos.

Aunque en cada uno de ellos se han seguido metodologías específicas diferentes, ambos tienen en común un enfoque metodológico fundamentado en el denominado *Design-Based Research* (en adelante DBR) que da cierta unidad a la investigación.

Brown (1992) fue la primera investigadora que desarrolló el enfoque DBR, que tiene una cierta relación con los métodos de la ingeniería, en los que el profesional desarrolla un producto, lo prueba en condiciones reales, documenta los problemas, fallos y las necesidades de mejora, y a partir de ahí se rediseña el producto y se vuelve a probar. De hecho, los caracteriza como los métodos que pretenden diseñar e implementar (*engineering*) entornos educativos innovadores y al mismo tiempo realizar estudios experimentales de estas innovaciones (Cohen et al. 2011).

Con posterioridad, este enfoque ha ido madurando y se puede definir como un estudio sistemático de diseño, desarrollo y evaluación de intervenciones educativas (programas, estrategias de enseñanza-aprendizaje, materiales, etc.) con el fin de aportar soluciones a problemas complejos de la práctica educativa y contribuir al avance del conocimiento pedagógico sobre las características de estas intervenciones (Plomp y Nieveen 2013; Valverde-Berrocoso 2016).

La investigación que aplica DBR busca una influencia directa en la práctica docente en contextos específicos y también contribuir a las decisiones sobre política educativa (Romero-Ariza 2014). Una de las características fundamentales de este enfoque es que tiene en cuenta la complejidad del ámbito educativo real, que depende de muchas variables y factores de contexto. Por ello, la intervención se desarrolla y cambia con el tiempo, incluye a las distintas partes involucradas en el proceso y quiere asegurar que el diseño elegido funciona realmente en la práctica (Gorard et al., citados en Cohen et al. 2011).

El DBR es un tipo de investigación exploratoria que no depende de estructuras previas y variables a medir, sino que intenta aportar soluciones para los problemas tal y como emergen, frente a otros modelos de investigación educativa, *input-output*, que buscan comprobar una sola hipótesis (Cohen et al. 2011; Designe-Based Research Collective 2003; Kelly, citado en Valverde-Berrocoso 2016)

El modelo DBR consta de una serie de fases (Plomp y Nieveen 2013):

- ✓ **Investigación preliminar** sobre las necesidades y análisis del contexto, revisión de la literatura, y desarrollo de un marco conceptual o teórico para el estudio.
- ✓ **Fase de prototipo** o de diseño iterativo, que consta de iteraciones, cada una de las cuales es un micro-ciclo de investigación, con el objetivo de mejorar y redefinir la intervención.
- ✓ **Fase de evaluación**, para concluir si la solución o intervención satisface las especificaciones pre-determinadas, y que ofrece también recomendaciones para la mejora de la intervención.

En la práctica, como se verá en los apartados siguientes, el DBR utiliza métodos de investigación mixtos – cuantitativos y cualitativos – y sigue las normas, procesos y técnicas propias de cada método.

Entre sus **limitaciones** principales, Cohen et al. (2011) destacan la dificultad de encontrar medidas adecuadas y modelos de causalidad, la ausencia de grupos de control y criterios de fallo, así como los problemas para generalizar resultados (validez externa).

Para contrarrestar esas limitaciones, siguiendo las propuestas de diversas fuentes (Anderson y Shattuck 2012; Cobb et al., citados en Cohen et al. 2011), se ha reforzado la descripción y comprensión del contexto de intervención, se han clarificado los objetivos de la investigación, se han iterado las intervenciones, y se han documentado los procesos de intervención y revisión, de forma que los informes elaborados puedan ser utilizados en otros contextos educativos.

## **5.6. Diseño metodológico para el análisis del desarrollo de competencias de ética profesional en una asignatura obligatoria de ingenierías informáticas (caso 1)**

Como se ha comentado en el apartado anterior, el objetivo de este primer estudio de caso es contribuir al logro del objetivo OE2 de esta tesis (analizar la efectividad de metodologías completas para desarrollar competencias RSSE en contextos docentes concretos) y aportar algunas respuestas, desde la perspectiva del aula y la actividad directa con el alumnado, sobre cómo integrar las competencias RSSE en los estudios de ingeniería.

En concreto, en este caso, el objetivo es analizar la eficacia de métodos para desarrollar y evaluar competencias relacionadas con la ética profesional, en cursos obligatorios de los

primeros años de formación universitaria en ingeniería. Se centra en un aspecto determinado de las competencias RSSE y en un contexto académico determinado: asignaturas relacionadas con los aspectos éticos, sociales, legales y profesionales de la informática, obligatorias en el primer curso de los grados en ingeniería del software y en ingeniería de computadores impartidos en la ETSI de Sistemas Informáticos de la UPM (ETSISI-UPM)<sup>1</sup>. La guía docente de dichas asignaturas está en el anexo 2.1.

Se definieron los siguientes **objetivos específicos**:

- ✓ diseñar un **modelo completo** de intervención, que incluya contenidos, actividades y evaluación, y que se adapte a los objetivos, resultados de aprendizaje y a la planificación de la asignatura en la que va a implementar,
- ✓ **evaluar la efectividad** de las estrategias de enseñanza cuantificando el nivel de mejora en las habilidades éticas que los estudiantes logran en el curso,
- ✓ estudiar la incidencia de algunos factores metodológicos, como el uso de códigos de conducta profesionales o la influencia de los dilemas específicos que se analizan en las pruebas.

Dentro del marco general del enfoque *Design-Based Research*, se han seguido las siguientes fases:

- ✓ **Investigación preliminar.** Los resultados de la revisión bibliográfica realizada para orientar esta intervención docente se han explicado previamente en el capítulo 2 (sección 2.4 sobre competencias éticas y de responsabilidad profesional en ingeniería) y el capítulo 4 (sección 4.3 sobre metodologías docentes para el desarrollo de competencias éticas). La descripción y análisis del contexto se presentará en el capítulo 7, dedicado a este estudio de caso.
- ✓ **Fase de prototipo o de diseño iterativo.** El diseño de esta fase es el que se detalla en esta sección. En primer lugar, se explica el proceso seguido para el diseño del modelo de intervención, y a continuación se explicará el diseño cuasi-experimental para medir la eficacia de dicha intervención y la influencia de algunos factores. El proceso tuvo dos iteraciones, aplicándose consecutivamente en los dos semestres del curso 2013-14 (en cada titulación se impartía en un semestre diferente), utilizando métodos mixtos que combinan datos y análisis cuantitativos y cualitativos.
- ✓ **Fase de evaluación.** Tras el análisis de los resultados, se llevó a cabo un proceso de reflexión junto con otros investigadores y el profesorado de las asignaturas, que dieron como fruto los artículos de Miñano et al. (2015) y Miñano et al. (2017), cuya revisión contribuyó a enriquecer los resultados de la investigación y las recomendaciones para la

---

<sup>1</sup> Aspectos sociales, legales, éticos y profesionales en el grado de Ingeniería de Computadores (1º semestre)  
Aspectos jurídicos, profesionales, éticos y sociales en el grado de Ingeniería del Software (2º semestre)

mejora de la intervención en los sucesivos cursos. Los resultados obtenidos y las conclusiones se presentarán también en el capítulo 7.

A continuación se explica con el modelo de intervención y el diseño elegido para medir la eficacia de la intervención.

### **5.6.1. Diseño del modelo de intervención y la matriz de evaluación**

Tras la revisión bibliográfica se diseñó un modelo completo de intervención, que incluía contenidos, actividades y evaluación que se alineaban con los objetivos, resultados de aprendizaje y la planificación de la asignatura en la que se iba a implementar.

La tarea principal fue el diseño de una matriz de evaluación o rúbrica, basada en la investigación preliminar y el análisis del contexto. Esta matriz, además de ser un instrumento de evaluación, sirvió como referencia al profesorado (del que formaba parte el autor de esta tesis) para diseñar las actividades y al alumnado para realizar las mismas. Es, por tanto, una herramienta formativa para el desarrollo de las competencias deseadas.

Durante el experimento se refinaron algunos de los instrumentos empleados. Después de la prueba inicial en el primer semestre, dos miembros del equipo de investigación<sup>2</sup> revisaron una muestra, se compararon las valoraciones y se cambiaron algunos detalles confusos. Además, también se refinaron los enunciados de las actividades propuestas en el segundo semestre, intentando expresar más claramente lo que se pedía. En dicho proceso participaron también las otras profesoras de la asignatura en la que se desarrolló la intervención. Las sesiones docentes con los estudiantes, los comentarios a las actividades y las evaluaciones fueron llevadas a cabo por el autor de esta tesis, en ambos semestres y en todos los grupos.

En el capítulo 7 se presentará con detalle la intervención, junto con los resultados, su análisis y las conclusiones de la experiencia global.

### **5.6.2. Diseño cuasi-experimental**

Para medir la eficacia de la intervención y la influencia de algunos factores se optó por un diseño cuasi-experimental, por ser una de las metodologías experimentales que mejor se adaptan a una experiencia integrada en un contexto docente real y, como se ha comentado anteriormente, por las circunstancias particulares del propio contexto en donde se han desarrollado las intervenciones objeto de estudio en esta tesis.

La metodología experimental proviene de las ciencias naturales, pero tienen una amplia aplicación en investigación social y en educación. El propósito de un experimento es,

---

<sup>2</sup> Esta actividad se integró dentro de un proyecto más amplio, *Diseño de un Modelo para la Evaluación y el Desarrollo de Competencias Estratégicas Transversales no Atendidas en la Formación de Dirección de Proyectos* (Plan Nacional de investigación científica, desarrollo e innovación, EDU2012-31080). Entre las competencias estudiadas estaban las competencias éticas.

fundamentalmente, estudiar relaciones causales. Para ello, el investigador controla y manipula las condiciones que determinan el fenómeno que quiere estudiar, introduce una intervención (que se reflejan en distintos valores de las denominadas variables independientes, *input*) y mide los efectos producidos (a través de los valores de las denominadas variables dependientes, *output*). Los experimentos más simples se refieren a si existe una relación entre dos variables. Los experimentos más complejos también consideran el tamaño del cambio y la importancia relativa de dos o más variables independientes. Por lo tanto, los experimentos tienden a ser utilizados en investigaciones exploratorias para descubrir los efectos de ciertas variables y en investigaciones explicativas que buscan confirmar la validez de determinadas hipótesis (Cohen et al. 2011; Hakim, citado en Saunders et al. 2009).

Se pueden encontrar muy distintos tipos de diseños experimentales que, según Cohen et al. (2011), se pueden agrupar en:

- ✓ **Experimentos puros o clásicos:** experimentos controlados en condiciones de laboratorio, con grupos experimentales y grupos de control, que se forman con criterios de aleatoriedad.
- ✓ **Cuasi-experimentos:** desarrollados en un contexto real en donde no es posible la formación de grupos con criterios de aleatoriedad, pero en el que las variables se pueden aislar, controlar y manipular.
- ✓ **Experimentos naturales:** en los que no es posible aislar ni controlar las variables.

En este estudio se ha elegido un **diseño cuasi-experimental pre-test+post-test sin grupo de control**, ya que la intervención diseñada estaba totalmente integrada en el desarrollo habitual de la asignatura.

En este diseño, antes de la intervención el investigador realiza un pre-test a todo el grupo para medir el valor de determinadas variables dependientes ( $O_1$ ). Se realiza la intervención  $X$  y, con posterioridad a la misma, se realiza un post-test para medir el valor de esas mismas variables ( $O_2$ ). Para analizar el efecto de la intervención, se considerarán las diferencias entre los resultados del pre-test y el post-test ( $O_2 - O_1$ ):



Este diseño tiene sus **limitaciones**, ya que aunque la relación de causalidad puede parecer razonable, puede haber otros factores no controlados que influyan en los cambios observados (alumnado, profesorado, organización académica, materiales,...). El realizar el experimento en sucesivos semestres, con el mismo profesor en todos los grupos, puede paliar, en parte, dichas limitaciones y aumentar la validez del experimento.

En este caso, la **población** fue el alumnado de primer curso de los grados en ingeniería del software y en ingeniería de computadores impartidos en la ETSISI-UPM. En concreto los

matriculados en las respectivas asignaturas del ámbito de ética, legislación y profesión en el curso 2013-14. Los datos cuantitativos sobre dicha población se muestran en la tabla 5.2.

*Tabla 5.2. Datos cuantitativos de la población para la intervención docente con alumnado de 1º curso de ingenierías informáticas de la ETSISI-UPM.*

Semestre	Grado	Número total de matriculados	Número de alumnos que completaron pre-test y post-test
1º	Ingeniería de Computadores	135	80
2º	Ingeniería del Software	164	110

En ambos semestres, las sesiones se impartieron en 3 grupos diferentes, dos de mañana y uno de tarde. En el análisis de los datos se ha tenido en cuenta ese factor para valorar si había algún sesgo debido al mismo, así como la edad y el sexo.

El primer día del curso y tras una presentación general, se solicitó al alumnado que participaran en el estudio como parte de un proyecto de innovación educativa para mejorar sus competencias en responsabilidad social y ética profesional. A los estudiantes se les informó que la participación era voluntaria y que no influiría en sus calificaciones en el curso. Aunque las actividades se integraron en el curso y la prueba final del estudio (post-test) fue parte de uno de los tres exámenes del curso, el análisis que se realizó para nuestro estudio fue independiente de la calificación del examen. Los participantes dieron su consentimiento cuando aceptaron completar y entregar la prueba inicial (pre-test) el primer día.

### 5.6.3. Recogida de datos

La recogida de datos se realizó en las pruebas pre-test y post-test:

- ✓ **Pre-test:** el primer día del curso, los estudiantes realizaron un análisis de un dilema ético profesional relacionado con la ingeniería informática, en el que se les pedía explícitamente:
  - identificar los problemas éticos que aparecen en la situación que se describe y el dilema al que se enfrenta el profesional,
  - analizar la situación teniendo en cuenta todos los aspectos necesarios para tomar una decisión,
  - proponer y justificar la decisión que el profesional debería tomar.
- ✓ **Post-test:** integrado en uno de los exámenes de la asignatura, que abarcaba otros temas del curso. Se les pidió de nuevo el análisis de un dilema ético profesional, en los mismos términos que en el pre-test. En esta prueba, se les permitía el uso de los códigos deontológicos con los que habían trabajado en la intervención.

Dentro de esta estructura general, hubo algunas **diferencias entre los dos semestres**. En el primer semestre, se propuso el mismo dilema en el pre-test y el post-test. Sin embargo, en el segundo semestre se trabajó con dos dilemas diferentes, para estudiar la posible influencia de

los dilemas en los resultados y un posible "efecto de la práctica". En la prueba inicial, ambos dilemas fueron asignados aleatoriamente. En la prueba final, los mismos casos fueron asignados aleatoriamente de tal manera que las cuatro combinaciones posibles tuvieran el mismo número de estudiantes. Los dilemas utilizados se presentan en el anexo 2.2.

Al final del segundo semestre, se pasó a los estudiantes un **cuestionario** de evaluación general de la asignatura en el que también se preguntaba sobre su **percepción del progreso** en las diferentes dimensiones que se han analizado en este estudio, y su conocimiento de códigos deontológicos, leyes y normas relativos a la ingeniería informática.

#### 5.6.4. Interpretación y análisis de datos

Los datos recogidos en el pre-test y post-test son datos cualitativos, que reflejan el análisis y las reflexiones de los estudiantes sobre los dilemas propuestos. Para su análisis, dicha información fue cuantificada utilizando la matriz de evaluación diseñada en la primera fase de la experiencia. Las variables definidas se presentan en la tabla 5.3.

Tabla 5.3. Variables (y rango) definidas para el análisis de datos.

	PRE Test	POST Test	Progreso POST – PRE
<b>Valoración tres atributos básicos</b>	Identificar-PRE (1- 4) Analizar-PRE (1- 4) Decidir-PRE (1- 4)	Identificar-POST (1- 4) Analizar-POST (1- 4) Decidir-POST (1- 4)	Identificar-PROGRESO (-3, 3) Analizar- PROGRESO (-3, 3) Decidir- PROGRESO (-3, 3)
<b>Puntuación global</b>	Global-PRE (1-4)	Global-POST (1-4)	Global-PROGRESO (-3, 3) Nº de MEJORAS (0 - 3)
<b>Uso de los códigos deontológicos</b>		CODIGO (1-4) CODIGO-01 (0-1)	
<b>Influencia del dilema analizado</b> (solo en 2º semestre)	CASO-PRE (A-B)	CASO-POST (A-B)	CASO-INTERACCION (AA-AB-BA-BB)

Tanto en las pruebas iniciales como en las pruebas finales, se han definido tres variables para cada atributo básico de la matriz (*Identificar*, *Analizar* y *Decidir*) y una variable que integra la puntuación de las mismas calculando la media de las valoraciones en los tres atributos (*Global*).

Para cuantificar las diferencias entre las variables POST y PRE, se han definido las variables que cuantifican el progreso (PROGRESO). Para obtener más información sobre éste, se ha definido una variable que refleja el número de atributos básicos que han incrementado su nivel (Nº de MEJORAS).

Para estudiar otros factores, se recogieron datos para las variables de GRUPO, SEXO y EDAD. Además, para analizar el uso de códigos deontológicos, se definió la variable CODIGO, que refleja la valoración del cuarto atributo de la rúbrica. Para profundizar más en el análisis, se ha definido también la variable CODIGO-01, que toma los valores:

- 0 : sin uso o uso inadecuado o demasiado simple de los códigos (1 y 2 en la rúbrica)
- 1 : buen uso de los códigos (3 y 4 en la rúbrica).

Finalmente, las variables CASO-PRE, CASO-POST y CASO-INTERACCION, se definen para ayudar al estudio de la influencia de los dilemas que se propusieron en las pruebas del segundo semestre. Las dos primeras toman los valores A o B según el dilema analizado por el estudiante, y la tercera indica la combinación de dilemas entre la prueba inicial y la final.

Para el análisis de los resultados se han empleado fundamentalmente técnicas descriptivas y de inferencia estadística cuando se verificaban las condiciones necesarias para su aplicación.

### **5.7. Diseño metodológico para el análisis del desarrollo de competencias de sostenibilidad en asignaturas basadas en proyectos en titulaciones de ingeniería industrial (caso 2)**

Al igual que el anterior estudio de caso, el análisis de esta segunda intervención docente quiere contribuir al desarrollo de metodologías completas y efectivas para trabajar competencias RSSE y aportar respuestas sobre cómo integrarlas en los estudios de ingeniería. A diferencia de la intervención anterior, en ésta se trabajará en asignaturas de los últimos cursos de formación, en la dimensión de aplicación de competencias de sostenibilidad, en asignaturas basadas en proyectos que acercan a los estudiantes a situaciones similares a las que podrán encontrar en su futura actividad profesional.

El marco en el que se realiza la intervención docente han sido las asignaturas *Ingenia*, obligatorias en el Máster de Ingeniería Industrial impartido en la ETSI Industriales de la UPM (ETSII-UPM). Estas asignaturas se imparten a lo largo de dos semestres, con una carga lectiva de 12 ECTS, y adoptan una metodología de aprendizaje basado en proyectos siguiendo el enfoque CDIO, ya explicado anteriormente (sección 3.3.4): a lo largo de curso, los estudiantes han de desarrollar un proyecto completo de ingeniería, desde su concepción, diseño e implementación, teniendo que estar operativo al final del mismo. Las asignaturas *Ingenia* están orientadas al desarrollo de competencias entre las que se incluyen algunas directamente relacionadas con la sostenibilidad y la responsabilidad profesional. Se estructuran en tres módulos:

- (A) Técnico (desarrollo de competencias técnicas)
- (B) Destrezas (competencias de comunicación, creatividad y trabajo en equipo),
- (C) Sostenibilidad (específico para el desarrollo de competencias RSSE).

La contribución deseada al realizar esta intervención docente es que tanto el alumnado como el profesorado consideren los aspectos RSSE como factores importantes e ineludibles para el desarrollo de proyectos de ingeniería, y aportar herramientas útiles para integrar criterios éticos y de sostenibilidad en dichos proyectos.

Para ello, se han determinado los siguientes **objetivos específicos**:

- ✓ Desarrollar y contrastar la **efectividad de un modelo conceptual** integrador de las distintas dimensiones de la sostenibilidad.
- ✓ Desarrollar y contrastar la **efectividad de una metodología docente y de evaluación**, que se utilice sistemáticamente a lo largo del desarrollo de un proyecto.
- ✓ Identificar **factores clave y retos** para la integración de las competencias RSSE en el contexto de la formación en el desarrollo de proyectos de ingeniería.

Dentro del marco general del enfoque *Design-Based Research*, se han seguido las siguientes fases:

- ✓ **Investigación preliminar.** La revisión bibliográfica realizada para el desarrollo general de esta tesis (capítulos 2, 3 y 4) ha servido de apoyo para este estudio de caso, pero especialmente la presentada en la sección 4.4, orientada a la integración de competencias RSSE en asignaturas basadas en proyectos. La descripción y análisis del contexto se presentará en el capítulo 8, dedicado a este estudio de caso.
- ✓ Fase de prototipo o de **diseño iterativo.** En este caso, el marco metodológico de referencia ha sido la metodología de investigación-acción, ya que se contaba con un grupo de profesorado implicado y el apoyo necesario para desarrollar la investigación a lo largo de tres cursos académicos, desde septiembre de 2014 a julio de 2017. En esta sección se describirán brevemente los fundamentos de esta metodología, y cómo se ha aplicado.
- ✓ Fase de **evaluación.** Tras la última fase del proceso de investigación-acción de este estudio, se llevó a cabo una última reflexión junto con otros profesores e investigadores que dio como fruto la comunicación de Uruburu et al. (2018).

También han contribuido a enriquecer los resultados de la investigación la presentación de los resultados parciales de la misma en diversos seminarios y congresos (Miñano et al. 2016; Uruburu y Miñano 2017; Borge et al. 2017), en especial por las revisiones y comentarios de expertos y colegas.

En las siguientes secciones se presentan las principales características de la metodología de investigación-acción y se detalla el modo en el que se ha aplicado para el análisis de la intervención docente realizada en las asignaturas *Ingenia* de la ETSII-UPM.

### 5.7.1. Metodología de investigación-acción

La metodología de investigación-acción comenzó a tener entidad a mediados de los años 40, cuando Kurt Lewin (1946) intentó establecer una forma de investigación que integrara la experimentación científica con la acción social, definiéndolo como un proceso cíclico de exploración, actuación y valoración de resultados. A lo largo de las décadas ha ido evolucionando en muy diversas líneas, áreas de trabajo y tomando muy diversas definiciones, en las que encontramos algunas características comunes que, sin pretender ser exhaustivos, se indican a continuación.

- ✓ Es una investigación que se realiza **en la práctica y para la práctica**, frente a otras metodologías de investigación *sobre* la práctica; implica una intervención en un contexto real y un análisis detallado de los efectos de dicha intervención (Coghlan y Brannick, citados en Saunders et al. 2009; Cohen et al. 2011; Herreras 2004).

En esta tesis, la investigación se ha llevado a cabo *en* unas asignaturas concretas, *para* desarrollar un modelo de actuación efectivo con perspectivas de continuidad en los siguientes cursos.

- ✓ Su objetivo es que la investigación tenga un **impacto real**, orientando la toma de decisiones y mejorando la práctica, facilitando a los profesionales una mejor comprensión de su actividad (Corey, Somekh, Zuber-Skerritt, citados en Cohen et al. 2011).

En esta tesis, además de mejorar la práctica en un contexto concreto, se pretende aportar propuestas que puedan ser generalizables para la integración de las competencias RSSE en la formación de los últimos años universitarios que esté orientada a las aplicaciones cercanas a la actividad profesional y al trabajo en proyectos.

- ✓ Es una investigación **colectiva, colaborativa y coordinada**, en la que el investigador forma parte de la organización en la que se desarrolla la investigación y el proceso de cambio. Los profesionales han de estar implicados en la propia investigación, que estudia situaciones que les conciernen directamente (Herreras 2004; Saunders et al. 2009).

El investigador, en este caso el autor de esta tesis, se ha integrado en el equipo de profesorado del módulo de sostenibilidad de las asignaturas *Ingenia*. Dicho grupo ha sufrido algunas variaciones en los sucesivos cursos, estando formado por 6 u 8 personas, todas ellas participando activamente en las actividades de dicho módulo.

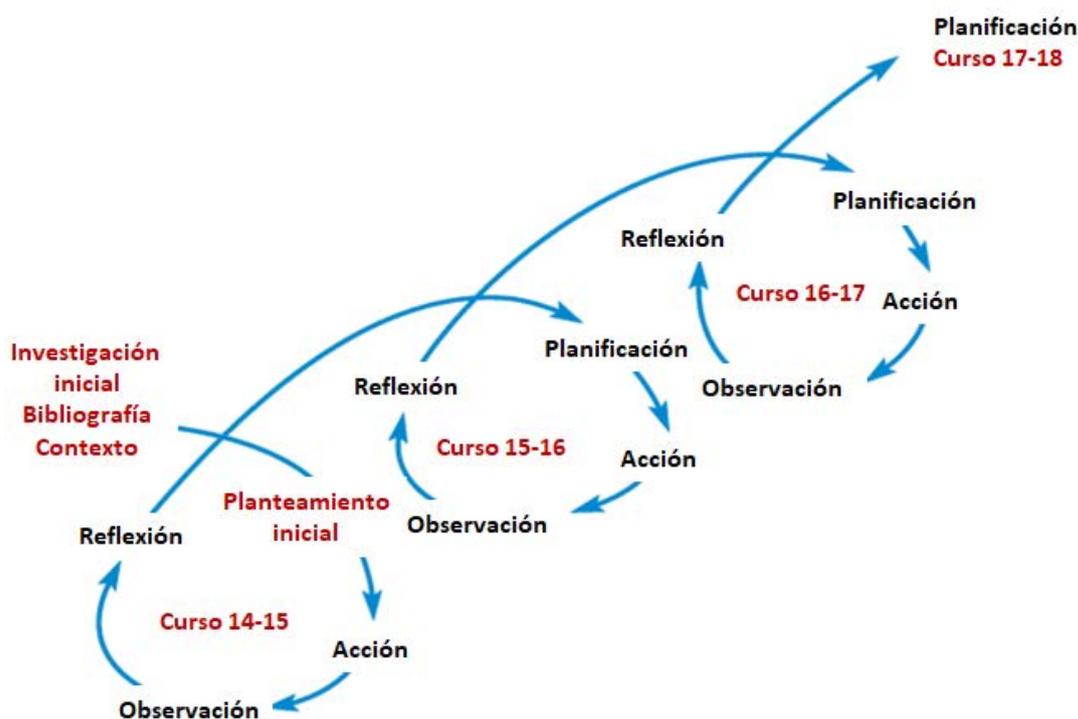
- ✓ Implica un **análisis crítico** de las situaciones, combinando acción y reflexión sistemática facilitando que tenga implicaciones más allá del contexto en el que se desarrolla la acción (Cohen et al. 2011; Saunders et al. 2009).

Como se ha comentado antes, entre los objetivos de la investigación está el contribuir a la reflexión general y a mejorar la práctica de la integración de las competencias RSSE en la formación en ingeniería.

- ✓ Se implementa como una **iteración de ciclos** de planificación, acción, observación y reflexión, pero que se realizan de forma más cuidadosa, sistemática y rigurosamente de lo que se hace en la práctica cotidiana (Kemmis y McTaggart, citados en Cohen et al. 2011).

La figura 5.4 refleja la implementación en espiral que se ha hecho para este estudio de caso. En el capítulo 8 se explicará con detalle cada una de las fases y su evolución a lo largo de los tres cursos.

*Figura 5.4. Esquema del proceso de investigación-acción realizado para la integración de competencias de sostenibilidad en las asignaturas Ingeniería. Adaptado de Saunders et al. (2009).*



Como toda metodología de investigación, la investigación-acción también tiene sus **limitaciones** o problemas que ha de afrontar en su puesta en práctica. Algunos de los que sugiere Zuber-Skerritt (citado en Cohen et al. 2011) se han constatado como aspectos críticos en el desarrollo de este estudio de caso.

Uno de ellos es el **grupo de trabajo**. Es necesario armonizar los objetivos específicos de los investigadores (que requieren rigor, replicabilidad y generalización) y los de los profesionales (centrados en la acción cotidiana, en el hacer y solucionar los problemas del día a día). Además, la propuesta planificada debe ser compatible con las capacidades de los profesionales que la tienen que llevar a cabo. También es fundamental su actitud, su apertura a la autorreflexión, la autocrítica y al cambio.

Es importante ser consciente de que esta metodología requiere **tiempo y energía adicional** al trabajo habitual. Es necesario economizar la carga de trabajo para recoger y analizar datos, y para la reflexión sistemática que se precisa para la investigación-acción.

Por último, para que la investigación tenga aportaciones relevantes hay que conseguir un **equilibrio** entre ser suficientemente elaborada para ser válida y adaptarse lo necesario al contexto para ser factible.

En este sentido, aunque el contexto académico era favorable para llevar a cabo dicha experiencia, contando con el apoyo tanto institucional como del profesorado del módulo de sostenibilidad, en algunas ocasiones ha habido circunstancias ajenas al control de esta investigación que no han permitido realizar algunas observaciones y evaluaciones en el modo previsto. Por ello, en algunos aspectos el estudio es incompleto o no ha podido ser tan amplio como se esperaba.

A continuación, se explica cuál ha sido la metodología seguida para las fases propiamente de investigación de este proceso: la observación, la evaluación y la reflexión sistemática sobre los resultados.

### 5.7.2. Recogida y análisis de datos

La experiencia desarrollada a lo largo del proceso de investigación-acción ha sido analizada desde dos perspectivas:

- el progreso de los estudiantes con relación a sus competencias de sostenibilidad y
- el propio proceso de enseñanza-aprendizaje.

Para ello se ha combinado la recogida de datos cualitativos y cuantitativos, así como diferentes métodos de análisis que se sintetizan en las tablas 5.4 y 5.5.

Para valorar el progreso en la adquisición de **competencias de sostenibilidad**, en los cursos 14-15 y 15-16<sup>3</sup>, se pidió al alumnado de las asignaturas *Ingenia* que completaran unos cuestionarios al principio y al final del curso con el objetivo de valorar:

- ✓ su progreso en relación con **conocimientos básicos** sobre ciertos aspectos relacionados con la responsabilidad profesional y los impactos de la ingeniería en el medioambiente y en la sociedad (competencias específicas asignadas al módulo de sostenibilidad de las asignaturas *Ingenia*),
- ✓ el progreso de su **autopercepción de las capacidades** que tienen para integrar criterios de sostenibilidad en proyectos de ingeniería. Siguiendo las fases del modelo metodológico que se ha seguido (*identificar-analizar-integrar*) se les pidió valorar sus capacidades para identificar impactos, realizar un análisis y valoración de los mismos, y para introducir cambios en los proyectos que optimicen dichos impactos.

Para valorar el **proceso de enseñanza-aprendizaje**, se hizo un seguimiento a lo largo de los tres cursos en los que se ha llevado a cabo la intervención docente, recogiendo información tanto del alumnado como del profesorado.

---

<sup>3</sup> Este proceso estaba coordinado con otros procesos generales de evaluación del máster en el que se integran las asignaturas *Ingenia* y de dichas asignaturas. En el curso 16-17 no se pudo realizar por haberse modificado dichos procesos generales.

Tabla 5.4. Recogida y análisis de datos para la evaluación del progreso de los estudiantes en el desarrollo de competencias de sostenibilidad en las asignaturas Ingeniería.

Instrumentos	Variables	Análisis
<p>Cuestionario de conocimientos sobre responsabilidad profesional e impactos de la ingeniería</p> <p>(Cursos 14-15 y 15-16)</p>	<p><i>Cualitativas:</i></p> <p>Indicar:</p> <p>P1. Valores y/o <b>principios éticos</b> fundamentales en ingeniería (máximo 4)</p> <p>P2. Código <b>deontológico</b> relacionado con la ingeniería</p> <p>P3. <b>Impactos ambientales negativos</b> de la ingeniería (máximo 3)</p> <p>P4. <b>Impactos ambientales positivos</b> de la ingeniería (máximo 3)</p> <p>P5. <b>Impactos sociales negativos</b> de la ingeniería (máximo 3)</p> <p>P6. <b>Impactos sociales positivos</b> de la ingeniería (máximo 3)</p>	<p>Para el análisis de los resultados, se cuantificaron los resultados, por el número de respuestas válidas dadas (normalizadas).</p> <p>Diseño cuasi-experimental para analizar diferencias pre-test–post-test</p> <p>Muestras pareadas: Curso 14-15: N=59 Curso 15-16: N=143</p> <p>Análisis comparativo por cursos</p>
<p>Cuestionario de autopercepción de capacidades para la integración de la sostenibilidad en proyectos</p> <p>(Cursos 14-15 y 15-16)</p>	<p><i>Cuantitativas:</i></p> <p>Valorar de 0-5 (escala Likert) la capacidad de:</p> <p>C1. <b>Identificar</b> impactos ambientales</p> <p>C2. <b>Identificar</b> impactos sociales</p> <p>C3. <b>Analizar y valorar</b> impactos ambientales</p> <p>C4. <b>Analizar y valorar</b> impactos sociales</p> <p>C5. <b>Introducir cambios</b> para minimizar impactos negativos (sociales o ambientales)</p> <p>C6. <b>Introducir cambios</b> para promover impactos positivos (sociales o ambientales)</p>	<p>Diseño cuasi-experimental para analizar diferencias pre-test–post-test</p> <p>Muestras pareadas: Curso 14-15: N=59 Curso 15-16: N=143</p> <p>Análisis comparativo por cursos</p>

Tabla 5.5. Recogida y análisis de datos para la evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje para el desarrollo de competencias de sostenibilidad en las asignaturas *Ingenia*.

Instrumentos	Variables	Análisis
<p>Questionario de valoración del proceso de enseñanza-aprendizaje del módulo C (sostenibilidad) de las asignaturas <i>Ingenia</i>.</p> <p>Cursos 14-15, 15-16 y 16-17.</p>	<p><i>Cuantitativas:</i></p> <p>Valorar de 1-5 (escala Likert) los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- las <b>SESIONES</b> ESPECÍFICAS para tu <i>Ingenia</i> relativas al módulo C (Sostenibilidad)</li> <li>- la atención y las aportaciones del <b>PROFESORADO</b> propio del <b>módulo C</b></li> <li>- el <b>MATERIAL</b> disponible en Moodle u online relativo al módulo C</li> <li>- la <b>METODOLOGÍA</b> de trabajo para el desarrollo de competencias de SOSTENIBILIDAD (identificación y selección de impactos, análisis e integración de los mismos en el trabajo, elaboración de documento)</li> <li>- el método de <b>EVALUACIÓN</b> de las competencias del módulo C (documento con análisis y reflexión sobre los impactos ambientales y sociales del proyecto)</li> <li>- las aportaciones del <b>PROFESORADO de tu <i>Ingenia</i></b> en los aspectos relativos a la SOSTENIBILIDAD</li> <li>- Valora GLOBALMENTE la formación recibida en la asignatura <i>Ingenia</i></li> </ul> <p><i>Cualitativas:</i></p> <p>Asignatura <i>Ingenia</i></p> <p>Indicar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- el ASPECTO MÁS <b>POSITIVO</b> del trabajo realizado en relación con el módulo C</li> <li>- algún ASPECTO <b>NEGATIVO</b> del trabajo realizado en relación con el módulo C</li> <li>- alguna sugerencia o <b>PROPUESTA PARA MEJORAR</b> en el <i>Ingenia</i> el desarrollo de las <b>COMPETENCIAS</b> de SOSTENIBILIDAD</li> </ul>	<p>Población: estudiantes de las asignaturas <i>Ingenia</i> de las que se recogieron datos en los tres cursos (6 asignaturas).</p> <p>Análisis descriptivo para cada una de las variables.</p> <p>Análisis de la evolución a lo largo de los tres cursos.</p> <p>Análisis comparativo entre las distintas asignaturas <i>Ingenia</i>.</p> <p>Análisis comparativo con la valoración global de la asignatura.</p> <p>Categorización de las respuestas.</p> <p>Análisis de las frecuencias, globalmente y por asignaturas.</p>

Para tener información sobre las opiniones y propuestas de los estudiantes, se colaboró con la coordinación general de las asignaturas *Ingenia* para elaborar y analizar diversos **cuestionarios de evaluación**. Al final de cada curso, los **estudiantes** fueron invitados a completar un cuestionario de valoración de los distintos módulos (técnico, destrezas y sostenibilidad) con un formato similar, aunque adaptado a la especificidad de cada uno de ellos. También se pedía una valoración global de la asignatura.

El cuestionario pedía valoraciones cuantitativas de diferentes aspectos relevantes del proceso de enseñanza-aprendizaje, como son las sesiones presenciales, las metodologías docentes y de evaluación, y la labor del profesorado. También se plantearon preguntas abiertas para recoger otro tipo de información más detallada que pudiera contribuir a mejorar el proceso e identificar su incidencia en la formación del alumnado (tabla 5.5).

En este proceso, se ha garantizado la información al alumnado, su consentimiento y la confidencialidad de los datos obtenidos.

En esta investigación se analiza la evolución de los resultados relativos al módulo de sostenibilidad, aunque también se tendrá en cuenta su relación con la evolución de la valoración global de las asignaturas.

Las asignaturas *Ingenia* fueron variando con los cursos y en el curso 16-17 los estudiantes de algunas asignaturas no completaron los cuestionarios de evaluación por razones que escaparon del control de este estudio. Para evitar sesgos, el análisis cuantitativo que se presenta es relativo a las 6 asignaturas *Ingenia* de las que se han obtenido respuestas en todos los cursos en los que se ha realizado la investigación.

Además, el **grupo de profesores** del módulo de sostenibilidad, realizó reuniones periódicas de seguimiento de la asignatura siguiendo las fases de la metodología de investigación-acción explicada anteriormente y una sesión de valoración global de la intervención al final del curso 16-17.

Los profesores que coordinaban el módulo de sostenibilidad y el autor de esta tesis también participaban en las reuniones de coordinación general de todas las asignaturas *Ingenia*. Aunque en estas reuniones el tema central no era el módulo de sostenibilidad, sí fueron útiles para valorar su integración con el resto de los módulos y en la marcha general del curso.

Por último, al final del curso 16-17 se realizó una sesión de trabajo con los **coordinadores de las asignaturas** *Ingenia* en la que se realizó una valoración específica del trabajo que se desarrolla en el módulo de sostenibilidad. Integrado en una reunión general de coordinación para la planificación del curso 17-18, hubo un tiempo específico dedicado a la reflexión sobre dicho módulo. La reflexión se focalizó en tres aspectos:

- ✓ El **marco conceptual** propuesto para el trabajo de las competencias de sostenibilidad.

- ✓ La **metodología** empleada, que pretende sistematizar la integración de criterios de sostenibilidad en un proyecto con un modelo que se adapte a las distintas temáticas y circunstancias de cada asignatura *Ingenia*.
- ✓ Las **propuestas** de los coordinadores con vistas a mejorar el trabajo en los siguientes cursos.

El capítulo 8 de esta tesis, en el que se presenta el desarrollo y análisis de esta intervención docente, también recoge los cambios que se introdujeron a lo largo del proceso y que fueron fruto de las reflexiones generadas en las reuniones de seguimiento y las aportaciones de la reunión de valoración final (secciones 8.6 y 8.7).

## **5.8. Metodología para el contraste y categorización de resultados**

A partir de los resultados, análisis y conclusiones de los tres estudios, se realizó un proceso de reflexión y análisis comparativo de los mismos, de forma que se alcanzara el tercer objetivo específico de la tesis (OE3): sintetizar los resultados y elaborar una serie de propuestas desde una triple perspectiva, planes de estudios, docente e institucional.

Para validar dichas conclusiones, contrastar y completar la reflexión, se llevaron a cabo una serie de entrevistas semiestructuradas y grupos de discusión con expertos. En esta fase también se ha profundizado en recoger información relevante para identificar los aspectos clave relativos a las acciones institucionales y de organización que pueden contribuir más eficazmente a la integración de las competencias RSSE en la formación universitaria.

En el siguiente apartado se explican las principales características de estas metodologías cualitativas y, posteriormente, se presentan las acciones que se han llevado a cabo en esta fase final.

### **5.8.1. Entrevistas semiestructuradas y grupos focales**

Las entrevistas semiestructuradas y los grupos focales son técnicas de investigación cualitativa que son útiles en estudios exploratorios y explicativos, aportando información que puede ayudar a conocer mejor una determinada situación, buscar nuevas ideas, generar hipótesis o comprender mejor la relación entre distintas variables. Están especialmente indicadas para investigar temáticas y circunstancias complejas y dinámicas. Por ello son muy utilizadas en intervención psicopedagógica y socioeducativa, la evaluación de programas y centros educativos, identificación de necesidades, comprender procesos de mejora, etc., y también en el ámbito empresarial, *marketing* o investigación social (Robson, citado en Saunders et al. 2009).

Ambas técnicas se pueden enmarcar dentro del ámbito de las entrevistas, entendiendo éstas como el intercambio de puntos de vista entre dos o más personas sobre un tema de interés común. Pero, en cuanto técnicas de investigación, no son una mera conversación informal. Cannell y Kahn (citados en Cohen et al. 2011) matizan que son una conversación entre dos o

más personas, promovida por el investigador con el propósito de obtener información relevante para una investigación, focalizada en algún tema específico relacionado con los objetivos de la investigación, que pudieran ser descriptivos, predictivos o explicativos.

En las **entrevistas semiestructuradas**, el investigador se encuentra con una única persona. El entrevistador tiene una lista de preguntas y temas a tratar, aunque estos pueden variar de una entrevista a otra. Esto significa que puede omitir o añadir algunas preguntas en función del contexto o el interlocutor específico y su relación con el tema de investigación. El orden de las preguntas también puede variar según el desarrollo de la conversación. Las preguntas han de ser claras pero suficientemente abiertas para no limitar la capacidad de respuesta de los sujetos (Cohen et al. 2001; Saunders et al. 2009).

En los **grupos focales** el investigador se encuentra con un grupo de personas, pero lo esencial no es su interacción con cada una de dichas personas, sino las interacciones y la discusión que se genere entre ellas acerca de la temática propuesta por el investigador. De esas interacciones se espera que emerjan informaciones relevantes para los objetivos de la investigación. Es fundamental el papel del moderador, buscando el equilibrio entre ser lo suficientemente directivo para mantener la discusión centrada en los objetivos de la investigación, y crear un ambiente que facilite las interacciones y permita que fluyan nuevas ideas, sin que haya necesidad de llegar a un consenso (Carson et al. 2001; Cohen et al. 2011; Krueger y Casey 2000).

Ambas técnicas enfatizan el carácter social de los datos de la investigación, siendo su aspecto central la **interacción verbal entre las personas** para generar conocimiento, por lo que son herramientas **intersubjetivas**.

Se seleccionan participantes que tengan una relación relevante con el tema de investigación, que puedan aportar información valiosa y se puedan sentir cómodos durante la entrevista o participando en grupo. En los grupos, el número adecuado de personas depende de los objetivos y el tipo de información que se desee obtener, recomendándose distintos rangos según los autores, de 4 a 12, entre 6 y 8, etc. En general, es preferible que no haya un conocimiento previo entre ellas.

Otro aspecto necesario en estas técnicas es que han de ser registradas por algún medio (audio, audiovisual, escrito) para proceder a su análisis posterior. Además, han de llevarse a cabo varias veces, con participantes similares, para permitir identificar tendencias cuando se analiza la información recogida, aunque también se pueden combinar distintos tipos de entrevistas o grupos (Cohen et al. 2011; Saunders et al. 2009).

Para llevarlas a cabo, se pueden distinguir tres fases: planificación, desarrollo y análisis. Durante la fase de **planificación**, se determinan los objetivos de investigación que se van a abordar mediante estas técnicas, se preparan las preguntas y guías de discusión, se decide el método de registro de la información, se seleccionan los participantes, y se establece el lugar y fecha para el **desarrollo** del encuentro. En los grupos focales, durante el desarrollo del

mismo, se recomienda que haya una persona que modere y otra persona que haga de observador.

La fase de **análisis** generalmente conlleva la **transcripción** de la información recogida. Es importante pues se pueden producir pérdidas o alteraciones en la información y, al unificar el medio en el que se recoge dicha información, se reduce la complejidad. No hay una transcripción “correcta” y lo esencial es que sea útil a los objetivos de la investigación. Hay que asumir que una transcripción nunca puede recoger toda la información generada (Cohen et al. 2011).

Para realizar el análisis, se generan unidades de significado, que se clasifican y **categorizan**, construyendo una narrativa sobre los contenidos del encuentro que permite interpretar la información obtenida. En estas técnicas, es inevitable ser interpretativo, pues las conclusiones se basan en la reflexión del investigador y de sus interpretaciones de las interacciones con los participantes (Cohen et al. 2011). Las conclusiones sobre las aportaciones a los objetivos de la investigación se recogen en un informe final.

Entre las principales **ventajas** de estas técnicas, se destacan:

- La interacción directa entre investigador y personas relacionadas con la temática investigada.
- Utiliza diversas fuentes de información: verbal y no verbal, hablada y escuchada.
- Permite recoger información sobre aspectos internos como sentimientos, actitudes, valores, etc.
- Permite subsanar errores o malentendidos al recoger datos o información, e incrementa la comprensión de la información recogida.
- Su flexibilidad permite adaptarse a la complejidad del tema de investigación y/o su contexto.
- Coste económico relativamente reducido.
- Rapidez en la obtención de datos y relativa facilidad de uso.

Pero también tienen sus **limitaciones**:

- Posibles sesgos del entrevistador/moderador.
- La subjetividad del investigador a la hora de interpretar la información obtenida.
- En las transcripciones siempre se pierden matices e información.
- Puede ser incómodo para algunos participantes y las dinámicas que se generen pueden interferir para que aporten información valiosa.
- Dificulta el anonimato.
- Puede que haya aspectos relevantes que se omitan en el curso de la entrevista/grupo focal.
- No aportan datos cuantitativos o generalizables.
- Se llega a poca gente. Aporta menos cantidad de información que una encuesta pues se pueden tratar menos temas.

- Dificultad de compatibilizar la disponibilidad de las personas participantes.
- Costosas en tiempo, en especial si se utilizan recursos audiovisuales y se realizan análisis más allá de lo verbal.

En el siguiente apartado se explica cómo se han utilizado estas técnicas para recoger información relevante que sirviera de apoyo para realizar la síntesis de los resultados de los tres estudios realizados en esta tesis y elaborar las respuestas a la pregunta de investigación de la misma desde las distintas perspectivas propuestas.

### 5.8.2. Planificación, desarrollo y análisis

A partir de los resultados y el análisis de los estudios realizados, se planificaron una serie de entrevistas (individuales y en grupos focales) con el fin de contrastar y completar la reflexión realizada.

El **objetivo** era obtener información cualitativa y cualificada que permitiera profundizar en algunas de las buenas prácticas identificadas en la investigación, recibir *feedback* sobre los resultados obtenidos, completarlos incorporando la perspectiva institucional y de organización, y generar propuestas que contribuyan a una mejor integración de las competencias RSSE en la formación universitaria en ingeniería.

Además, estas técnicas contribuyen también al establecimiento de contactos personales y creación de red, que es uno de los aspectos que se han visto importantes para la transformación de la cultura universitaria.

En la planificación de entrevistas y grupos, tras los análisis de los distintos estudios realizados, se identificaron una serie de aspectos que se consideraron relevantes para ser completados por los puntos de vista de participantes externos. Estos aspectos orientaron las preguntas y las guías de discusión, siendo agrupados en función de la triple perspectiva desde la que se quiere dar respuesta a la pregunta de investigación de la tesis: planes de estudios, docente e institucional. No obstante, aprovechando la flexibilidad de estas técnicas, las preguntas y el guion se adaptaron a las características de los participantes. El anexo 4 presenta con detalle la estructura y preguntas planificadas para cada entrevista y grupo, así como la relación de participantes en estos últimos.

En el caso de los **grupos focales**, la realización de los mismos se ha alineado con la participación del autor de esta tesis en jornadas, eventos o proyectos. Esto ha implicado que la planificación se ha adaptado a dichos contextos teniendo en cuenta que los objetivos y el planteamiento de dichos grupos compartían muchos de los objetivos de esta investigación, por lo que se ha considerado oportuno recoger la información generada en los mismos que pueden contribuir a la misma (tabla 5.6).

Tabla 5.6. Grupos focales analizados para completar el trabajo del objetivo específico OE3.

(G1) Encuentro de profesorado de asignaturas de <i>Humanidades</i> en titulaciones de ingenierías.
<p><i>Promovido y moderado por</i> Rafael Miñano Rubio.</p> <p><i>Objetivos:</i> Papel de las asignaturas de <i>Humanidades</i> en el desarrollo de competencias RSSE.</p> <p><i>Participantes:</i> 7 profesores/as de 5 universidades de la Comunidad de Madrid. Convocatoria abierta a profesorado de asignaturas de <i>Humanidades</i> de grados de ingenierías industriales e informáticas impartidos en la Comunidad de Madrid.</p> <p><i>Registro:</i> Grabación audiovisual, transcripción y contraste con los entrevistados. Reflexión posterior conjunta (4 profesores) y comunicación Miñano et al. (2018).</p>
(G2) XI Seminario de Investigación en Educación Ambiental y Educación para el Desarrollo Sostenible (Junio 2017, Valsaín, Segovia).
<p><i>Promovido por</i> la coordinación del Seminario (Belén Saénz-Rico, Universidad Complutense de Madrid). El autor de la tesis participó en el equipo de trabajo que planificó los grupos focales y moderó uno de ellos.</p> <p><i>Objetivos:</i> Se realizaron tres grupos con diferentes temáticas: competencias; metodologías; obstáculos, retos y posibilidades.</p> <p><i>Participantes:</i> Profesorado y expertos en educación para el desarrollo sostenible de universidades españolas. En cada grupo participaban entre 10-15 personas. Una persona como moderadora y otra como observadora.</p> <p><i>Registro:</i> Grabación audiovisual. Resumen por categorías relacionadas con los objetivos de esta tesis, realizado por Rafael Miñano.</p>
(G3) Competencias de sostenibilidad en el Trabajo Fin de Grado en ingenierías.
<p><i>Promovido y moderado por</i> Rafael Miñano Rubio.</p> <p><i>Objetivos:</i> Integración de competencias de sostenibilidad en el Trabajo Fin de Grado.</p> <p><i>Participantes:</i> 10 profesores/as de 7 centros de la Universidad Politécnica de Madrid que trabajan competencias de sostenibilidad en el TFG o con interés en hacerlo.</p> <p><i>Registro:</i> Notas escritas, transcripción y resumen por categorías, con contraste con los participantes.</p>
(G4) Proyecto EDINSOST. Grupo focal de profesorado UPM.
<p><i>Promovido y moderado por</i> Rafael Miñano, en el marco del proyecto EDINSOST.</p> <p><i>Objetivos:</i> Identificar necesidades de formación del profesorado para el trabajo de competencias de sostenibilidad en grados universitarios.</p> <p><i>Participantes:</i> 6 profesores/as de 5 centros de la Universidad Politécnica de Madrid del ámbito de las ingenierías de tecnologías de la información y comunicaciones, y del ámbito agro-forestal.</p> <p><i>Registro:</i> Grabación audio, transcripción por categorías, con contraste con los participantes.</p>
(G5) Proyecto EDINSOST. Grupo focal de alumnado UPM.
<p><i>Promovido y moderado por</i> Rafael Miñano, en el marco del proyecto EDINSOST.</p> <p><i>Objetivos:</i> Recoger la visión y experiencia del alumnado sobre la formación recibida en competencias de sostenibilidad. Identificar necesidades y aspectos facilitadores.</p> <p><i>Participantes:</i> 6 alumnos/as de 4º curso de grados en ingenierías informáticas.</p> <p><i>Registro:</i> Grabación audio, transcripción por categorías, con contraste con los participantes.</p>

Las **entrevistas semiestructuradas realizadas** se presentan en la tabla 5.7. Las entrevistas (E1) y (E2) fueron más generales, cubriendo aspectos relativos a todos los niveles (planes de estudios, docencia e institucional), mientras que (E3) y (E4) se centraron en profundizar en las cuestiones de organización y de apoyo institucional a partir de la experiencia de los centros en donde desarrollan su actividad los entrevistados pues en los estudios realizados se identificó un tratamiento sistemático de las competencias RSSE.

*Tabla 5.7. Entrevistas semiestructuradas realizadas para completar el trabajo del objetivo específico OE3.*

(E1) Fermín Sánchez Carracedo.
Universitat Politècnica de Catalunya. Facultat d'Informàtica de Barcelona. Coordinador de competencias transversales de la FIB-UPC. Grabación audio, transcripción y contraste con el entrevistado.
(E2) Antonio Vallecillo Moreno.
Universidad de Málaga. ETSI Informática. Presidente de Sistedes <sup>4</sup> . Grabación audio, transcripción y contraste con el entrevistado.
(E3) Alberto Fernández Gil y Gabriel Morales Sánchez.
Universidad Rey Juan Carlos. Miembros de los equipos directivos de la ES Ciencias Experimentales y Tecnología y ESTI Informática respectivamente. Grabación audio, resumen por categorías y contraste con los entrevistados.
(E4) Joan Climent Vilaró
Universitat Politècnica de Catalunya. Facultat d'Informàtica de Barcelona. Coordinador de la competencia de <i>sostenibilidad y compromiso social</i> en la FIB-UPC. Notas escritas, resumen por categorías y contraste con el entrevistado.

Tanto en los grupos focales como en las entrevistas se informó a los participantes de los objetivos de los mismos y de la investigación en la que se enmarcaban, y se recogió de forma oral o escrita su consentimiento.

El análisis de la información recogida se presentará en el capítulo 9 de esta tesis, presentándolo en los tres niveles en los que se quieren aportar respuestas a la pregunta de investigación: planes de estudios, docente e institucional.

---

<sup>4</sup> Sociedad de Ingeniería de Software y Tecnologías de Desarrollo de Software, [www.sistedes.es](http://www.sistedes.es)





## 6. INTEGRACIÓN DE COMPETENCIAS RSSE EN LOS ESTUDIOS DE GRADO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL E INGENIERÍA INFORMÁTICA EN UNIVERSIDADES ESPAÑOLAS.

### 6.1. Introducción

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en el primero de los estudios planteados en esta tesis. Este estudio pretende contribuir a responder a la pregunta de investigación desde la perspectiva de los planes de estudios. Para ello se ha realizado una investigación exploratoria sobre cómo se están integrando las competencias RSSE en los planes de estudios de las titulaciones relacionadas con ingeniería informática e industrial en España.

A diferencia de otros estudios realizados sobre la inclusión de competencias de sostenibilidad en los grados universitarios, que analizan todos los grados de una misma universidad (Aznar et al. 2012, 2013), esta investigación se centra exclusivamente en dos tipos de titulaciones pero las estudia en diferentes universidades, teniendo en común el marco normativo de la universidad del estado español. Además, la investigación pretende conocer si esa inclusión de competencias afecta de forma efectiva a los contenidos y actividades que realiza el alumnado, analizando estos aspectos en las guías docentes de las asignaturas.

Teniendo en cuenta algunos de los retos que motivan y justifican la investigación de esta tesis, este estudio se orienta especialmente a analizar si la integración de las competencias RSSE se hace de forma **holística** – incluyendo las distintas dimensiones de estas competencias: social, ambiental, ética, normativa – y **sistemática** a lo largo del currículo, trabajándose en diferentes momentos a lo largo del mismo.

Por último, y dada la orientación hacia la práctica de esta tesis, se pretende que este estudio permita generar propuestas e identificar prácticas docentes que se consideren relevantes para orientar e inspirar nuevas experiencias en otros contextos. El hecho de que estas prácticas se estén desarrollando en entornos académicos que comparten directrices similares, puede facilitar la percepción de que es posible y viable el trabajo efectivo para desarrollar competencias RSSE en el marco actual de la universidad española.

Todo ello se concreta en los **objetivos específicos** que se presentaron en el capítulo anterior:

- ✓ Describir cómo incluyen las universidades las competencias RSSE a nivel estratégico (misión, visión, valores).
- ✓ Describir qué competencias RSSE se incluyen entre las competencias de las titulaciones de grado de ingenierías informáticas e ingenierías industriales.

- ✓ Describir cómo se concreta el trabajo de las competencias RSSE en las asignaturas del plan de estudios, atendiendo de forma especial si se hace de forma holística y sistemática a lo largo del plan de estudios.
- ✓ Identificar y analizar experiencias relevantes que sirvan de referencia en el desarrollo de estas competencias en los grados de ingeniería.
- ✓ Identificar y analizar diferencias y similitudes entre los resultados de las distintas ingenierías.

La metodología seguida se explicó con detalle en el capítulo anterior (sección 5.4) por lo que este capítulo aborda directamente la exposición de los resultados obtenidos en el estudio con relación a cada uno de sus objetivos (secciones 6.2 a 6.7) y su análisis global (sección 6.8). Posteriormente, estos resultados se analizarán y contrastarán de forma conjunta con los de los otros estudios para elaborar una respuesta global a la pregunta de investigación de la tesis.

En relación con este capítulo se han incluido diversos anexos agrupados en el anexo 1. El anexo 1.1 recoge la relación de universidades y titulaciones analizadas. El anexo 1.2 es específico de competencias RSSE, recogiendo las competencias de los reales decretos relativas a titulaciones específicas y de máster, y la redacción de competencias RSSE propias de cada universidad. Los anexos 1.3 y 1.4 presentan ejemplos de experiencias que se han considerado relevantes e inspiradoras. El primero de ellos presenta, a modo de ejemplo, descripciones de 12 titulaciones representativas de lo que en este estudio se ha considerado una integración holística y sistemática de las competencias RSSE en los planes de estudios. El siguiente recoge ejemplos de asignaturas de todas las categorías estudiadas, bien de sus temarios o bien de sus opciones metodológicas.

## **6.2. Integración de los aspectos RSSE en las estrategias de las universidades**

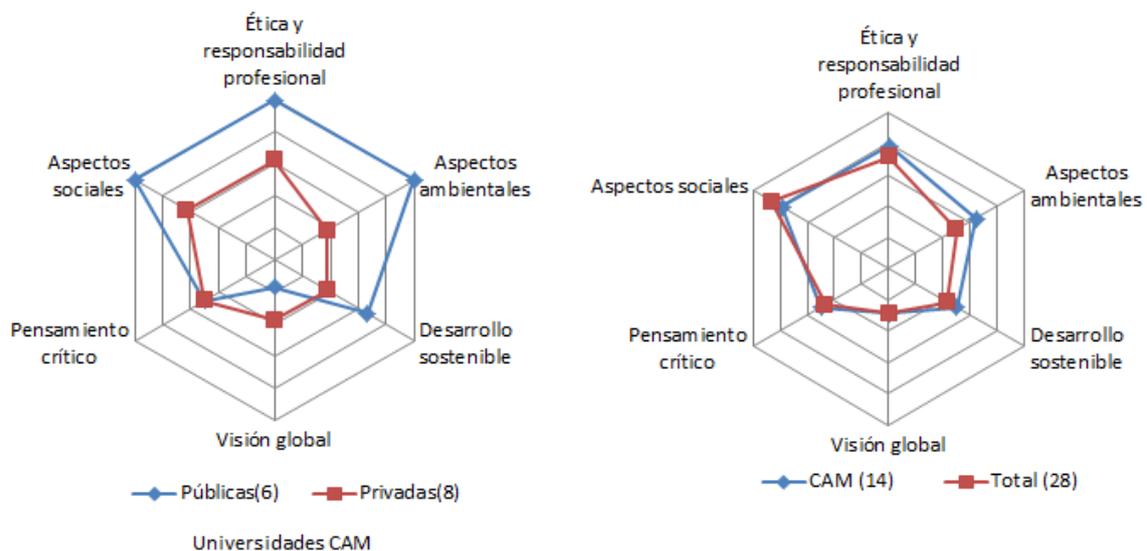
El primero de los objetivos es describir cómo incluyen las universidades las temáticas relacionadas con las competencias RSSE a nivel estratégico, para lo cual se ha estudiado cómo aparecen algunos conceptos y temáticas relacionadas con la responsabilidad social, la sostenibilidad o la ética profesional en la estrategia de las universidades, teniendo en cuenta lo que informan acerca de su misión, visión, valores, modelos educativos, planes estratégicos, etc. En este caso, se han considerado las siguientes categorías: éticos y de responsabilidad profesional, sociales, ambientales, desarrollo sostenible (en general), pensamiento crítico y visión global.

Se ha observado que no es frecuente la referencia clara a la integración curricular o al ámbito docente. Por ejemplo, la mayoría de las universidades incluyen actuaciones en relación con la sostenibilidad pero no siempre considerándola explícitamente como parte de la docencia.

La figura 6.1 refleja que lo más frecuente son las referencias a los aspectos sociales de la formación, orientada a contribuir al bienestar social y al progreso de la sociedad, junto con la

responsabilidad profesional y aspectos éticos. La formación en aspectos ambientales y de desarrollo sostenible aparece, junto con el pensamiento crítico, en un segundo nivel (con una frecuencia en torno al 50%). El aspecto que aparece en menor proporción es la visión y el pensamiento global. En la apuesta estratégica por la sostenibilidad, destacan las universidades politécnicas y, en general, las públicas frente a las universidades privadas estudiadas – en particular en las de la Comunidad Autónoma de Madrid (CAM) –. Los ejemplos de titulaciones del anexo 1.3 incluyen una selección de párrafos representativos de las estrategias de las universidades en las que se imparten dichas titulaciones.

*Figura 6.1. Inclusión de distintos aspectos relacionados con la sostenibilidad, responsabilidad social y ética profesional en las estrategias de las universidades estudiadas.*



### 6.3. Inclusión de competencias RSSE en las competencias de los grados

En cuanto a las competencias especificadas en la definición de las titulaciones de grado, se ha observado que las recomendaciones “oficiales” sobre competencias (tabla 6.1) se asumen directamente en muchos grados, pero en otros se definen otras competencias relacionadas con la sostenibilidad, la responsabilidad social o la ética, con muy diversas redacciones y enfoques. De hecho, en las competencias para los grados de Industriales no hay recomendaciones explícitas sobre seguridad, salud laboral o prevención de riesgos, ni tampoco sobre la responsabilidad profesional o aspectos éticos. Sin embargo, estos aspectos sí aparecen en las recomendaciones para las titulaciones de máster, reflejando la situación particular de las ingenierías industriales, en las que el desarrollo de competencias se distribuye entre las titulaciones de grado y posgrado, necesarias para la habilitación profesional. En el anexo 1.2 se presenta una tabla que complementa a la tabla 6.1 recogiendo otras competencias RSSE propuestas para tecnologías específicas y para los títulos de máster.

Tabla 6.1. Competencias recomendadas en las directrices para los grados adaptados al Espacio Europeo de Educación Superior y que están relacionadas con la sostenibilidad, la responsabilidad social y la ética profesional. Selección del autor.

Todos los grados (Real Decreto 1393/2007)	
Capacidad de reunir e interpretar datos relevantes para emitir juicios que incluyan una <b>reflexión</b> sobre temas relevantes de índole <b>social</b> , científica o <b>ética</b>	
INGENIERÍA INDUSTRIAL Grados (BOE-A-2009-2893)	INGENIERÍA INFORMÁTICA Grados (BOE-A-2009-12977)
Capacidad de analizar y valorar el <b>impacto social y medioambiental</b> de las soluciones técnicas.	Capacidad de analizar y valorar el <b>impacto social y medioambiental</b> de las soluciones técnicas comprendiendo la <b>responsabilidad ética</b> y profesional de la actividad del Ingeniero TI.
Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la <b>legislación</b> necesaria en el ejercicio de la profesión.	Capacidad para conocer, comprender y aplicar la <b>legislación</b> necesaria durante el desarrollo de la profesión de Ingeniero Técnico en Informática y manejar especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.
Comunes a la Rama Industrial	Comunes a la Rama de Informática
Conocimientos básicos y aplicación de tecnologías <b>medioambientales y sostenibilidad</b> .	Capacidad para diseñar, desarrollar, seleccionar y evaluar aplicaciones y sistemas informáticos, asegurando su fiabilidad, <b>seguridad</b> y calidad, conforme a <b>principios éticos</b> y a la <b>legislación</b> y normativa vigente.  Capacidad para planificar, concebir, desplegar y dirigir proyectos, servicios y sistemas informáticos en todos los ámbitos, liderando su puesta en marcha y su mejora continua y <b>valorando su impacto económico y social</b> .  Conocimiento de la <b>normativa</b> y la <b>regulación</b> de la informática en los ámbitos nacional, europeo e internacional.

No obstante, se ha observado que hay titulaciones de grado de ingenierías industriales que definen sus propias competencias e incluyen los aspectos que no recogen las recomendaciones “oficiales” para los grados. Por ejemplo, la Universidad de Valladolid incluye entre las competencias de sus grados la “*capacidad para actuar con responsabilidad social en base al conocimiento de las relaciones entre ingeniería y sociedad, en los aspectos de ética, historia, legislación, seguridad y riesgos laborales e impacto social de la ingeniería*”.

En general, muchas universidades definen sus propias competencias para las titulaciones de grado. Sus redacciones pueden reflejar el nivel de conciencia sobre la necesidad de incluir aspectos RSSE y darles un determinado enfoque. En el anexo 1.2 se recogen algunas de las redacciones encontradas, agrupadas por aspectos con los que se relacionan. Se considera

que puede ser una buena referencia para ver la diversidad de matices posibles dentro del desarrollo de las competencias RSSE. Como ejemplo, en el cuadro 6.1 se presentan algunas redacciones de competencias que poder servir de ejemplo de un enfoque holístico y sistémico de la sostenibilidad.

*Cuadro 6.1. Ejemplos de competencias que incluyen algunas universidades politécnicas en todos sus grados y que reflejan un enfoque holístico y sistémico de las competencias RSSE.*

**Competencia aplicar criterios éticos y de sostenibilidad en la toma de decisiones (UPCT):**

*Capacidad para responder a los desafíos **económicos, sociales y ambientales** de la sociedad teniendo presente la dimensión moral en sus actuaciones profesionales de manera **responsable y comprometida** con las generaciones presentes y futuras.*

*Nivel 1: el estudiante debe ser capaz de identificar, desde un punto de vista económico, social y ambiental, qué retos sobre el desarrollo humano sostenible resultan prioritarios, con especial referencia a los propios del ejercicio profesional.*

*Nivel 2: el estudiante debe ser capaz de interpretar y aplicar los procedimientos para generar una **cultura ética** en las organizaciones y su aplicación en el contexto del ejercicio profesional con la finalidad de contribuir al desarrollo humano sostenible.*

*Nivel 3: el estudiante debe ser capaz de desarrollar e implantar la **responsabilidad social corporativa**, como instrumento desde donde emprender actividades organizativas que favorezcan el desarrollo humano sostenible.*

**Competencia Sostenibilidad y compromiso social (UPC):**

*Conocer y comprender la complejidad de los fenómenos **económicos y sociales** típicos de la sociedad del bienestar; capacidad para **relacionar el bienestar con la globalización y la sostenibilidad**; habilidad para utilizar de forma equilibrada y compatible la técnica, la tecnología, la economía y la sostenibilidad.*

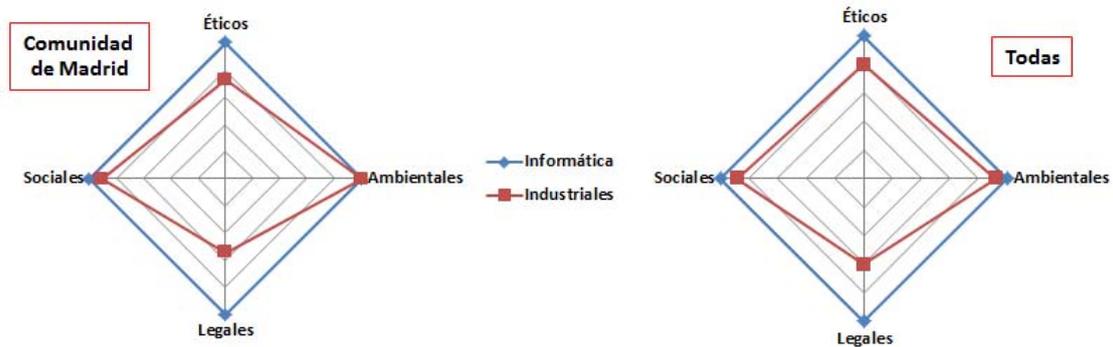
*Nivel 1: Analizar **sistémica y críticamente** la situación global, atendiendo la sostenibilidad de forma interdisciplinaria así como el desarrollo humano sostenible, y reconocer las implicaciones sociales y ambientales de la actividad profesional del mismo ámbito.*

*Nivel 2: Aplicar **criterios de sostenibilidad y los códigos deontológicos** de la profesión en el diseño y la evaluación de las soluciones tecnológicas.*

*Nivel 3: Tener en cuenta las **dimensiones social, económica y ambiental** al aplicar soluciones y llevar a cabo proyectos coherentes con el desarrollo humano y la sostenibilidad.*

Al estudiar las competencias RSSE que se declaran como competencias en la definición de cada titulación, se observa que todos los aspectos RSSE considerados en este estudio (éticos, ambientales, sociales y legales) aparecen en todas las titulaciones de grado de ingenierías informáticas (figura 6.2).

Figura 6.2. Porcentaje de titulaciones que incluyen competencias RSSE entre sus competencias.



Pero esto no ocurre en los grados de Industriales, reflejando la particularidad comentada anteriormente con relación a las recomendaciones “oficiales” para estos grados y la inclusión de los aspectos éticos y de seguridad en las competencias de las titulaciones de máster. Teniendo en cuenta los cuatro aspectos que hemos considerado en nuestro estudio, se ha observado que las competencias relativas a los aspectos ambientales y sociales suelen ir a la par (muchas veces aparecen juntos) y son las más frecuentes estando presentes en el 90% de las titulaciones de grado estudiadas. No siempre se incluyen las competencias de ética (80% de las titulaciones) y las que menos aparecen explícitamente son las relacionadas con legislación y normativas (60%) (figura 6.2). En general, las universidades privadas tienen porcentajes algo más bajos, mientras que las politécnicas incluyen todos los aspectos, excepto el de legislación y normativas.

Sin embargo, el que todos los aspectos estén incluidos en las competencias no implica que todos se incluyan en los temarios. Por ejemplo, sólo en el 26% de las titulaciones de Informática se han encontrado referencias a temas ambientales en los programas de alguna asignatura. Esta discrepancia entre lo que se incluye como competencias – de un grado o una asignatura – y lo que luego se explicita en los programas, aparecerá en muchos de los análisis realizados en este estudio. En el anexo 1.2 pueden verse algunos ejemplos de las competencias que incluyen diversas titulaciones en la definición de las mismas.

Las secciones siguientes muestran los resultados de estudiar qué aspectos se incluyen explícitamente en el temario de las asignaturas del plan de estudios. En primer lugar, se explica cómo se incluyen a lo largo de dicho plan de estudios y, más adelante, cómo se trabajan en las asignaturas de las distintas categorías definidas para esta investigación.

#### 6.4. Integración sistemática de las competencias RSSE en los planes de estudios

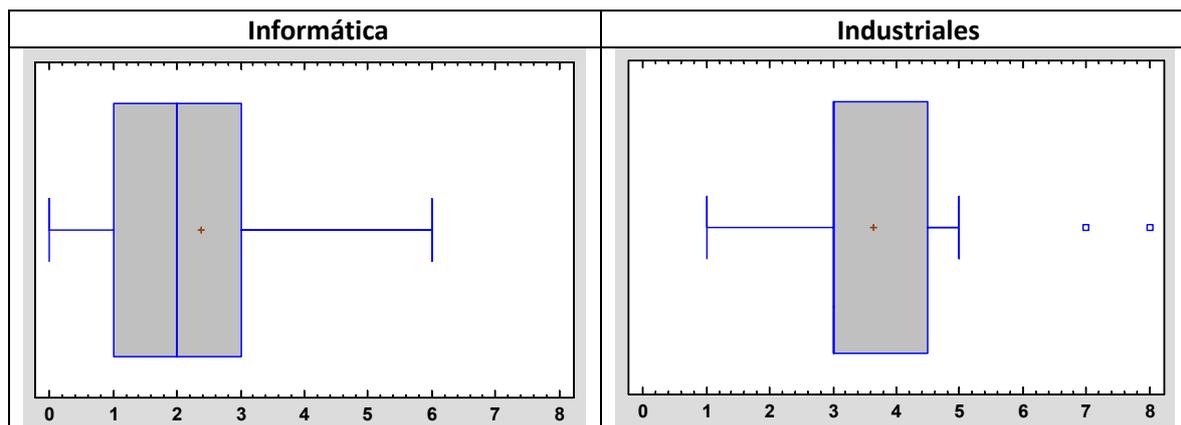
Para estudiar la integración sistemática de las competencias RSSE a lo largo del plan de estudios se han obtenido datos sobre el número de asignaturas obligatorias que incluyen específicamente en el temario algún aspecto RSSE y las categorías de asignaturas que los incluyen más frecuentemente.

La tabla 6.2 y la figura 6.3 aportan información sobre el **número de asignaturas obligatorias que incluyen aspectos RSSE en sus programas**. Se observa que más del 75% de los grados de Industriales, tienen 3 o más asignaturas que los incluyen, mientras que en las titulaciones de Informática el porcentaje está en torno al 40%.

*Tabla 6.2: Medidas centrales y desviación típica del número de asignaturas obligatorias por titulación que incluyen explícitamente algún aspecto RSSE en temario.*

		Media	Mediana	Moda	Desviación típica
Informática	CAM (12)	2,6	2	2	1,4
	Todas (27)	2,4	2	1	1,5
Industriales	CAM (12)	3,9	4	4	2
	Todas (28)	3,6	3	3	1,5

*Figura 6.3: Gráfico Box-Plot, para todas las titulaciones estudiadas, del número de asignaturas obligatorias por titulación que incluyen explícitamente algún aspecto RSSE en temario.*

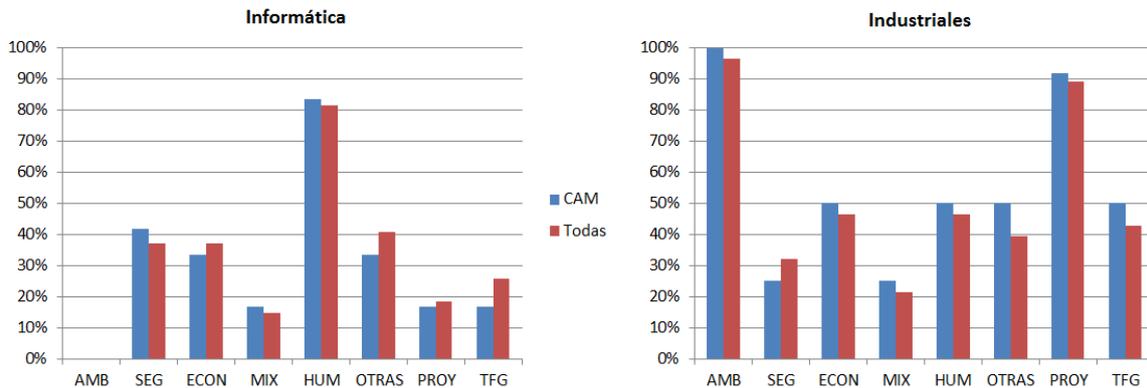


Tomando como referencia los valores centrales, se podría decir que una titulación de Informática trabaja las competencias RSSE en 2 o 3 asignaturas, mientras que las titulaciones de Industriales lo hacen en 3 o 4. No obstante, la desviación típica refleja que hay bastante diversidad.

Al estudiar qué **tipo de asignaturas** son las **que incluyen específicamente en temario aspectos RSSE**, se obtienen diferentes resultados en los grados de Industriales y en los grados de Informática. La figura 6.4 muestra gráficamente dichas diferencias y la tabla 6.3 presenta algunos ejemplos de titulaciones que reflejan dicha situación (en el anexo 1.3 se presentan algunos más).

En las ingenierías industriales, casi la totalidad de los grados estudiados trabajan aspectos RSSE en asignaturas de *proyectos* y de temáticas *ambientales*. En asignaturas de *economía* o el *TFG*, el porcentaje está en torno al 50%. En el resto de las categorías, los porcentajes son más bajos y la inclusión de los aspectos RSSE aparece en gran medida en asignaturas optativas.

Figura 6.4: Porcentaje de las titulaciones estudiadas que incluyen explícitamente algún aspecto RSSE en el temario de asignaturas de cada una de las categorías consideradas en este estudio.



En las ingenierías industriales, la **combinación de estas categorías** es muy diversa y se han podido identificar algunas de las asociaciones más frecuentes entre las categorías:

- se trabajan aspectos RSSE, simultáneamente, en asignaturas *Ambientales* y de *Proyectos* en el 78,5% de los grados,
- se trabajan aspectos RSSE, simultáneamente, en asignaturas *Ambientales*, *Proyectos* y *Economía* en el 36%,
- se trabajan aspectos RSSE, simultáneamente, en asignaturas *Ambientales*, *Proyectos*, *Economía* y *TFG* en el 25%,
- se trabajan aspectos RSSE, exclusivamente en asignaturas *Ambientales* y de *Proyectos* en el 18% de los grados.

En las ingenierías informáticas, la categoría en la que se trabajan más frecuentemente los aspectos RSSE es la de asignaturas de *Humanidades* (80% de las titulaciones, y casi el 70% en asignaturas obligatorias). El 40% de las titulaciones incluyen explícitamente esos aspectos en categorías de asignaturas que los introducen de forma transversal (*Seguridad*, *Economía* y *Otras*). Lo menos frecuente es que los aspectos RSSE se incluyan en asignaturas de *Proyectos* o el *TFG* (figura 6.4).

También se observa una gran **diversidad de modelos** en la forma en que las titulaciones de Informática combinan estas categorías en las asignaturas obligatorias:

- Si se considera como un bloque las categorías de asignaturas que introducen estos aspectos de forma transversal (*Seguridad*, *Economía* y *Otras*), se puede observar que el modelo más frecuente es trabajar aspectos RSSE en una asignatura de *Humanidades* y en otra/s asignatura/s de forma transversal; esto se da en el 37% de los grados estudiados.
- El otro modelo más común es que los aspectos RSSE se trabajen exclusivamente en asignaturas de *Humanidades* (26%) (ver el caso de la Universitat de València en la tabla 6.3).

- Solamente el 18% de las titulaciones incluyen estos aspectos simultáneamente en alguna asignatura de *Humanidades*, en alguna asignatura de forma transversal y en alguna asignatura de aplicación (*Proyectos* o *TFG*) (ver el caso de la Universidad de Deusto en la tabla 6.3).

Tabla 6.3. Inclusión de aspectos RSSE en los temarios de asignaturas del plan de estudios (las asignaturas obligatorias están sombreadas). Ejemplos de cuatro titulaciones.

INFORMÁTICA (DEUSTO)			Aspectos RSSE			
Curso	Cate- goría	Asignaturas	Ético	Social	Legal	Ambiental
2º	HUM	Elegir asignatura OPTATIVA de humanidades	X	X		
	OTRAS	Interacción y multimedia		X		
3º	OTRAS	Gestión del conocimiento	X		X	
	PROY	Gestión de proyectos software			X	
4º	HUM	Ética cívica y profesional	X	X	X	
	SEG	Seguridad de la información		X	X	
	TFG	Trabajo Fin de Grado			X	
INFORMÁTICA (U València)			Aspectos RSSE			
Curso	Cate- goría	Asignaturas	Ético	Social	Legal	Ambiental
1º	HUM	Ingeniería, sociedad y universidad	X	X		X
3º	HUM	Ética, Legislación y Profesión	X	X	X	
INDUSTRIALES (UPC-ETSEIB)			Aspectos RSSE			
Curso	Cate- goría	Asignaturas	Ético	Social	Legal	Ambiental
2º	ECON	Economía y empresa		X		
	HUM	Debates sobre Tecnología y Sociedad (OP)		X		X
	HUM	Preparación humana para el ámbito laboral (OP)	X	X		
3º	PROY	Proyectos II		X	X	X
	AMB	Tecnología del Medio Ambiente y Sostenibilidad		X	X	X
	AMB	Sostenibilidad en la Edificación (OP)		X		X
4º	PROY	Gestión de proyectos		X	X	X
	PROY	Herramientas para la gestión y planificación de proyectos (OP)		X		
	OTRAS	La robótica en la Ingeniería (OP)	X	X		
	OTRAS	Fundamentos de Ingeniería Nuclear (OP)				X
	TFG	Trabajo Fin de Grado (4º)		X	X	X
INDUSTRIALES (UPV-EHU)			Aspectos RSSE			
Curso	Cate- goría	Asignaturas	Ético	Social	Legal	Ambiental
4º	AMB	Ciencia y Tecnología Ambiental		X	X	X
	PROY	Proyectos de Ingeniería		X	X	X
	ECON	Organización de empresas		X		
	OTRAS	Centrales nucleares				X
	SEG	Gestión, seguridad, higiene, ergonomía (OP)		X	X	
	ECON	Gestión de personal (OP)		X		
	TFG	Trabajo Fin de Grado		X	X	X

## 6.5. Integración holística de las competencias RSSE en los planes de estudios

Para estudiar la integración holística de las competencias RSSE a lo largo del plan de estudios, se han obtenido datos sobre los **aspectos RSSE que aparecen en los programas de las asignaturas** con mayor frecuencia: cuántos y cuáles. La tabla 6.4 muestra los resultados sobre cuántos aspectos RSSE se trabajan en las asignaturas obligatorias de una titulación y las medidas centrales están en torno a 3 aspectos.

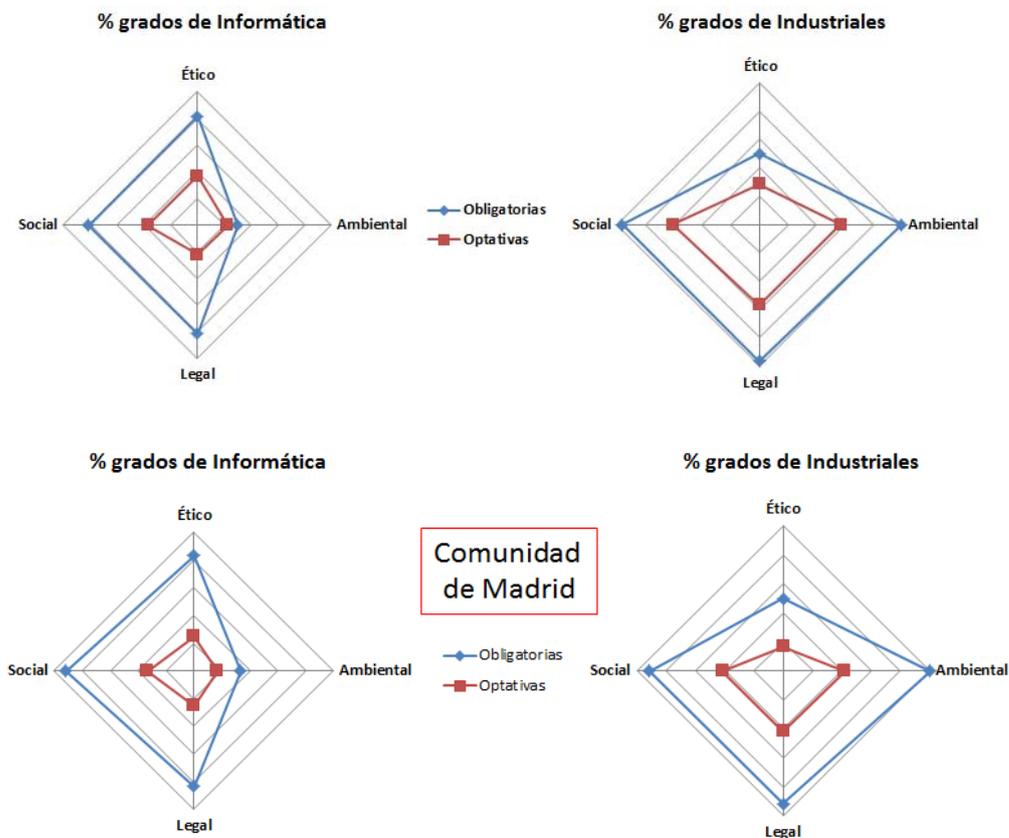
*Tabla 6.4. Frecuencias relativas (porcentaje sobre el número de titulaciones estudiadas) del número de aspectos RSSE que una titulación incluye en el temario de asignaturas obligatorias.*

Titulación		0	1	2	3	4	Media	Mediana	Desv.
Informática	CAM (12)	0%	0%	25,0%	41,7%	33,3%	3,1	3	0,8
	Todas 27)	3,7%	7,4%	18,5%	44,4%	26,0%	2,8	3	1
Industriales	CAM (12)	0%	0%	16,7%	33,3%	50,0%	3,3	3,5	0,8
	Todas 28)	0%	0%	7,1%	42,9%	50,0%	3,4	3,5	0,6

Al estudiar qué **tipo de aspectos** son los que se incluyen en temario, se obtienen diferentes resultados según el tipo de titulación, como refleja la figura 6.5. En los grados de Informática, los más frecuentes son los aspectos éticos, sociales y legales; cada uno de ellos son tratados en asignaturas obligatorias en un 80% de las titulaciones, mientras que los aspectos ambientales solo aparecen explícitamente en asignaturas obligatorias en el 30% de las titulaciones. Al analizar cuándo aparecen de forma conjunta, se observa que el 70% de las titulaciones trabajan al menos 3 aspectos (éticos, sociales y legales) y el 26% trabajan los cuatro (tabla 6.4). Si se consideran también las asignaturas optativas, se observa que cada uno de los aspectos éticos, sociales o legales aparece en el 90% de los grados estudiados y los ambientales en el 44%. Algunos ejemplos de cómo se concreta esa situación pueden verse en la tabla 6.3 y el anexo 1.3.

En los grados de Industriales lo más frecuente es que aparezcan los aspectos ambientales, sociales y legales (figura 6.5); cada uno de ellos son tratados en asignaturas obligatorias en casi el 100% de las titulaciones estudiadas, mientras que los aspectos éticos solo aparecen explícitamente en asignaturas obligatorias en el 50% de las titulaciones. Al analizar cuándo aparecen de forma conjunta, se observa que en más del 90% de las titulaciones trabajan al menos 3 aspectos (ambientales, sociales y legales) y el 50% trabajan los cuatro (tabla 6.4). Si se consideran también las asignaturas optativas no cambian estas cifras, salvo un ligero aumento en el número de grados que trabajan los aspectos éticos, pero sin llegar al 60%. De nuevo, pueden verse algunos ejemplos en la tabla 6.3 y el anexo 1.3.

Figura 6.5. Tipo de aspectos RSSE que una titulación incluye en el temario de sus asignaturas obligatorias y optativas.



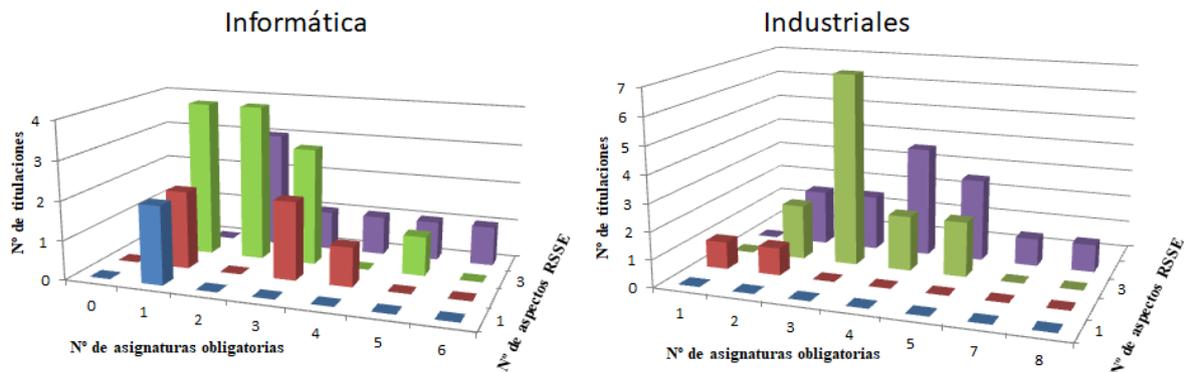
## 6.6. Integración sistemática y holística de las competencias RSSE en los planes de estudios

Por último, para poder identificar experiencias que combinen un tratamiento holístico y sistemático, se ha comparado el número de asignaturas obligatorias que trabajan competencias RSSE (como indicador de un tratamiento sistemático) con el número de aspectos que se trabajan en la titulación (como indicador de un tratamiento holístico). En la figura 6.6 se observa que hay bastante diversidad, especialmente en los grados de Informática.

En los grados de Industriales la mayor frecuencia (25%) es la de los grados que trabajan 3 aspectos RSSE en 3 asignaturas, pero casi la mitad de los grados (46%) trabajan al menos 3 aspectos RSSE y al menos 4 asignaturas trabajan alguno de ellos. En Informática, dicho porcentaje no llega al 15%.

Otro indicador que se ha utilizado para identificar experiencias que combinen un tratamiento holístico y sistemático es el **número de aspectos que se trabajan en al menos dos asignaturas**. Como referencia, se ha considerado que una situación deseable sería trabajar al menos 3 aspectos en distintos momentos del plan de estudios.

Figura 6.6: Diagrama de barras 3D para el Nº de asignaturas obligatorias (por titulación) que incluyen competencias RSSE en temario y el Nº de aspectos RSSE incluidos en el temario de asignaturas obligatorias.



Los resultados de la tabla 6.5 muestran que en los grados de Informática la mediana es de 1 aspecto (la media es 1,2), siendo los aspectos sociales los que con mayor frecuencia aparecen en dos o más asignaturas, seguidos de los aspectos éticos. Además, menos del 20% de las titulaciones se encuentran en la situación “deseable”. No obstante, se han identificado 4 casos en los que se trabajan al menos 3 aspectos en 2 o más asignaturas: DEUSTO, UPC-FIB, UPC-EPSEVG, UPM-ETSISI. Algunos de ellos se muestran en la tabla 6.3 y el anexo 1.3.

Sin embargo, en Industriales más del 60% de los grados trabajan los aspectos ambientales, sociales y legales en 2 o más asignaturas, y en un par de casos se trabajan también los éticos (UPM y URJC). Para identificar otras titulaciones que se signifiquen por un tratamiento sistemático de los distintos aspectos RSSE, se ha estudiado también en qué grados se trabajan en 3 o más asignaturas, identificándose este hecho en 5 grados: UDIMA, UEM, UV, UPV-EHU, UPC-ETSEIB, UPC-EEI. Algunos de ellos se muestran también en la tabla 6.3 y el anexo 1.3.

Tabla 6.5. Frecuencias para la variable número de aspectos RSSE que se trabajan en 2 o más asignaturas a lo largo del plan de estudios.

Informática			Industriales		
Valor	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Valor	Frecuencia	Frecuencia Relativa
0	9	33,3%	0	2	7,1%
1	8	29,6%	1	4	14,3%
2	6	22,2%	2	4	14,3%
3	3	<b>11,1%</b>	3	16	<b>57,1%</b>
4	1	<b>3,7%</b>	4	2	<b>7,1%</b>
Media = 1,2 Mediana= 1 Desv.= 1,1			Media = 2,4 Mediana= 3 Desv.= 1,1		

## 6.7. Inclusión de las competencias RSSE en los temarios según el tipo de asignaturas

El estudio por separado de cada una de las categorías definidas permite tener una visión más detallada de cómo se están trabajando las competencias RSSE y sus distintos aspectos, obteniendo también información cualitativa que puede ser relevante. En general, para cada categoría se ha estudiado:

- si aparecen asignaturas obligatorias u optativas en el plan de estudios,
- la coherencia entre las competencias que se declaran en la guía docente y su inclusión efectiva en el programa,
- el tipo de aspectos RSSE que se trabajan en las asignaturas de dicha categoría,
- el número de aspectos RSSE que se trabajan de forma conjunta en las asignaturas de dicha categoría,
- aspectos metodológicos de interés,
- algunas experiencias destacadas.

### 6.7.1. Estudio de las asignaturas de la categoría *Ambiental*

Se consideran en esta categoría asignaturas directamente relacionadas con la dimensión ambiental de la sostenibilidad, orientadas a aportar conocimientos básicos y aplicación de tecnologías medioambientales y sostenibilidad. Se han encontrado asignaturas de esta categoría solamente en los grados de Industriales. Algunos ejemplos son “Ingeniería ambiental”, “Tecnología ambiental”, “Medioambiente y sostenibilidad” o “Gestión ambiental”.

A excepción de tres grados de ingeniería electrónica, todas las titulaciones estudiadas incluyen alguna asignatura obligatoria de esta categoría en sus planes de estudios. Además, la mitad de ellas ofertan también asignaturas optativas de esta categoría, y en éstas la temática más frecuente es la relativa a energías renovables o alternativas.

Obviamente, todas estas asignaturas incluyen **aspectos ambientales** tanto en competencias como en los programas, pero éstos son **fundamentalmente técnicos**. No obstante, hay ejemplos de asignaturas en las que se va más allá y se promueve una reflexión sobre estos aspectos y su interrelación con aspectos sociales o éticos.

Se han observado, principalmente, dos **formas de introducir la reflexión** sobre la sostenibilidad ambiental en los temarios. Una de ellas es incluir un capítulo específico, generalmente el de introducción a la asignatura, que aborda los conceptos de sostenibilidad o desarrollo sostenible, problemáticas y políticas ambientales. La otra consiste en introducir en cada tema algunos puntos relacionados con el análisis y valoración cualitativa de las problemáticas y los impactos. En el anexo 1.4 se muestran algunos ejemplos concretos, tomados de asignaturas obligatorias de distintas universidades.

En relación con los otros aspectos RSSE, se han observado **incoherencias** entre lo que se especifica en las competencias y lo que luego de hecho se incluye en el temario. Los aspectos éticos suelen incluirse en las competencias, pero no suelen reflejarse en el temario (solo en el 4% de las asignaturas de esta categoría), y los legales no suelen incluirse en competencias pero sí en el temario. De hecho, se trabajan más frecuentemente que los sociales (50% frente al 36%). El tipo de aspectos sociales que se incluyen en los temarios y el enfoque con el que se tratan son muy diversos, sin que se pueda hablar de una tendencia predominante. En algunos casos, se abordan impactos sociales concretos y en otros se propone una reflexión más general o conceptual sobre dichos impactos o sobre las implicaciones sociales de la sostenibilidad ambiental. Algunos ejemplos son:

- temas de seguridad y riesgos laborales,
- impactos sobre la salud,
- impacto de la actividad humana sobre el medio,
- desarrollo sostenible: estilos de vida y sostenibilidad,
- políticas de sostenibilidad y estrategias para la defensa del medio ambiente,
- enfoque desde la calidad, visión del cliente y del proveedor, sistemas integrados de calidad (medioambiente y seguridad),
- contexto social y tecnológico de las energías renovables.

En general, las **metodologías y métodos de evaluación** que se proponen en estas asignaturas no difieren mucho de los habituales en las universidades españolas: clases magistrales, prácticas, resolución de problemas, exámenes y presentación de trabajos. Sin embargo, hay algunas experiencias interesantes en donde se explicitan actividades propicias para la reflexión, la toma de conciencia y una visión integral de la sostenibilidad, como pueden ser el trabajo sobre casos reales, las visitas a empresas e instalaciones, o seminarios sobre temáticas específicas, en donde también se promueve la reflexión crítica. También hay alguna experiencia de aprendizaje basado en proyectos, en donde la realización de un proyecto a lo largo del cuatrimestre habrá de presentarse a final de curso mediante un póster de formato científico (anexo 1.4).

Por último, se ha constatado que no es común que en los criterios de evaluación se detallen qué competencias se evalúan. Sin embargo, sí se han encontrado algunos casos. Por ejemplo, en uno de ellos, uno de los criterios de evaluación, *“aportar soluciones que apuesten por la calidad de las instalaciones y por minimizar el impacto medioambiental de las mismas”*, se relaciona con la competencia *“tener una actitud ética y responsable de respeto a las personas y al medio ambiente”*, entre otras.

### **6.7.2. Estudio de las asignaturas de la categoría de Seguridad**

En esta categoría se han incluido asignaturas técnicas relacionadas con aspectos de seguridad, como materia con un impacto social relevante dentro de ambas ingenierías, aunque con distintos matices en cada una de ellas. En Industriales se centran fundamentalmente en la prevención de riesgos laborales, seguridad e higiene industrial; por

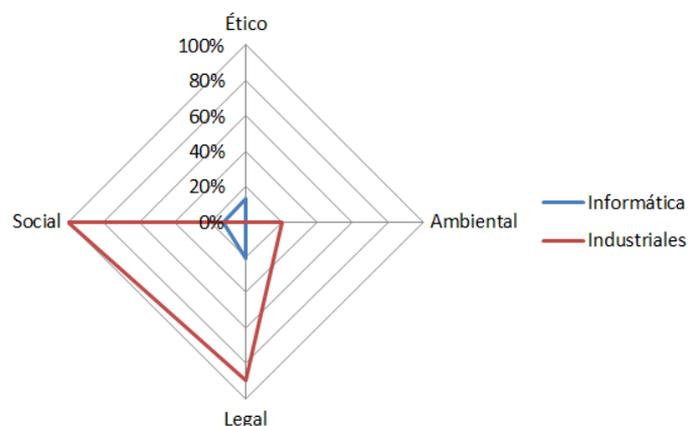
ejemplo: “Calidad y seguridad industrial”, “Prevención de riesgos laborales”, “Gestión, seguridad, higiene, ergonomía”. En Informática, el ámbito de la seguridad está ligado a la protección de datos y de los sistemas de información y comunicaciones, con claras implicaciones sociales, legales o éticas en temas como privacidad, propiedad intelectual o ciberdelincuencia; algunos ejemplos son: “Seguridad en redes y criptografía”, “Seguridad informática y protección de datos”, “Sistemas de gestión de seguridad de sistemas de información”.

En todos los grados de Informática que se han estudiado se han encontrado asignaturas de esta categoría, aunque eran obligatorias en poco más de la mitad de ellos (56%). En el caso de los grados de Industriales, sólo en el 36% de ellos se han encontrado asignaturas específicas de esta categoría.

Sin embargo, se trabajan más las competencias RSSE en las asignaturas de Industriales que en las de Informática y de forma más **coherente**. En los grados de Industriales, la totalidad de las asignaturas de esta categoría incluyen en temario aspectos RSSE, mientras que en los grados de Informática, en torno al 70% de dichas asignaturas incluyen competencias RSSE entre sus competencias, pero no llega al 30% las que incluyen algún aspecto RSSE en el programa; esto se da especialmente en los aspectos éticos, que suelen incluirse en las competencias pero no suelen reflejarse en el programa. Esta situación se refleja en la figura 6.7 y en la figura 6.14, en la última sección de este capítulo, en la que se comparan estos datos para las diferentes categorías de asignaturas.

Cuando se analiza qué tipo de aspectos se abordan en esta categoría de asignaturas, se observa que, en Industriales, los aspectos sociales se abordan en todas las asignaturas de esta categoría (salud, seguridad física, etc.) y los legales en el 90% de ellas, no habiéndose encontrado casos en los que se aborden aspectos éticos y solo unos pocos que incluyan aspectos ambientales (figura 6.7).

*Figura 6.7. Porcentaje de asignaturas de la categoría de Seguridad que incluyen los distintos aspectos RSSE en sus temarios.*



En Informática, **lo más frecuente es incluir aspectos legales**, fundamentalmente la LOPD (Ley Orgánica de Protección de Datos) y la LSSI (Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico), bien en la introducción de la asignatura o bien en un apartado específico, que a veces se liga con aspectos éticos: *“Aspectos legales, éticos y organizativos”, “Aspectos éticos y legales”*. El enfoque de las asignaturas de esta categoría es fundamentalmente técnico y, en general, **no se explicitan espacios para la reflexión**. Una excepción, que se considera de interés, se encuentra en la asignatura “Sistemas de gestión de seguridad de sistemas de información” (UPV-EHU, optativa), en donde se especifica que:

*“las actividades propuestas estarán ligadas a cuatro líneas de reflexión, trabajo y aprendizaje”,*

entre las que se incluyen la

*“seguridad informática personal y las implicaciones sociales, políticas y éticas de los aspectos de seguridad informática”.*

En dicha asignatura, la metodología está basada en la realización de proyectos en grupo y la evaluación continua se basa al 100% en los mismos. En la descripción de dicha asignatura se expresa un posible enfoque de las competencias RSSE en este tipo de asignaturas:

*“Entre las competencias asignadas a las asignatura SGSSI se incluyen, además, algunas relacionadas con la práctica profesional que, aunque no de forma exclusiva en el plan de estudios, también se incorporan al alcance a abordar. En el propio área de la seguridad, además de las competencias denominadas técnicas, se incluyen las contextuales y las de comportamiento, entre las que tienen su espacio la ética, la legalidad y los conocimientos de normas y prácticas profesionales. El enfoque para estos aspectos es meramente introductorio, siendo el objetivo que los estudiantes tomen conciencia de que, además de los aspectos técnicos, con los que están más acostumbrados a lidiar, hay otros especialmente importantes en el ejercicio profesional que tienen relación directa con la práctica y la gestión de la seguridad”.*

En las titulaciones de Industriales, bastantes asignaturas de esta categoría proponen **metodologías basadas en proyectos y trabajos sobre casos reales**, pidiendo la elaboración de un plan de seguridad o salud en un contexto determinado, y también es frecuente la realización de visitas a empresas o instituciones.

En el anexo 1.4 se recogen algunos ejemplos de asignaturas de ambos ámbitos, Industriales e Informática, en donde se integran aspectos RSSE en el programa y actividades de las mismas.

### **6.7.3. Estudio de las asignaturas de la categoría de *Economía y Empresa***

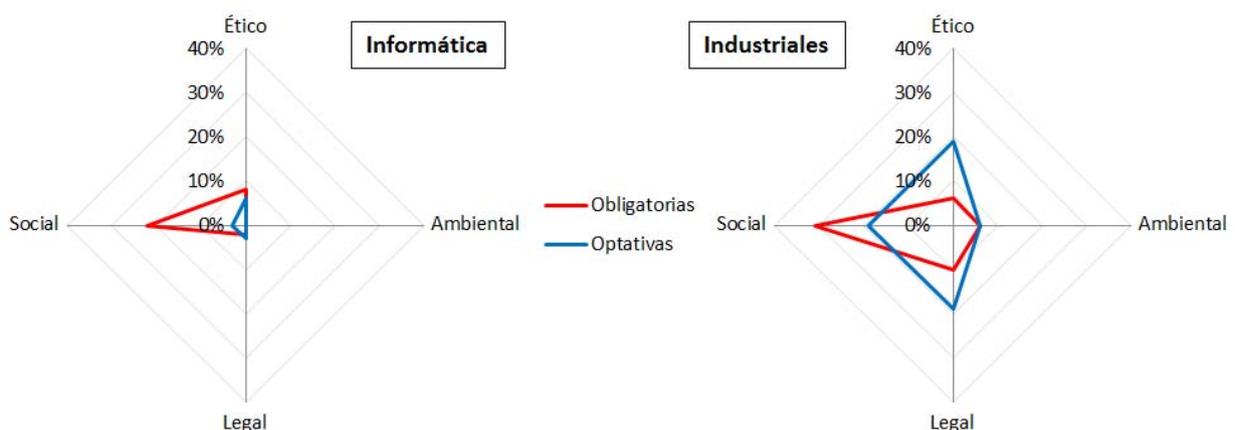
Todos los grados estudiados tienen asignaturas obligatorias de esta categoría, tanto en Informática como en Industriales, ya que son asignaturas relacionadas con la competencia

de formación básica “*Conocimiento adecuado del concepto de empresa, marco institucional y jurídico de la empresa. Organización y gestión de empresas*”, que está incluida en las recomendaciones de ambos ámbitos. Algunos ejemplos son: “Fundamentos de economía y empresa”, “Fundamentos de gestión empresarial”, “Modelos de gestión”, “Organización de empresas tecnológicas”.

En las dos ingenierías se observan **incoherencias** similares en cuanto a la inclusión de las competencias RSSE en las competencias y el temario de las asignaturas. Más de la mitad de las asignaturas incluyen competencias RSSE, pero poco más del 20% incluye específicamente algún aspecto RSSE en el programa, como muestra la figura 6.14 en la sección de análisis global.

Al estudiar qué aspectos RSSE se abordan en estas asignaturas, se observa que lo más frecuente en los grados de Industriales es tratar **temáticas sociales** (figura 6.8). Aunque las asignaturas de esta categoría que trabajan varios aspectos de forma conjunta no son muy numerosas, en algunos casos los temas sociales aparecen ligados a aspectos legales (relativos a seguridad y salud laboral), a aspectos éticos (ética empresarial y Responsabilidad Social Corporativa) o aspectos ambientales (en apartados como “*Entorno social y medioambiental de la empresa*” o “*Gestión ambiental y seguridad industrial*”). En las asignaturas optativas, sin embargo, se abordan más frecuentemente las cuestiones éticas y legales. En algunas titulaciones hay algunas asignaturas (obligatorias u optativas) dedicadas exclusivamente a la Responsabilidad Social Corporativa.

Figura 6.8. Porcentaje de asignaturas de la categoría de Economía y Empresa que incluyen los distintos aspectos RSSE en sus temarios.



En los grados de Informática se tratan fundamentalmente aspectos **sociales o éticos**, generalmente relacionados con la RSC, las relaciones con los grupos de interés y la creación de valor social. En la tabla 6.3 y el anexo 1.3 se muestran algunos ejemplos en titulaciones de ambas ingenierías.

Aunque, en general, no se ha observado mucho espacio para la **reflexión**, sí hay algunas propuestas interesantes relativas a una economía inclusiva – apartados específicos sobre “¿qué, cómo y para quién producir?” o relativos al análisis del desempleo y la pobreza – o sobre la capacidad de transformación social de las tecnologías de la información en los negocios.

Respecto a las **metodologías docentes**, hay algunas experiencias relevantes que integran las distintas dimensiones de la sostenibilidad y utilizan metodologías activas de estudio de caso, debates, *role-playing*, talleres sobre ética o RSC, o proyectos de modelos de negocio que tengan en consideración los aspectos ambientales, éticos y de responsabilidad social. Pueden verse más detalles en el anexo 1.4.

#### **6.7.4. Estudio de las asignaturas de la categoría de *Humanidades***

En esta categoría se encuentran asignaturas no técnicas relativas a distintos ámbitos de las humanidades o ciencias sociales. Hay una gran variedad temática, que se podría agrupar en asignaturas centradas en:

- la ética profesional (“Ejercicio y deontología profesional”, “Ética cívica y profesional”),
- el ámbito de tecnología y sociedad (“Ingeniería, industria y sociedad”, “Sociología de la profesión del ingeniero”),
- aspectos legales (“Auditoría y legislación informática”, “Derecho informático”), humanidades e historia (“Humanidades y ciencias sociales”, “Historia de la ingeniería industrial”) o
- combinaciones entre ellos (“Ética, legislación y profesión”, “Aspectos sociales, legales, éticos y profesionales de la informática”).

En estas asignaturas se han encontrado **diferencias significativas** entre las titulaciones de Industriales e Informática. En primer lugar, solo la tercera parte de los grados de Industriales estudiados ofertan asignaturas de esta categoría (el 21% como obligatorias), mientras que el 81% de los grados de Informática estudiados sí ofertan y el 63% de ellos lo hacen como asignaturas obligatorias.

Se ha incluido en esta categoría de asignaturas una modalidad de oferta de optatividad que utilizan varias universidades y que no es específica de un plan de estudios determinado. El modelo consiste en que todos los estudiantes de dicha universidad tienen que cursar obligatoriamente un número de créditos de “*humanidades*” (UC3M), de “*formación en valores*” (DEUSTO) o de “*desarrollo del espíritu participativo y solidario*” (NEBRIJA), y para cursarlos pueden elegir entre una variada oferta de asignaturas, cursos o actividades. En estos casos, la diversidad de la oferta es muy amplia.

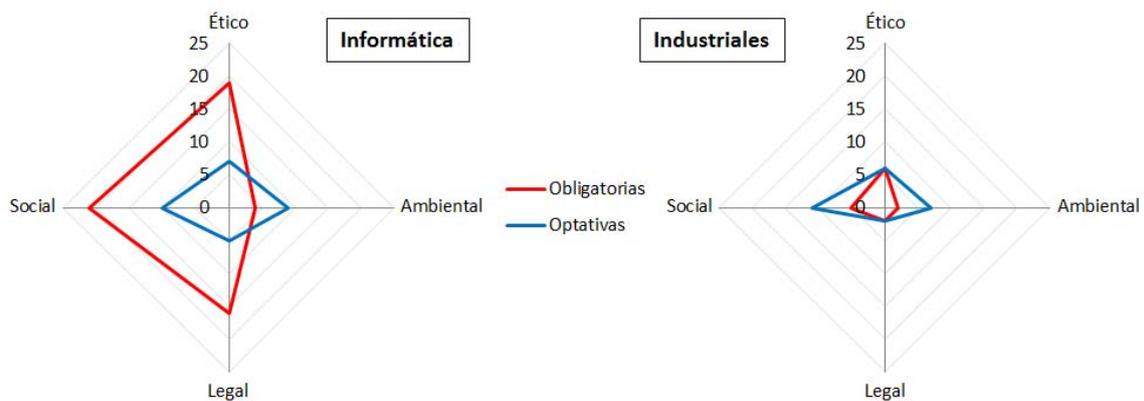
Algunos ejemplos de asignaturas incluidas en este modelo que están relacionadas con las temáticas de sostenibilidad, responsabilidad social o ética, son “¿Qué futuro nos espera?”

Sociedad, medio ambiente y cambio climático” (UC3M), “Globalización, ciudadanía y competencia intercultural” (DEUSTO) o “Derechos Humanos” (NEBRIJA).

Otro modelo es el de ICAI, que integra un “Diploma en Habilidades Personales y Profesionales” en la formación en Ingeniería Industrial (grado, máster y otro diploma en habilidades de comunicación e idiomas); dicho diploma incluye una asignatura de “Ética y RSC” y otra de “Aprendizaje Servicio”.

Por la propia temática, las asignaturas consideradas en esta categoría de *Humanidades* incluyen competencias RSSE entre sus competencias y algún aspecto RSSE en sus programas. La figura 6.9 muestra que los aspectos más frecuentemente tratados en las asignaturas de esta categoría son los **sociales** y los **éticos**.

Figura 6.9. Número de asignaturas de la categoría de Humanidades que incluyen los distintos aspectos RSSE en sus temarios.



En Informática, los aspectos legales son también bastante frecuentes (55% de las asignaturas) y los ambientales aparecen sobre todo en asignaturas optativas, fundamentalmente desde la perspectiva del desarrollo sostenible. En Industriales el tercer aspecto más tratado es el ambiental (40% de las asignaturas) y los aspectos legales son poco frecuentes en estas asignaturas (20%).

Las asignaturas de esta categoría son propicias para dar una **visión holística** de la responsabilidad social y la sostenibilidad, observándose que más del 75% de estas asignaturas tratan al menos dos aspectos RSSE de forma conjunta y más de la mitad, al menos 3 de ellos (ver más adelante la figura 6.15).

Los **contenidos** que se abordan son muy diversos, pero las líneas temáticas más frecuentes, tanto en Industriales como en Informática son:

- ética y deontología profesional (incluyendo códigos deontológicos, aunque esto es más frecuente en Informática),
- ciencia, tecnología y sociedad,
- desarrollo sostenible o sostenibilidad,

- responsabilidad social corporativa (con bastante presencia, en una proporción similar a como aparece en las asignaturas de *Economía*),
- legislación (relativa a cuestiones ambientales y de seguridad laboral en Industriales, y relativa a temas de privacidad, propiedad intelectual, delitos o cibercrimen en los grados de Informática).

Otros temas que aparecen de forma puntual son derechos humanos, género, accesibilidad, brecha digital, historia, hacking ético, gobierno electrónico o impactos de las TIC en educación, salud, cultura y relaciones sociales. En el anexo 1.4, se presentan algunos ejemplos de asignaturas que abordan diversas temáticas de forma conjunta.

La mayoría de las asignaturas de esta categoría incorporan **metodologías activas** que promueven la reflexión, el debate y la participación de los estudiantes, tanto de forma individual como en equipo. Son frecuentes los estudios de caso y dilemas éticos, la realización y exposición de trabajos monográficos (individuales o en grupo), y los debates, tanto abiertos como con una estructura muy definida que exige una implicación y reflexión importante.

Otras metodologías, menos frecuentes pero interesantes, son las lecturas reflexivas (en algunos casos sistemáticas y con guiones de reflexión estructurados), búsqueda y debate sobre noticias de prensa, participación en blogs o wikis propios de la asignatura, visionado de películas o series, conferenciantes externos, o participación activa en proyectos con impacto social.

Estas actividades suelen ser **evaluadas** y tener un peso importante en la calificación final, entre un 30% hasta el 100%. En el anexo 1.4 se presenta, entre otros ejemplos de métodos de evaluación inspiradores, el caso de la asignatura de “Aspectos profesionales de la informática” (optativa en la UPV-EHU), en donde la evaluación se basa en la realización de diversas actividades que potencian la implicación del alumnado, el contacto con la realidad social y profesional, y el trabajo colaborativo:

- Informe y presentación de un artículo científico sobre aspectos sociales de la informática.
- Informe y presentación de un caso práctico sobre aspectos éticos de la informática.
- Desarrollo colaborativo de una aplicación, analizando la normativa legal pertinente y garantizando su cumplimiento.
- Realización de una auditoría sobre una aplicación real.

Un aspecto particular de las asignaturas de esta categoría es la variedad en el **perfil del profesorado** que la imparte. En su mayoría, pertenece a departamentos técnicos – en el caso de Industriales, los más frecuentes son los departamentos de Proyectos o de Organización Industrial – o con varios profesores de distintos departamentos. Con menor frecuencia, se observa profesorado de departamentos de Derecho – especialmente en

Informática – pero no se han encontrado casos en los que estas asignaturas estén asignadas a departamentos de humanidades o ciencias sociales.

#### **6.7.5. Estudio de las asignaturas de la categoría *Mixtas***

Como se explicó en el capítulo de metodología (sección 5.4.2), se incluyen aquí asignaturas que abordan conjuntamente algunos de los aspectos que determinan las categorías anteriores y era complicado su exclusión de alguno de ellos. Las combinaciones son diferentes según el tipo de ingeniería y las hay tanto obligatorias como optativas. No son muy numerosas – cinco asignaturas en 4 grados de Informática y siete asignaturas en 6 titulaciones de Industriales –, pero se ha considerado de interés por ser asignaturas que abordan conjuntamente diversos aspectos de las competencias RSSE y pueden ser una buena referencia para aportar una visión holística y sistémica.

En los grados de Industriales hay asignaturas que en sus objetivos combinan aspectos ambientales y aspectos sociales y de seguridad, como “Calidad, seguridad y medioambiente” o “Gestión de la calidad, prevención y sostenibilidad”, y también incluyen en sus programas los aspectos legales.

En los grados de Informática la combinación se da entre aspectos económicos y humanísticos, como “Economía, ética y sociedad” o “Responsabilidad social corporativa y deontología profesional”, trabajando todas ellas aspectos sociales y éticos, y algunas de ellas cuestiones ambientales o legales.

Se ha observado que, aunque en su definición se abordan temáticas diversas, no siempre se trabajan de forma conjunta o interrelacionada, apareciendo como partes diferenciadas de la asignatura. No obstante, sí se han identificado algunas experiencias interesantes, bien por la forma de planificar los contenidos como por las metodologías docentes empleadas. A continuación se presentan las características de una asignatura obligatoria de cada tipo que pueden ser inspiradoras para otros contextos. Se presentan con más detalle en el anexo 1.4.

La asignatura “Economía, ética y sociedad” – obligatoria en el grado de Ingeniería Informática de la UPC-EPSEVG – integra contenidos de economía con una visión de economía inclusiva, así como aspectos éticos y sociales, estableciendo explícitamente interrelaciones entre ellos, promoviendo la **reflexión** y el **pensamiento crítico**. Por ejemplo, plantea:

*“contextualizar la situación en el ámbito europeo, teniendo presente las crisis, causas y posibles soluciones, y las implicaciones éticas y económicas” o*

*“comprender la problemática de la fiabilidad de los sistemas informáticos, de su funcionamiento y de la información que generen, y de las consecuencias éticas”.*

La metodología está basada en estudio de casos y artículos, y dicho trabajo se valora con un peso del 50% en la calificación final.

La asignatura “Accesibilidad y sostenibilidad” – obligatoria en el grado de Ingeniería Electrónica Industrial y Automática de la UPC-ETSEVG – destaca por su propuesta metodológica. En el ámbito de la accesibilidad está basada en el aprendizaje en proyectos, aplicando técnicas como el diseño universal, experiencia de usuario, *design thinking* y diseño emocional. En el módulo de sostenibilidad se fundamenta en la teoría del aprendizaje del adulto, promoviendo una reflexión sobre los impactos sociales y ambientales, las medidas políticas relacionadas con ellos y las implicaciones éticas:

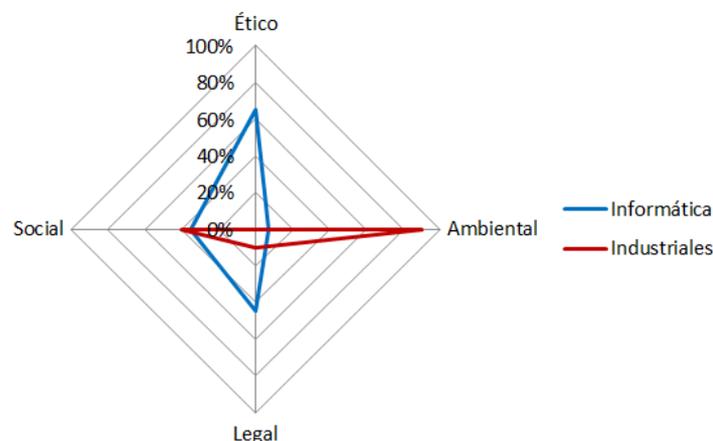
*“Se evalúan las problemáticas ambientales de la energía, con sus efectos sobre el medio, centrándose en las emisiones de contaminantes y las soluciones propuestas a nivel tecnológico y gubernamental. Se evalúan las energías renovables y se plantea si pueden ser la solución a un desarrollo sostenible”,*

*“Se evalúa la gestión de los residuos en el primer mundo desde el punto de vista de su clasificación y responsabilidades. Se evalúa la gestión de residuos municipales e industriales en Cataluña”.*

#### 6.7.6. Estudio de las asignaturas de la categoría *Otras*

Al estudiar *otras* asignaturas que incluyen entre sus competencias alguna/s competencia/s RSSE, se ha observado que la mayoría no incluyen nada relacionado con ellas en el temario. Se han identificado asignaturas que sí incluyen explícitamente aspectos RSSE en sus programas en 11 titulaciones de cada ámbito. Obviamente, según el ámbito de la titulación, Informática o Industriales, las asignaturas que los incluyen son diferentes y también son diferentes los aspectos que se trabajan. La figura 6.10 muestra que en Informática lo más frecuentes es que se incluyan aspectos **éticos**, que no aparecen en los grados de Industriales, mientras que en éstos el aspecto que más se trabaja es el **ambiental**, que sólo aparece en una asignatura de Informática.

*Figura 6.10. Inclusión de aspectos RSSE en asignaturas de la categoría Otras. Porcentaje sobre las asignaturas identificadas que incluyen explícitamente aspectos RSSE en sus temarios.*



En Industriales, los temas ambientales son fundamentalmente técnicos, relacionados con el área de conocimiento de la asignatura, como por ejemplo en “Sistemas de producción industrial” (UAH), “Instalaciones térmicas” (UC3M), “Análisis químico industrial” (UCM), “Instalaciones mecánicas” (UPM) o “Ingeniería del producto” (MONDRAGÓN). Las temáticas sociales que aparecen son relativas a la seguridad y riesgos para la salud en asignaturas como en “Operaciones con sólidos” y “Productos químicos del consumo” (UCM).

En Informática, los aspectos RSSE se incluyen en muy diversas materias, como:

- Sistemas Operativos (legalidad vigente y código de ética del administrador),
- Sistemas de Información (aspectos éticos y sociales de los sistemas de información),
- Ingeniería del software (aspectos éticos y profesionales de la ingeniería del software),
- Tecnologías web (accesibilidad, seguridad y aspectos legales),
- Robótica (implicaciones éticas y sociales),
- Gráficos (aplicaciones con repercusión social, económica y/o ambiental: medicina, industria y patrimonio cultural),
- Interacción persona-máquina (factor humano, discapacidades, accesibilidad y marco legal) o
- Nanotecnología (aplicaciones en aspectos ambientales).

En el anexo 1.4 se muestran con más detalle los apartados de los programas en donde se abordan las temáticas relacionadas con aspectos RSSE.

#### **6.7.7. Estudio de las asignaturas de la categoría de *Proyectos***

Se incluyen aquí las asignaturas directamente relacionadas con el desarrollo de capacidades para concebir, redactar, organizar, planificar, desarrollar y gestionar proyectos en el ámbito de la ingeniería. La integración de las competencias RSSE en este tipo de asignaturas debería de contribuir a que todo ello se realice teniendo en cuenta *“restricciones realistas tales como las económicas, medioambientales, sociales, políticas, éticas, de salud y seguridad, de fabricación y de sostenibilidad”* (competencias ABET, ABET 2015) y *“asegurando su fiabilidad, seguridad y calidad, conforme a principios éticos y a la legislación y normativa vigente”* (BOE-A-2009-12977).

Todas las titulaciones estudiadas, tanto en Industriales como en Informática, incluyen alguna asignatura de esta categoría y en la mayoría de los casos son obligatorias<sup>1</sup>. Sin embargo, el modo de integrar las competencias RSSE es muy diferente en unas titulaciones que en otras. En los grados de Industriales, el 90% de las asignaturas de *Proyectos* incluyen aspectos RSSE en sus programas, mientras que en Informática no llega al 15%, a pesar de que más del 65% incluyen alguna competencia RSSE entre sus competencias (esto se refleja en la figura 6.14, en la sección de análisis global).

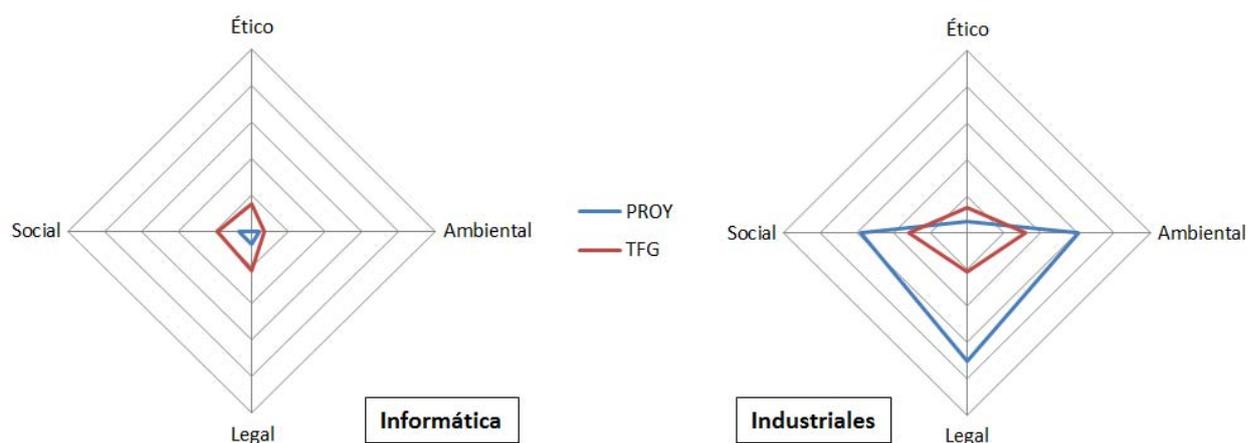
---

<sup>1</sup> Algunos itinerarios de ingenierías de Informática, Ingeniería de Computadores o Sistemas de Información, no incluyen ninguna obligatoria.

Otra **incoherencia** encontrada en ambas ingenierías es que la mitad de las asignaturas declaran competencias relativas a aspectos éticos, pero luego no aparecen explícitamente en el temario, excepto en dos casos. En sentido contrario, en los grados de Industriales, los aspectos legales no suelen incluirse como competencias de las asignaturas (30%), pero sí aparecen en los temarios del 70% de las asignaturas.

La figura 6.11 refleja el porcentaje de asignaturas que trabajan cada aspecto RSSE, siendo los más frecuentes los legales y los sociales, y en Industriales también los ambientales. En estos grados, lo más habitual es la presencia de temas específicos sobre el estudio de impacto ambiental, estudios de seguridad, higiene y riesgos laborales, siguiendo la legislación, normativa y estándares vigentes. Otros aspectos sociales que se trabajan en algunas asignaturas de proyectos son la accesibilidad, gestión de recursos humanos, necesidades del usuario o propiedad intelectual.

Figura 6.11. Porcentaje de asignaturas de las categorías de Proyectos y el TFG que incluyen explícitamente en el programa cada uno de los aspectos RSSE



En Informática, las temáticas más frecuentes son relativas a aspectos legales (de forma genérica), aspectos sociales como la gestión con grupos de interés o seguridad y, en un par de casos, aspectos ambientales relativos a prevención y gestión de residuos.

Respecto a las **metodologías** docentes, la gran mayoría de las asignaturas de *Proyectos* trabajan con casos prácticos, problemas o trabajos; también se realizan visitas y seminarios, y algunas mencionan el desarrollo de un anteproyecto completo a lo largo del curso (UCM, UNEX, UPC-ETSEIB, UPM-ETSII, UPV-EHU).

Una experiencia destacable, por su singularidad, es la propuesta de la asignatura de "Proyectos" en las titulaciones de Industriales de la UNEX, que potencia el trabajo en grupos **interdisciplinares** mediante la "realización a lo largo del semestre de un proyecto industrial, realizado por un grupo de alumnos de distintas titulaciones en el que cada alumno realizará la parte asignada afín a su especialidad".

Otro modelo interesante es el del grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales de la UPC, cuyo plan de estudios incluye 3 asignaturas del ámbito de proyectos, en donde se trabajan específicamente distintas competencias transversales: las competencias de sostenibilidad se trabajan en la asignatura del último curso, “Gestión de Proyectos” (ver más detalles en el anexo 1.4).

En cuanto a la **evaluación**, no se han encontrado casos en los que las competencias RSSE se evalúen de forma específica.

### 6.7.8. Estudio del Trabajo Fin de Grado

El *Trabajo Fin de Grado* es obligatorio en todas las titulaciones estudiadas. Por sus características específicas, para el análisis de los datos recogidos se ha considerado que:

- el TFG incluye competencias RSSE entre sus competencias: si se mencionan explícitamente las competencias RSSE o se incluyen en sus resultados de aprendizaje;
- el TFG incluye aspectos RSSE en temario: si se mencionan explícitamente en las instrucciones para la realización del trabajo o en los criterios de evaluación.

Es importante mencionar que encontrar información detallada sobre el TFG tiene dificultades añadidas, por ser una asignatura muy abierta, tener normativas muy generales y, en el caso de rúbricas o criterios de evaluación, no siempre disponibles en modo abierto en los sitios web. Por tanto, el que no se haya podido obtener la información completa en algunos casos, no implica que no se esté haciendo nada.

Con esas consideraciones, se ha observado que más de la mitad de los grados incluyen competencias RSSE entre las competencias a desarrollar en el TFG, pero en el temario solamente las incluyen el 43% de las titulaciones de Industriales estudiadas y el 26% de las de Informática (figura 6.14, en la sección 6.8).

Los aspectos RSSE que se incluyen son reflejo de lo que se ha ido viendo en cada tipo de titulación: en Industriales, predominan los temas ambientales, sociales y legales, y aparecen en casos aislados los éticos; en Informática, predominan los legales, sociales y éticos, y aparecen en casos aislados los ambientales (ver la figura 6.11, en el apartado anterior).

En cuanto al modo de incluir los aspectos RSSE en el TFG, el modo más claro que se ha encontrado es su inclusión en las **indicaciones para la elaboración de la memoria**. En los grados de Industriales, lo más frecuente es pedir explícitamente que se incluya en la memoria, cuando proceda, una evaluación de impacto ambiental del proyecto (ICAI, UCM, UPC, UPM, UPV), un estudio de seguridad (UCM) o una evaluación de impactos sociales (UPC, UPV). En otros casos, se pide algo más genérico. Por ejemplo, en el grados de Informática de la UPM-ETSISI se especifica que la memoria

*“deberá incluir una reflexión sobre los impactos sociales y ambientales del proyecto realizado, así como sobre los aspectos relativos a la responsabilidad ética y profesional que pudieran estar relacionados con el mismo”.*

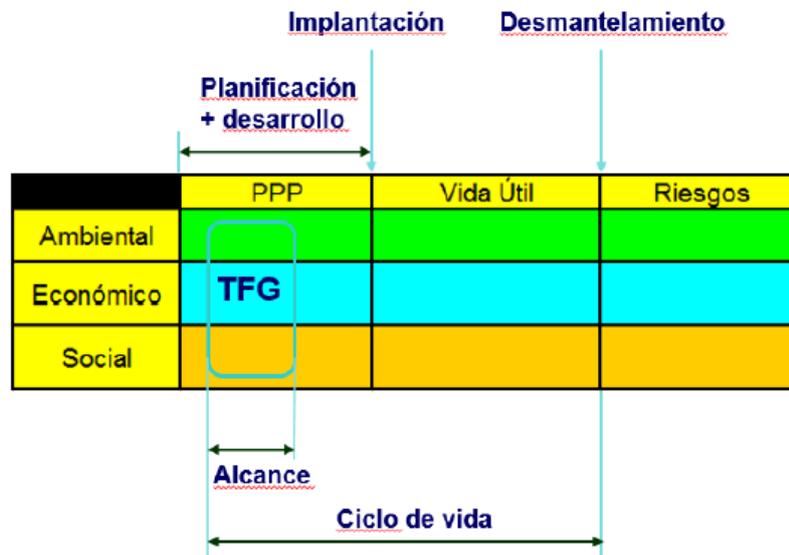
En cuanto a la **evaluación**, el modo más frecuente es el uso de una rúbrica y algunas de ellas incluyen facetas relativas a las competencias RSSE, indicando el porcentaje de la calificación que le corresponde. Por ejemplo, la rúbrica del Informe del Tutor en la UGR incluye la faceta *“Reconocer los principios legales y deontológicos de la profesión así como su dimensión social”*, cuyo indicador es *“Identifica los aspectos éticos y sociales relacionados con la profesión”* (con un peso del 10% de la valoración del tutor). Otras universidades evalúan en función de las competencias a desarrollar en el TFG. Por último, se ha encontrado que en varias universidades se pide una valoración del comportamiento ético de los estudiantes en la realización del TFG, en relación con la honestidad y responsabilidad en el desempeño de dicha tarea. En el anexo 1.4 se detallan algunos de los casos mencionados en los párrafos anteriores.

Una experiencia destacable y que puede servir de referencia es la de la Facultat de Informàtica de la UPC, en donde todos los TFG presentados incluirán en su memoria final un capítulo titulado *“Informe de sostenibilidad”*.

Dada la naturaleza diversa de los TFG, este informe no puede ser definido de forma precisa, por lo que se proporcionan un conjunto de orientaciones para ayudar al estudiante a plantear dicho informe. Estas orientaciones utilizan el **método “socrático”**, planteando una serie de preguntas sobre las que el estudiante debe reflexionar y contestar en dicho Informe. Las preguntas no pretenden ser exhaustivas, por lo que el estudiante deberá plantearse cuáles son relevantes para su proyecto concreto, cuáles no pueden aplicarse y qué preguntas adicionales debería plantearse. Las preguntas cubren las tres dimensiones básicas de la sostenibilidad en distintas fases del ciclo de vida del producto, así como un análisis de riesgos (figura 6.12). Se plantean diferentes preguntas al inicio del proyecto y al final del mismo. Además, el estudiante hará un análisis de la sostenibilidad de su TFG teniendo en cuenta una ponderación determinada para cada celda de lo que se define como *“matriz de sostenibilidad”* (Sánchez Carracedo et al. 2016).

La evaluación del TFG incluye la evaluación del informe de sostenibilidad, como una faceta más de una rúbrica para la evaluación de competencias transversales. Además, la rúbrica evalúa si se han identificado las leyes y normativas que pudieran afectar al proyecto, si dicho proyecto las cumple, y también si el estudiante *“ha tenido un comportamiento profesional y ético durante la realización del trabajo”*.

Figura 6.12. Matriz de sostenibilidad utilizada para la realización del Informe de Sostenibilidad en el TFG del grado de Ingeniería Informática de la FIB-UPC (Sánchez Carracedo et al. 2016).



## 6.8. Análisis global

En esta última sección se analizan los resultados anteriores, identificando tendencias, patrones, similitudes y diferencias entre los diferentes modos de trabajo que se han encontrado. De esta forma, se irá dando respuesta a los objetivos específicos planteados al principio del capítulo. Es importante recordar, como se comentó en el capítulo de metodología, que este estudio tiene sus limitaciones, pues las guías docentes no siempre reflejan el trabajo desarrollado en las aulas. No obstante, la amplitud del mismo y su orientación al análisis de los temarios –que puede considerarse como la referencia más relevante de la actividad real en el aula– hacen que los resultados obtenidos se puedan considerar como indicadores válidos de tendencias presentes en el actual desempeño docente universitario.

Una de las primeras conclusiones a las que se puede llegar tras este estudio es que hay una gran **diversidad de modelos** de integración de las competencias RSSE, tanto en función del tipo de titulación, del tipo de asignaturas en donde se integran o de los distintos tipos de aspectos RSSE que se trabajan.

La primera diferencia relevante se encuentra en **cómo las titulaciones incluyen las competencias RSSE entre sus competencias generales y específicas**. Todos los grados de Informática estudiados incluyen competencias RSSE entre sus competencias y cubren todos los aspectos considerados (éticos, ambientales, sociales y legales), pero esto no se da en los grados de Industriales, en los que ni siquiera las competencias relativas a aspectos ambientales y sociales, que son las más frecuentes, están incluidas en todas las titulaciones estudiadas.

Algunas explicaciones posibles de este hecho, pueden ser el mayor número de competencias con aspectos RSSE que aparecen en las recomendaciones de los reales decretos para los grados de Informática (tabla 6.1) o la influencia de referencias externas, como fueron en su momento los *Libros Blancos* o las recomendaciones de la *Association for Computing Machinery*, que incluyen muy claramente en el núcleo del currículo los aspectos sociales, éticos y profesionales (ACM 2018). En el caso de las titulaciones de Industriales, como se ha comentado anteriormente, estos aspectos sí aparecen en las titulaciones de máster. Esta visión “integrada”, grado-máster, que se da en estas titulaciones, podría explicar el hecho de que en los grados de industriales no haya recomendaciones sobre aspectos éticos, pero sí aparecen en un alto porcentaje de titulaciones; sin embargo, sí hay competencias recomendadas sobre aspectos legales y aparecen con menor frecuencia en las competencias de los grados.

Cuando se ha estudiado **cómo se concreta el trabajo de las competencias RSSE en las asignaturas del plan de estudios**, aparecen **incoherencias** entre las competencias que se declaran, ya sea en la titulación o en las asignaturas, y su inclusión explícita en los programas de las mismas.

Como puede verse en la figura 6.13, en los grados de Informática, los aspectos ambientales tienen muy poca presencia en la docencia, aunque sí aparecen declarados en las competencias; esta incoherencia puede explicarse porque suelen aparecer ligados a los impactos sociales (“*valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas*”), que sí se incluyen más claramente en los temarios. Pero además, ninguno de los otros aspectos tiene presencia en todos los grados aunque sí aparecen en las competencias de todos.

Figura 6.13. Comparación entre los aspectos RSSE que aparecen incluidos en las competencias de los grados y los que aparecen en los programas de asignaturas obligatorias (porcentaje de titulaciones que los incluyen).



En Industriales, sin embargo, los aspectos ambientales, sociales y legales aparecen en la casi totalidad de los grados estudiados aunque no aparezcan en las competencias de todos. En estas ingenierías, los aspectos éticos son los que tienen una menor presencia en asignaturas

obligatorias, en torno al 50% de las titulaciones, a pesar de que sí se encuentran competencias relativas a ellos.

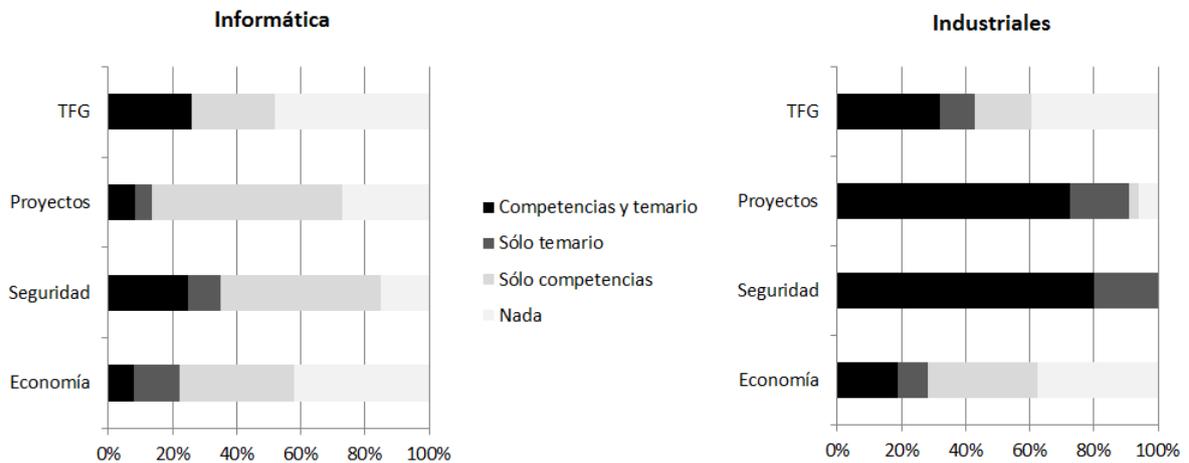
Cuando se analiza la **coherencia entre las competencias RSSE declaradas y los aspectos RSSE incluidos explícitamente en los temarios** de las asignaturas se observa lo siguiente:

- ✓ Las asignaturas de *Humanidades* son las que reflejan una mayor coherencia entre la inclusión de competencias RSSE y la inclusión explícita de aspectos RSSE en sus programas, tanto en Informática como en Industriales.
- ✓ En Industriales, las asignaturas *Ambientales* y las de *Seguridad* incluyen competencias RSSE y en los programas aparecen explícitamente algunos aspectos RSSE. Sin embargo, incluso en estos casos, se han detectado algunas incoherencias cuando se profundiza en el análisis por aspectos. Por ejemplo, las asignaturas *Ambientales* reflejan lo mismo que los grados de Industriales en general: incluyen competencias éticas, pero no aparecen aspectos éticos reflejados explícitamente en los programas; no incluyen competencias de aspectos legales, pero estos sí aparecen en el temario.
- ✓ En el resto de las categorías, hay **discrepancias** entre lo que se incluye en las competencias de la asignatura y lo que luego se refleja en los programas, **especialmente en las titulaciones de ingenierías informáticas** (la figura 6.14 muestra gráficamente dicha situación). En todas las categorías estudiadas, más del 50% de las asignaturas incluyen competencias RSSE entre sus competencias, pero el porcentaje de asignaturas que incluyen aspectos RSSE en su temario es bastante menor – variando desde el 40% en las de *Seguridad* a solo el 15% en las de *Proyectos* –.
- ✓ En los grados de Industriales, se observan algunos comportamientos diferentes. En las asignaturas de *Proyectos* hay un mayor porcentaje de asignaturas que incluyen aspectos RSSE en temario (90%) que de asignaturas que los incluyen entre sus competencias (70%). En estas asignaturas también se observa que las discrepancias más frecuentes se dan al incluir competencias éticas que no aparecen en el programa, y al no incluir competencias de aspectos legales pero sí explicitarlas en el temario. En el TFG aparecen más claramente los aspectos RSEE que en los grados de Informática, especialmente al pedir explícitamente informes de impacto ambiental o de seguridad.
- ✓ Las asignaturas de *Economía y Empresas* tienen un comportamiento similar en ambas titulaciones: algo más del 20% trabajan aspectos RSSE, un 40% aproximadamente incluyen competencias RSSE pero no las trabajan y otro 40% no incluyen nada.

Se considera, como sugiere Jacob (2017), que esta situación de incoherencia entre las competencias que declaran los grados y las asignaturas, y lo que luego se incluye explícitamente en los programas y actividades – que es lo más relevante de la actividad

docente –, puede reflejar que la apuesta del EEES por la formación basada en competencias no está aún asimilada en la universidad española y queda aún mucho camino por recorrer.

Figura 6.14. Porcentajes de asignaturas obligatorias de cada categoría que incluyen competencias RSSE entre sus competencias e incluyen aspectos RSSE en sus temarios.



### 6.8.1. Enfoque holístico de las competencias RSSE

En relación con el objetivo de conocer si las **competencias RSSE se están trabajando de forma holística** en los grados de ingeniería, se han considerado dos perspectivas. Una de ellas es estudiar si se trabajan los distintos aspectos RSSE a lo largo de la titulación y, la otra, si se abordan conjuntamente o no en las asignaturas en donde se trabajan.

Considerando globalmente los planes de estudios, ya se ha mencionado el **déficit** claro de los **aspectos ambientales** en las titulaciones de **Informática** y carencias relevantes en cuanto a los **aspectos éticos** en las de **Industriales**.

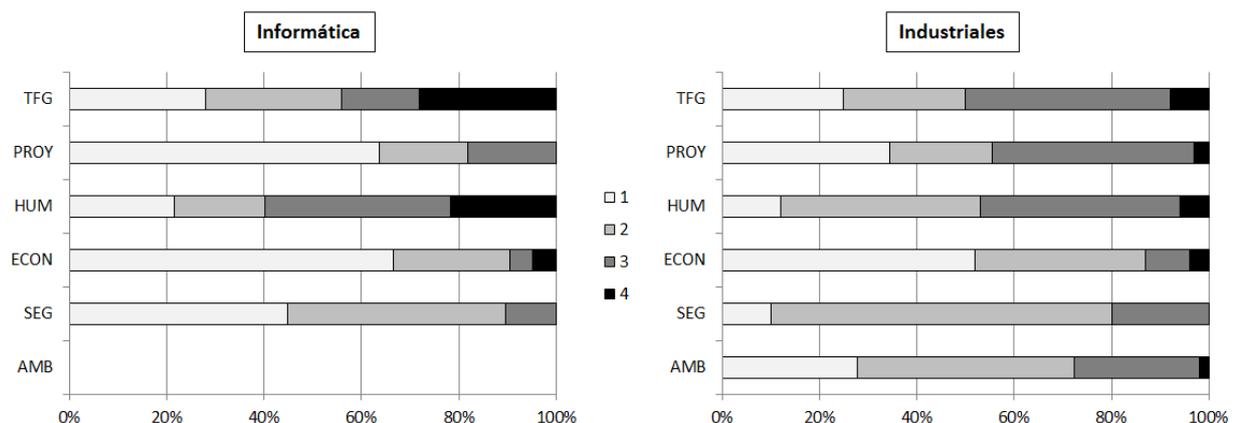
En el primer caso, la relevancia de los aspectos sociales, éticos y legales en el **ámbito de las tecnologías de la información** es tan evidente – solo es necesario revisar las páginas de tecnología y/o sociedad de los principales medios de comunicación – que puede eclipsar los impactos ambientales de estas tecnologías, además de que puedan tener una imagen de “tecnologías limpias” debido a que en su uso no hay emisiones contaminantes evidentes. Quizás por ello, es más urgente el reto de formar a los futuros profesionales y hacerles conscientes de los impactos ambientales de estas tecnologías a lo largo de todo su ciclo de vida, así como la tarea de sensibilizar a toda la sociedad sobre dichos impactos y la responsabilidad de todos los ciudadanos para influir sobre ellos.

En el **caso de las ingenierías industriales**, las cuestiones ambientales se abordan ampliamente y, junto con los aspectos sociales y legales, pueden eclipsar la presencia de la dimensión ética. Las problemáticas éticas en el ámbito de la ingeniería industrial no están tan presentes en nuestra sociedad como las informáticas, que también son mayoritarias en

los trabajos académicos de los últimos años en el área de ética de la ingeniería, y esto puede ser una de las causas de este déficit en los planes de estudios. También puede argumentarse que el trabajo de las competencias del ámbito ético no es fácil de explicitar en el programa de una asignatura, y el que no aparezca en él no implica que no se aborden dichas cuestiones en la docencia. Es cierto, pero también puede valer como una excusa para no trabajar sistemáticamente y con rigor estos aspectos.

Al estudiar cómo se trabajan las distintas dimensiones de las competencias RSSE según el tipo de asignaturas, se puede identificar **qué contextos pueden ser más apropiados para trabajar de forma holística** dentro de una misma asignatura. Los resultados muestran que las **asignaturas de Humanidades** son un contexto facilitador y privilegiado para trabajar desde un enfoque holístico las competencias RSSE, por la presencia específica que tienen en el programa los aspectos RSSE así como por las metodologías docentes y de evaluación desarrolladas. La figura 6.15 muestra que son las que más frecuentemente trabajan al menos tres aspectos RSSE de forma conjunta, junto con el TFG y las asignaturas de *Proyectos* en Industriales.

Figura 6.15. Número de aspectos RSSE que se trabajan conjuntamente en una asignatura. Porcentaje sobre el total de asignaturas de cada categoría que incluyen en temario aspectos RSSE.



Las asignaturas de *Seguridad* también trabajan al menos 2 aspectos de forma conjunta en un porcentaje alto. La categoría de las asignaturas de *Economía* es la que presenta unos porcentajes más bajos en el tratamiento holístico de los aspectos RSSE. Se considera que se están desaprovechando las oportunidades que ofrecen, ya que se han identificado algunas experiencias que muestran que sí es posible trabajar esas temáticas en estas asignaturas.

En los grados de *Informática*, la combinación más frecuente es la de aspectos sociales y legales, sobre todo en las categorías de *Seguridad*, *Proyectos* y *TFG*, y también se trabajan de forma relevante los aspectos éticos en las asignaturas de *Humanidades*.

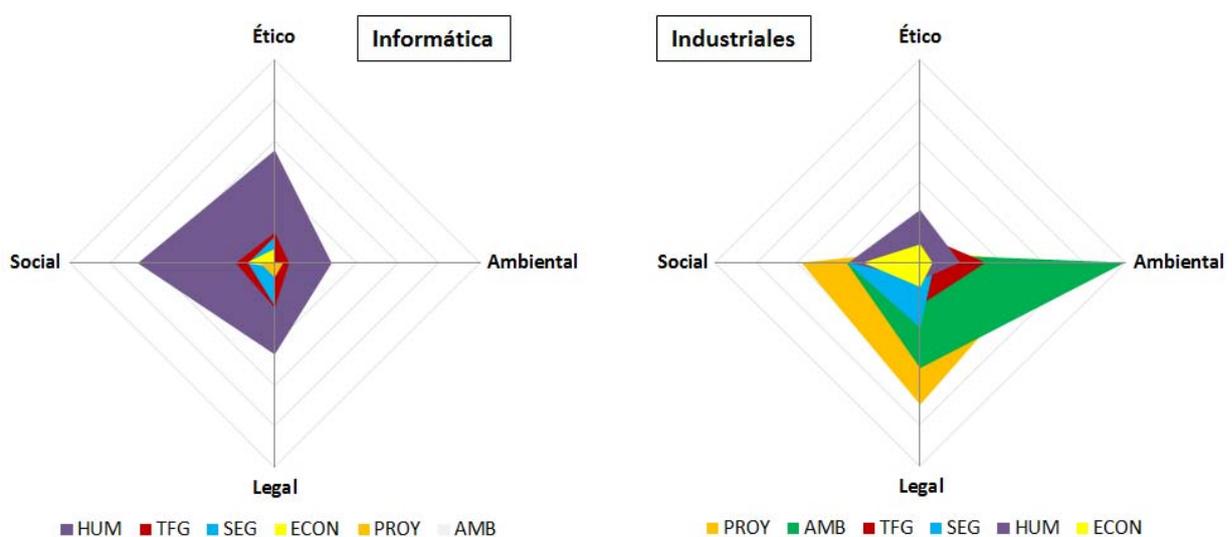
En *Industriales* hay más variedad de combinaciones según el tipo de asignatura: lo social se asocia con lo ambiental y legal en *Proyectos* y *TFG*, con aspectos éticos y ambientales en las de *Humanidades*, o solo con los legales en las de *Seguridad*.

En todas las categorías se han encontrado experiencias en donde se incluyen 3 o los 4 aspectos RSSE, lo que indica que **es posible un enfoque holístico en todas ellas**, aunque haya algunas más propicias que otras. Los casos que se presentan en las tablas 6.3 y los del anexo 1.3, son ejemplos de titulaciones y asignaturas en los que los datos reflejados por las guías docentes muestran que es factible llevar a la práctica este enfoque.

### 6.8.2. Integración sistemática de las competencias RSSE

En relación con el **análisis del trabajo sistemático de las competencias RSSE a lo largo del plan de estudios**, se observan dos modelos bastante diferentes en las titulaciones de Informática y en las de Industriales. En las primeras, las asignaturas de *Humanidades* representan la aportación fundamental en el trabajo de las competencias RSSE, mientras que en Industriales este trabajo está más repartido. Esto se refleja en la figura 6.16, que integra la contribución de cada una de las categorías de asignaturas al trabajo de cada uno de los aspectos RSSE.

Figura 6.16. Contribución de cada categoría de asignaturas al trabajo de cada uno de los aspectos RSSE. Porcentaje de asignaturas de cada categoría que incluyen cada aspecto RSSE en temario.<sup>2</sup>



Teniendo en cuenta los resultados presentados en la sección 6.4 (relativos a la integración sistemática de las competencias RSSE) y asumiendo la diversidad observada, una **titulación “tipo” de ingenierías informáticas** trabajaría aspectos RSSE en 2 o 3 asignaturas:

- una de ellas sería de *Humanidades*,
- la segunda podría ser de *Seguridad, Economía u Otras*, y
- si lo hace en tres, también lo haría en el *TFG* o en *Proyectos*.

<sup>2</sup> En el caso de las categorías de *Humanidades* y las de *Seguridad* en Industriales, se ha ajustado por el porcentaje de titulaciones que tienen asignaturas de dichas categorías en el plan de estudios.

Solo los **aspectos sociales, y quizás los éticos**, se trabajarían de forma sistemática (en dos o más asignaturas a lo largo del plan de estudios). No obstante, se han identificado algunos casos en donde las competencias RSSE se trabajan de forma holística y sistemática, como son algunos grados de la UPC, UPM y de DEUSTO (anexo 1.3).

El perfil de una **titulación “tipo” de ingenierías industriales** sería diferente, asumiendo que también hay una gran diversidad. Los aspectos RSSE se trabajarían en 3 o 4 asignaturas:

- lo más probable que dos de ellas sean asignaturas *Ambientales* y de *Proyectos*,
- las otras dos, podrían ser de *Economía* y el *TFG*, aunque
- también podrían darse distintas combinaciones con asignaturas de *Humanidades* o *Seguridad*.

Los **aspectos ambientales, sociales y legales** se trabajarían de forma sistemática, en dos o más asignaturas a lo largo del plan de estudios. Además, se han identificado bastantes casos (casi un 30%) en los que hay un buen nivel de trabajo holístico y sistemático de las competencias RSSE (considerando como indicador el trabajo de al menos 3 aspectos RSSE en 3 o más asignaturas a lo largo del plan de estudios). Algunos ejemplos en titulaciones concretas se muestran en la tabla 6.3 y el anexo 1.3.

Esta situación refleja la influencia de los documentos oficiales pues la estructura de la titulación propuesta en los respectivos *Libros Blancos* incluía, como materias transversales, una asignatura de *Ética, Legislación y Profesión* (en las de Informática) y asignaturas de *Oficina Técnica/Proyectos* y *Medioambiente* (en las de Industriales). Entre esas materias transversales también se encuentran las relativas a *Administración y gestión de empresas*, presentes en todos los planes de estudios. Aunque no es muy frecuente que se incluyan aspectos RSSE en el programa y actividades de esa categoría de asignaturas, sí se han encontrado algunas experiencias inspiradoras para llevarlo a cabo (sección 6.7.3), por lo que este tipo de asignaturas pueden representar una oportunidad para trabajar las competencias RSSE.

### **6.8.3. Experiencias relevantes e inspiradoras**

A lo largo de este estudio se han identificado **experiencias que se han considerado relevantes** para servir de referencia en el desarrollo de competencias RSSE en los distintos ámbitos estudiados. Para cada una de las categorías de asignaturas que se han definido, se han encontrado experiencias que pueden ser inspiradoras, bien por los contenidos que incluyen, el enfoque que dan a las *competencias RSSE* o bien por las metodologías docentes empleadas. En los respectivos apartados de la sección 6.7 se han descrito las características principales y se han recogido con más detalle algunas de ellas en el anexo 1.4.

También hay titulaciones de distintas universidades que, según los indicadores utilizados, se puede considerar que trabajan de forma equilibrada y sistemática los diversos aspectos RSSE a lo largo del plan de estudios, siendo más numerosas en los grados de Industriales que en

los de Informática. El anexo 1.3 presenta la descripción del trabajo de dichas titulaciones, según los indicadores utilizados en este estudio, así como algunas de las características que se han considerado más significativas y que pueden ser inspiradoras.

## 6.9. Conclusiones

En este capítulo se han presentado los resultados de la investigación exploratoria sobre cómo se están integrando las competencias RSSE en los planes de estudios de las titulaciones relacionadas con ingeniería informática e industrial en España. El estudio se ha orientado especialmente a analizar si la integración de las competencias RSSE se hace de forma **holística** – incluyendo las distintas dimensiones de estas competencias: social, ambiental, ética, normativa – y **sistemática** a lo largo del currículo, trabajándose en diferentes momentos a lo largo del mismo.

Se ha observado que hay una **gran diversidad de modelos** de integración de las competencias RSSE, tanto por universidades, como en función del tipo de titulación, del tipo de asignaturas en donde se integran o de los distintos tipos de aspectos RSSE que se trabajan.

Con respecto a cómo incluyen las universidades las **competencias RSSE a nivel estratégico** (misión, visión, valores), la mayoría de las universidades estudiadas reflejan su preocupación por su contribución a la sociedad, aspectos éticos y un desarrollo sostenible, aunque no siempre se relacionaba con la actividad docente. Si se consideran las universidades que en su visión estratégica incorporaban la mayoría de las categorías analizadas, sí se ha apreciado un tratamiento sistemático de los aspectos RSSE en la mayoría de sus planes de estudios, aunque no siempre de la misma forma en las titulaciones de informática y en las de industriales (anexo 1.3). Esto indica que sería necesario un estudio más específico para analizar la incidencia de las estrategias institucionales en la integración efectiva de las competencias RSSE en los planes de estudios.

Las **competencias RSSE** están presentes en la mayoría de las **titulaciones** estudiadas (ingenierías industriales e ingenierías informáticas), apreciándose una importante influencia de las respectivas recomendaciones oficiales de los reales decretos. No obstante, se han encontrado **incoherencias** entre la inclusión de competencias y su presencia real en los temarios. A nivel de titulación, todos los grados de Informática incluyen competencias que cubren todos los aspectos estudiados, pero luego no todos aparecen en las asignaturas, siendo significativa la poca presencia de la dimensión ambiental. En las ingenierías industriales, la situación es diferente, y son los aspectos éticos los que no se ven reflejados en los temarios cuando sí lo están en las competencias. También son bastante frecuentes las asignaturas que incluyen algunas competencias RSSE que luego no se reflejan explícitamente en el programa ni en las actividades propuestas.

En cuanto al **tratamiento holístico** de los distintos aspectos RSSE estudiados se ha observado que los contextos en donde se trabaja más frecuentemente de forma holística son las

asignaturas de las categorías de *Humanidades*, *Proyectos* y el *TFG*. En general, salvo en las asignaturas de *Humanidades*, el tratamiento de los aspectos RSSE se aborda desde una perspectiva técnica o normativa; no es frecuente que se promueva la reflexión, las interrelaciones entre ellos y la visión global, y no es frecuente que se expliciten cómo se evalúan este tipo de competencias.

Con relación al **tratamiento sistemático** de las competencias RSSE a lo largo del plan de estudios, se ha observado que es menos frecuente en los grados de Informática. Su presencia se suele concentrar en una asignatura de *Humanidades*, siendo los aspectos sociales los únicos que, en general, se abordan explícitamente en más de una asignatura. En Industriales es más frecuente que las competencias se trabajen en distintos momentos del currículo, fundamentalmente en asignaturas de las categorías *Ambientales* y *Proyectos*, trabajando aspectos ambientales, sociales y legales varias veces a lo largo del plan de estudios. Esta situación refleja la influencia de los documentos oficiales, en particular de los respectivos *Libros Blancos* elaborados con la adaptación de las titulaciones al EEES.

Se han identificado **experiencias relevantes** en todas las categorías definidas y, globalmente, en algunos planes de estudios, lo que permite ser optimistas al afirmar que es posible trabajar las competencias RSSE de forma sistemática, equilibrada y holística en el marco académico actual. Además, son útiles para identificar algunos ámbitos de acción para mejorar lo que se hace actualmente. Algunos de ellos son comunes a los dos tipos de titulaciones que se han estudiado y otros son específicos de cada una de ellas.

En la tabla 6.7 se sintetizan algunas de las observaciones y resultados de este estudio descriptivo de la integración de las competencias RSSE en los actuales grados de ingenierías industriales e ingenierías informáticas. Se han agrupado en palancas, oportunidades y retos que pueden servir de referencia también para otras titulaciones de ingeniería.

Como **palancas** se recogen los aspectos observados que se consideran consolidados y que pueden ser un punto de apoyo sólido para desarrollar la integración efectiva de dichas competencias. Se han considerado como **oportunidades** las realidades y hechos observados que se valoran como favorables y propicios para el trabajo de las competencias RSSE; entre ellos se encuentran las experiencias que pueden servir de referencia e inspiración para ser implementadas en otros contextos académicos en el corto y medio plazo. Se presentan como **retos** las diversas líneas de trabajo que sería necesario afrontar en el medio y largo plazo para lograr que las competencias RSSE estén plenamente integradas en la formación universitaria de los futuros profesionales de la ingeniería.

Los resultados del estudio, las palancas, oportunidades y retos identificados, se complementan con los obtenidos en los estudios de caso y los frutos de las reflexiones desarrolladas a partir de entrevistas y grupos de discusión.

Tabla 6.7: Palancas, oportunidades y retos para la integración de las competencias RSSE en los planes de estudios de los grados de ingeniería Informática e Industrial.

	Informática	Industriales
<b>Palancas</b>	Inclusión de competencias RSSE en BOE, planes de estudios y asignaturas Referencias y demandas externas: acreditaciones	
	<b>Asignaturas de Humanidades:</b> Ética, Legislación, Profesión Potencian reflexión y enfoque holístico	<b>Asignaturas de Proyectos y Tecnologías Ambientales</b> Potencian habilidades específicas y aplicación
<b>Oportunidades</b>	Referencia para otras asignaturas, aportando visión global y reflexión	Incluir más reflexión y enfoque holístico e integrador
	<b>Asignaturas de Economía, Empresa, Organización, Gestión</b> Ya se trabajan: RSC, calidad integral, modelos económicos y de gestión sostenibles  Mejoras propuestas: Más reflexión crítica Introducir conceptos de economía inclusiva, social, del bien común, circular,...	
<b>Retos</b>	<b>TFG</b>	
	Propicio para formar en la integración de <i>criterios RSSE</i> en la actividad profesional Incluir reflexión, visión global y enfoque holístico de las competencias RSSE	
	<b>Coherencia</b> entre la declaración de competencias RSSE, su inclusión en los programas de las asignatura y su trabajo efectivo en el desarrollo de la docencia	
	Asignaturas de <i>Seguridad y Proyectos</i> Consolidar inclusión en temarios de aspectos RSSE, añadiendo: reflexión y enfoque holístico	Asignaturas <i>Humanidades:</i> Ética, Ingeniería y Sociedad Aumentar presencia Referencia para otras asignaturas, aportando visión global y reflexión
	<b>Inclusión de aspectos ambientales</b> ( <i>Humanidades, Economía, Proyectos</i> )	<b>Inclusión de aspectos éticos</b> ( <i>Humanidades, Economía, Proyectos</i> )
Inclusión de <b>aspectos RSSE de forma transversal</b> en asignaturas técnicas ( <i>Otras</i> ) en coherencia con una estrategia general de trabajo de competencias RSSE		

A partir de ello, se propone una posible “estructura” en la que puede apoyarse el desarrollo de las competencias RSSE de una forma sistemática (en varios momentos a lo largo de la carrera) y holística (cubriendo los distintos ámbitos). Dicha “estructura”, común para titulaciones de ingenierías industriales e informáticas, tiene como referencia importante los resultados mostrados en este capítulo y se basa en cuatro pilares en torno a asignaturas de:

- Humanidades o Ciencias Sociales,
- Economía, Empresa, Organización y/o Gestión,
- Técnicas pero relacionadas con aspectos ambientales o sociales,
- Proyectos y el Trabajo Fin de Grado

Esta propuesta, junto con el resto de conclusiones de la tesis, se detallará en el capítulo 10. En los siguientes capítulos se presentan los resultados de los estudios de caso basados en intervenciones docentes en asignaturas obligatorias de titulaciones de Informática e Industriales.



## 7. ESTUDIO DE CASO. DESARROLLO DE COMPETENCIAS DE ÉTICA PROFESIONAL Y RESPONSABILIDAD SOCIAL EN TITULACIONES DE INGENIERÍA INFORMÁTICA.

### 7.1. Introducción

El objetivo de este estudio de caso es contribuir al logro del segundo de los objetivos específicos de esta tesis OE2: analizar la efectividad de metodologías completas para desarrollar competencias RSSE en contextos docentes concretos.. Con ello se pretende aportar respuestas a la pregunta de investigación, *cómo integrar las competencias RSSE en los estudios de ingeniería*, desde la perspectiva docente y la actividad directa con el alumnado, respondiendo a la necesidad de innovar, investigar y evaluar el desarrollo y la efectividad de buenas prácticas docentes, identificada en el primer capítulo como una de las justificaciones de esta tesis.

En concreto, en este caso, el objetivo es analizar la eficacia de métodos para desarrollar y evaluar competencias relacionadas con la ética profesional, en cursos obligatorios de los primeros años de formación universitaria en ingeniería. Es un campo en el que no hay mucha experiencia en el contexto universitario español y donde la cuestión de la evaluación es uno de los retos identificados en la revisión bibliográfica.

La elección de este ámbito también está motivada por el contexto en el que el autor desarrolla parte de su actividad docente: asignaturas relacionadas con los aspectos éticos, sociales, legales y profesionales de la informática, obligatorias en el primer curso de los grados en ingeniería del software y en ingeniería de computadores impartidos en la ETSI de Sistemas Informáticos de la UPM. Esto permite experimentar en las condiciones docentes habituales – implicando a todo el alumnado de un curso –, que los resultados de la investigación puedan aplicarse en dicho contexto, tener continuidad y promover transformaciones en el mismo.

Como se explicó en el capítulo dedicado a la metodología de investigación, para este estudio se ha seguido el enfoque del *Design-Based Research* (sección 5.5). Los resultados de la **investigación preliminar** se han presentado en el capítulo 2 (sección 2.4 dedicada específicamente a las competencias éticas) y el capítulo 4 (sección 4.3 dedicada específicamente a metodologías para el desarrollo de dichas competencias), y el **contexto académico** se explican a continuación, en la sección 7.2 del presente capítulo.

Para la segunda fase, de prototipo o diseño iterativo, se definieron los siguientes **objetivos específicos**:

- ✓ **diseñar un modelo completo de intervención**, que incluya contenidos, actividades y evaluación, y que se adapte a los objetivos, resultados de aprendizaje y a la planificación de la asignatura en la que se iba a implementar,

- ✓ **evaluar la efectividad** de las estrategias de enseñanza cuantificando el nivel de mejora en las habilidades éticas que los estudiantes logran en el curso,
- ✓ **estudiar la incidencia de algunos factores** metodológicos, como el uso de códigos de conducta profesionales o la influencia de los dilemas específicos que se analizan en las pruebas.

La sección 7.3 de este capítulo presenta el diseño del modelo de intervención, cuyo trabajo central fue el diseño de una matriz de evaluación con la que se alinearían las actividades propuestas. En la sección 7.4 se explican los resultados del análisis y la evaluación de la efectividad del mismo, que se ha realizado siguiendo una metodología cuasi-experimental, pre-test-post-test, iterando el proceso en los dos semestres del mismo curso académico en los que se impartía la misma asignatura pero con diferentes estudiantes (el diseño metodológico se presentó detalladamente en el capítulo de la metodología, sección 5.6).

Al final del capítulo, en la sección 7.5, se presentan las conclusiones específicas de este estudio, fruto del proceso de reflexión junto con otros investigadores<sup>1</sup>, el profesorado de las asignaturas, y las aportaciones de los revisores de las comunicaciones y artículos de Miñano et al. (2015) y Miñano et al. (2017).

## 7.2. Contexto académico

La intervención docente que es objeto de este estudio se realizó en el marco de una asignatura obligatoria de los grados de Ingeniería del Software y de Ingeniería de Computadores de la ETSISI-UPM. Los planes de estudios de ambos grados se aprobaron en 2009, siguiendo las directrices del nuevo EEES y se basaron en gran parte en las recomendaciones de la ACM y del Libro Blanco del Grado en Ingeniería Informática (ACM 2018; ANECA 2005). De acuerdo con ellas, se incluyó una asignatura obligatoria de 6 ECTS para cubrir los contenidos generales relacionados con *ética, legislación y profesión*. Como consecuencia de los respectivos procesos de diseño de cada uno de los grados, las asignaturas tienen nombres diferentes y se programaron en diferentes semestres<sup>2</sup>. No obstante, ambas están en primer curso y el programa, competencias y resultados de aprendizaje coinciden. Estos últimos pueden verse en el cuadro 7.1, y el programa completo y otra información de la guía docente se presentan en el anexo 2.1.

En adelante, para facilitar la redacción, se denominarán indistintamente como las asignaturas de *Aspectos Legales y Profesionales*. Se han elegido esos dos aspectos, porque la asignatura estaba más focalizada en los mismos que en los aspectos éticos y sociales. Siguiendo la línea de una asignatura optativa de *Derecho Informático* que existía en los

---

<sup>1</sup> Este estudio se integró dentro de un proyecto más amplio, “Diseño de un Modelo para la Evaluación y el Desarrollo de Competencias Estratégicas Transversales no Atendidas en la Formación de Dirección de Proyectos” (Plan Nacional de investigación científica, desarrollo e innovación, EDU2012-31080). Entre las competencias estudiadas estaban las competencias éticas.

<sup>2</sup> “Aspectos sociales, legales, éticos y profesionales” en el grado de Ingeniería de Computadores (1º semestre), “Aspectos jurídicos, profesionales, éticos y sociales” en el grado de Ingeniería del Software (2º semestre).

planes de estudios previos, el núcleo del programa de las asignaturas de *Aspectos Legales y Profesionales* estaba constituido por temas legales como la propiedad intelectual, la protección de datos, delitos informáticos o comercio electrónico.

*Cuadro 7.1. Competencias y resultados de aprendizaje de la asignatura de Aspectos Legales y Profesionales de los grados de Ingeniería del Software e Ingeniería de Computadores de la ETSISI-UPM (Plan 2009)*

<p><b>Competencias</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad para diseñar soluciones apropiadas en uno o más dominios de aplicación utilizando métodos de la ingeniería del software que integren aspectos éticos, sociales, legales y económicos</li> <li>- Respeto por el medioambiente</li> <li>- Capacidad para diseñar, desarrollar, seleccionar y evaluar aplicaciones y sistemas informáticos, asegurando su fiabilidad, seguridad y calidad, conforme a principios éticos y a la legislación y normativa vigente</li> <li>- Conocimiento de la normativa y la regulación de la informática en los ámbitos nacional, europeo e internacional</li> <li>- Conocimiento adecuado del concepto de empresa y su marco institucional y jurídico, así como los aspectos básicos de organización y gestión de empresa</li> </ul>
<p><b>Resultados de Aprendizaje</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reúne e interpreta datos relevantes para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas de índole social, ético o jurídico.</li> <li>- Aplica la normativa y regulación de la informática en los ámbitos nacional, europeo e internacional.</li> <li>- Diseña soluciones apropiadas utilizando métodos de la ingeniería que integren aspectos éticos, sociales y legales.</li> <li>- Comprende las interrelaciones entre tecnología (en particular de las TIC) y sociedad, en distintos ámbitos (económico, bienestar social, derechos humanos, medioambiente) y es capaz de reflexionar de forma crítica sobre las mismas.</li> <li>-Toma decisiones profesionales ajustadas a códigos deontológicos</li> </ul>

Desde 2009, las cuestiones éticas y sociales fueron ocupando un mayor espacio en el temario y, en el curso 2013-14, tenían una presencia equivalente a 1 ECTS y el 25% de la calificación final. Los estudiantes se familiarizaban con los valores profesionales de la ingeniería, los códigos deontológicos del campo de la ingeniería informática, el impacto global, social y ambiental de las tecnologías de la información, la brecha digital y los principios básicos de la Responsabilidad Social Corporativa (anexo 2.1; Anguera de Sojo et al. 2012). De esa manera, se integran enfoques individuales, organizacionales y globales. Una de las limitaciones relevantes para la inclusión de estos aspectos era la falta de formación específica del profesorado asignado a la asignatura, con un perfil de derecho y economía, que se compensaba con su interés e implicación y el apoyo de agentes externos y de otros

profesores del centro, como es el caso del autor de esta tesis. Debe decirse que la UPM no tiene departamentos específicos para temas sociales o de humanidades.

En la asignatura en general, y particularmente en los temas de aspectos éticos y sociales, se hacía uso de metodologías de aprendizaje para fomentar la participación de los estudiantes, con frecuentes debates abiertos en el aula, discusión de casos, dilemas, trabajos monográficos, conferencias de expertos o visitas a centros de investigación de la UPM, como el Hogar Digital<sup>3</sup> o el CITSEM<sup>4</sup>, cuyo trabajo tiene un relevante impacto social.

Los planes de estudios en los que se impartían estas asignaturas se modificaron profundamente en 2014. En los planes actuales existen dos asignaturas de 3 ECTS, “Aspectos éticos y sociales” en el 2º semestre, y “Aspectos legales y profesionales” en el 5º semestre, que cubren la materia de “ética, legislación y profesión”, pero se dedica más tiempo y se profundiza más en los aspectos éticos y sociales. La evolución de estas asignaturas se explica en Miñano et al. (2015).

En ese contexto, uno de los principales retos que se planteaban en esas asignaturas fue la evaluación de las competencias relativas a los aspectos éticos y sociales. En principio, se planteó ante la mayor presencia que estos temas iban teniendo en la asignatura del plan 2009. Más adelante, con la nueva asignatura de “Aspectos éticos y sociales” en los planes de estudios actualizados en 2014, se planteaba un nuevo reto. Hasta entonces, los temas éticos y sociales de las asignaturas de *Aspectos Legales y Profesionales* los había impartido el mismo profesor en todos los grupos (el autor de esta tesis), pero eso no sería posible en el nuevo marco curricular. Por ello, era necesario generar herramientas metodológicas y de evaluación que combinaran validez, eficacia y simplicidad, de forma que se facilitara que el resto del profesorado las incorporara en su actividad docente.

En la siguiente sección se explica el modelo de intervención docente que se diseñó para afrontar algunos de estos retos.

### **7.3. Modelo de intervención**

Tras la revisión bibliográfica, se diseñó un modelo completo de intervención – que incluía contenidos, actividades y evaluación – alineado con los objetivos, resultados de aprendizaje y la planificación de la asignatura en la que se iba a implementar.

El primer tema del curso estaba dedicado a la *Ética profesional*, asignándole 3 sesiones de 2 horas. En dicho tema, tras una breve introducción sobre ciencia, tecnología y sociedad, se abordaban los principios de la ética en la ingeniería, la responsabilidad social del ingeniero y de las empresas, y los códigos éticos profesionales.

---

<sup>3</sup> <http://hogardigitalaccesible.etsist.upm.es/>

<sup>4</sup> Centro de Investigación en Tecnologías Software y Sistemas Multimedia para la Sostenibilidad: <https://www.citsem.upm.es>

Se optó por centrar la intervención en dos de los resultados de aprendizaje de la asignatura (Cuadro 7.1):

- Es capaz de reunir e interpretar datos relevantes para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas de índole social, ético o jurídico.
- Toma decisiones profesionales ajustadas a códigos deontológicos.

Ambos están relacionados con las competencias de la asignatura orientadas a la integración de aspectos éticos y sociales en el diseño de soluciones de ingeniería informática.

Para lograr esos resultados, teniendo como referencia lo visto en la sección 4.3 sobre metodologías para desarrollar competencias éticas, se optó por el trabajo con **dilemas éticos** acompañándolos del uso de **códigos deontológicos** relacionados con las ingenierías informáticas.

Además de seleccionar casos adecuados, se plantearon dos retos principales:

- proponer pautas de trabajo que potencien la **reflexión**, la discusión entre pares, el **razonamiento ético** y la **toma argumentada de decisiones**, y
- la selección de los **criterios de valoración** del trabajo realizado y el logro de los objetivos docentes.

Para abordar dichos retos, la tarea principal fue el diseño de una **matriz de evaluación**, alineada con los resultados de aprendizaje deseados y con la que se alinearán a su vez las actividades de aprendizaje propuestas. Además, se buscó un modelo lo suficientemente claro y simple para poderse adaptar a contextos académicos diferentes y facilitar su uso por parte del profesorado.

### 7.3.1. Matriz de evaluación

Para diseñar la rúbrica de evaluación fue fundamental el trabajo de revisión bibliográfica que se ha presentado en la sección 4.3. Para definir los componentes básicos, las referencias principales fueron la rúbrica PMEAR (Shuman et al. 2004), los cuatro pasos de Rest (1986) para tomar decisiones éticas, los criterios para el desarrollo de las competencias ABET (Besterfield et al. 2000), el “ciclo ético” de Van de Poel y Royackers (2007), el aprendizaje basado en estrategias propuesto por Mumford et al. (2008) y las etapas del enfoque ETICA (Brey 2012; Stahl 2011). A partir de dichas referencias, se sintetizaron sus propuestas en tres componentes secuenciales básicos y un cuarto componente transversal, intentando buscar un marco lo más simplificado posible (Figura 6.1).

Dichos componentes son los siguientes:

- ✓ **Reconocimiento del dilema ético:** identificar y describir los problemas y dilemas éticos que surgen en la situación. Es muy similar al atributo *reconocimiento de dilema* de la rúbrica PMEAR, pero va más allá del dilema específico al reconocer otros problemas

relacionados con la situación. También es similar al primer paso de la propuesta de Rest, el “ciclo ético” y el enfoque de ETICA.

- ✓ **Análisis de la situación:** se basa en las etapas de *evaluación* de las propuestas de Rest, los criterios de ABET y el enfoque de ETICA, e integra los atributos *información, análisis y perspectiva* de la rúbrica PMEAR. Dependiendo del contexto, se deben definir los indicadores que mejor se adapten a las características de la actividad propuesta. Además, se han agregado algunas de las estrategias propuestas por Mumford et al. (2008) y el “ciclo ético” de Van de Poel y Royackers (2007), como la consideración de todas las partes interesadas, los diferentes puntos de vista, las consecuencias (riesgos y beneficios) de las diferentes perspectivas y partes interesadas y el uso apropiado de los principios éticos.
- ✓ **Toma de decisión y actitud:** es muy similar al atributo *resolución* de la rúbrica PMEAR y equivalente a la tercera etapa de las propuestas de Rest, los criterios de ABET y el enfoque de ETICA. Sin embargo, se añade que la solución propuesta debe ser factible y consistente con los principios éticos profesionales y/o las reglamentaciones vigentes, y se valora que se consideren algunas referencias desde diversas perspectivas éticas, como las utilitarias (evaluar las consecuencias) o las contractuales (“ganar-ganar”), tomando como referencia las últimas fases del “ciclo ético”.

Figura 6.1. Esquema de las componentes básicas de la rúbrica diseñada y la componente transversal.



La componente transversal se orientó al conocimiento y uso apropiado de códigos éticos profesionales, alineándose con uno de los resultados de aprendizaje de la asignatura:

- ✓ **Conocimiento y uso de códigos éticos profesionales:** considera la selección de los artículos que están relacionados con la situación estudiada, una explicación correcta de esta relación y una adecuada utilización de los más relevantes para el análisis y la toma de decisiones. Se basa en los criterios de ABET (Besterfield-Sacre et al. 2000; Herkert 1999), la propuesta de Colby y Sullivan (2008) y la rúbrica que se aplica para evaluar la asignatura de “Asuntos Éticos Contemporáneos” de la Universidad de Hawai'i Manoa. (UH Manoa 2008).

Para cada uno de esos cuatro componentes, se definieron distintos niveles de logro. Como resultado se obtuvo una rúbrica para evaluar el progreso de los estudiantes con relación a

sus capacidades de emitir juicios relacionados con aspectos éticos y la toma de decisiones coherentes con los códigos deontológicos (resultados de aprendizaje de la asignatura), a partir del análisis de situaciones que plantean dilemas éticos. La versión final de la rúbrica se presenta en la tabla 7.1.

El rango de valoración es de 1 a 4 para seguir los criterios usados por la UPM, en ese momento, para medir el logro de competencias. Los criterios generales de dicha valoración se presentan a continuación:

- ✓ **Reconocimiento del dilema ético (*Identificar*):** en el nivel más bajo (1), no se identifica ningún problema o dilema que surja en la situación, o bien, si lo hacen, lo hacen incorrectamente. Al más alto nivel (4), se identifican claramente los problemas y dilemas clave, se describen adecuadamente, y se mencionan valores y principios éticos que están en conflicto.
- ✓ **Análisis de la situación:** en el nivel 1 no hay análisis o el análisis se simplifica demasiado (solo se proporciona un punto de vista y sin argumentos). El caso ideal (4) proporciona un análisis profundo y razonado. Considera a todas las partes interesadas/afectadas, los diferentes puntos de vista, las consecuencias (riesgos y beneficios) para diferentes perspectivas y partes interesadas, y un uso apropiado de los principios éticos.
- ✓ **Toma de decisión:** el nivel más bajo (1) es para los estudiantes que no ofrecen ninguna solución, proponen una solución que es contraria a los principios éticos más elementales o toman una decisión sin ninguna justificación. En el mejor de los casos (4), la solución es consistente con los principios éticos más elevados, está bien justificada en comparación con otras alternativas. Además, se han considerado sus consecuencias o riesgos potenciales y está orientada a lograr una situación de "ganar-ganar".
- ✓ **Conocimiento y uso de códigos éticos profesionales:** El nivel 1 no hace referencia a ningún código de ética o cualquier referencia es incorrecta. Idealmente (4), los artículos aplicables de los códigos profesionales se citan correctamente y se explica su significado y/o implicaciones para formar un juicio y/o tomar una decisión.

Es importante resaltar que, siguiendo a Colby y Sullivan (2008) y Goldin et al. (2015), el foco de la evaluación no se centra en la decisión final sino en el **proceso** de razonamiento seguido, la identificación y comprensión de los múltiples factores a considerar y la argumentación, tanto del análisis como de la decisión tomada.

Tabla 7.1. Matriz de evaluación de competencias éticas a partir del trabajo con dilemas ético-profesionales.

Dimensiones	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
<b>Reconocimiento del dilema ético</b> Identifica y describe problemáticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>No identifica</b> problemas éticos presentes en una situación o sólo alguno de los más obvios,</li> <li>- No los describe o lo hace de forma incorrecta o confusa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Identifica alguna/s</b> de las problemática/s éticas más evidentes</li> <li>- <b>Describe alguna/s</b> (pero no todas) de forma clara y correcta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Identifica</b> las problemática/s éticas más evidentes y las describe clara y correctamente.</li> <li>- <b>Identifica alguna de las problemáticas menos obvias</b> pero no las describe claramente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Identifica claramente todas las problemáticas</b> éticas de la situación presentada y las describe clara y correctamente.</li> </ul>
Identifica y describe el dilema	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>No identifica ni describe</b> el dilema o conflicto que se presenta en la situación, o lo hace de forma incorrecta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Identifica el dilema principal</b> de la situación pero <b>no lo describe claramente</b>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Identifica y describe el dilema principal</b> que se presenta en la situación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Identifica y describe claramente el dilema</b>, identificando los valores o principios éticos en conflicto.</li> <li>- Puede distinguir aspectos relativos a la ética profesional y a la ética personal.</li> </ul>
<b>Análisis de la situación</b>	No hace ningún análisis de la situación o demasiado simple	Argumenta pero con poca profundidad y pueden faltar algunas justificaciones.	Desarrolla y presenta argumentos con cierta profundidad y perspectiva amplia	Análisis argumentado y profundo
Distintos puntos de vista	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ve la situación desde un <b>único punto de vista</b> y sin argumentar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presenta argumentos pero <b>sólo desde un punto de vista</b>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrolla y presenta argumentos <b>desde más de un punto de vista</b>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrolla y presenta argumentos <b>desde más de un punto de vista</b>.</li> </ul>
Consecuencias y/o Actores	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No tiene en cuenta las <b>consecuencias</b>, riesgos y beneficios, de las posibles posiciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiene en cuenta las <b>consecuencias</b>, riesgos y beneficios, pero sólo de una de las posibles posiciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Tiene en cuenta las consecuencias, riesgos y beneficios</b>, de más de una de las posibles posiciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Considera y valora las <b>consecuencias</b>, riesgos y beneficios, de las posibles posiciones.</li> </ul>
Utiliza principios éticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No menciona <b>principios éticos</b> o lo hace incorrectamente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliza algunos <b>principios éticos</b> pero le faltan algunos que son pertinentes o algunos no lo son.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Considera adecuadamente a <b>todos los actores</b> involucrados en la situación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Considera adecuadamente cómo afectan a <b>todos los actores</b> involucrados en la situación.</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Utiliza principios éticos</b> pertinentes en la situación para desarrollar la argumentación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Utiliza adecuadamente principios éticos</b> para desarrollar la argumentación, explicando claramente su pertinencia en la situación.</li> </ul>

<p><b>Toma de decisión, actitud</b></p> <p>Coherencia con principios éticos</p> <p>Argumentada</p> <p>Original, win-win</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No aporta ninguna solución posible ante el problema. <b>O bien</b></li> <li>- La propuesta no está claramente definida. <b>O bien</b></li> <li>- Propone una solución deshonesta o contraria a los principios éticos más elementales. <b>O bien</b></li> <li>- Toma una determinación sin ninguna justificación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Propone una solución <b>factible y coherente con principios éticos</b></li> <li>- <b>No la argumenta</b> suficientemente o la argumentación es incoherente <b>O bien</b></li> <li>- No tiene en cuenta las posibles <b>consecuencias</b> de la solución propuesta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Propone una solución <b>factible y coherente con principios éticos</b></li> <li>- Argumenta <b>suficiente y coherentemente</b> la propuesta</li> <li>- Identifica las <b>consecuencias</b> de la solución, así como riesgos potenciales de la misma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Propone una solución <b>factible y coherente con los principios éticos</b> más elevados.</li> <li>- <b>Argumenta claramente</b> su propuesta</li> <li>- <b>Identifica y valora las consecuencias</b> de la solución, así como riesgos potenciales de la misma.</li> <li>- <b>La compara con otras alternativas</b>, justificando adecuadamente su elección.</li> <li>- La solución integra aspectos <b>originales</b> orientados a lograr que todos ganen ("win-win").</li> </ul>
<p><b>Conocimiento y uso de códigos éticos profesionales (CEP) / principios y directrices de RSC (DRSC)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>No hace</b> ninguna referencia a ningún CEP / DRSC. <b>O bien</b></li> <li>- Hace referencias <b>incorrectas</b> al CEP / DRSC.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Identifica correctamente algunos</b> artículos CEP / DRSC aplicables y/o relacionados con la situación presentada.</li> <li>- <b>No los utiliza o lo hace incorrectamente</b>, para el análisis y/o en la toma de decisión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Identifica correctamente la mayoría</b> de los artículos del CEP / DRSC aplicables y/o relacionados con la situación presentada.</li> <li>- <b>Utiliza correctamente alguno/s de ellos</b> en el análisis y/o en la toma de decisión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Identifica correctamente la mayoría</b> de los artículos del CEP / DRSC aplicables y/o relacionados con la situación presentada.</li> <li>- <b>Explica</b> correctamente su relación con la situación planteada</li> <li>- <b>Utiliza correctamente los más pertinentes</b> en el análisis y en la toma de decisión.</li> </ul>

### 7.3.2. Intervención

A partir del diseño de la rúbrica de evaluación, el modelo de intervención diseñado se detalla a continuación:

- ✓ **Prueba inicial (pre-test):** el primer día del curso, los estudiantes realizan el análisis de un dilema ético profesional relacionado con la ingeniería informática, en el que se les pedía explícitamente:
  - **identificar** los problemas éticos que aparecen en la situación que se describe y el dilema al que se enfrenta el profesional,
  - **analizar** la situación teniendo en cuenta todos los aspectos necesarios para tomar una decisión,
  - proponer y justificar la **decisión** que el profesional debería tomar.

Los enunciados pueden verse en el Anexo 2.2.

- ✓ Desarrollo de las competencias:
  - **Exposición y discusión** de los principios y cuestiones de la ética profesional en el campo de la ingeniería. Se presentaron dos códigos deontológicos relacionados con la ingeniería informática (ACM1, IEEE2). Tiempo: 4 horas.
  - **Trabajo en pequeños grupos** para discutir diferentes dilemas éticos que están relacionados con la ingeniería informática usando códigos éticos. Se acaba con una discusión con el grupo grande y *feedback* del profesor. Tiempo: 2 horas.
  - **Tarea individual**, a realizar fuera del tiempo de clase, sobre otro dilema ético profesional. Este trabajo se evaluó utilizando los criterios de rúbrica, que se incluía en la documentación complementaria al enunciado del dilema, ya que se quería que la rúbrica sirviera de orientación para los estudiantes. Antes de la prueba final, el profesor dio una solución que incluía comentarios y se publicaron algunas de las tareas entregadas que se consideraron más relevantes. Esta actividad se calificaba y se tenía en cuenta para la calificación global de la asignatura.

El enunciado de las actividades fue el mismo para el trabajo en grupo e individual, estaba alineado con la matriz de evaluación, y se animaba a consultar y citar en el análisis los códigos deontológicos. En el segundo semestre, se ampliaron los enunciados, intentando expresar más claramente lo que se pedía, especialmente con respecto al análisis, la toma de decisiones y cómo usar los códigos profesionales de ética. Pueden verse los enunciados de dichas actividades en el anexo 2.3.

---

<sup>1</sup> <https://www.acm.org/about/code-of-ethics>  
<https://ethics.acm.org/code-of-ethics/software-engineering-code/>

<sup>2</sup> <https://www.ieee.org/about/corporate/governance/p7-8.html>

- ✓ **Evaluación (post-test).** Uno de los exámenes de la asignatura incluía entre sus preguntas la reflexión detallada sobre un dilema ético, pidiendo exactamente lo mismo que en la prueba inicial. La valoración de dicha reflexión, según los criterios de la rúbrica, serviría como prueba post-test del diseño cuasi-experimental y también formaría parte de la calificación del examen.

Los dilemas éticos propuestos en las actividades realizadas fueron tomados de Johnson (2009), los recursos de *onlineethics*<sup>3</sup> y otros fueron de elaboración propia basados en casos reales, como el del *whistle-blower* Edward Snowden o un caso de gestión redes de control ambiental de un municipio español, de elaboración propia (Miñano y Fernández 2015).

## 7.4. Efectividad de la intervención

Como se explicó en la sección 5.6 dedicada a la metodología específica de este estudio de caso, el análisis de la efectividad de la intervención se hace en función de los datos recogidos en el pre-test y post-test, en dos semestres diferentes, cuantificados según los criterios de la matriz de evaluación diseñada. Además, también se tienen en cuenta los resultados de un cuestionario respondido por los estudiantes sobre su autopercepción de las mejoras logradas a lo largo del semestre.

En esta sección se presentan primero los resultados relativos a la medida del progreso en las tres componentes básicas estudiadas: identificar, analizar, decidir. A continuación, se analizan los resultados sobre el componente transversal de conocimiento y uso de los códigos deontológicos, así como el análisis de la incidencia de otros factores, en particular el del dilema propuesto. Por último, se contrastan los anteriores resultados con la autopercepción del alumnado sobre su progreso.

### 7.4.1. Progresos en las componentes básicas

En primer lugar, se presentan los datos descriptivos de las pruebas iniciales y finales de ambos semestres en relación cada uno de los atributos considerados, del progreso observado para cada uno de ellos y también el progreso global (tabla 7.2). La figura 7.1 refleja gráficamente el progreso en cada uno de los atributos.

Se observa que la mejora promedio en los tres componentes estudiados es algo menor que uno pero las medianas de las variables PRE y POST varían de 2 a 3 respectivamente, excepto en un caso. Es decir, más del 50% de los estudiantes tenían un nivel que era mayor o igual a 3 en cada atributo en la prueba final. Los gráficos de la figura 7.1 muestran diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de las pruebas iniciales y finales en todos los aspectos estudiados. En ambos semestres, la **mayor mejora se da en la identificación de problemas éticos**, mientras que los resultados relativos al análisis de la situación y la toma

---

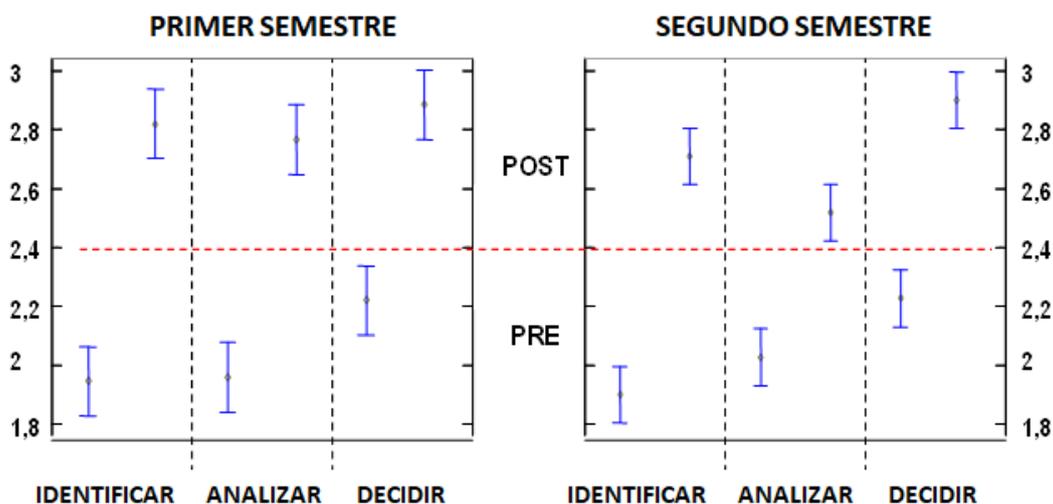
<sup>3</sup> <http://www.onlineethics.org/Resources/Cases.aspx>

de decisiones son diferentes en cada semestre. El hecho de que hubiera un trabajo previo sobre los fundamentos de la ética en la ingeniería que tienen una incidencia directa en el conocimiento de los diversos problemas éticos que surgen en el campo de la ingeniería, puede explicar el que el progreso en la identificación de los problemas éticos sea mayor en los otros aspectos evaluados. Es razonable que el mayor cambio ocurra en la dimensión que está más directamente influenciada por ese conocimiento y el trabajo realizado.

Tabla 7.2. Datos descriptivos para las tres componentes básicas.

PRIMER SEMESTRE (N=80)										
		PRE TEST			POST TEST			PROGRESO		
Componente	Rango	Mediana	Media	Desv	Mediana	Media	Desv	Mediana	Media	Desv
Identificar	1-4	2	1.94	0.66	3	2.77	0.63	1	0.94	0.75
Analizar	1-4	2	1.95	0.84	3	2.75	0.80	1	0.78	1.05
Decidir	1-4	2	2.2	0.72	3	2.84	0.70	1	0.64	0.88
Global	1-4	2	2.03	0.54	2.66	2.78	0.51	0.66	0.75	0.6
SEGUNDO SEMESTRE (N=110)										
		PRE TEST			POST TEST			PROGRESO		
Componente	Rango	Mediana	Media	Desv	Mediana	Media	Desv	Mediana	Media	Desv
Identificar	1-4	2	1.9	0.51	3	2.71	0.79	1	0.81	0.88
Analizar	1-4	2	2.03	0.78	2	2.52	0.80	0	0.49	0.89
Decidir	1-4	2	2.22	0.67	3	2.90	0.70	1	0.67	0.85
Global	1-4	2	2.05	0.49	2.66	2.71	0.6	0.66	0.65	0.6

Figura 7.1: Comparación de medias de las componentes básicas en el PRE y POST test (intervalo de confianza, 95%).

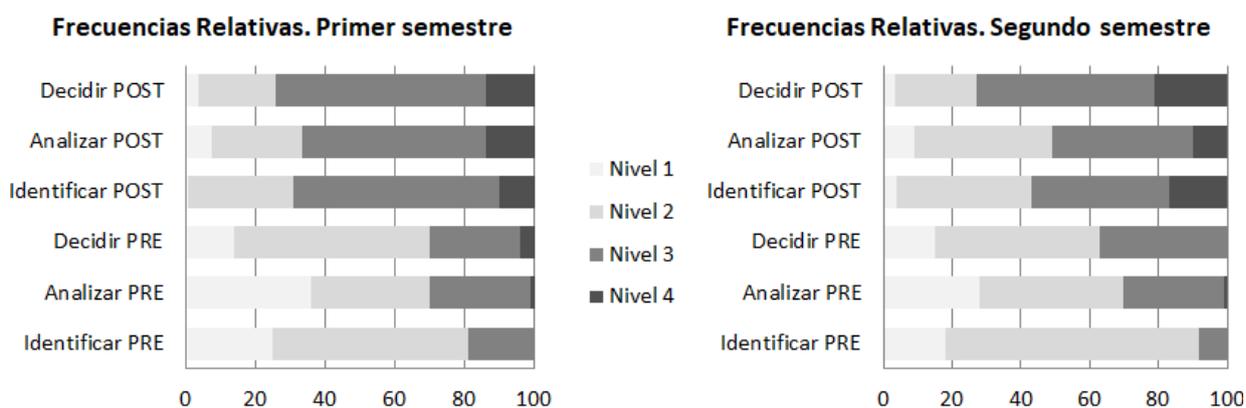


Estos resultados corroboran los de la investigación de Rudnicka et al. (2013), que establecen que el reconocimiento de un dilema ético generalmente se enseña solo en cursos de ingeniería ética, mientras que el análisis es una habilidad que los estudiantes aprenden a usar a lo largo de los planes de estudios, es una competencia compleja, que depende otras habilidades genéricas, como el pensamiento crítico y la visión holística.

Se esperaba que hubiera una mejora en los resultados de la dimensión de análisis en el segundo semestre, pues en las actividades se ampliaron los enunciados para orientar más el trabajo, pero fueron peores que en el primer semestre. Durante la realización de las actividades, se observó las dificultades del alumnado para reflexionar, analizar y considerar diferentes puntos de vista, priorizando el dar una solución al dilema más que analizar rigurosamente los argumentos que apoyan la misma. Este enfoque hacia la solución también se refleja en el dato de que la toma de decisión es el aspecto con valoraciones más altas. Todo ello refuerza la necesidad de seguir investigando e innovando sobre estrategias y métodos para desarrollar las competencias relativas al análisis de situaciones, pues son las más complejas.

Los datos de la figura 7.2 también reflejan la efectividad de la intervención, ya que el porcentaje de estudiantes en el nivel mínimo (1) se ha reducido significativamente en todas las dimensiones y el porcentaje de estudiantes que han alcanzado los niveles más altos (3-4) es significativamente mayor.

*Figura 7.2. Porcentaje de estudiantes para cada nivel de progreso (1-4) en el PRE y en el POST test y para cada uno de los atributos básicos.*



También se ha estudiado el **progreso global**, promediando los resultados de los tres componentes básicos estudiados (variable Global). A partir de los datos descriptivos, se observa un aumento promedio mayor a dos tercios (en ambos semestres), que puede interpretarse como el progreso medio de un nivel en dos de los tres componentes (tabla 7.2 y figura 7.3).

Se puede afinar algo más este análisis a partir de los datos del número de atributos en los que ha habido mejoras (variable Nº de MEJORAS). Los resultados presentados en la tabla 7.3 muestran que más del 90% de los estudiantes han mejorado en al menos uno de los aspectos estudiados, más del 60% han mejorado en al menos dos y casi el 25% han mejorado en todos ellos.

Figura.7.3. Diagrama de cajas para la variable Global, comparando los resultados entre PRE y POST test en ambos semestres.

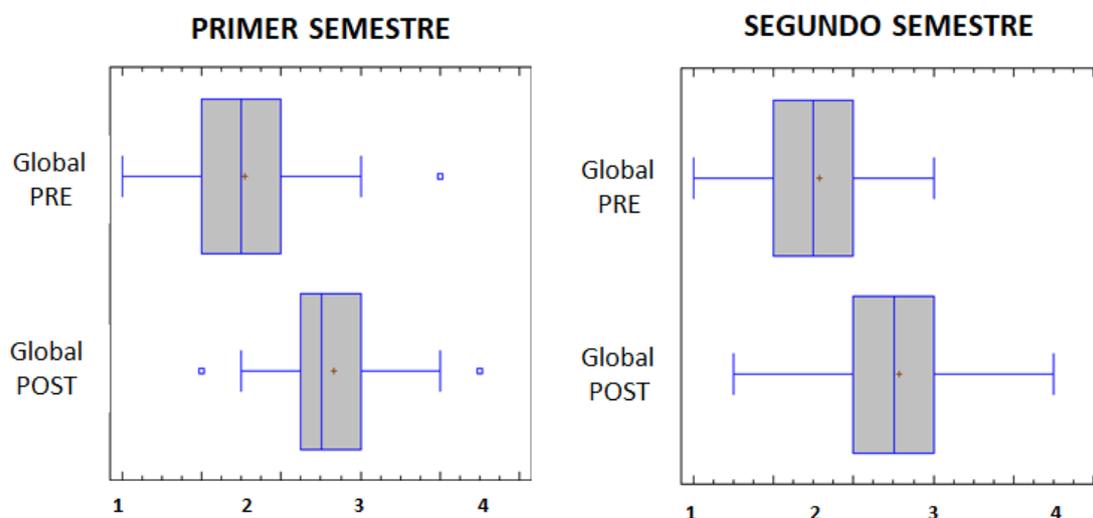


Tabla 7.3. Tabla de frecuencias para la variable N° de MEJORAS agrupando los datos de ambos semestres.

Nº de MEJORAS	N	0	1	2	3
Frecuencia absoluta	190	17	57	69	47
Frecuencia relativa	100%	8.94%	30%	36.32%	24.74%

Para estudiar si este progreso global es significativo y su magnitud se ha realizado un contraste de hipótesis que refleja que sí hay diferencias estadísticamente significativas de al menos un nivel entre los resultados de las pruebas iniciales y finales (tabla 7.4). Es decir, tras el trabajo realizado, hay evidencias de progreso de al menos un nivel en al menos una de las dimensiones estudiadas.

Tabla 7.4. Contraste de hipótesis (t-Test) para la variable Global-PROGRESO.

$$H_0: \mu=1, H_1: \mu>1 (\alpha=0.05).$$

	N	Media	Desviación	Estadístico t	P-Valor	Conclusión
Primer semestre	80	2.25	1.82459	6.1276	1.21363 E-7	Rechazar la hipótesis nula $\alpha=0.05$
Segundo semestre	110	1.97273	1.79428	5.68588	1.50989 E-7	

#### 7.4.2. Conocimiento y uso de códigos éticos profesionales

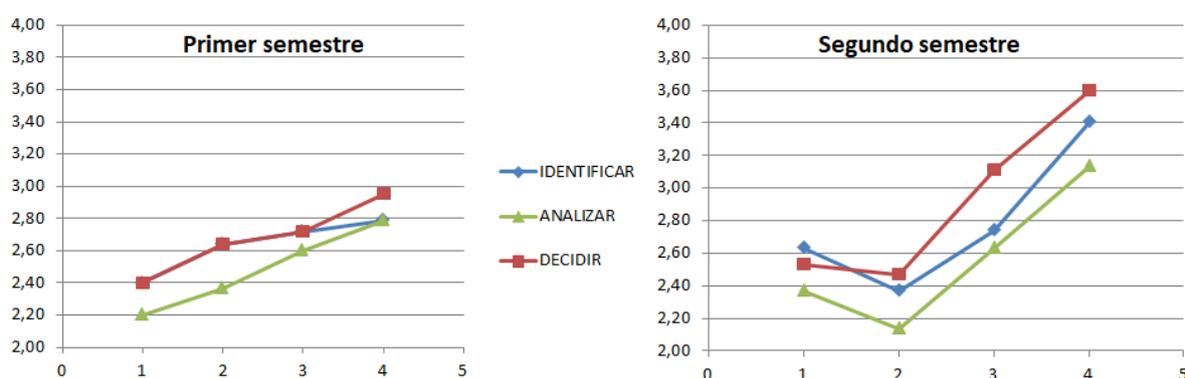
Otro de los objetivos de este estudio es analizar el efecto del conocimiento y uso de los códigos éticos profesionales para afrontar dilemas éticos. En el enunciado de las pruebas PRE y POST test no había ninguna referencia explícita al uso de los códigos, pero en la

prueba final el alumnado podía disponer de ellos y hacer el uso que considerase oportuno, dado que en las actividades realizadas sí se había trabajado con ellos.

Al realizar el análisis estadístico de los datos, no se verificaban las hipótesis necesarias para estudiar la independencia de la variable CODIGO (valora el conocimiento y uso de los códigos deontológicos) con las variables de los atributos que se están estudiando. Por tanto, el análisis de la relación de dependencia entre dichas variables se reduce a los datos descriptivos.

La figura 7.4 muestran una relación directa entre la calidad del uso de los códigos y el nivel en cada componente básico: a mayor puntuación para el uso de los códigos, mayor es el nivel promedio en los distintos aspectos analizados. Esta relación está perturbada por el hecho de que el valor 1 de la variable CODIGO recoge los casos en los que no se hace ninguna referencia a los códigos. Especialmente en el segundo semestre, se han observado respuestas en donde el estudiante no hacía ninguna referencia explícita a los códigos, pero sí realizaba un análisis aceptable de la situación y argumentaba adecuadamente la decisión.

*Figura 7.4. Medias de los distintos atributos en la prueba final para los diferentes valores de la variable CODIGO*



Para paliar este efecto, se realizó otro análisis clasificando a los estudiantes en dos grupos:

- 0 : sin uso o uso inadecuado o demasiado simple de los códigos (1 y 2 en la rúbrica)
- 1 : buen uso de los códigos (3 y 4 en la rúbrica),

y estudiando las mejoras de cada grupo en cada una de las dimensiones estudiadas.

Para ello, con los datos del segundo semestre (en el que se daban las condiciones necesarias para el análisis), se realizó un contraste de hipótesis para la diferencia de medias, que reflejó que sí había diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) para las mejoras en el análisis de la situación y en la toma de decisiones, así como en la mejora global (tabla 7.5).

De estos resultados se puede inferir que el conocimiento y un buen uso de los códigos deontológicos facilitan mejoras en el análisis de las situaciones y la toma de decisiones, y potencia las competencias relacionadas con la ética profesional de los estudiantes. De todas

formas, serían necesarios otros estudios más específicos para poder llegar a conclusiones más firmes.

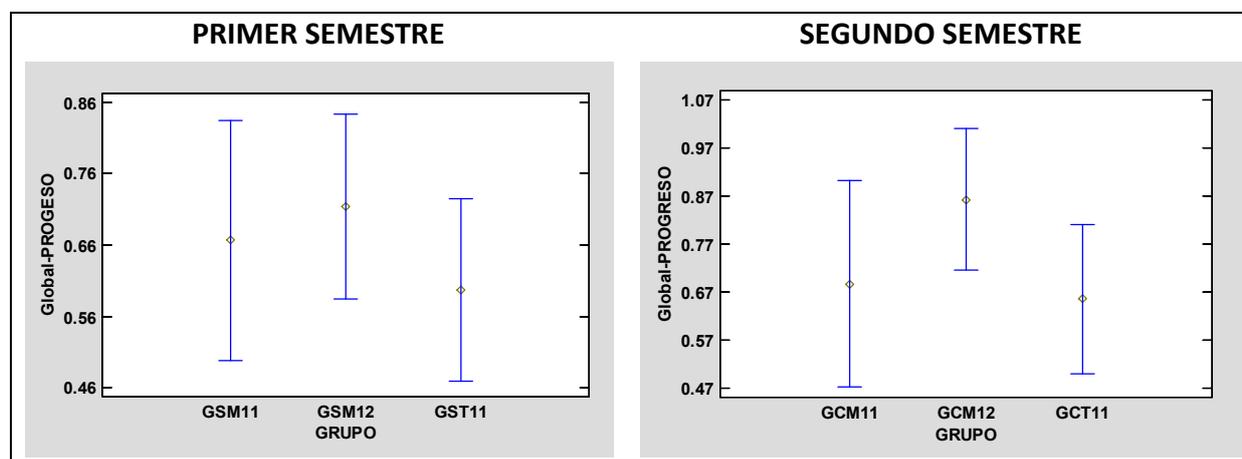
Tabla 7.5. Contraste de hipótesis para comparar medias ( $H_0: \mu_0 = \mu_1$ ,  $H_1: \mu_0 \neq \mu_1$ ) para el progreso en cada componente y el progreso global en función del uso de los códigos deontológicos.

CODIGO-01	N	Identificar PROGRESO		Analizar PROGRESO		Decidir PROGRESO		Global PROGRESO	
		Medias	t Test p-valor	Medias	t Test p-valor	Medias	t Test p-valor	Medias	t Test p-valor
0-uso deficiente	49	0.63	0.0600	0.27	0.0159	0.49	0.0418	0.46	0.0019
1-buen uso	61	0.95		0.67		0.82		0.81	

### 7.4.3. Análisis de otros factores

En el proceso de análisis de datos se planteó estudiar la influencia de diversos factores como edad, grupo y sexo. En este curso se dio la circunstancia de que el porcentaje de mujeres entre el alumnado era menor del 10% por lo que no se ha estudiado el sexo como factor. Con relación a los **grupos**, no se encontraron diferencias significativas entre los resultados de los distintos grupos, ni en el progreso global ni en el particular de cada componente estudiada. La figura 7.5 refleja que las diferencias entre ellos no son estadísticamente significativas.

Figura.7.5. Comparación del progreso global en función de los distintos grupos de alumnado. Intervalos de confianza (95%).



Sin embargo, con relación a la **edad** sí se han encontrado diferencias y algunas de ellas significativas. Para estudiarlo se ha distinguido entre estudiantes menores de 20 años – que son el perfil más frecuente y en cierto modo “natural” en un primer curso de universidad – y estudiantes mayores de 20 años cuyo número permitía realizar análisis significativos, y representan un perfil más “atípico” en los primeros cursos.

En la prueba inicial, los resultados de los menores de 20 años fueron mejores en las dimensiones de identificar y analizar, aunque las diferencias no eran estadísticamente significativas. En ambos aspectos, el progreso del alumnado más maduro es mayor que el de los más jóvenes, encontrándose una diferencia estadísticamente significativa en la variable que mide el progreso al identificar problemática ética (tabla 7.6). En cuanto a la argumentación de las decisiones, no había diferencias en la prueba inicial ni tampoco se han encontrado en el progreso tras la intervención docente.

Tabla 7.6. Contraste de hipótesis para comparar medias ( $H_0: \mu_0 = \mu_1$ ,  $H_1: \mu_0 \neq \mu_1$ ) para el progreso en cada componente y el progreso global con relación a la edad.

		Identificar PROGRESO		Analizar PROGRESO		Decidir PROGRESO		Global PROGRESO	
EDAD-01	N	Medias	t Test p-valor	Medias	t Test p-valor	Medias	t Test p-valor	Medias	t Test p-valor
0-Entre18-20	68	0.62	0.0040	0.53	0.5678	0.66	0.8877	0.60	0.1112
1-Mayores de 20	33	1.15		0.64		0.64		0.81	

También se ha realizado un estudio de la posible influencia de los dilemas y estudiar un posible "efecto de la práctica". Como se explicó en el capítulo de metodología (sección 5.6), en el segundo semestre se trabajó con dos dilemas diferentes que fueron asignados aleatoriamente en la prueba inicial. En la prueba final, los mismos casos fueron asignados aleatoriamente de tal manera que las cuatro combinaciones posibles tuvieran el mismo número de estudiantes. Como puede verse en los datos recogidos en la tabla 7.7, las muestras de cada combinación no son exactamente iguales debido a que no todos los estudiantes que realizaron el pre-test realizaron luego el post-test.

Al estudiar si los dilemas utilizados en la prueba influyen en los resultados, no se encontraron evidencias de dependencia entre las interacciones entre los dilemas analizados en la prueba PRE y POST y los progresos en las diversas dimensiones básicas estudiadas. Los alumnos que realizaron ambas pruebas del mismo dilema no tuvieron una ventaja significativa en ninguno de los atributos sobre los alumnos que trabajaron en diferentes dilemas, como reflejan los resultados del test de independencia realizado para las distintas combinaciones en la asignación de dilemas (tabla 7.7).

Tabla 7.7. Test de independencia  $\chi^2$  para las posibles combinaciones de dilemas en el PRE y POST test y los resultados en las componentes básicas ( $N_{AA}=27$ ,  $N_{AB}=32$ ,  $N_{BA}=26$ ,  $N_{BB}=25$ ).

Desempeño POST test	Estadístico	Df	P-Valor	Mejoras	Estadístico	Df	P-Valor
Identificar-POST	5.314	9	0.8062	Identificar-PROGRESO	15.317	12	0.2246
Analizar-POST	5.659	9	0.7735	Analizar-PROGRESO	21.728	15	0.1151
Decidir-POST	10.590	9	0.3049	Decidir-PROGRESO	20.190	15	0.1648
Global-POST	27.440	24	0.2844	Global-PROGRESO	36.567	30	0.1901

Como los resultados reflejan que sí podría haber cierta influencia en las mejoras (p-valor más bajo), se hizo un análisis sobre los resultados en la prueba inicial y final en función de los dilemas trabajados. Los resultados de la tabla 7.8 muestran algunas diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) en relación con el dilema asignado en la prueba inicial, en concreto en las facetas de análisis de la situación y la toma de decisiones. Sin embargo, en la prueba final, las diferencias no fueron estadísticamente significativas y, más aún, se dieron en la dirección opuesta.

Tabla 7.8. Contraste de hipótesis de comparación de medias para los distintos dilemas estudiados ( $H_0: \mu_A=\mu_B$ ,  $H_1: \mu_A\neq\mu_B$ ), para cada una de las componentes básicas en el PRE y en el POST test.

PRE TEST									
		Identificar PRE		Analizar PRE		Decidir PRE		Global PRE	
CASO-PRE	N	Media	t Test p-valor	Media	t Test p-valor	Media	t Test p-valor	Media	t Test p-valor
A	59	1.92	0.7355	2.17	0.0400	2.46	0.0001	2.18	0.0028
B	51	1.88		1.86		1.96		1.9	
POST TEST									
		Identificar PRE		Analizar PRE		Decidir PRE		Global PRE	
CASO-POST	N	Media	t Test p-valor	Media	t Test p-valor	Media	t Test p-valor	Media	t Test p-valor
A	53	2.72	0.92	2.47	0.5584	2.75	0.0546	2.64	0.3031
B	57	2.70		2.56		3.03		2.76	

Las diferencias significativas en la prueba inicial pueden deberse al nivel de *intensidad moral*, que valora la importancia que pueden tener los imperativos éticos y morales en una situación concreta (Jones, 1991). Siguiendo los criterios de Jones (1991), ambos casos tienen una intensidad moral media-baja y son muy similares en cuatro de las características básicas, aunque que el caso B (el que tiene peores resultados en la prueba inicial) puede considerarse algo más complejo en dos de ellas: consenso social sobre lo que es correcto o no en esa situación, y la proximidad de la misma y sus efectos a la realidad de la persona que ha de analizarla. El enunciado de dichos casos se encuentra en el anexo 2.2.

El que haya habido un cambio en cuanto a las diferencias de analizar uno u otro caso, puede interpretarse como que la capacitación ética que se proporcionó durante la intervención tiende a equilibrar las diferencias que aparecieron en las pruebas iniciales. Una vez más, nuestra interpretación es consistente con uno de los resultados de la investigación de Rudnicka et al. (2013), quienes señalan que cierta formación en ética de la ingeniería es crítico para situaciones que involucran decisiones de menor intensidad moral.

#### 7.4.4. Percepción del alumnado

Al final del segundo semestre, los estudiantes completaron un cuestionario de valoración de la asignatura. Se les preguntó sobre su percepción de logro de los resultados de aprendizaje asociados a las diferentes dimensiones analizadas en este estudio, así como de su

conocimiento y uso de leyes y normas relacionados con la ingeniería informática, pues lo han trabajado en la asignatura a lo largo del semestre. En la tabla 7.9 se pueden ver los detalles del cuestionario y las valoraciones medias.

*Tabla 7.9. Cuestionario de autopercepción de logros al final del semestre.*

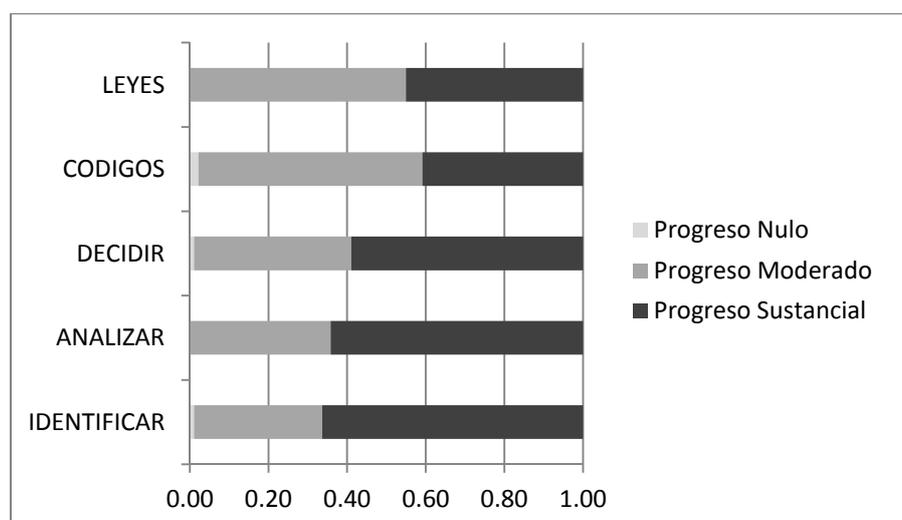
<b>Aspectos relevantes de las competencias de responsabilidad social y profesional</b>	<b>Valoración (*)</b>
Identificar los aspectos éticos, sociales, ambientales o legales en situaciones problemáticas relacionadas con la ingeniería informática	1.65
Analizar una situación problemática identificando a los actores y conceptos clave de la misma, y teniendo en cuenta distintos puntos de vista	1.64
Argumentar y valorar decisiones en situaciones problemáticas, de forma coherente con los principios éticos profesionales y/o la legalidad vigente	1.58
Conocimiento de códigos deontológicos y principios éticos profesionales, y su uso para argumentar y valorar decisiones en situaciones problemáticas	1.39
Conocimiento de normas y leyes relacionadas con la profesión, y su uso para argumentar y valorar decisiones en situaciones problemáticas	1.45
(*) Escala de valoración: <b>0:</b> no he mejorado nada o casi irrelevante ; <b>1:</b> he mejorado respecto a mi nivel al principio de curso, pero no me siento muy segur@ al abordar estas cuestiones; <b>2:</b> he mejorado considerablemente y me siento segur@, con más recursos y conocimientos para afrontar estas cuestiones.	

Los resultados obtenidos muestran que más del 60% tienen una percepción de mejora sustancial en los 3 aspectos básicos trabajados durante la intervención, mientras que sólo el 40% tienen esa percepción en lo relacionado con el conocimiento y uso de códigos deontológicos, normas y leyes relacionados con la ingeniería informática (figura 7.6).

Se considera significativo, que el alumnado perciba una mayor mejora en competencias relativas a habilidades trabajadas en la intervención más que en relación con los conocimientos adquiridos a lo largo de todo el curso, y es positivo que se mantenga esa percepción al cabo de unos meses de haberlas trabajado explícitamente.

También es interesante observar que la percepción de los estudiantes no concuerda con los resultados de la valoración de la mejora basada en la rúbrica, en donde el progreso en las habilidades de análisis de la situación era el menor. Esto puede reflejar que ese tipo de competencias son más complejas, tanto para cuantificarlas como para autovalorarlas, y de nuevo se refuerza la necesidad de trabajarlas de forma sistemática en diversos momentos del plan de estudios.

Figura 7.6. Frecuencias relativas de la autopercepción de la mejora para cada una de las dimensiones de la competencia.



## 7.5. Conclusiones

Con el estudio explicado en este capítulo, se pretende aportar algunas respuestas a *cómo integrar las competencias RSSE en los estudios de ingeniería*, desde la perspectiva docente y la actividad directa con el alumnado. En particular, se responde a algunos de los retos planteados en el capítulo 1 (sección 1.5) de innovar, investigar y evaluar el desarrollo y la efectividad de buenas prácticas docentes y potenciar la reflexión (Buckler & Creech, 2014; UNESCO 2014b).

Se ha llevado a cabo una intervención docente, plenamente integrada en la planificación de una asignatura obligatoria de primer curso de grados de ingeniería informática. Estaba alineada con sus objetivos docentes, resultados de aprendizaje y contenidos; se han aplicado metodologías activas contrastadas, como es el estudio de casos que involucran dilemas ético-profesionales cercanos a sus áreas de interés (en este caso las ingenierías informáticas), combinando actividades individuales y grupales; además, su evaluación, también se integraba en la evaluación y calificación general de la propia asignatura.

Una de las contribuciones principales ha sido el **diseño de una matriz de evaluación** (tabla 7.1), a partir de otras rúbricas válidas para el trabajo de habilidades de razonamiento ético, y adaptada al contexto docente y las actividades a desarrollar. Está centrada en tres dimensiones básicas de las competencias éticas: la identificación de los problemas (sensibilidad ética), el análisis y reflexión sobre ellos (razonamiento ético) y la decisión (toma de decisiones éticas). Además, se ha agregado una cuarta dimensión relacionada con el conocimiento y el uso adecuado de los códigos deontológicos.

Este modelo es consistente con los principales resultados de aprendizaje de la ética profesional en los primeros años de formación universitaria. Además, ha sido útil como

instrumento de **evaluación formativa**, ya que, además de proporcionar criterios de evaluación, visibiliza claramente los objetivos de aprendizaje y orienta el diseño de las actividades de aprendizaje, en concreto, el trabajo propuesto entorno a los dilemas éticos. De hecho, el profesorado que actualmente imparte estas asignaturas ha mantenido la estructura de las actividades, pero ha simplificado los métodos de valoración de las mismas.

A partir de dicho instrumento de evaluación, se han observado **progresos en todos los aspectos estudiados**, habiendo diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de la prueba inicial y la prueba final. La mayoría de los estudiantes han mejorado al menos un nivel en una o más de las tres dimensiones básicas (de acuerdo con la valoración de la rúbrica 1-4) y el 25% de ellos han mejorado en todas ellas.

La mejoría más significativa se dio en el atributo de **identificación de problemas éticos**, que está más directamente relacionado con la capacitación en ética de la ingeniería. La menor mejora se produjo en el análisis, que es la dimensión más compleja, que implica el manejo de diversas estrategias y habilidades. Es importante tener en cuenta que esta experiencia se ha desarrollado con estudiantes de primer curso y, como afirman Davis (2006) y Rudnicka (2013), las competencias de razonamiento ético, y en particular las de análisis, necesitan un trabajo continuado y sistemático a lo largo de los distintos cursos de formación universitaria.

Los resultados obtenidos, también reflejan que el conocimiento y uso adecuado de los códigos de ética profesional está directamente relacionado con la mejora en todos los aspectos estudiados, aunque serían necesarios otros experimentos para poder profundizar en la incidencia efectiva de dicho conocimiento y uso en la mejora de las competencias de razonamiento ético de los estudiantes.

Esta experiencia ha servido de referencia para adaptar el modelo metodológico a otros contextos docentes:

- La asignatura “Aspectos Éticos y Sociales”, obligatoria en los grados de ingenierías informáticas de la ETSISI-UPM actualizados en 2014, se sigue utilizando para el trabajo con dilemas éticos, pero también para el estudio de casos relacionados con las estrategias de Responsabilidad Social Corporativa de empresas TIC, y para guiar el desarrollo de trabajos monográficos sobre temáticas relevantes y socialmente controvertidas (Miñano y Fernández Aller 2015).
- En el TFG de los grados de la ETSISI-UPM los estudiantes han de incluir una reflexión sobre los aspectos éticos, sociales, ambientales o legales relacionados con su proyecto, y el esquema *identificar-analizar-aplicar* se propone para guiar dicha reflexión y su integración práctica en el desarrollo del proyecto, cuando ello sea posible. También se ha seguido para diseñar rúbricas de evaluación para el tribunal y el tutor de los TFG.
- En asignaturas basadas en proyectos, como es el caso de la otra intervención docente estudiada en esta tesis y que se explica en el capítulo siguiente.



## 8. ESTUDIO DE CASO. DESARROLLO DE COMPETENCIAS DE SOSTENIBILIDAD EN ASIGNATURAS BASADAS EN PROYECTOS EN UNA TITULACIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.

### 8.1. Introducción

En este capítulo se presenta el desarrollo y análisis de la intervención educativa llevada a cabo para la integración de competencias de sostenibilidad en el marco de una asignatura obligatoria de una titulación de ingeniería industrial, en un contexto de aprendizaje basado en proyectos. Al igual que con el estudio anterior, con este estudio de caso se pretende aportar respuestas a la pregunta de investigación, *cómo integrar las competencias RSSE en los estudios de ingeniería*, desde la perspectiva docente, y contribuir al logro del segundo de los objetivos específicos de esta tesis OE2: analizar la efectividad de metodologías completas para desarrollar competencias RSSE en contextos docentes concretos.

En este caso se ha trabajado en asignaturas de los últimos cursos de formación, centrándose en el desarrollo y aplicación de competencias RSSE en actividades docentes basadas en proyectos que generan contextos similares a los que será la actividad profesional de los estudiantes.

El marco en el que se realiza esta segunda intervención docente son las asignaturas *Ingenia*, obligatorias en el Máster Universitario en Ingeniería Industrial (habilitante)<sup>1</sup> impartido en la ETSII-UPM. Ya se ha comentado anteriormente la situación particular de las titulaciones de ingeniería industrial, en las que es frecuente que el desarrollo de competencias se distribuya entre las titulaciones de grado y posgrado, necesarias para la habilitación profesional. Este es el caso de la ETSII-UPM, cuyo marco de desarrollo de competencias se completa considerando ambos niveles formativos, adecuando los momentos a la formación y madurez del alumnado (ETSII-UPM 2013).

Este contexto académico permite abordar el análisis de varios de los retos identificados en la introducción para la formación de los futuros profesionales de la ingeniería en competencias RSSE (cuadro 1.7). Al intervenir en una asignatura basada en proyectos con el enfoque CDIO – que integra en sí mismo competencias RSSE (sección 3.3.4) – permite analizar el desarrollo de la visión holística, el tratamiento de problemas abiertos y complejos, la integración de modos de razonamiento, reflexión y criterios “no técnicos”, así como la efectividad de modelos curriculares más flexibles que los habituales en la docencia universitaria española.

---

<sup>1</sup> [https://www.etsii.upm.es/estudios/masteres/ingenieria\\_industrial.es.htm](https://www.etsii.upm.es/estudios/masteres/ingenieria_industrial.es.htm)

Además, al enmarcarse en una experiencia de innovación más amplia, con apoyo institucional claro, permite intervenir con todo el alumnado, analizar líneas de trabajo que combinan enfoques de “arriba hacia abajo” y de “abajo hacia arriba”, y promover transformaciones que tengan continuidad a medio y largo plazo. Aunque la intervención es en una titulación de máster, se considera que los resultados pueden ser aplicados a otras asignaturas basadas en proyectos a nivel de grado y también para el propio Trabajo Fin de Grado, teniendo en cuenta que la metodología ha de ser adaptada a la madurez académica de los estudiantes y a los objetivos de cada contexto docente.

Al igual que en el estudio de caso anterior, la metodología de investigación sigue el enfoque general del *Design-Based Research* (sección 5.5). Tras la investigación preliminar y analizar las necesidades del contexto académico, se diseñó la segunda fase para la que se definieron los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Desarrollar y contrastar la **efectividad de un modelo conceptual** integrador de las distintas dimensiones de la sostenibilidad.
- ✓ Desarrollar y contrastar la **efectividad de una metodología docente y de evaluación**, que se utilice sistemáticamente a lo largo del desarrollo de un proyecto.
- ✓ Identificar **factores clave y retos** para la integración de las competencias RSSE en el contexto de la formación en el desarrollo de proyectos de ingeniería.

La contribución deseada es que tanto el alumnado como el profesorado consideren los aspectos RSSE como factores importantes e ineludibles para el desarrollo de proyectos de ingeniería, y aportar herramientas útiles para integrar criterios éticos y de sostenibilidad en dichos proyectos.

Los **resultados de la investigación preliminar** específica para este caso se han presentado en la sección 4.4, dedicada a estrategias metodológicas para el desarrollo de competencias de sostenibilidad y ética profesional en el marco del aprendizaje basado en proyectos. La **descripción y análisis del contexto** académico en el que se realiza la intervención se presenta en la siguiente sección de este capítulo (sección 8.2).

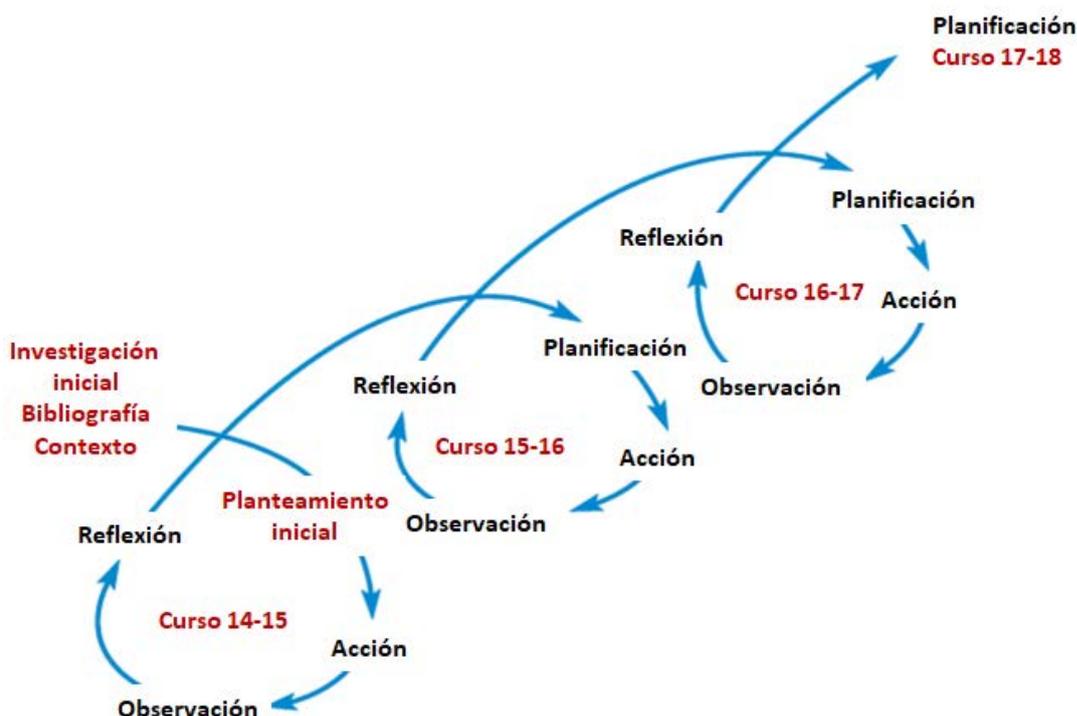
Las siguientes secciones se han estructurado teniendo como referencia las diferentes fases del proceso de investigación-acción que se explicaron en el capítulo de metodología (sección 5.7) y que se vuelve a representar en la figura 8.1.

La estructura es la siguiente:

- En la sección 8.3 se explica el **planteamiento inicial** que se hizo para desarrollar la intervención, diseñando el modelo conceptual en el que se basará la intervención y la propuesta metodológica para el primer curso.
- La sección 8.4 (**acción**) explica el modo en el que se ha implementado la propuesta en la docencia de las asignaturas.

- La sección 8.5 (**observación**) presenta los resultados de los procesos de seguimiento y evaluación llevados a cabo a lo largo de los tres años, tanto en relación con el desarrollo de las competencias RSSE en el alumnado como en relación con el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- La sección 8.6 (**reflexión**) muestra los cambios que se han ido introduciendo a lo largo de los cursos como fruto de las reflexiones del profesorado del módulo de sostenibilidad, y también las valoraciones que hicieron los coordinadores de las asignaturas *Ingenia* sobre el módulo de sostenibilidad al final del curso 16-17.
- Por último, a modo de conclusión, en la sección 8.7 se valora el logro de los objetivos planteados en este estudio de caso a partir de las reflexiones conjuntas realizadas por el profesorado del módulo de sostenibilidad al final del curso 16-17 y algunas reflexiones personales del autor de esta tesis.

Figura 8.1. Esquema del proceso de investigación-acción realizado para la integración de competencias de sostenibilidad en las asignaturas *Ingenia*. Adaptado de Saunders et al. (2009).



## 8.2. Contexto académico

La ETSII-UPM sigue desde hace más de 10 años una estrategia de Responsabilidad Social con el convencimiento de que ello contribuye a reforzar su misión de “preparar profesionales de alto nivel que contribuyan al desarrollo de la sociedad”. Dentro de esa estrategia, “se ha apostado por que las personas formadas en la ETSII-UPM se conviertan en profesionales éticos y profesionalmente conscientes y responsables de las implicaciones de su actividad, impulsando el desarrollo sostenible” (ETSII-UPM 2016).

En el ámbito docente, de acuerdo con los objetivos del EEES, la ETSII-UPM ha estado promoviendo las actividades de enseñanza-aprendizaje que potencian el desarrollo de competencias transversales. El marco de referencia elegido son los resultados de aprendizaje del *Accreditation Board for Engineering and Technology* (ABET 2015), para cuyo logro se ha diseñado una estrategia adaptada al contexto académico de la escuela, tanto para titulaciones de grado como de máster (ETSII-UPM 2013). Dicha estrategia establece los indicadores y actividades recomendadas, así como los mecanismos de seguimiento para garantizar su implementación e incorporar mejoras<sup>2</sup>.

Por otra parte, en la pasada década, desde diversos proyectos de innovación educativa financiados por el centro y la UPM, se implementaron nuevas experiencias de aprendizaje en diferentes materias y ayudaron a establecer prácticas comunes entre el personal docente. En ellas han estado involucradas más de 15 asignaturas y una media de más de 200 estudiantes por año. Las principales áreas de la ingeniería industrial han sido cubiertas por estas actividades: Automatización y Electrónica, Ingeniería Mecánica, Ingeniería de Máquinas, Ciencia y Tecnología de los Materiales, Informática y Tecnología, Ingeniería Eléctrica y Energética y Organización Industrial. El balance de las experiencias ha sido muy positivo, tanto para los estudiantes como para los profesores. Estas mejoras docentes fueron importantes para la acreditación del programa de Ingeniería Industrial de la ETSII-UPM por parte de ABET en 2010 (Díaz Lantada et al. 2014).

Especialmente relevantes han sido las innovaciones en el marco del aprendizaje basado en proyectos siguiendo el enfoque CDIO, que va más allá del aprendizaje basado en proyectos aportando un enfoque holístico del desarrollo de la educación en ingeniería (sección 3.3.4).

En el curso 2014-15 comenzó el nuevo Máster Universitario en Ingeniería Industrial (habilitante) culminando la adaptación de sus titulaciones al EEES. Entre el marco de competencias a desarrollar, se incluye un conjunto de competencias transversales directamente ligadas a los resultados de aprendizaje propuestos por ABET junto con otras competencias propias de las titulaciones UPM (cuadro 8.1).

Con el fin de crear un entorno propicio para el desarrollo de estas competencias, el plan de estudios incluye un conjunto de asignaturas denominadas *Ingenia* basadas en el enfoque CDIO, orientadas fundamentalmente al desarrollo de competencias. Entre ellas se incluyen algunas directamente relacionadas con la sostenibilidad y la responsabilidad profesional, que se trabajan y evalúan en un módulo específico.

Estas asignaturas son el marco elegido para desarrollar la investigación que se explica en este capítulo y sus características principales se describen en el siguiente apartado.

---

<sup>2</sup> <http://competencias.industriales.upm.es/>

*Cuadro 8.1. Competencias transversales a desarrollar en el Máster Universitario en Ingeniería Industrial de la ETSII-UPM, basadas en los resultados de aprendizaje propuestos por ABET y las competencias UPM.*

- (a) Aplica.** Habilidad para aplicar conocimientos científicos, matemáticos y tecnológicos en sistemas relacionados con la práctica de la ingeniería.
- (b) Experimenta.** Habilidad para diseñar y realizar experimentos así como analizar e interpretar datos.
- (c) Diseña.** Habilidad para diseñar un sistema, componente o proceso que alcance los requisitos deseados teniendo en cuenta restricciones realistas tales como las económicas, medioambientales, sociales, políticas, éticas, de salud y seguridad, de fabricación y de sostenibilidad.
- (d) Trabaja en equipo.** Habilidad para trabajar en equipos multidisciplinares.
- (e) Resuelve.** Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- (f) Es responsable.** Comprensión de la responsabilidad ética y profesional.
- (g) Comunica.** Habilidad para comunicar eficazmente.
- (h) Entiende los impactos.** Educación amplia necesaria para entender el impacto de las soluciones ingenieriles en un contexto social global.
- (i) Se actualiza.** Reconocimiento de la necesidad y la habilidad para comprometerse al aprendizaje continuo.
- (j) Conoce.** Conocimiento de los temas contemporáneos.
- (k) Usa herramientas.** Habilidad para usar las técnicas, destrezas y herramientas ingenieriles modernas necesarias para la práctica de la ingeniería.
- (l) Es bilingüe.** Capacidad de trabajar en un entorno bilingüe (inglés/castellano).
- (m) Planifica.** Organización y planificación en el ámbito de la empresa, y otras instituciones y organizaciones de proyectos y equipos humanos.
- (n) Idea.** Creatividad.

### **8.2.1. Las asignaturas *Ingenia***

Según se describe en su guía docente (anexo 3.1), el principio que define las asignaturas *Ingenia* es que se basan en plantear al alumno la realización de un proyecto, sistema o producto en el ámbito de la ingeniería, atendiendo a una serie de restricciones o requisitos previamente definidos, y trabajando y teniendo en cuenta situaciones similares a las que pueden darse en un entorno profesional real. Este tipo de enfoque debe facilitar el tránsito de la teoría, impartida en otras asignaturas del plan de estudios, a la práctica. Por otra parte, se basa en plantear problemas abiertos que tratan situaciones complejas en las que no existe una única respuesta correcta predeterminada.

Se pretende que el alumnado trabaje en condiciones similares a las que, con mucha probabilidad, se desenvolverá en su vida profesional futura, de forma que desarrolle determinadas competencias transversales. Así, deberá: trabajar en equipo, decidir qué información necesita, cómo encontrarla y gestionarla, cómo organizar el trabajo, comunicar los resultados que obtiene y, sobre todo, desarrollarlo aplicando ciertas habilidades personales que le permitan manejar la situación de forma eficiente. Por otra parte, el carácter abierto del problema a resolver, constituye un entorno idóneo para el desarrollo de la creatividad entendiendo ésta como la capacidad para afrontar el cambio, para adaptarse y encontrar soluciones originales. Además, todos los trabajos desarrollados incluirán un análisis del impacto ambiental y las implicaciones sociales, políticas, éticas, de seguridad y salud del proyecto o producto.

Los estudiantes eligen entre diferentes tipos de temas y proyectos, que cubren la mayoría de las especialidades de ingeniería de la ETSII, como puede verse en la tabla 8.1.

Estas asignaturas son de 12 ECTS, que corresponden a una carga de trabajo de 300 a 360 horas distribuidos a lo largo de dos semestres con la siguiente estructura: 120 horas de trabajo en clase más 180-240 horas de trabajo personal de estudiante normalmente organizado en el trabajo en equipo.

Este trabajo se distribuye a lo largo de las 28 semanas de los dos semestres del primer año, resultando en 5 horas semanales de conferencias o sesiones prácticas en el horario regular de los estudiantes. Estas 5 horas se concentran en un día de la semana.

El trabajo de las asignaturas *Ingenia* se estructura en tres módulos:

- ✓ **Módulo A (Técnico):** 30 horas dedicadas a la adaptación de los conocimientos teóricos básicos derivados de otros temas a los directamente relacionados con el proyecto, y un segundo conjunto de 60 horas dedicado al trabajo práctico en el laboratorio, con sesiones supervisadas por el profesor. Este módulo cubre el desarrollo de las competencias (b) Experimenta, (c) Diseña, (i) Se actualiza y (m) Planifica. Para cada *Ingenia* había un grupo de profesorado que apoyaba el trabajo de este módulo. Su coordinador era también el coordinador general de esa asignatura *Ingenia*.
- ✓ **Módulo B (Destrezas transversales):** 15 horas dedicadas a la realización de talleres para orientar el desarrollo de las competencias (d) Trabajo en equipo, (g) Habilidades y técnicas de comunicación y (n) Creatividad. Para cada una de las competencias había una persona responsable (PDI o PAS según los casos) que coordinaba el desarrollo de los talleres para todas las asignaturas *Ingenia*.

Tabla 8.1. Breve descripción de las diferentes asignaturas Ingeniería

Asignaturas Ingeniería	Breve descripción	Cursos
<b>Diseño en bioingeniería</b>	Los estudiantes experimentan el proceso de crear un dispositivo médico innovador, desde la etapa conceptual, hasta los ensayos finales con prototipos. Se desarrollan soluciones diagnósticas o terapéuticas avanzadas para problemas médicos de todo tipo.	Desde 2014-15
<b>Ingeniería de Sistemas</b>	Los estudiantes experimentan el proceso de diseñar un sistema inteligente, utilizando recursos de ingeniería de última generación y teniendo en cuenta todo el ciclo de vida (un conjunto de drones cooperativos en los cursos en los que se ha desarrollado la experiencia).	Desde 2014-15
<b>Productos para la vida cotidiana</b>	Los estudiantes viven todo el proceso de diseño de un producto que resuelva un problema que afecte a la vida cotidiana en algún ámbito determinado (infancia, tercera edad, inclusión social, etc.). Se basa en la metodología del <i>Design Thinking</i> e incluye el diseño del embalaje y su comunicación.	Desde 2014-15
<b>Proyecto de Máquinas</b>	Los estudiantes viven todo el proceso de creación de un producto/ máquina innovadora, desde la fase de diseño conceptual, hasta los ensayos finales con prototipos reales, acompañados de profesorado con amplia experiencia en desarrollo de productos para grandes, medianas y pequeñas empresas.	Desde 2014-15
<b>Ingeniando un sistema eléctrico</b>	Los estudiantes, distribuidos en tres grupos, conciben y diseñan una micro red eléctrica compuesta por un generador de tipo renovable y su conexión a una red eléctrica trifásica, incluyendo el sistema de adaptación de la energía para poder ser integrado en la red. También se propone un juego de simulación de un mercado eléctrico competitivo, en el que cada uno de los grupos asume el papel de una empresa generadora y comercializadora de energía eléctrica.	Desde 2014-15
<b>La Escuela del futuro: Smart-ETSII</b>	Los estudiantes han de ser capaces de detectar necesidades en su propio entorno (su propia Escuela) y ser creativos para elegir un proyecto que sea factible. Llevarán a cabo la concepción, el desarrollo y la implementación de sistemas inteligentes, basados en electrónica, para la mejora de las condiciones de funcionamiento y de la vida diaria en la Escuela.	Desde 2014-15
<b>Proyecto de construcciones industriales</b>	Los estudiantes experimentan con la gestión de la información y los recursos de planificación de proyectos aplicados a un proyecto de construcción industrial real (una fábrica de cerveza en los cursos en los que se ha desarrollado la experiencia).	Desde 2014-15
<b>Ingeniería de automoción. Formula SAE</b>	Los estudiantes se integran en las actividades del equipo UPMRacing para concebir, diseñar, fabricar y ensayar un vehículo de competición bajo las normas de la SAE ( <i>Society of Automotive Engineers</i> ), y potencialmente poder participar en una competición internacional a la que asisten las más prestigiosas universidades de todo el mundo.	Desde 2014-15
<b>Creación de videojuegos y simuladores</b>	Los estudiantes desarrollan un videojuego o simulador desde su concepción. Familiarizándose con la utilidad y uso que tienen las aplicaciones visuales interactivas y las imágenes sintéticas fotorrealistas.	Desde 2015-16
<b>Computer Aided-Engineering</b>	Los estudiantes aplicarán conocimientos de técnicas usadas en la práctica de la ingeniería de modelado y simulación, a fin de diseñar materiales novedosos con funcionalidades avanzadas y con aplicación directa a necesidades sociales específicas.	Desde 2016-17
<b>Aplicaciones Industriales de la Ingeniería Acústica</b>	El objetivo es diseñar soluciones que den respuesta a problemas o necesidades reales desde la Ingeniería Acústica y la sensorización.	Desde 2016-17
<b>Motor Gen: Diseño y fabricación de un motor térmico</b>	Los estudiantes, en equipos multidisciplinares, diseñan y fabrican una máquina térmica motora o un motor térmico a partir de la reutilización de objetos y materiales ya existentes, y analizando las diferentes posibilidades para convertir la fuente de energía térmica disponible en energía mecánica.	Desde 2016-17

- ✓ **Módulo C (Sostenibilidad):** 15 horas para conferencias y talleres sobre temas relacionados con la responsabilidad social, impacto ambiental y social, ética y responsabilidad profesional, salud y seguridad, propiedad intelectual, etc. Este módulo cubre el desarrollo de las competencias:

(f) responsabilidad profesional,

(h) la comprensión de los impactos de la ingeniería en un contexto global, económico, social y ambiental, y complementa el desarrollo de la competencia

(c) Diseña, integrando los aspectos ambientales, sociales, políticos, éticos, de salud y seguridad, y sostenibilidad en el diseño y desarrollo del producto o servicio.

El trabajo de este módulo está apoyado por un grupo de 6 a 8 profesores, algunos de ellos especialistas en temas ambientales y otros en temas de responsabilidad social. Para cada asignatura *Ingenia* se asignan 2 profesores, uno de cada perfil, para tutelar el trabajo de los estudiantes. El autor de esta tesis se ha integrado en dicho grupo durante los tres cursos de la investigación, tutelando algunas asignaturas *Ingenia* al igual que el resto de miembros del grupo.

La integración de la metodología CDIO con el trabajo de las competencias ABET en el marco de competencias de las asignaturas *Ingenia* es bastante fluida y coherente. El CDIO *Syllabus 2.0* (Crawley et al. 2011) establece las relaciones entre ambas propuestas docentes y se ha complementado con los aspectos más directamente relacionados con la sostenibilidad y la responsabilidad profesional (tabla 8.2).

### **8.3. Planteamiento inicial**

En esta sección se explica el *planteamiento inicial* que se hizo para desarrollar la intervención. En primer lugar se presenta el modelo conceptual desarrollado, que incorpora aspectos éticos, estratégicos y la interacción con los grupos de interés para completar las dimensiones clásicas de la sostenibilidad. A continuación se explica la propuesta metodológica diseñada para el primer curso, que se inspira en el esquema utilizado en la intervención del estudio de caso anterior (sección 7.3) adaptándolo al contexto de trabajo en proyectos.

#### **8.3.1. Modelo conceptual**

El primero de los objetivos definidos para este estudio es el desarrollo de un modelo conceptual holístico, que amplía las dimensiones clásicas de la sostenibilidad, y el contraste de su efectividad. Se pretende que dicho modelo sea adecuado para integrar criterios de sostenibilidad en el desarrollo de proyectos de ingeniería potenciando el desarrollo de las competencias RSSE, especialmente la visión holística de acuerdo con el objetivo general de esta tesis.

Tabla 8.2. Relación entre las competencias a desarrollar en cada uno de los módulos de las asignaturas Ingeniería y el CDIO Syllabus 2.0. Adaptada de Crawley et al. (2011).

CDIO Syllabus 2.0	Competencias de las asignaturas Ingeniería		
	Módulo A (Técnico) (b) (c) (i) (m)	Módulo B (Destrezas transversales) (d) (g) (n)	Módulo C (Sostenibilidad) (c) (f) (h)
<b>2. PERSONAL AND PROFESSIONAL SKILLS AND ATTRIBUTES</b>			
2.2 Experimentation, Investigation and Knowledge Discovery			
2.3 System Thinking			
2.4.3 Creative Thinking			
2.4.4 Critical Thinking			
2.4.6 Lifelong Learning and Educating			
2.4.7 Time and Resource Management			
2.5 Ethics, Equity and Other Responsibilities			
<b>3. INTERPERSONAL SKILLS: TEAMWORK AND COMMUNICATION</b>			
3.1 Teamwork			
3.2 Communications			
<b>4. THE INNOVATION PROCESS: CDIO SYSTEMS IN THE ENTERPRISE, SOCIETAL AND ENVIRONMENTAL CONTEXT.</b>			
4.1 External, Societal and Environmental Context			
4.2 Enterprise and Business Context			
4.3 Conceiving, Systems Engineering and Management			
Environmental needs. Ethical, social, environmental, legal and regulatory influences. Risks and alternatives			
4.4 Designing			
4.4.6 Design for Sustainability, Safety, Aesthetics, Operability and Other Objectives			
4.5 Implementing			
4.5.1 Designing a Sustainable Implementation Process.			
4.6 Operating			
4.6.1 Designing and Optimizing Sustainable and Safe Operations			

	Aspectos directamente relacionados con competencias RSSE
	Correlación fuerte (Crawley et al. 2011)
	Correlación moderada (Crawley et al. 2011)
	Correlación fuerte (criterio propio)

Tal como se vio en el capítulo de introducción, la visión de la sostenibilidad como un concepto que integra, al menos, tres dimensiones fundamentales – ambiental, social y económica – está ampliamente aceptada, tanto desde los organismos e instituciones internacionales como desde el sector empresarial:

- la Agenda 2030 de Naciones Unidas considera como dimensiones centrales el desarrollo social incluyente, la sostenibilidad del medioambiente y el desarrollo económico incluyente (UN 2015),
- la Unión Europea incluye en el marco de la sostenibilidad el crecimiento económico, la cohesión social y la protección del medio ambiente (EC 2016),
- la “triple cuenta de resultados” – *triple bottom line* en su formulación original en inglés (Elkington 1994; Elkington 1997) – se ha consolidado como referencia en los informes de responsabilidad social empresarial, evaluando la sostenibilidad del desempeño de las empresas en las dimensiones económica, social y ambiental.

La aportación que se ha hecho en el diseño de un nuevo marco conceptual, es completar dichas dimensiones con algunas otras que orienten el modo de trabajarlas holísticamente y refuercen los aspectos esenciales de las competencias que se desean desarrollar en nuestros estudiantes, integrando las perspectivas éticas y de responsabilidad social. Tal como muestra la figura 8.2, se ha optado por añadir otras tres dimensiones – *ética, estratégica y grupos de interés* – y la visión de que todas ellas han de ser contempladas a lo largo de todo el *ciclo de vida* del proyecto desarrollado. El sentido que se le ha dado a cada una de estas dimensiones, y algunas referencias que fundamentan la elección, se presentan a continuación.

Una primera referencia es la definición de Responsabilidad Social Corporativa que dio la Comisión Europea en su estrategia de RSC 2011-2014 (EC 2011): *“la integración en sus operaciones empresariales y su estrategia básica, de las preocupaciones sociales, medioambientales y éticas, el respeto de los derechos humanos y las preocupaciones de los consumidores, en estrecha colaboración con las partes interesadas, a fin de identificar, prevenir y atenuar sus posibles consecuencias adversas, y maximizar la creación de valor compartido para sus propietarios/accionistas y para las demás partes interesadas y la sociedad en sentido amplio”*.

En dicha definición se incorporan explícitamente las preocupaciones éticas, considerando el respeto a los derechos humanos como marco de referencia. Además, se enfatiza la importancia de considerar a los grupos de interés en el modo de operar, trabajando *con* ellos y *para* ellos, e incorpora entre las finalidades estratégicas de la empresa la creación de valor compartido, que será una idea clave en el modelo conceptual en el que se basará la intervención docente que se presenta en este capítulo.

Figura 8.2. Modelo conceptual para el desarrollo de competencias de sostenibilidad en las asignaturas Ingeniería.



Esas tres “nuevas” dimensiones también aparecen claramente destacadas como aspectos emergentes en las propuestas que se hacen desde la perspectiva de la investigación e innovación responsable en ciencia y tecnología (sección 4.4.2.3). Owen et al. (2012), desde una visión del desarrollo científico y tecnológico *para* las personas y *con* las personas, enfatizan:

- un enfoque en la **finalidad**, donde la investigación y la innovación estén dirigidas a los desafíos sociales de Europa y los "impactos adecuados" (dimensión *estratégica*),
- un enfoque de desarrollo **con la sociedad**, siendo receptivo a las demandas sociales para establecer sus fines y modular su desarrollo frente a las incertidumbres que puedan aparecer en el proceso (dimensión *grupos de interés*),
- la vinculación explícita de la investigación y la innovación a la **responsabilidad**, revisando el concepto de responsabilidad en un contexto de esfuerzo social colectivo, complejo y orientado al futuro (dimensión *ética*).

Además, estas tres dimensiones también se consideran en las propuestas para el desarrollo de competencias de sostenibilidad vistas en el capítulo 2, tanto desde una perspectiva general como en el ámbito de las ingenierías.

Por ejemplo, en el cuadro 2.1, que recoge la propuesta de competencias clave para el desarrollo sostenible (UNESCO 2017b), se incluyen competencias normativas (*ética*), *estratégicas* y de colaboración (*grupos de interés*). Y el cuadro 2.3, relacionado con las competencias de los profesionales de ingeniería (Declaración de Barcelona 2004), también refleja la importancia de la *ética* y los valores en la aplicación de los conocimientos técnicos, de escuchar las demandas de los ciudadanos y otras partes interesadas y su inclusión en los procesos de desarrollo de nuevas tecnologías (*grupos de interés*), así como una orientación

del trabajo a adaptar la tecnología actual a las demandas para promover estilos de vida sostenible (*finalidad-estrategia*).

En relación con la **dimensión ética**, el modelo pretende que los estudiantes tomen conciencia de la **responsabilidad** de los profesionales de la ingeniería ante los impactos de su actividad, y que se planteen los mismos desde distintas perspectivas: económicas, sociales y ambientales. Se les pedirá reflexionar en ese sentido sobre su propio proyecto, teniendo como referencia los principios básicos de la ética profesional – no maleficencia, beneficencia, justicia y autonomía (Bilbao et al. 2006; Harris Jr. et al. 2013) – tal y como hacen algunas propuestas de evaluación ética de proyectos tecnológicos (Van de Poel 2016; Wright 2011).

El modelo pretende que esta conciencia conduzca a una **actitud proactiva** hacia una actuación responsable, orientada a contribuir positivamente a las demandas y necesidades sociales, tal y como se proponía en los marcos de competencias de UNECE (2011) (tabla 2.2) y en el *CDIO Syllabus 2.0* (Crawley et al. 2011). Frente a algunos planteamientos de la ética profesional que se limitan a una protección ambiental en cuanto ésta esté relacionada con la salud humana (Harris Jr. et al. 2013), se quiere ampliar la visión hacia otros planteamientos éticos en relación con la sostenibilidad que integran valores de solidaridad, autocontención y cuidado (Boff 2008; Brodeur 2012; Díaz-Salazar 2016; Held 2006; UNESCO 2017a).

Esta visión está alineada con la de Génova y González (2016) y Van den Hoven et al. (2012) – comentadas en la sección 4.4 – que consideran la inclusión de criterios éticos en el desarrollo tecnológico como una **oportunidad de creación de valor** y conecta directamente con otra de las nuevas dimensiones del modelo propuesto, la **dimensión estratégica**, cuyo concepto central es el de *valor compartido*.

El **concepto de valor compartido** procede del análisis que Porter & Kramer (2006) hacen de la responsabilidad social empresarial (en adelante RSE). Si las empresas o la sociedad siguen políticas que benefician sus intereses a expensas del otro, se encuentran en un camino peligroso, ya que la ganancia de una de las partes en el momento presente puede poner en peligro la prosperidad a largo plazo de ambas. Para aportar este valor compartido, las empresas deben centrar su RSE en sus áreas de actividad, conocimiento o ámbitos de intervención, buscando el beneficio de todas las partes afectadas por dicha actividad.

Según ellos, la integración de criterios de sostenibilidad puede ser un valor añadido a la estrategia de la empresa preparándola y dotándola de herramientas innovadoras para hacer frente a distintas situaciones. Su teoría es que las formas en las que las empresas pueden aportar valor a los ámbitos sociales y medioambientales son muchas y variadas. Si las “acciones sociales/ambientales” de la empresa no están directamente relacionadas con la actividad principal de la misma o, estando relacionadas con su cadena de valor, se centra en mitigar los daños de sus propias actividades, se habla de RSE reactiva. Por el contrario, si la

implicación de la empresa con la sociedad se construye desde la transformación de las actividades de la cadena de valor para beneficiar a la sociedad y se centra en el contexto competitivo de su actividad empresarial, la RSE se convierte en proactiva y estratégica. Para poner en práctica estos principios, las empresas tienen que identificar aquellos puntos de intersección que ligan sus intereses y necesidades con las de la sociedad y el entorno en el que operan (lo que se denominan **asuntos relevantes**).

La integración de una dimensión estratégica en el modelo conceptual propuesto implica promover un **enfoque proactivo y estratégico** para integrar los criterios de sostenibilidad en el proyecto a desarrollar en el sentido comentado anteriormente. Para ello, se trabajará con los estudiantes para identificar los *asuntos relevantes* de su proyecto, qué aspectos o impactos sociales, ambientales, económicos o éticos están directamente relacionados con los objetivos y características del mismo. Más aún, se propone que se planteen la finalidad y las motivaciones de dicho proyecto, el “para qué” y “para quiénes”, además del “cómo” llevarlo a cabo. El objetivo es que el proyecto pueda orientarse para contribuir y responder positivamente a demandas o necesidades sociales, bien para minimizar o prevenir impactos negativos de alguna situación previa, o bien para generar impactos positivos y *valor compartido* para los grupos afectados por el desarrollo y los resultados del proyecto.

Y esto se relaciona con la última dimensión incorporada, la de los **grupos de interés**. El modelo propuesto quiere ampliar la visión de los grupos que pueden verse afectados por el proyecto. Se propone identificarlos tanto entre los grupos “tradicionales” – clientes, consumidores, productores, desarrolladores, inversores, administraciones públicas, empresas competidoras – como a otros “no tradicionales” que puedan ser específicos del producto a desarrollar, así como a la sociedad en general, incluyendo las generaciones futuras y las implicaciones al medioambiente.

Los *asuntos relevantes* del proyecto se concretarán en función del grupo de interés desde el cual se analice la cuestión y podrán afectar de forma diversa a las distintas dimensiones estudiadas: social, económica, ambiental o ética. Además, siguiendo el objetivo de ampliar la visión sobre el proyecto, se pedirá que se identifiquen a lo largo de las distintas fases del **ciclo de vida** del mismo.

Al igual que las empresas reflejan en sus informes de sostenibilidad lo que constituye su *materialidad* – conjunto de *asuntos relevantes* sobre los que una empresa informa de su desempeño en las dimensiones económica, ambiental y social y que influye, de un modo sustancial, en las evaluaciones y decisiones de sus grupos de interés –, se pretende que los estudiantes seleccionen los *asuntos relevantes* de su proyecto en las diversas dimensiones de la sostenibilidad.

### 8.3.2. Propuesta metodológica

A partir de la revisión bibliográfica y el análisis del contexto se elaboró una propuesta metodológica para integrar el trabajo de las competencias de sostenibilidad en las asignaturas *Ingenia*. Esta propuesta recoge el objetivo de aportar una visión holística y herramientas para desarrollar un trabajo sistemático a lo largo del proyecto.

Se tomaron como referencia algunas de las estrategias identificadas en la investigación preliminar, como el *Value-Sensitive Design*, metodologías éticas de evaluación de proyectos tecnológicos y experiencias en otros contextos docentes, explicadas previamente en la sección 4.4. de esta tesis. Además, también se adaptó el modelo utilizado en la otra intervención docente de esta tesis como muestra la figura 8.3.

Figura 8.3. Esquema del modelo metodológico para el desarrollo de competencias de sostenibilidad en las asignaturas *Ingenia*.



Este modelo se concretó, estableciendo cinco fases para llevar a cabo los trabajos:

- ✓ Identificación de impactos y aspectos relacionados con la sostenibilidad.
- ✓ Descripción de impactos y aspectos relevantes.
- ✓ Fase técnica de cuantificación y valoración de impactos.
- ✓ Fase empírica (opcional).
- ✓ Reflexión final.

En el anexo 3.2 se encuentra el enunciado completo de la guía que se proporcionó a los estudiantes en el primer año y que también sirvió de orientación al profesorado para desarrollar el trabajo propuesto. En dicho anexo, también se muestra la guía proporcionada en cursos posteriores, por lo que se podrán observar los cambios realizados. Estos cambios y su justificación se explicarán en la sección dedicada a las fases de *reflexión* realizadas en el proceso de investigación-acción (sección 8.6).

A continuación se describe lo que se proponía a los estudiantes en el primer curso de la experiencia, para cada una de las fases.

- ✓ En la **primera fase**, el objetivo es **identificar** todos los posibles aspectos éticos, sociales y ambientales o impactos relacionados con el proyecto. En primer lugar, se propone esbozar la descripción del sector tecnológico en el que se enmarca el proyecto y sus

especificidades organizativas. Después de esto, se pide analizar las consecuencias sociales y ambientales no intencionales, previsibles o potenciales del proyecto, y las posibles preocupaciones éticas. Tienen que considerar **todo el ciclo de vida y todas las partes interesadas** que podrían verse afectadas.

Para apoyar la identificación de impactos, se propone una metodología de lista de preguntas agrupadas según los principios básicos de la ética profesional – no maleficencia, beneficencia, justicia y autonomía –. Para las dimensiones social y ambiental, se aporta como apoyo las diapositivas de las sesiones presenciales en el que se introducía el módulo de sostenibilidad.

Estos recursos han sido adaptados de varias fuentes para las diferentes dimensiones: propuestas de evaluación ética de la tecnología (Brey 2012; Wright 2011), estándares de responsabilidad social y ambiental – como los del *Global Reporting Initiative* o las ISO 26000 e ISO 14000 (GRI 2016; ISOa; ISOb) – o las metodologías de análisis de ciclo de vida ambiental y social (Benoît y Mazijn 2009). El objetivo de esta primera fase no es hacer una lista exhaustiva, sino asegurarse de que los principales impactos no pasarán desapercibidos.

- ✓ En la **segunda fase**, a partir de lo trabajado en la primera, los estudiantes tienen que **seleccionar los temas más relevantes** para su proyecto, describirlos y analizarlos en profundidad. Se les propone considerar los grupos afectados; las leyes, normativas o estándares que puedan servir de referencia; así como las posibilidades de evaluación del impacto.
- ✓ En la siguiente **fase, técnica**, se propone **cuantificar y valorar** los impactos seleccionados. Para el **análisis ambiental** se propone la metodología general de **ACV**. Sin embargo, dada la complejidad de los proyectos y la variedad de resultados específicos, el uso de la metodología ACV se simplifica y adapta a la especificidad de cada proyecto. No se pretende una evaluación exhaustiva, pero sí ha de realizarse el diagrama de flujo, la identificación de las fronteras del sistema, y las entradas y salidas de dicho sistema. Solamente se pide la cuantificación de alguno de los impactos ambientales más relevantes, ya que el alcance y la dimensión de la asignatura (y del propio módulo de sostenibilidad) no permite un análisis completo.  
En el caso de los impactos del **ámbito social**, no se les pide a los estudiantes un análisis estructurado como el del ACV. En función de los impactos identificados y seleccionados, se les pediría un análisis en profundidad de alguno de ellos, una búsqueda de alternativas para minimizar los impactos negativos o potenciar los positivos, y estudiar la forma de integrarlo en su proyecto.
- ✓ En la **cuarta fase**, se propone a los estudiantes **probar el producto** desarrollado, estudiando las interacciones con los usuarios potenciales o los grupos afectados, para contrastar los impactos esperados o identificar otros nuevos. Dado que esta fase

depende de la naturaleza del proyecto y teniendo en cuenta las limitaciones del contexto académico de las asignaturas *Ingenia*, se deja esta fase como opcional.

- ✓ La **última fase** es una **reflexión final**. Para ello, los equipos tienen que **redactar un informe** cuya estructura se proporciona de antemano (anexo 3.3). Este informe debe incluir la identificación, descripción y análisis de las cuestiones sociales, ambientales y éticas más importantes del proyecto realizado. Se solicitan dos secciones diferentes para el impacto social y el impacto ambiental. Además, el informe tiene que mostrar cómo el proyecto ha sido influenciado por este análisis. Debe destacar cómo se han minimizado o evitado los riesgos e impactos negativos, cómo se han mejorado los positivos, así como la coherencia global del proyecto con responsabilidad profesional. Este informe es evaluado por el profesorado y representa el 12,5% de la puntuación final de la asignatura *Ingenia*.

En cuanto a la **evaluación**, los indicadores seleccionados para realizarla se presentan en la tabla 8.3. Para apoyar y cuantificar dicha evaluación, se consideró la rúbrica que se utiliza en la ETSII-UPM para la evaluación del Trabajo Fin de Máster (TFM), con el objetivo de que los estudiantes la conocieran y mostrar que el trabajo realizado en las asignaturas *Ingenia* estaba alineado con lo que posteriormente se les pediría en el TFM (tabla 8.4).

#### **8.4. Acción: implementación en la docencia.**

Como ya se explicó anteriormente, el módulo de sostenibilidad (módulo C) de las asignaturas *Ingenia* dispone de 15 horas presenciales a lo largo del curso para llevar a cabo las actividades que desarrollen la propuesta metodológica.

A cada asignatura *Ingenia* se le asignaron **dos profesores** para acompañar a los estudiantes en el trabajo relativo al módulo de sostenibilidad, uno de ellos de perfil ambiental y otro para el ámbito social. Dichos profesores se coordinan con el profesorado de los otros módulos para planificar las fechas y duración de las sesiones específicas del módulo C.

En general, a lo largo del curso se realizan **cuatro sesiones** de 2 o 3 horas (dos sesiones por semestre). En las primeras sesiones se llevan a cabo talleres para desarrollar las primeras fases de la metodología propuesta, con dinámicas grupales para facilitar el análisis del contexto, la identificación de impactos, seleccionar el alcance del proyecto, etc. Las últimas sesiones son más flexibles y se orientan fundamentalmente a la discusión sobre la marcha del proyecto, aportar *feedback* y orientar la valoración, cuantificación o análisis de los impactos elegidos.

Tabla 8.3. Indicadores para la evaluación del módulo de sostenibilidad de las asignaturas *Ingenia*.

El alumno <b>identifica y describe las problemáticas e implicaciones</b> (positivas y negativas) relacionadas con el trabajo en el ámbito social y ambiental
El alumno <b>analiza y evalúa las problemáticas e impactos</b> (positivos y negativos) relacionadas con el trabajo en el ámbito social y ambiental
El alumno <b>utiliza y hace mención</b> a principios éticos, normativas legales, directrices o estándares profesionales relevantes en la descripción, análisis y/o evaluación de las implicaciones sociales y ambientales del ámbito de su trabajo.
El alumno <b>integra</b> criterios de sostenibilidad en su trabajo
El alumno tiene una <b>actitud positiva</b> hacia la integración de los criterios de sostenibilidad en el trabajo y valora su importancia

Tabla 8.4. Rúbrica de evaluación de TFM utilizada en la ETSII-UPM con relación a la integración de aspectos sociales y ambientales en el trabajo desarrollado.

Indicador TFM	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
El alumno <b>describe, analiza y evalúa las problemáticas e impactos</b> (positivos y negativos) relacionados con el trabajo en el ámbito <b>social / ambiental</b> e <b>integra</b> adecuadamente los resultados obtenidos en el trabajo	No describe ni analiza impactos ni problemáticas relacionados con el trabajo	Describe impactos y problemáticas relacionadas con el trabajo, pero o bien no los analiza ni evalúa adecuadamente o bien no incorpora dicho análisis en el trabajo	Describe, analiza y evalúa sistemáticamente los impactos y problemáticas fundamentales relacionados con el trabajo. La integración en el trabajo de los resultados obtenidos es insuficiente o mejorable.	Describe, analiza y evalúa sistemáticamente los impactos y problemáticas fundamentales relacionados con el trabajo. Establece criterios adecuados para prevenir, corregir, paliar y/o compensar los efectos negativos

Al comienzo del primer curso (2014-15) hubo una primera **sesión común** para todo el alumnado de las asignaturas *Ingenia*, dedicada exclusivamente al módulo de sostenibilidad. En la primera parte de dicha sesión, se explicaron los conceptos generales del desarrollo sostenible y los retos principales de la sociedad actual en relación con el mismo. Además, se explicaron algunos fundamentos de la metodología de ACV, las categorías de impactos sociales que se debían de considerar en el trabajo a desarrollar y algunos fundamentos de ética profesional en la ingeniería. En la segunda parte, se desarrolló un taller, en el que los estudiantes tenían que analizar en grupo una situación propuesta, identificando los aspectos ambientales, sociales y éticos más significativos, de forma similar a como lo tendrían que hacer en su proyecto concreto.

En los siguientes cursos, a raíz de los resultados de la evaluación del alumnado y la reflexión del profesorado, se decidió acortar esa sesión inicial común, integrándola en la sesión de presentación general de las asignaturas *Ingenia*. Fundamentalmente, se cambió el objetivo de aportar conocimientos sobre las distintas temáticas relacionadas con el módulo C, por el de motivar la importancia del mismo en la formación en ingeniería y explicar la propuesta conceptual y metodológica a seguir a lo largo del curso.

Se ha utilizado el **sitio Moodle** de las asignaturas *Ingenia* para aportar material de apoyo a los estudiantes (referencias bibliográficas, vídeos, diapositivas de las sesiones, etc.), así como para facilitar la comunicación con los mismos, el envío de comentarios y la resolución de dudas durante el proceso de desarrollo del trabajo.

## **8.5. Observación: seguimiento y evaluación**

La experiencia desarrollada a lo largo de estos cursos ha sido analizada desde dos perspectivas: el progreso de los estudiantes en relación con sus competencias de sostenibilidad y el propio proceso de enseñanza-aprendizaje. En el capítulo de metodología se presentaron los métodos utilizados para la recogida y análisis de los datos que permitirían realizar un seguimiento y una evaluación de la intervención (tablas 5.4 y 5.5, sección 5.7.2). No obstante, se recuerdan brevemente los instrumentos utilizados.

Para valorar el **progreso en la adquisición de competencias de sostenibilidad**, se han utilizado los siguientes instrumentos de evaluación:

- Cuestionario a los estudiantes sobre conocimientos sobre responsabilidad profesional e impactos de la ingeniería, relacionados con las competencias (f), ser responsable, y (h) conoce los impactos.
- Cuestionario a los estudiantes sobre su autopercepción de capacidades para la integración de la sostenibilidad en proyectos, relacionadas con las competencias (c) de integración de aspectos de sostenibilidad en su proyecto y (h) conoce los impactos.

Para valorar el **proceso de enseñanza-aprendizaje**, se propone hacerlo a través de:

- Cuestionarios de valoración del módulo C para los estudiantes.
- Reuniones con el profesorado.

En los siguientes apartados, se exponen los resultados obtenidos mediante los distintos instrumentos empleados.

### **8.5.1. Cuestionario de conocimientos sobre responsabilidad profesional e impactos de la ingeniería.**

En los cursos 14-15 y 15-16 se realizó una valoración del progreso del alumnado de las asignaturas *Ingenia* con relación a sus conocimientos sobre ciertos aspectos relacionados

con la responsabilidad profesional y los impactos de la ingeniería en el medioambiente y en la sociedad.

Para el análisis de los resultados, se consideraron muestras pareadas, seleccionando las respuestas de los alumnos que contestaron los cuestionarios tanto al principio como al final del curso. Para realizar un análisis cuantitativo se consideraron el número de respuestas válidas en cada una de las preguntas. Las figuras 8.4 y 8.5 muestran los resultados en las pruebas iniciales y finales en ambos cursos. Se han tomado como indicadores las medias del número de respuestas válidas en cada pregunta (normalizadas a 1 para facilitar la comparación), así como la media de las mejoras en los aspectos medidos.

Figura 8.4. Media del número de respuestas válidas en cada pregunta del cuestionario sobre conocimientos sobre aspectos RSSE (normalizadas a 1 para facilitar la comparación).

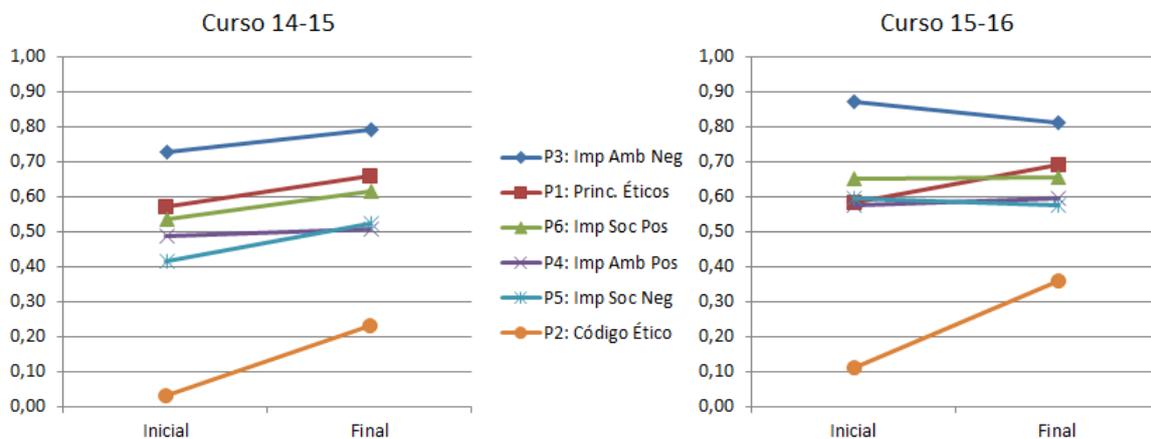
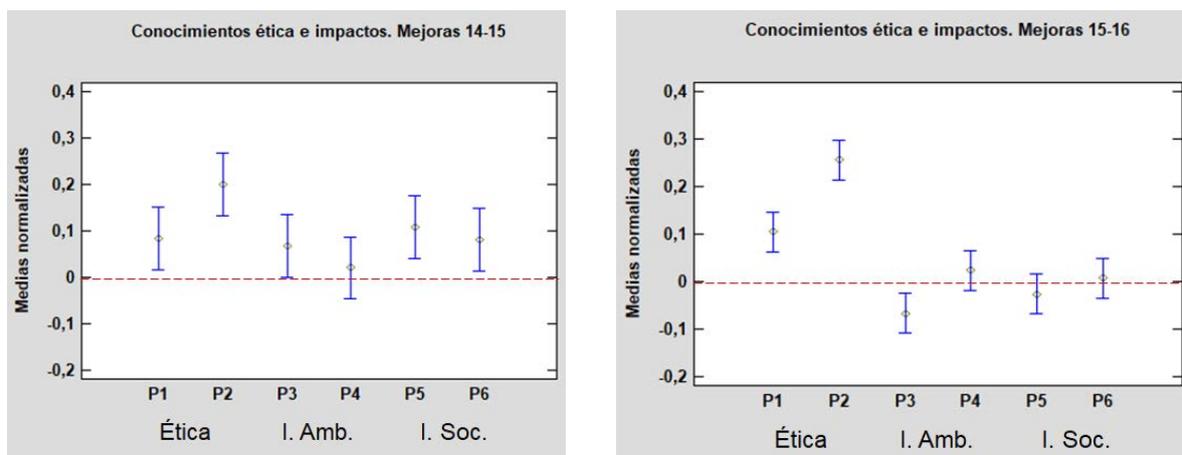


Figura 8.5. Mejoras en las respuestas a los cuestionarios sobre conocimientos de aspectos RSSE en los cursos 14-15 y 15-16. Intervalos de confianza 95% para las medias normalizadas (muestras pareadas, N=65, N=141).



Como observación relevante, destaca el **sesgo hacia el conocimiento de los impactos ambientales negativos**, considerablemente mayor que el de impactos ambientales positivos y que el de impactos sociales en general. Con relación a éstos, se observa un mayor

reconocimiento de los impactos sociales positivos de la ingeniería que de los negativos. Dichos sesgos se mantienen en los resultados finales.

En el primer curso (14-15) se observaron unos resultados bastante satisfactorios, con mejoras significativas en casi todos los ítems (excepto en el conocimiento de impactos ambientales negativos). En el curso siguiente (15-16) los resultados iniciales fueron bastante mejores que en el curso precedente, y los resultados finales también son mejores que en el curso 14-15, sin embargo solamente se observan mejoras significativas en las preguntas relativas a los aspectos éticos, y cierta mejora en conocimientos de impactos positivos, tanto ambientales como sociales.

Es sorprendente el **bajo conocimiento** que se tiene sobre los **códigos éticos profesionales**. Aunque en ambos cursos ha habido mejoras, y muchas más menciones a códigos concretos en los cuestionarios finales, las dos terceras partes del alumnado no han contestado esa pregunta. En un aspecto más cualitativo, se ha observado cierta **confusión** en cuanto al **significado de principios éticos**, confundiéndolos con habilidades o competencias deseables del profesional, como el trabajo en equipo o la comunicación. Sí se ha observado una fuerte vinculación de la responsabilidad profesional con la sostenibilidad ambiental, los derechos humanos y la responsabilidad social. En algunas de las respuestas del cuestionario final se ven algunas influencias del módulo de sostenibilidad: *“Dar la solución más sostenible posible, considerando a todos los grupos de interés”* o *“Considerar los impactos sociales y ambientales que pueda tener cualquier proyecto”*.

#### **8.5.2. Cuestionario de autopercepción de capacidades para integrar la sostenibilidad en proyectos**

También en los cursos 14-15 y 15-16 los estudiantes de las asignaturas *Ingenia* completaron unos cuestionarios iniciales y finales con relación a su percepción de las capacidades que tienen para integrar aspectos de sostenibilidad en proyectos de ingeniería. Siguiendo las fases del modelo metodológico que se ha seguido (*identificar- analizar-integrar*) se les pidió valorar en una escala de 0-5 sus capacidades para **identificar** impactos, realizar un **análisis y valoración** de los mismos, y para **introducir cambios** en los proyectos que optimicen dichos impactos, tal como se explicó en el capítulo de metodología (tabla 5.4).

Para el análisis de los resultados también se consideraron muestras pareadas, seleccionando las respuestas de los estudiantes que contestaron los cuestionarios tanto al principio como al final del curso. Las figuras 8.6 y 8.7 muestran los resultados en las pruebas iniciales y finales en ambos cursos, tomando como indicador la media de la valoración dada en cada pregunta, así como la media de la mejora en cada uno de los aspectos medidos.

En este caso, los resultados de ambos cursos son más similares entre sí que los del cuestionario anterior. En general, el alumnado tiene una percepción bastante positiva de sus capacidades. La mediana en casi todas las variables (excepto en C1 y C3 del cuestionario inicial del curso 15-16) es de 4, lo que indica que más del 50% de los estudiantes tiene una

percepción bastante buena de sus capacidades en estos aspectos, y el primer cuartil es 3 en todas las preguntas (más del 75% se valora con una puntuación mayor o igual a 3).

Figura 8.6. Autopercepción de capacidades para la integración de la sostenibilidad en proyectos de ingeniería. Evolución de la medias de los distintos aspectos medidos.

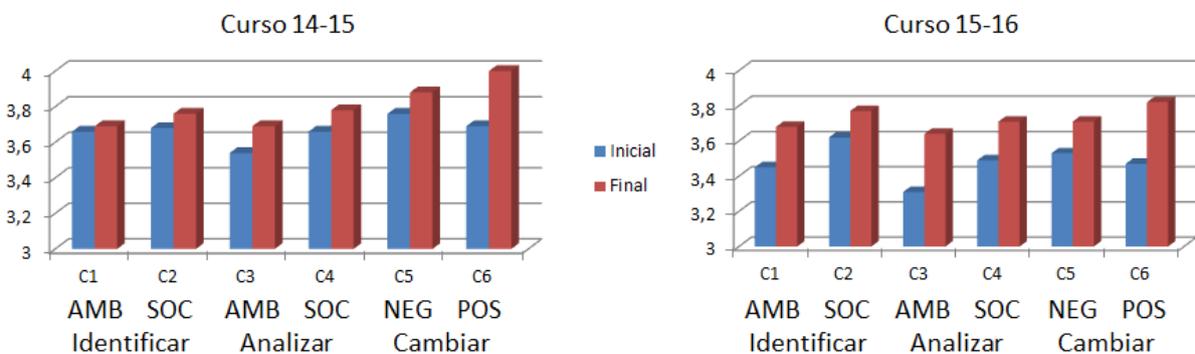
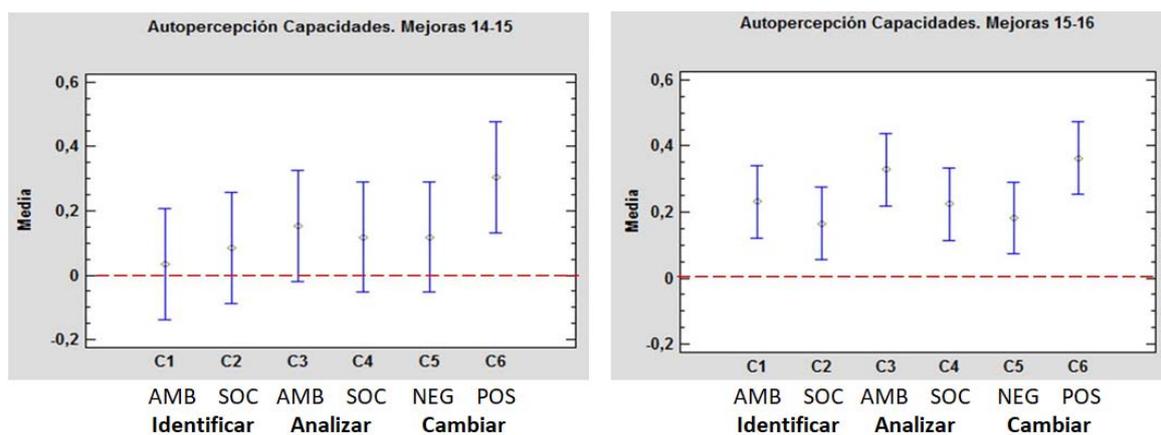


Figura 8.7. Mejoras en la autopercepción de capacidades para la integración de la sostenibilidad en proyectos de ingeniería. Intervalos de confianza 95% para muestras pareadas (N=59, N=143).



Como esta puntuación es bastante subjetiva, se ha analizado también la relación entre las valoraciones de los diferentes ítems, y se han comparado los resultados iniciales y finales. Se ha observado que los estudiantes se perciben **menos capaces en lo relacionado con el análisis de los impactos** y, entre ellos, menos capaces para analizar los impactos ambientales que los sociales. Además, también se consideran menos competentes para identificar impactos ambientales que para identificar impactos sociales (figura 8.6). A partir de la observación del desempeño del alumnado a lo largo de las sesiones del módulo de sostenibilidad, se pueden explicar esos resultados por la mayor estandarización y cuantificación con la que se aborda el análisis de los impactos ambientales, mientras que el análisis de los impactos sociales se percibe como algo que requiere menos conocimientos técnicos específicos.

Sin embargo, la mejora percibida, después de haber cursado la asignatura *Ingenia*, sobre la capacidad de análisis de los impactos ambientales es mayor que la de los impactos sociales

(figura 8.7). Esto hace que **las diferencias entre ítems disminuyan** con respecto a las que se observaban al inicio del curso, lo cual podría considerarse como indicador de la influencia del trabajo desarrollado en el módulo de sostenibilidad.

La figura 8.7 refleja un **progreso** de la percepción de las capacidades **en todos los aspectos** después de haber cursado las asignaturas *Ingenia*, siendo todas ellas estadísticamente significativas (95%) en el curso 15-16 (posiblemente debido al mayor tamaño de la muestra). La mayor mejora se da en la **capacidad para potenciar los impactos positivos**. En ambos cursos, los cuestionarios iniciales reflejan que los alumnos se sienten más capacitados para minimizar impactos negativos que para potenciar los positivos, pero los cuestionarios finales muestran un cambio de tendencia, y el alumnado se percibe en ese momento más capacitado para potenciar los impactos positivos que para minimizar los negativos. Se considera que este resultado puede ser reflejo del trabajo realizado en relación con la dimensión estratégica, potenciando la reflexión sobre la finalidad del proyecto y la creación de valor compartido mediante la realización del mismo.

### **8.5.3. Cuestionarios sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje.**

Al finalizar los tres cursos en los que se han impartido las asignaturas *Ingenia*, los estudiantes han sido invitados a completar un cuestionario de valoración de los distintos módulos con un formato similar, aunque adaptado a la especificidad de cada uno de ellos. También se pedía una valoración global de la asignatura. En general, se pide una valoración numérica (1-5) sobre algunos aspectos y una valoración cualitativa que permitiera explicar al alumnado su percepción del proceso y pudiera aportar sugerencias de mejora. La formulación concreta de las preguntas se presentó en la sección 5.7.2 del capítulo de metodología (tabla 5.5).

#### **8.5.3.1. Resultados cuantitativos.**

Las asignaturas *Ingenia* han ido variando con los cursos y en el curso 16-17 los estudiantes de algunas asignaturas no completaron los cuestionarios de evaluación. Para evitar sesgos, los resultados que se presentan a continuación son los relativos a las respuestas de las 6 asignaturas *Ingenia* de las que se han obtenido respuestas en todos los cursos en los que se ha realizado el estudio<sup>3</sup>. La tabla 8.5 y la figura 8.8, resumen algunos de los datos más relevantes. Los resultados obtenidos en los cuestionarios completados de todas las asignaturas *Ingenia* pueden verse en el anexo 3.4 y se puede observar que no hay diferencias relevantes.

Los resultados cuantitativos muestran que los **aspectos más valorados** por los estudiantes fueron la atención prestada por el profesorado, tanto del módulo C (sostenibilidad) como del módulo A (técnico), así como la metodología docente y de evaluación. En el último curso, más de dos tercios del alumnado valoraron el desempeño en dichos aspectos como

---

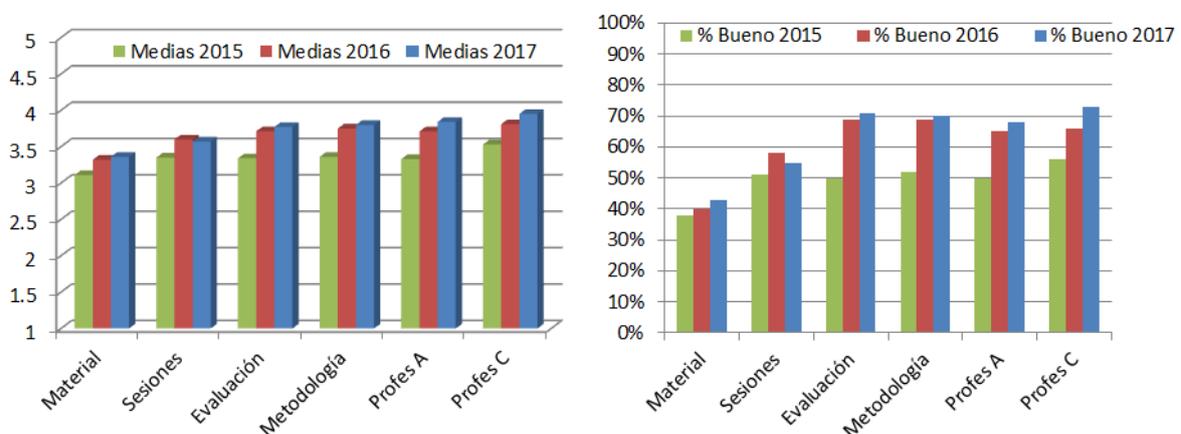
<sup>3</sup> Las 6 asignaturas son: Diseño en Bioingeniería, Ingeniería de Sistemas, Productos para la Vida Cotidiana, Proyecto de Máquinas, Ingeniando un Sistema Eléctrico y Smart ETSII.

“buenos” o “muy buenos”. También se observa que los resultados han ido mejorando con los cursos, especialmente en dichos ámbitos (en el primer curso evaluado, el porcentaje de alumnos que lo valoraban positivamente estaba en torno al 50%).

Tabla 8.5. Resultados de los cuestionarios de evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje del módulo de sostenibilidad en 6 de las asignaturas Ingeniería durante 3 cursos.

	N	Indicadores	Material	Sesiones	Evaluación	Metodología	Profes. Módulo A	Profes. Sostenibilidad
Curso 14-15	81	Media	3,11	3,35	3,34	3,36	3,33	3,53
		Desv. típica	1,03	1,04	0,99	1	1,12	1,11
		% Bueno (4-5)	38%	51%	50%	52%	50%	56%
Curso 15-16	147	Media	3,32	3,6	3,71	3,75	3,71	3,81
		Desv. típica	0,96	0,87	0,78	0,91	0,92	0,91
		% Bueno (4-5)	40%	58%	69%	69%	65%	66%
Curso 16-17	113	Media	3,36	3,57	3,77	3,8	3,84	3,95
		Desv. típica	0,89	0,94	0,85	0,85	0,94	0,91
		% Bueno (4-5)	43%	55%	71%	70%	68%	73%

Figura 8.8. Evolución de la valoración del proceso de enseñanza-aprendizaje del módulo C en 6 de las asignaturas Ingeniería durante 3 cursos.



Los **aspectos menos valorados** son el material de apoyo proporcionado (más de la mitad del alumnado lo considera regular o mal) y las sesiones presenciales, que son valoradas bien o muy bien por poco más de la mitad de los alumnos. Es relevante que en todos los aspectos (con la excepción de las sesiones en el curso 16-17) se puede observar una evolución positiva con el paso de los cursos.

Se ha observado que hay bastantes diferencias entre las valoraciones de las diferentes asignaturas Ingeniería y también entre los distintos cursos. La tabla 8.6 presenta los datos agrupados por asignatura y curso, y también recoge la valoración global de la asignatura y la

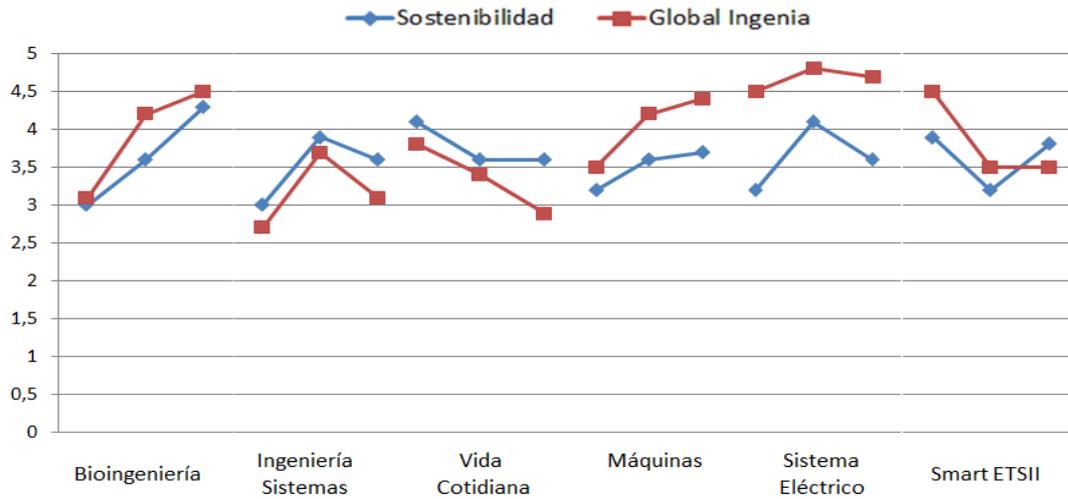
valoración media del módulo C en dicha asignatura. Se observa que las valoraciones de los aspectos del módulo de sostenibilidad tienden a homogeneizarse (menor desviación) mientras que la valoración global de las asignaturas *Ingenia* mantiene una dispersión alta. Esto se considera un dato positivo vinculado a la coordinación y armonización del trabajo realizado en el módulo de sostenibilidad.

Tabla 8.6. Valoración de los distintos aspectos del módulo de sostenibilidad presentados por asignaturas y cursos.

INGENIA	Cursos	Material	Sesiones	Evaluación	Metodología	Profes. Módulo A	Profes. Sostenibilidad	Media Sost.	Global Ingenia
Bioingeniería	14-15	2,8	3	3,4	3,2	3	2,9	3,0	3,1
	15-16	3,3	3,4	3,8	3,8	3,6	3,5	3,6	4,2
	16-17	4	4,2	4,2	4,3	4,5	4,6	4,3	4,5
Ingeniería Sistemas	14-15	2,9	2,8	3,2	3,1	2,9	3,3	3,0	2,7
	15-16	3,2	4	4	3,9	3,6	4,8	3,9	3,7
	16-17	3,1	3,5	3,5	3,9	3,7	3,6	3,6	3,1
Vida Cotidiana	14-15	3,8	4,3	3,7	4,2	4	4,4	4,1	3,8
	15-16	3,5	3,5	3,7	3,6	3,7	3,6	3,6	3,4
	16-17	3,3	3,3	3,7	3,7	3,5	3,8	3,6	2,9
Máquinas	14-15	3	3	3,4	3,4	2,9	3,7	3,2	3,5
	15-16	3	3,6	3,6	3,9	3,7	3,7	3,6	4,2
	16-17	3,4	3,5	3,8	3,7	3,8	3,9	3,7	4,4
Sistema Eléctrico	14-15	3	3,4	3	3	3,5	3,5	3,2	4,5
	15-16	3,7	4,3	4	4,1	4,2	4,5	4,1	4,8
	16-17	3,1	3,5	3,8	3,4	3,9	3,8	3,6	4,7
Smart ETSII	14-15	3,8	4	4	4	3,8	3,6	3,9	4,5
	15-16	3,1	3	3,4	3,2	3,1	3,4	3,2	3,5
	16-17	3,3	3,8	3,8	4	3,6	4,2	3,8	3,5
Desviación entre Ingenias	14-15	0,46	0,61	0,36	0,50	0,48	0,50	0,48	0,73
	15-16	0,26	0,46	0,23	0,31	0,35	0,58	0,32	0,53
	16-17	0,33	0,32	0,23	0,31	0,36	0,36	0,29	0,78

También se observa que la evolución de las valoraciones del módulo de sostenibilidad es similar a la de las valoraciones globales de la asignatura, como refleja gráficamente la figura 8.9. Esto muestra la importancia del contexto académico en la integración de las competencias RSSE y, en particular, en la valoración que el alumnado haga del trabajo de dichas competencias.

Figura 8.9. Relación entre la media de las valoraciones de los aspectos del módulo C y la valoración global del Ingenia, a lo largo de los tres cursos 14-15, 15-16 y 16-17.



### 8.5.3.2. Resultados cualitativos.

Con las respuestas a las preguntas abiertas se obtiene información más detallada sobre el proceso docente y sus distintos aspectos. A la vista de los resultados obtenidos y la frecuencia de aparición de determinadas temáticas, se ha hecho un trabajo de categorización de las respuestas mediante conceptos clave, de forma que se facilite la obtención de información relevante para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En cuanto a los **aspectos que los estudiantes consideran más positivos**, se han definido cuatro categorías para recoger las temáticas que han aparecido con más frecuencia, y por tanto se consideran más relevantes:

- aprendizaje útil,
- conciencia y visión global,
- metodología y evaluación, y
- profesorado.

En la tabla 8.7 se describen cada una de ellas, presentando ejemplos de algunos de los comentarios más significativos que se han incluido en dicha categoría.

Tabla 8.7. Descripción y ejemplos de cada una de las categorías definidas para las valoraciones positivas del módulo de sostenibilidad.

<p><b>Aprendizaje útil</b></p>	<p><b>Descripción:</b> Se recogen en esta categoría las referencias positivas al aprendizaje, tanto de conceptos como de habilidades. Hay comentarios más generales y otros que puntualizan en aspectos concretos, como ACV, huella de carbono, categorías de impacto, energías renovables, RSC, grupos de interés, normativas, búsqueda de información, etc.</p>
<p><b>Ejemplos:</b>  <i>“El módulo C resulta muy útil para desarrollar competencias relativas al análisis y repercusión de las alternativas implementadas para los proyectos desde un punto de vista de la sostenibilidad medioambiental y social” (curso 14-15, Fórmula SAE).</i>  <i>“Aprender la metodología del ACV” (curso 14-15, Diseño en Bioingeniería).</i>  <i>“El aspecto más positivo ha sido que he podido aprender a identificar los impactos que puede tener un proyecto de ingeniería, tanto en el medio ambiente como en la sociedad, así como a cuantificarlos adecuadamente, y me ha parecido bastante interesante” (curso 15-16, Videojuegos y Simuladores).</i>  <i>“Está bien aprender a ser consciente de que los proyectos de ingeniería (como cualquier proyecto) tienen impactos en distintos grupos de interés. De cara al futuro es muy interesante haberse enfrentado a tener que hacer un análisis exhaustivo de estos” (curso 15-16, Diseño en Bioingeniería).</i>  <i>“Creo que ayuda a entender bien los impactos de nuestro Ingenia en todo su ciclo de vida” (curso 16-17, Sistema Eléctrico).</i>  <i>“Permite aplicar los conocimientos sobre sostenibilidad a un caso real” (curso 16-17, Ingeniería Acústica).</i></p>	
<p><b>Conciencia y visión global</b></p>	<p><b>Descripción:</b> Se recogen en esta categoría las referencias positivas relativas a actitudes, como la toma de conciencia sobre la importancia de la sostenibilidad en la actividad profesional de la ingeniería y en el desarrollo de proyectos, así como una visión más amplia de los aspectos a considerar, teniendo en cuenta las diversas dimensiones de la sostenibilidad y todo el ciclo de vida de los proyectos.</p>
<p><b>Ejemplos:</b>  <i>“La concienciación de lo importante que es la sostenibilidad en cada una de sus categorías a la hora de desarrollar un proyecto” (curso 14-15, Ingeniería de Sistemas).</i>  <i>“Concienciación de que no es un extra, es una NECESIDAD” (curso 14-15, Bioingeniería).</i>  <i>“Ayuda a no solo centrarse en aspectos técnicos y guía a pensar más allá” (curso 15-16, Proyecto de Máquinas).</i>  <i>“Está bien tener una visión global de todo lo que un producto puede afectar, ya que hay algunos puntos sorprendentes, en los que no se piensa a la hora de fabricar o de consumir un producto” (curso 15-16,</i></p>	

*Productos de la vida cotidiana).*

*“El módulo de sostenibilidad aporta una visión más amplia de todo lo que hay que tener en cuenta cuando lo que uno se plantea es cuantificar los impactos e intentar minimizarlos” (curso 16-17, Computer Aided Engineering).*

*“Por primera vez en una asignatura se nos ha hecho hincapié de la importancia de la sostenibilidad en el desarrollo de un producto” (curso 16-17, Proyecto de Máquinas).*

### **Metodología y evaluación**

#### **Descripción:**

Se recogen en esta categoría las referencias positivas a aspectos de la metodología docente y de evaluación seguida en el módulo de sostenibilidad de las asignaturas Ingeniería.

#### **Ejemplos:**

*“El método de evaluación a través del informe” (curso 14-15-16, Diseño en Bioingeniería).*

*“Me ha parecido una buena forma de aprender a hacer un documento de sostenibilidad, aplicado a un proyecto real y enfocado solo en un material, para poder profundizar más en lugar de hacer todos los materiales involucrados en el proyecto” (curso 15-16. Productos para la vida cotidiana).*

*“Hemos tenido que analizar muchos impactos y poco a poco ir descartando los menos relevantes y ha sido un trabajo interesante, ya que hemos tenido que aprender a leer normativa y a aplicarla” (curso 16-17, Ingeniería de Sistemas).*

### **Profesorado**

#### **Descripción:**

Se recogen en esta categoría las referencias a aspectos relativos a la labor del profesorado del módulo de sostenibilidad que los estudiantes han considerado como positivas y relevantes para potenciar su aprendizaje.

#### **Ejemplos:**

*“La atención del profesorado ha sido muy buena” (curso 14-15, Ingeniería de Sistemas).*

*“Los comentarios durante las presentaciones eran muy relevantes” (curso 15-16, Optimización de estructuras).*

*“Los profesores han sido muy atentos a la hora de hacernos llegar el mensaje, dando feedback y ayudándonos a completar la documentación” (curso 16-17, Smart ETSII)*

*“Además se nos han proporcionado contactos para poder profundizar más en los aspectos de sostenibilidad social y ambiental del proyecto” (curso 16-17, Diseño en Bioingeniería).*

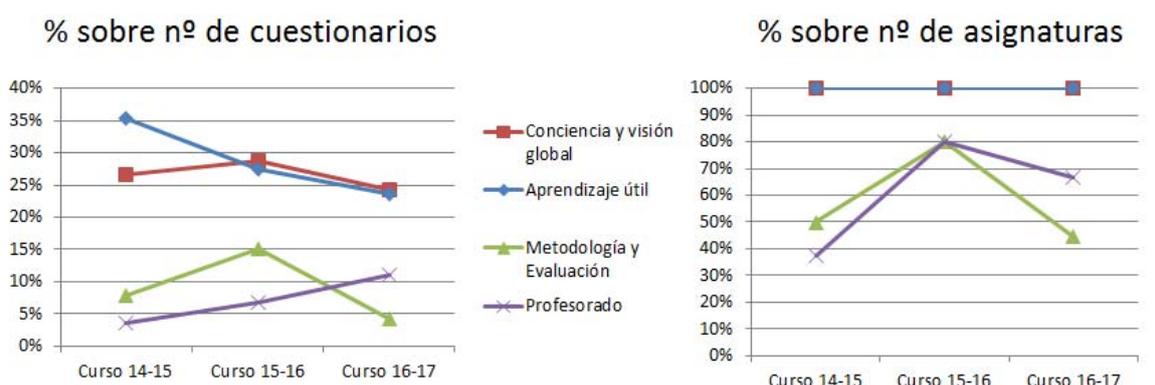
Para estudiar la importancia que dan los estudiantes a cada una de las categorías, se han cuantificado el número de comentarios de cada categoría considerando el porcentaje sobre el número de encuestas analizadas. Además, para identificar los aspectos que podían depender del contexto de alguna asignatura en particular, también se ha cuantificado el porcentaje de asignaturas *Ingeniería* en el que se mencionaba (número de asignaturas en que

se menciona / número total de asignaturas). La tabla 8.8 y la figura 8.10 reflejan dichos resultados.

Tabla 8.8. Porcentajes de comentarios positivos para cada categoría a lo largo de los tres cursos.

Comentarios positivos	Porcentaje sobre el número de cuestionarios			Porcentaje sobre el número de asignaturas <i>Ingenia</i>		
	14-15	15-16	16-17	14-15	15-16	16-17
<b>Aprendizaje útil</b>	35%	27%	24%	100%	100%	100%
<b>Conciencia y visión global</b>	27%	29%	24%	100%	100%	100%
<b>Metodología y Evaluación</b>	8%	15%	4%	50%	80%	44%
<b>Profesorado</b>	4%	7%	11%	38%	80%	67%

Figura 8.10. Evolución de los porcentajes de comentarios positivos de cada categoría a lo largo de los tres cursos.



En todos los cursos estudiados, los **aprendizajes en conocimientos, habilidades y actitudes**, han sido los **temas que más ha mencionado el alumnado**. El primer curso, aparecieron más referencias a aprendizajes más prácticos, sobre todo en la dimensión ambiental, y en los cursos posteriores aparecen comentarios más frecuentes sobre la identificación y análisis de impactos, y a su aplicación en casos concretos. Además, en los dos últimos cursos, los comentarios relativos a una mayor conciencia y visión global fueron más frecuentes, aunque en algunos casos aparecen bastante integrados en la redacción con algunos aprendizajes concretos. En todos los cursos, dichos aspectos han sido mencionados en el 100% de las asignaturas *Ingenia*.

Los aspectos metodológicos y los relativos al profesorado sí dependen más de la asignatura *Ingenia*. Se observa que la labor positiva del profesorado va recogiendo más comentarios según han ido avanzando los cursos.

Además de estas cuatro categorías, también ha habido comentarios aislados sobre algunos otros aspectos del módulo, que están relacionados con otras de las ideas que se pretenden

transmitir en el módulo de sostenibilidad, como son las referencias a que la integración de criterios de sostenibilidad *“es posible aplicarla en cualquier tipo de trabajo de ingeniería”* y que *“es una oportunidad de aportar valor a un proyecto”*.

En cuanto a los **aspectos que los estudiantes consideran más negativos**, se han definido más categorías pues las temáticas han sido más diversas. Las **sugerencias de mejora** suelen hacer referencia a estos mismos aspectos, por lo que se ha utilizado la misma categorización. Es la siguiente:

- adaptación e integración en el conjunto de la asignatura,
- contenidos,
- profesorado,
- claridad en la metodología a seguir,
- carga de trabajo,
- sesiones y planificación,
- recursos.

En la tabla 8.9, se describe cada una de ellas, presentando ejemplos de algunos de los comentarios que se han incluido en dicha categoría.

*Tabla 8.9. Descripción y ejemplos de cada una de las categorías definidas para las valoraciones negativas y las propuestas de mejora para el módulo de sostenibilidad.*

<b>Adaptación e integración en el conjunto de la asignatura</b>	<b>Descripción:</b> Referencias a la adaptación del marco y la propuesta general del módulo a las características específicas de cada asignatura <i>Ingenia</i> . A veces, este módulo se ve como algo aislado y poco integrado en el desarrollo general del proyecto.
<p><b>Ejemplos comentarios negativos:</b></p> <p><i>“El ingenia no se prestaba a la evaluación ambiental como los demás” (curso 14-15, Ingeniería de Sistemas).</i></p> <p><i>“Quizá sea difícil de aplicar la parte social en nuestro proyecto” (curso 14-15, Proyecto de Construcciones Industriales).</i></p> <p><i>“El informe es algo obligatorio y se piden muchos apartados que dependiendo del trabajo no tienen sentido” (15-16, Proyecto de Máquinas).</i></p> <p><i>“Falta de integración, considerado como un módulo externo y supervisado externamente. Quizá para el ingenia realizado no tienen sentido realizar un documento aparte relativo a estos aspectos porque ya se habían ido desarrollando a lo largo de todo el trabajo” (15-16, Proyecto de Construcciones Industriales).</i></p> <p><i>“Parece que está metido con calzador, no se toma como parte del trabajo y provoca que no nos identifiquemos igual que con el desarrollo de otras partes del ingenia” (16-17, Ingeniería de Sistemas).</i></p>	

**Ejemplos de propuestas:**

*“Coordinarse mejor con los profesores específicos de cada INGENIA. Que uno de los profesores del módulo A se centre más en este aspecto” (14-15, Proyecto de Máquinas)*

*“Evitar duplicidad de contenidos en los entregables acerca de la sostenibilidad” (14-15, Smart ETSII)*

*“Tratar de centrarse más en la evaluación de la sostenibilidad aplicada al producto concreto que estemos desarrollando en el ingenia” (15-16, Máquinas)*

*“Integrarlo desde el principio en la planificación del producto. Crear productos orientados a ser sostenibles” (15-16, Máquinas)*

*“En vez de un enunciado fijo, pactar con el profesor responsable el alcance del trabajo” (16-17, Smart ETSII)*

*“Adaptar el contenido a los ingenias que muestran ciertas particularidades y dificultades de aplicación” (16-17, Computer Aided Engineering)*

<b>Contenidos</b>	<b>Descripción:</b> Referencias a los contenidos del módulo de sostenibilidad, bien por ser algo que ya se ha visto o se solapa con el de otras materias, bien por lo contrario, porque no se tiene la formación previa para desarrollarlo. También se critica que no se profundice mucho o que sea excesivamente teórico.
-------------------	---

**Ejemplos de comentarios negativos:**

*“Mucha repetición de conceptos generales que nos dan en otras asignaturas de la carrera, y poca profundidad en la aplicación” (curso 14-15, Sistema Eléctrico).*

*“Demasiada teoría y poco enfoque práctico” (curso 15-16, Fórmula SAE).*

*“La poca teoría y metodología que se ha recibido” (curso 16-17, Sistema Eléctrico).*

**Ejemplos de propuestas:**

*“Aplicación mediante ejemplos prácticos de los aspectos sociales en los proyectos, en lugar de ser tan teóricos” (14-15, Bioingeniería).*

*“Se debería dedicar más tiempo a evaluar los impactos y decir cómo se deben cuantificar los impactos” (14-15, Smart ETSII).*

*“Me gustaría hacer un caso práctico en clase. Hacer paso a paso un informe de sostenibilidad “ (15-16, Productos para vida cotidiana).*

*“Quizá análisis de casos reales e implicaciones de un buen o mal estudio de sostenibilidad podría representar más la importancia y ser más interesante” (16-17, Ingeniería de Sistemas).*

*“Me gustaría que se proporcionase más metodología sobre el análisis de ciclo de vida. Me da la sensación que no he llegado a aprender todo lo que hubiera podido” (16-17, Sistema Eléctrico).*

<b>Profesorado</b>	<b>Descripción:</b> Referencias a la labor del profesorado, fundamentalmente relacionadas con la implicación, el seguimiento y el <i>feedback</i> que se ha dado a los estudiantes, o bien con la coordinación con el profesorado de la parte técnica del proyecto.
<b>Ejemplos de comentarios negativos:</b> <i>“Apenas se ha guiado a los alumnos en la realización del trabajo de sostenibilidad” (curso 14-15, Sistema Eléctrico).</i> <i>“No hemos recibido apenas feedback de ese aspecto” (curso 15-16, Proyecto de Construcciones Industriales).</i> <i>“El profesorado específico de sostenibilidad no está bien enterado de los productos del Ingenia” (curso 16-17, Proyecto de Máquinas).</i>  <b>Ejemplos de propuestas:</b> <i>“Realimentación de forma más continua” (14-15 Ingeniería de Sistemas).</i> <i>“Más presencia de los profesores y guía por su parte para desarrollar la memoria de sostenibilidad” (15-16, Fórmula SAE).</i> <i>“Una mejor coordinación de los profesores de sostenibilidad con los profesores del ingenia a lo largo del curso” (16-17, Ingeniería de sistemas).</i>	
<b>Claridad en la metodología a seguir</b>	<b>Descripción:</b> Referencias a la falta de claridad sobre el trabajo a realizar en este módulo, su alcance, objetivos y resultados deseados.
<b>Ejemplos de comentarios negativos:</b> <i>“Quizá creo que no ha habido una organización clara y una definición de los objetivos a conseguir de igual manera que los documentos pedidos como entregables eran demasiado extensos como para asentar bien y plasmar los contenidos aprendidos” (curso 14-15, Productos para vida cotidiana).</i> <i>“La información de Moodle no deja claro cómo hay que realizar el análisis de la sostenibilidad” (curso 15-16, Smart ETSII).</i> <i>“Las directrices sobre el informe a entregar estaban poco definidas” (curso 16-17, Proyecto de Máquinas).</i>  <b>Ejemplos de propuestas:</b> <i>“Creo que se debería dejar mucho más indicado qué se va a exigir” (14-15, Smart ETSII).</i> <i>“Propondría diapositivas más claras y un único documento con el formato que debemos seguir, ya que hay varias guías en moodle” (15-16, Smart ETSII).</i> <i>“Dejar claro desde un principio cuál es el trabajo y documentación que hay que realizar para poder aplicarla desde el comienzo” (16-17, Máquinas).</i>	

<b>Carga de trabajo</b>	<b>Descripción:</b> Referencias al esfuerzo que supone el trabajo del módulo de sostenibilidad en una asignatura, y un máster, que ya es muy exigente. A veces se considera desproporcionado respecto al trabajo que requiere el proyecto en general, respecto a los otros módulos de competencias, o bien que puede ser muy variable en función del Ingenia o de los aspectos en que se profundice.
<b>Ejemplos de comentarios negativos:</b> <i>“De por sí tenemos mucha carga y la realización de este trabajo lleva mucho más tiempo del esperado porque son conceptos no muy claros” (curso 14-15, Sistema Eléctrico).</i>  <i>“Me parece que en relación con los otros módulos, es muy exigente” (curso 15-16, Productos para la vida cotidiana).</i>  <i>“Según los impactos elegidos a estudiar, la carga de trabajo y extensión de los mismos puede ser muy variable” (16-17, Diseño en Bioingeniería).</i>  <b>Ejemplos de propuestas:</b> <i>“Eliminar esta parte” (14-15, Sistema Eléctrico).</i>  <i>“Centrar la actividad en una única parte (social o ambiental)” (15-16, Sistema Eléctrico).</i>  <i>“Deberían coordinarse mejor las clases presenciales con los momentos de menor carga de trabajo de cada Ingenia” (15-16, Máquinas).</i>  <i>“Reduciría significativamente la carga de trabajo de este módulo, poniendo menos sesiones y eliminando los contenidos o aspectos que son parecidos o que no aportan mucho valor al proyecto a realizar” (16-17, Motor-Gen).</i>	
<b>Sesiones y planificación</b>	<b>Descripción:</b> Referencias a las sesiones presenciales correspondientes al módulo de sostenibilidad, bien por no estar adecuadamente situadas en la planificación general de la asignatura, por el modo de desarrollo de las mismas o por el número necesario de sesiones (aunque los comentarios no siempre van en la misma línea).
<b>Ejemplos:</b> <i>“Sesiones muy teóricas de difícil aplicación” (curso 14-15, Diseño en bioingeniería).</i>  <i>“Habría estado bien ejemplificar más” (curso 16-17, Productos para la vida cotidiana)</i>  <i>“No se ha impartido de forma continua en el tiempo, sino con sesiones dispersas a cuentagotas, lo que dificulta bastante el aprendizaje” (curso 15-16, Productos para vida cotidiana)</i>  <i>“Las primeras sesiones fueron bastante pronto y no estábamos preparados para abordar este módulo” (curso 16-17, Motor Gen).</i>	

**Ejemplos de propuestas:**

*“Sesiones específicas de redacción de esta memoria ayudando a los alumnos a desarrollar el esqueleto primigenio del documento por ejemplo” (14-15, Máquinas).*

*“Hacer alguna visita” (14-15, Sistema Eléctrico).*

*“Quizá sería conveniente empezar antes con estos seminarios para las etapas de planificación y programación” (15-16, Smart ETSII).*

*“Creo que sería interesante tener más sesiones desde el principio del curso sobre sostenibilidad y su integración en el diseño de dispositivo” (16-17, Diseño en Bioingeniería).*

*“Se podrían reducir las sesiones dedicadas a temas de sostenibilidad y destinar esas horas a aspectos más relacionados con el diseño o la fabricación” (16-17, Diseño en Bioingeniería).*

**Recursos****Descripción:**

Referencias a la documentación y recursos de apoyo facilitados para trabajar el módulo de sostenibilidad.

**Ejemplos:**

*“Pocos documentos de ayuda facilitados” (curso 14-15, Sistema Eléctrico)*

*“Falta de un software que facilite la tarea” (curso 14-15, Productos vida cotidiana)*

*“El material online no era suficientemente descriptivo, y no estaba muy bien estructurado, por lo que no aclaraba algunos conceptos” (curso 16-17, Proyecto de Máquinas).*

**Ejemplos de propuestas:**

*“En los documentos facilitados en moodle convendría facilitar un documento de ejemplo de análisis de ciclo de vida, no sólo unas diapositivas. Así se tendría un modelo a seguir para la redacción del documento final” (14-15, Proyecto Construcción Industrial).*

*“Sería de agradecer la recomendación de bibliografía o páginas web donde se publique información veraz sobre los impactos. La falta de datos dificulta el análisis y terminan usándose datos publicados por asociaciones empresariales que pueden presentar cierto sesgo en las medidas (todo el mundo intenta publicar datos ‘buenos’; sobre sus actividades industriales)” (15-16, Productos vida cotidiana).*

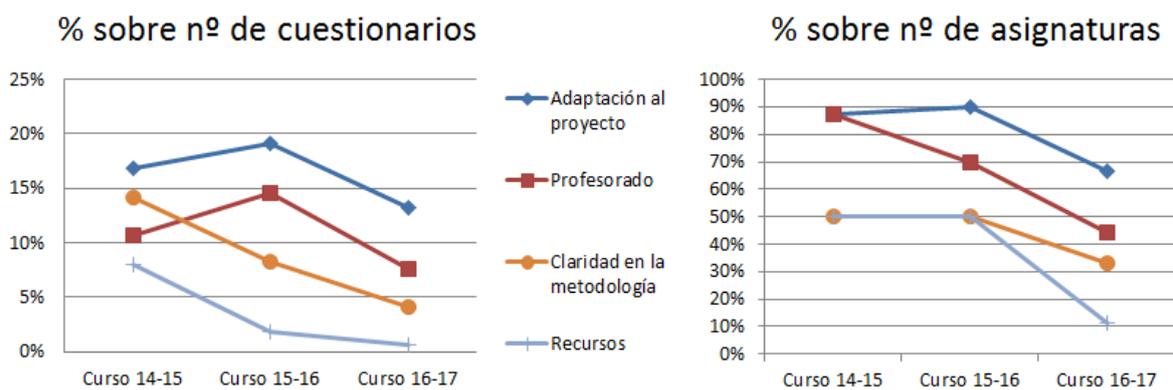
*“Una guía con ejemplos de investigaciones sociales y ambientales que se suelen realizar, para tener más idea a la hora de qué realizar” (16-17, Diseño en Bioingeniería).*

Al igual que con los comentarios positivos, se han cuantificado el número de comentarios de cada categoría (considerando el porcentaje sobre el número de encuestas analizadas) y el porcentaje de asignaturas *Ingenia* en el que se mencionaba (con relación al número total de asignaturas). Los resultados acerca de los comentarios negativos a lo largo de los tres años se presentan en la tabla 8.10 y la figura 8.11.

Tabla 8.10. Porcentajes de comentarios negativos para cada categoría a lo largo de los tres cursos.

Comentarios negativos	Porcentaje sobre el número de cuestionarios			Porcentaje sobre el número de asignaturas Ingeniería		
	14-15	15-16	16-17	14-15	15-16	16-17
<b>Adaptación al proyecto</b>	17%	19%	13%	88%	90%	67%
<b>Sesiones, planificación</b>	8%	14%	8%	63%	90%	78%
<b>Contenidos</b>	8%	7%	9%	75%	80%	78%
<b>Profesorado</b>	11%	15%	8%	88%	70%	44%
<b>Carga de trabajo</b>	11%	7%	13%	63%	60%	89%
<b>Claridad en la metodología</b>	14%	8%	4%	50%	50%	33%
<b>Recursos</b>	8%	2%	1%	50%	50%	11%

Figura 8.11. Evolución de las categorías de comentarios negativos que disminuyen sus porcentajes a lo largo de los tres cursos.



Se puede observar una **tendencia decreciente** en los comentarios de las categorías de *adaptación al proyecto*, *profesorado*, *claridad de la metodología* y *recurso*, lo que puede indicar que se ha ido mejorando con la experiencia (figura 8.11).

Sin embargo los **comentarios negativos** sobre la *carga de trabajo*, *contenidos*, *sesiones y planificación* mantienen el porcentaje o lo incrementan ligeramente, y en el último curso (16-17) son mencionados en un alto porcentaje de asignaturas *Ingeniería*, lo que puede indicar que no son aspectos particulares de una determinada asignatura. En el último curso, la *carga de trabajo* tuvo el porcentaje más alto de comentarios negativos (junto con la *adaptación al proyecto*) y fue mencionada en todas las asignaturas excepto en una.

En cuanto a las **propuestas**, están bastante relacionadas con los aspectos negativos identificados, pero hay algunas diferencias. Con la excepción de la *carga de trabajo*, todas las categorías disminuyen sus porcentajes sobre el número de respuestas, lo que puede reforzar la idea de que se ha ido mejorando a lo largo de los cursos.

Aunque disminuye el número de propuestas relacionadas con la **adaptación al proyecto**, sigue siendo la más mencionada. En el curso 14-15 fue mencionada como propuesta en el 100% de las asignaturas Ingenia. En los siguientes cursos, ha habido algunas asignaturas en las que ya no se propone como mejora.

Las categorías de **contenidos, sesiones y planificación** se mencionan en un porcentaje alto de *Ingenias*, tomando más relevancia en el apartado de propuestas. En muchos casos, se mencionan como la propuesta para favorecer una mayor **adaptación al proyecto** concreto.

En el último curso (16-17) han aumentado significativamente las referencias a la **carga de trabajo**, como algo a mejorar y ajustar. Además, también ha aumentado el número de asignaturas en las que se hace referencia a esta categoría.

Las propuestas relativas al *profesorado* han disminuido en gran medida, y las propuestas sobre los *recursos* aportados tienen una baja frecuencia en todos los cursos. Aunque se recogen algunas aportaciones interesantes que pueden apoyar iniciativas para mejorar la claridad y los contenidos. Los datos detallados pueden verse en la tabla 8.11.

Tabla 8.11. Porcentajes de propuestas para cada categoría a lo largo de los tres cursos.

Propuestas	Porcentaje sobre el número de cuestionarios				Porcentaje sobre el número de asignaturas Ingenia		
	14-15	15-16	16-17		14-15	15-16	16-17
<b>Adaptación al proyecto</b>	18%	11%	8%		100%	80%	67%
<b>Sesiones, planificación</b>	12%	18%	7%		63%	90%	78%
<b>Contenidos</b>	13%	10%	6%		63%	80%	67%
<b>Profesorado</b>	7%	11%	1%		75%	70%	11%
<b>Claridad en la metodología</b>	9%	2%	5%		50%	40%	56%
<b>Carga de trabajo</b>	4%	4%	8%		13%	60%	67%
<b>Recursos</b>	3%	3%	2%		38%	50%	33%

Ya se ha comentado que se observa una tendencia decreciente en los porcentajes a lo largo de los cursos, pero también hay algunos “picos” que pueden ser debidos a circunstancias específicas de cada curso. Por ejemplo, en el curso 15-16, hay un repunte de comentarios negativos sobre el *profesorado* y las *sesiones* (muy concentrados en algunos *Ingenia*). En el curso 16-17 se dieron algunas circunstancias (número elevado de días festivos y de actividades académicas extraordinarias en el día asignado a las asignaturas INGENIA) que hicieron que el tiempo dedicado a los proyectos *Ingenia* fuera menor que otros años, lo que podría explicar la percepción de una mayor carga de trabajo en dicho curso.

## 8.6. Reflexión: cambios introducidos y valoraciones

A lo largo de los tres cursos en los que se ha desarrollado esta investigación, se han llevado a cabo reuniones periódicas de seguimiento con el profesorado del módulo de sostenibilidad.

Además, el diseño y elaboración de algunos materiales docentes, y la presentación de comunicaciones a congresos (Miñano et al. 2016; Borge et al. 2017; Uruburu y Miñano 2017; Uruburu et al. 2018), también promovió el debate y la reflexión sobre cómo integrar competencias de sostenibilidad en asignaturas basadas en el desarrollo de proyectos de ingeniería.

También se participó activamente en las reuniones de coordinación general de todas las asignaturas *Ingenia*. Aunque en ellas el tema central no era el módulo de sostenibilidad, sí fueron útiles para ir valorando su integración con el resto de los módulos y en la marcha general del curso. Al final del curso 16-17, sí se pudo realizar una valoración específica del trabajo que se desarrolla en el módulo de sostenibilidad con los **coordinadores de las asignaturas**.

En esta sección, se presentan en primer lugar los resultados de las reuniones de seguimiento con el profesorado específico del módulo de sostenibilidad, explicando los cambios que se han ido introduciendo a lo largo de los cursos. En un segundo apartado, se explican los resultados de la sesión de trabajo con los coordinadores de las asignaturas *Ingenia*.

### **8.6.1. Cambios introducidos a lo largo del proceso**

En este primer apartado se presenta una síntesis de los cambios que se han ido introduciendo en los sucesivos cursos teniendo en cuenta los resultados de las evaluaciones del alumnado y las valoraciones del profesorado sobre la experiencia del curso.

Tras el **curso 14-15**, se identificaron algunos **retos** importantes:

- ✓ El primero de ellos fue el **desequilibrio entre** las partes **social y ambiental** del módulo de sostenibilidad, con diferencia de visión y de metodologías. El estudio de los impactos ambientales está muy consolidado, con metodologías estandarizadas y cuantitativas. Por el contrario, las categorías de impactos sociales e implicaciones éticas son más abiertas y diversas, contextualizadas y requieren fundamentalmente análisis cualitativos más difícilmente cuantificables.
- ✓ Otro reto era **presentar más claramente las propuestas metodológicas** y lo que se pedía a los estudiantes, en particular en lo relativo a la dimensión social. En este sentido, una referencia pueden ser las técnicas o metodologías que ya se hayan visto previamente en los estudios de grado (en asignaturas como “Proyectos”, “Organización de Sistemas Productivos” o “Ingeniería del Medio Ambiente”), aunque no todo el alumnado las ha cursado y no siempre son adaptables al contexto de las asignaturas *Ingenia*.
- ✓ Por último, la **coordinación entre el profesorado** también se consideró un aspecto esencial a tener en cuenta, tanto con los profesores de los otros módulos como entre los profesores del propio módulo de sostenibilidad. Se consideró que la experiencia no estaba aún madura como para que hubiera un único profesor para este módulo.

Los **cambios esenciales** que se introdujeron **en el siguiente curso, 15-16**, fueron en la línea de **aclarar y consolidar la propuesta metodológica**, especialmente en la dimensión social y en la adaptación a cada *Ingenia*. Para ello, se tomó como referencia fundamental el modelo conceptual que se explicó anteriormente (sección 8.3.1) y, como apoyo, se elaboró una “píldora didáctica” para facilitar su explicación a los estudiantes<sup>4</sup>.

Como consecuencia, se dio **más peso a la identificación y consideración de los grupos de interés**, así como a la identificación de los asuntos relevantes tanto a nivel global o sectorial, como particular de cada proyecto *Ingenia*. Para facilitararlo, se aligeró la sesión inicial común (3 horas en el curso 14-15, y muy cargada de contenidos) y se dio más tiempo a las sesiones específicas de cada *Ingenia* para centrar el análisis en el tema o sector relacionado con dicha asignatura.

Para el análisis de impactos sociales, se propuso realizar un trabajo de investigación centrado en alguno de los asuntos relevantes identificados. Dicho trabajo se **adaptaría** a los intereses del grupo y la especificidad de su proyecto.

**A lo largo del curso 15-16** se continuó la reflexión sobre la experiencia. De nuevo, uno de los principales retos fue la **armonización del trabajo de las dimensiones social y ambiental** dentro de una propuesta general de trabajo. Asumiendo las diferencias de ambos ámbitos, se hizo un esfuerzo por sintetizar los objetivos esenciales de cada uno, de forma que la metodología general los recogiera:

- ✓ Los objetivos esenciales del trabajo de la **dimensión ambiental**, serían en adelante que los estudiantes:
  - tengan en consideración todo el *ciclo de vida* de un producto al desarrollarlo,
  - que comprendan y manejen los conceptos de *entradas y salidas de un sistema*,
  - que sepan *cuantificar impactos* en algunos casos concretos.
  
- ✓ En la **dimensión social**, se considera fundamental que los alumnos:
  - asuman la *complejidad* como algo intrínseco al desarrollo de proyectos de ingeniería,
  - consideren cómo afecta a los diversos *grupos de interés* (tanto tradicionales como no tradicionales) y
  - tengan la experiencia de *profundizar en el análisis* de algún aspecto social relevante relacionado con su proyecto.

El otro gran reto sobre el que se trabajó fue el de la **adaptación al proyecto concreto**. Es importante ofrecer un marco metodológico general claro y definido, pero que tenga la

---

<sup>4</sup> “La ingeniería puede y debe ser sostenible”:  
[http://audiovisuales.upm.es/flash/?src=mp4:1516/etsii/upm\\_sostenibilidad\\_6j](http://audiovisuales.upm.es/flash/?src=mp4:1516/etsii/upm_sostenibilidad_6j)

suficiente **flexibilidad** para adaptarse a la especificidad de cada asignatura *Ingenia*. Esto implica una integración de las distintas fases de trabajo propuestas con el ritmo de trabajo del proyecto general, coordinación con el profesorado del módulo A, planificación conjunta, integración de actividades, etc.

La experiencia de los cursos anteriores también llevó a asumir que hay **limitaciones** del contexto que condicionan el trabajo del módulo de sostenibilidad:

- el marco general del máster,
- su configuración en bimestres y sus respectivos procesos de evaluación,
- la carga de trabajo tanto del profesorado como del alumnado,
- las características propias de la metodología basada en proyectos,
- la falta de continuidad de parte del profesorado, etc.

Esto implica, por un lado, que hay que hacer una **selección de objetivos y de expectativas realistas**. Y por otra parte, supone el reto de **reforzar la motivación** del profesorado y del alumnado, ofreciendo una propuesta de trabajo que sea estimulante y que tenga sentido, aportando valor al proyecto que se está desarrollando que es el foco de atención de las asignaturas *Ingenia*.

Como fruto de dicha reflexión y la experiencia adquirida, se introdujeron algunos **cambios en el curso 16-17**.

Con el fin de **reforzar la claridad de la propuesta**, se revisaron los documentos aportados para guiar de trabajo. Se redefinieron las distintas **fases de trabajo** propuestas, así como la **estructura del documento** final, de forma que hubiera más coherencia entre las mismas y con los objetivos esenciales del módulo.

Aunque se sigue pidiendo un trabajo específico diferenciado para impactos sociales y ambientales – con el fin de que se profundice en ambas dimensiones y no se relegue ninguna de ellas –, se refuerza la fase inicial en donde se tiene una **visión global** del proyecto, abarcando todo su ciclo de vida, todas las dimensiones de la sostenibilidad y dando un peso especial a la consideración de todos los grupos de interés.

Otra novedad metodológica, orientada a **armonizar las diversas visiones** que tanto el profesorado como el alumnado tienen sobre la sostenibilidad, fue la elaboración de un material básico de *Fundamentos de Sostenibilidad* que combina texto y referencias audiovisuales<sup>5</sup>. Los estudiantes tienen que leerlo antes de la primera sesión, en donde se hacen algunas preguntas sobre el mismo, y da pie a comenzar la identificación de aspectos de sostenibilidad y grupos de interés relacionados con su proyecto concreto.

---

<sup>5</sup> “Sostenibilidad. Conceptos Fundamentales”. Disponible como material de la asignatura: <https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/resource/view.php?id=690559>

También se da **más orientación para la selección de impactos** que se han de analizar. Se propone tener en cuenta las consecuencias de los mismos, pero también la facilidad de análisis posterior o la capacidad de influir en ellos. Todo ello está en la línea de facilitar y potenciar la integración de criterios de sostenibilidad en el proyecto, minimizando los impactos negativos, maximizando los positivos y, por tanto, aportando valor compartido al proyecto (figura 8.12).

Figura 8.12. Esquema de la propuesta metodológica para el desarrollo de competencias de sostenibilidad en las asignaturas *Ingenia*.



Metodológicamente, se propone trabajar en algunas fases en **forma “socrática”**, proponiendo una serie de preguntas para propiciar la reflexión y facilitar la identificación de riesgos y de oportunidades.

Como aspecto formal y con el fin de clarificar lo que se les pide a los estudiantes, se integraron en un **único documento** las orientaciones para la realización del trabajo y las especificaciones para el documento final.

También se hizo un esfuerzo de armonizar los **criterios de evaluación** del documento final. La referencia anterior era la rúbrica que se utiliza en los Trabajos Fin de Máster, pero se vio insuficiente para medir los objetivos del módulo de sostenibilidad en las asignaturas *Ingenia*. Para ello, se diseñó una rúbrica que, con cierta flexibilidad en la ponderación de cada faceta, se ajustaba más al tipo de trabajo que realizan los estudiantes a lo largo del curso y que luego reflejan en el documento final.

Por último, se animó al profesorado para que las temáticas trabajadas se adaptaran lo más posible a la **especificidad de su proyecto**, que se hiciera un seguimiento regular acompañado de cierto *feedback* del trabajo que iban realizando los alumnos.

Los detalles de estos cambios pueden verse en los anexos 3.2 y 3.3, comparando las propuestas y enunciados de los primeros cursos con los de los siguientes.

Al finalizar el curso 16-17, además de las evaluaciones con los alumnos y la sesión especial con los coordinadores de todas las asignaturas *Ingenia*, se hizo una sesión específica de evaluación con el profesorado del módulo de sostenibilidad. En dicha sesión, se valoró la validez del modelo conceptual, la adecuación de la metodología docente y de evaluación, y se reflexionó sobre los factores que consideramos esenciales para el éxito de la experiencia. En la siguiente sección, dedicada a las conclusiones, se explicarán algunos de los resultados del mismo.

Como se puede esperar, también hubo una propuesta de **cambios para el curso 17-18**. La línea esencial de los mismos fue la **adaptación a la especificidad de cada Ingenia**. Aprovechando las propuestas de los coordinadores de dichas asignaturas, el objetivo para dicho curso fue reforzar la **coordinación con el profesorado** del módulo A, acordando con ellos el nivel de profundidad y la orientación del trabajo del módulo de sostenibilidad, adaptándolo a los aspectos que ellos consideran más relevantes para el mismo y aportando también la experiencia de los cursos pasados.

Por ello, para cada *Ingenia* se definieron **estrategias y objetivos diferentes**. En unos, la integración de los aspectos de sostenibilidad en los documentos generales del proyecto *Ingenia*; en otros, la introducción de algunas pruebas de evaluación individual, frente a la evaluación grupal habitual en los años anteriores; o bien, la planificación de las sesiones en los momentos más adecuados para que se puedan integrar los aspectos de sostenibilidad desde el principio del proyecto y éste pueda asumirlos más plenamente.

Es un reto complejo, pues la diversidad es grande y el contexto académico no siempre es facilitador, pero se considera que el marco general está lo suficientemente maduro y consolidado para afrontar las variaciones que permitan adaptarlo mejor a cada proyecto.

### **8.6.2. Valoraciones por parte de los coordinadores de las asignaturas *Ingenia***

Al final del curso 16-17 se realizó una sesión de trabajo con los coordinadores de las asignaturas *Ingenia* en donde se realizó una valoración específica del trabajo que se desarrolla en el módulo de sostenibilidad. Integrado en una reunión general de coordinación para la planificación del curso 17-18, hubo un tiempo dedicado al análisis de dicho módulo. La reflexión se focalizó en tres aspectos:

- ✓ El **marco conceptual** propuesto para el trabajo de las competencias de sostenibilidad, que incorpora aspectos éticos, estratégicos y la interacción con los grupos de interés, como apoyo para trabajar las dimensiones clásicas de la sostenibilidad.
- ✓ La **metodología empleada**, que pretende sistematizar la integración de criterios de sostenibilidad en un proyecto con un modelo que se adapte a las distintas temáticas y circunstancias de las asignaturas *Ingenia*.
- ✓ Las **propuestas** de los coordinadores con vistas a mejorar el trabajo en los siguientes cursos.

Con relación al **marco conceptual** con el que se ha trabajado, aparecen valoraciones similares a las que se observaron en el alumnado, considerando el trabajo en competencias de sostenibilidad como *“algo importante y fundamental en la formación en ingeniería”* y valorando *“la visión global que aporta, integrando dimensiones que frecuentemente se olvidan en la formación en ingeniería”*. También se comentó la dificultad de adaptarlo a las características específicas del proyecto, del contacto directo con los grupos de interés y la diversidad de visiones sobre algunos aspectos, como los éticos.

Como propuestas de mejora, se plantearon algunas orientadas a **ampliar el marco conceptual** (incluyendo la dimensión de sostenibilidad tecnológica) y a integrarlo en el modelo de gestión global de proyectos que se tenga de referencia en la asignatura *Ingenia* específica. Por ejemplo, en *“Proyectos de Máquinas”* tienen como referencia el modelo de calidad integral EFQM<sup>6</sup> que incluye la creación de un futuro sostenible y la creación de valor para los clientes entre sus criterios de excelencia; en el de *“Ingeniería de Sistemas”* la metodología se basa en el análisis del ciclo de vida, en el que el análisis de impactos y la sostenibilidad del sistema es un componente esencial del mismo. Esa integración contribuye a reforzar la visión de que la sostenibilidad es un factor intrínseco en el desarrollo de proyectos de ingeniería.

Respecto a la **metodología docente**, se considera válida con distintos matices: se mencionaron las palabras *“completa”, “lógica”, “sistemática”, “interesante”* y *“útil”*. Se aceptó la propuesta de elaborar un documento específico de sostenibilidad. De nuevo, aparece como dificultad principal la integración en el *Ingenia* concreto y la **adaptación de la propuesta** al mismo, tanto a la temática como a la dinámica de desarrollo y evaluación del *Ingenia*: *“No siempre es fácil adaptarlo a las características específicas del proyecto y no siempre los estudiantes comprenden su sentido dentro de su trabajo”*. Lo menciona la mayoría del profesorado. Se identifican algunas debilidades, como el riesgo de que el alumnado pierda la visión de conjunto al dividirse las tareas en un grupo grande o al centrarse en exceso en la elaboración del documento. También se critica que no siempre se incluyan los aspectos económicos, la fase de implantación o desarrollos futuros.

En cuanto a las **propuestas** recibidas, hay algunas relacionadas con la metodología docente que son de ámbito general, como:

- En las primeras sesiones, aportar **ejemplos** a los alumnos de cómo se aplica este enfoque de sostenibilidad.
- **No separar** tanto los aspectos **sociales y ambientales** (el que sean impartidos por profesores diferentes ya es percibido por el alumno como una separación).
- Se podría pedir un breve **trabajo individual** cuyo objetivo sea garantizar que el alumno es capaz de entender globalmente el problema.
- Plantear proyectos que tengan **continuidad** de un curso a otro.

---

<sup>6</sup> *European Foundation for Quality Management*: <http://www.efqm.es/>

Las propuestas más frecuentes fueron relativas a la **flexibilidad** para adaptarse a las características de cada *Ingenia*. Para obtener información más detallada sobre lo que se consideraba más apropiado para cada asignatura *Ingenia*, se pidieron “palabras clave” de cada uno relacionadas con la sostenibilidad y propuestas sobre la metodología a seguir con vistas a ser implementada en el curso 17-18.

Las respuestas fueron muy variadas reflejando la gran diversidad de focos de interés que hay entre las distintas asignaturas *Ingenia*. Haciendo un trabajo de categorización de las palabras clave, las más frecuentes son las relativas a:

- **Impactos** en la sociedad, bien en general, o bien específicos, como seguridad o salud.
- Grupos de interés, *stakeholders* y usuarios, y referencias a tener en cuenta las necesidades y dar respuesta a problemas sociales.
- Temáticas específicas relativas a la sostenibilidad ambiental: reutilización, eficiencia energética, energía renovable, ruido.

Además, este trabajo permitió conocer los aspectos que en cada asignatura se consideran relevantes en su ámbito (normativas, ciclo de vida, ética, etc.). En cuanto las **preferencias metodológicas para el siguiente curso**, también hubo una gran diversidad:

- tres asignaturas expresaron que querían **seguir igual** que en cursos anteriores (con alguna propuesta menor, como más presencia de aspectos económicos o la integración del documento de sostenibilidad en el documento global);
- otras tres expresaron su preferencia por un **modelo más simplificado**, con mayor flexibilidad y menos sesiones;
- cinco Ingenias hicieron propuestas concretas para **completar el modelo** en los aspectos que consideran más relevantes en su ámbito específico (economía, implantación del proyecto, criterios de calidad global) o con variaciones metodológicas (método socrático en distintas fases del proyecto o añadir trabajos individuales);
- y una asignatura se animó a dar el paso de **asumir la integración del módulo de sostenibilidad**, disminuyendo el apoyo externo.

## 8.7. Conclusiones

En esta sección se sintetizan los frutos de este trabajo de reflexión y análisis realizado a lo largo de estos tres años, y se valora el logro de los objetivos planteados al inicio de esta investigación. Esta síntesis tendrá como referencia básica la reflexión conjunta realizada por el profesorado del módulo de sostenibilidad al final del curso 16-17, pero también incorpora algunas reflexiones personales del autor a partir de la experiencia desarrollada a lo largo de la intervención.

Con relación al **primero de los objetivos** de este estudio de caso, desarrollar y contrastar la efectividad de un modelo conceptual integrador de las distintas dimensiones del desarrollo

sostenible, tanto profesores como alumnos consideran que el modelo propuesto se ha mostrado útil por la visión global que aporta y por hacer presentes aspectos importantes de la práctica profesional que no suelen abordarse en la formación académica. Adquirir esa **visión global y una mayor conciencia de la importancia de la sostenibilidad** como parte de un proyecto de ingeniería, están entre los resultados que los estudiantes consideran como más positivos del trabajo desarrollado en el módulo de sostenibilidad.

Las dimensiones “no clásicas” de la sostenibilidad incorporadas en el modelo – fundamentos éticos, grupos de interés y visión estrategia – y la perspectiva del ciclo de vida se han visto reflejadas en los resultados. De hecho, los conocimientos sobre aspectos éticos han sido uno de los ámbitos en los que se ha identificado una mejora significativa de los estudiantes. También hay **progresos significativos** en la autopercepción que tienen de promover impactos positivos, relacionada con una visión estratégica orientada a la creación de valor compartido. La consideración de los grupos de interés y el contacto directo con ellos es algo a lo que no están acostumbrados los alumnos, pero se ha considerado como un aprendizaje útil y se ha observado que las iniciativas de diálogo con dichos grupos para desarrollar el proyecto son más frecuentes en los últimos cursos.

Con relación al modelo conceptual, algunos coordinadores de asignaturas *Ingenia* propusieron integrarlo en los sistemas de gestión de proyectos que ellos usan en sus asignaturas, de forma que se potencie la visión de que la sostenibilidad es un factor esencial de los proyectos de ingeniería.

El **segundo objetivo** de la investigación se centraba en desarrollar y contrastar la efectividad de una metodología docente y de evaluación, que se utilice sistemáticamente a lo largo del desarrollo de un proyecto. El profesorado que coordina las asignaturas *Ingenia* la considera válida con distintos matices: “*completa, lógica, sistemática, interesante, útil*”. El requisito de la entrega de un documento final, como actividad formativa e instrumento de evaluación, está bastante aceptado y bien valorado, tanto por el alumnado como por el profesorado.

Se considera que el esquema básico de *identificar, analizar e integrar*, facilita la presencia sistemática de los aspectos RSSE a lo largo de las distintas fases de desarrollo del proyecto. Los resultados de los cuestionarios muestran que los estudiantes sí perciben **mejoras significativas** en los objetivos de cada una de las fases (figura 8.6). También muestran que los aprendizajes que más valoran son los relacionados con la capacidad para identificar grupos de interés, identificar impactos tanto sociales como ambientales, y el conocimiento de técnicas y estrategias para analizarlos.

Sin embargo, el nivel de **integración** de los resultados de dicho trabajo **en el proyecto final** no ha sido satisfactorio. Este aspecto tiene una fuerte influencia de la especificidad del tema de cada *Ingenia* y del proyecto elegido, de ahí la importancia de que la **metodología** sea **flexible** y el **papel del profesorado** para saber orientar a los estudiantes para que encuentren el modo de integrar criterios de sostenibilidad que aporten valor al resultado

final. Para potenciar las fases de integración y valoración del proyecto, una propuesta es la **definición de requisitos previos de sostenibilidad** específicos para cada proyecto, que luego se puedan verificar y valorar.

La propuesta de metodología docente se ha ido depurando con los años, mejorando la claridad de la propuesta, el material y el apoyo por parte del profesorado, según se refleja en las valoraciones de los estudiantes. No obstante, hay espacio para la mejora, especialmente en los recursos de apoyo, en la planificación de la carga de trabajo y en la evaluación.

El **último objetivo** era identificar factores clave y retos para la integración de las competencias RSSE en el contexto de la formación en el desarrollo de proyectos de ingeniería. El primero de los factores clave identificados es **asumir la complejidad**. Se ha tomado conciencia de que la experiencia se desarrolla en un contexto complejo y diverso:

- por la alta exigencia académica del máster en el que se enmarcan las asignaturas *Ingenia*,
- con restricciones de tiempo que ha de compartirse entre muchas otras tareas,
- los diferentes perfiles y motivaciones del alumnado, y una mentalidad “*ingenieril-industrial*” que no siempre sintoniza con temáticas transversales como la sostenibilidad,
- gran diversidad de temáticas y orientación de las asignaturas *Ingenia*,
- rotación de profesorado,
- diversidad de perfiles en el profesorado y con carencias de formación en las temáticas RSSE.

Por otra parte, la temática de los objetivos docentes también es en sí misma compleja, incluyendo ámbitos diversos – sostenibilidad, responsabilidad social, ética y responsabilidad profesional – que admiten diversidad de enfoques, dimensiones y metodologías de trabajo.

Asumir dicha complejidad ha llevado a **reajustar los objetivos docentes**, sintetizando lo esencial, para poder adecuarlos a la realidad del contexto académico en el que se trabaja. En este caso se optó por los siguientes:

- ✓ **transmitir la importancia** de tener en cuenta los aspectos de sostenibilidad en el desarrollo de un proyecto y todas sus posibles implicaciones a lo largo de todo su ciclo de vida, asumiendo su **complejidad** y la diversidad de dimensiones.
- ✓ tener una **experiencia de análisis de impactos**, adquiriendo habilidades y/o técnicas específicas, asumiendo que el alcance del módulo de sostenibilidad en las asignaturas *Ingenia* no es suficiente para cubrir con todo rigor esos aspectos más técnicos ni abarcar todos ellos.

Para que el aprendizaje sea significativo, es fundamental que la **propuesta** esté **adaptada al contexto y los intereses del alumnado**, que en asignaturas basadas en proyectos está

centrado en la *praxis para* desarrollar un proyecto concreto, a diferencia de otras asignaturas más focalizadas en contenidos teóricos. No es el momento de dar gran cantidad de contenidos y hay que seleccionar el número de ideas clave que se transmitirán a los estudiantes. La aportación del módulo de sostenibilidad en asignaturas basadas en proyectos es **más relevante en el ámbito de las actitudes y de las habilidades**.

Se considera que los contenidos fundamentales sobre cuestiones generales de sostenibilidad, responsabilidad social y ética profesional tendrían que estar incluidos previamente en el plan de estudios. La opción de proponer al principio del curso una actividad de lectura de un texto de fundamentos para homogeneizar criterios y conceptos, ha demostrado ser útil como punto de partida para trabajar de modo más práctico en el proyecto.

Para lograr la **adaptación** a las circunstancias particulares de las asignaturas *Ingenia* se ha visto que es esencial:

- la **coordinación y el diálogo entre el profesorado** de los diferentes módulos,
- la **planificación**, tanto de los contenidos y actividades (adecuadas para que aporten valor a ese proyecto ), como de los tiempos (de forma que se trabaje en todas las fases y en los momentos adecuados para que puedan integrarse criterios de sostenibilidad en el producto final),
- la **presencia y el seguimiento por parte del profesorado** para ayudar a ver y a descubrir las oportunidades de crear valor mediante la inclusión de criterios sostenibles en el contexto concreto de cada *Ingenia*.

Lograr esa adaptación al contexto y a cada proyecto es el gran reto identificado. Sin embargo, hay otros **retos** que también son relevantes:

- ✓ Sería deseable la incorporación de **nuevas metodologías de análisis** de impacto, adaptándolas a las características y necesidades del proyecto concreto. El alumnado valora el aprendizaje de herramientas estandarizadas y, en el caso de las asignaturas *Ingenia*, se podrían incorporar técnicas de análisis multicriterio y adaptar metodologías de **análisis de impacto social** al contexto CDIO. En el ámbito social está la dificultad añadida de que no hay estándares tan maduros y comúnmente aceptados como en la dimensión ambiental.
- ✓ El **equilibrio** entre las distintas dimensiones básicas de la sostenibilidad: ambiental, social y económica, que es fundamental si se quiere transmitir una visión holística de la sostenibilidad. Es un tema en el que la cuestión del profesorado es, de nuevo, clave, y plantea un debate sobre la conveniencia de que haya o no profesorado diferenciado para las diferentes dimensiones.

- ✓ Otro reto importante es el de la **evaluación**. Es fundamental que tenga cierta **flexibilidad** que permita valorar de forma distinta algunos aspectos en función de las características de cada proyecto. Es deseable que esté lo más integrada posible con el método de evaluación general de la asignatura, contribuyendo a reforzar la idea de que la sostenibilidad no es algo aparte. En el caso de los *Ingenia*, el reto sería integrar los entregables de sostenibilidad con los del resto de la asignatura. Además, es necesario mejorar la **implicación de todos** los alumnos (complicado cuando la calificación es común para todo el grupo), ajustar la **carga de trabajo** dentro del marco general de la asignatura o evitar que la elaboración del documento desvíe la atención de los objetivos prioritarios del módulo de sostenibilidad.

Globalmente, a partir de reflexiones llevadas a cabo al final del curso 16-17, se observa que la percepción del profesorado, tanto del módulo de sostenibilidad como de las asignaturas *Ingenia*, es que la experiencia ha alcanzado un buen nivel de madurez. En este punto, manteniendo un modelo conceptual común y una estructura metodológica básica, se considera que se tiene una buena base para evolucionar adaptándose a las circunstancias concretas de cada una de las diferentes asignaturas *Ingenia*.





## 9. CONTRASTE DE RESULTADOS Y CATEGORIZACIÓN SEGÚN LAS PERSPECTIVA DE PLANES DE ESTUDIOS, DOCENTE E INSTITUCIONAL.

### 9.1. Introducción

A partir de los resultados, análisis y conclusiones de los tres estudios realizados, se realizó un proceso de reflexión y análisis comparativo de los mismos, de forma que se alcanzara el tercer objetivo específico de la tesis: OE3, sintetizar los resultados y elaborar una serie de propuestas desde una triple perspectiva, planes de estudios, docente e institucional.

Para validar dichas conclusiones, contrastar y completar la reflexión que aportara respuestas a la pregunta de investigación de esta tesis, se realizaron una serie de entrevistas semiestructuradas y grupos de discusión con expertos. El **objetivo** era obtener información cualitativa y cualificada que permitiera recibir *feedback* sobre los resultados obtenidos, profundizar en algunas de las buenas prácticas identificadas en la investigación, especialmente para identificar los aspectos de organización y apoyo institucional que podrían haberlas facilitado, y contrastar propuestas que contribuyan a una mejor integración de las competencias RSSE en la formación universitaria en ingeniería.

A partir de los resultados obtenidos en los estudios realizados, se identificaron una serie de aspectos que se consideraron relevantes para ser completados por los puntos de vista de los participantes en los grupos y entrevistas. Para obtener esa información, se establecieron inicialmente una serie de preguntas relativas a las distintas perspectivas que se están considerando en esta investigación (cuadro 9.1).

Desde la **perspectiva de los planes de estudios**, el estudio realizado sobre cómo se integraban en ellos las competencias RSSE a partir de la información de las guías docentes aportó información sobre la existencia de experiencias de integración sistemática de las mismas, pero no permitía identificar cuáles eran los factores clave para llegar a esa situación. Además, se quería contrastar el rol de las asignaturas que se había observado que tenían un mayor protagonismo en la integración de las competencias RSSE y una propuesta curricular que se apoyara en ellas.

Desde la **perspectiva docente**, se quería contrastar algunos de los aspectos que se habían identificado importantes tanto en el estudio exploratorio de los planes de estudios como en los estudios de caso: metodologías que potenciaran la visión holística y la reflexión, modos más eficaces para la integración en proyectos, la cuestión de la evaluación explícita de las competencias RSSE, o la formación y motivación del profesorado como actor clave.

Por último, en esta última fase de la investigación, se quería identificar los **factores institucionales** que pueden facilitar y potenciar la integración sistemática y holística de las

competencias RSSE en la formación en ingeniería, bien como estrategias de las propias instituciones universitarias o bien como demandas externas.

*Cuadro 9.1. Guía inicial de temáticas para las entrevistas semiestructuradas y grupos focales.*

- ✓ Desde la perspectiva de los **planes de estudios**.
  - Factores clave para la integración sistemática de las competencias RSSE a lo largo del plan de estudios.
  - Rol de las asignaturas de *Humanidades*.
  - Integración transversal de las competencias RSSE.
  - Integración en asignaturas de *Proyectos* y *TFG*.
- ✓ Desde la perspectiva **docente**.
  - ¿Cuáles son las competencias RSSE “esenciales”?
  - Metodologías adecuadas para potenciar la reflexión y la visión holística y sistémica.
  - Metodologías adecuadas para integrar los criterios de sostenibilidad en el desarrollo de proyectos de ingeniería.
  - Evaluación.
  - Motivación, implicación y formación del profesorado.
- ✓ Desde la perspectiva **institucional**.
  - Influencia de las recomendaciones de competencias en Reales Decretos.
  - Influencia de evaluaciones externas (ANECA, ABET, EURACE, EUR-INF,...).
  - Influencia de las estrategias de calidad interna, tanto de centro como de universidad.
  - Cambio de cultura hacia el compromiso de la universidad con los retos sociales actuales y una orientación hacia la formación integral del alumnado.

No obstante, aprovechando la flexibilidad de estas técnicas cualitativas, las preguntas y el guion se adaptaron en cada caso a las características de los participantes y a la evolución de la reflexión que se iba realizando en el desarrollo de la tesis. La metodología seguida para desarrollar y analizar cada entrevista y grupo se presentó en el capítulo 5 (tablas 5.6 y 5.7) y el anexo 4 recoge el guion de cada entrevista y grupo, así como la relación de participantes. La tabla 9.1 recuerda la relación de las actividades llevadas a cabo, la notación que se utiliza en este capítulo para referenciarlas y el objetivo específico que se planteó para cada una de ellas.

Las distintas secciones de este capítulo presentan el análisis de la información recogida en las diversas actividades agrupándolo de acuerdo a los tres niveles en los que se quieren aportar respuestas a la pregunta de investigación: planes de estudios (sección 9.2), docente (sección 9.3) e institucional (sección 9.4). La última sección, sintetizará las conclusiones más relevantes.

Tabla 9.1. Relación de grupos focales y entrevistas semiestructuradas para completar el trabajo del objetivo específico OE3.

<b>Grupos focales</b>
(G1) Encuentro de profesorado de asignaturas de <i>Humanidades</i> en titulaciones de ingenierías. <i>Objetivos:</i> Papel de las asignaturas de <i>Humanidades</i> en el desarrollo de competencias RSSE.
(G2) XI Seminario de Investigación en Educación Ambiental y Educación para el Desarrollo Sostenible. <i>Objetivos:</i> Se realizaron tres grupos con diferentes temáticas: competencias; metodologías; obstáculos, retos y posibilidades.
(G3) Competencias de sostenibilidad en el Trabajo Fin de Grado en ingenierías de la UPM. <i>Objetivos:</i> Integración de competencias de sostenibilidad en el Trabajo Fin de Grado.
(G4) Proyecto EDINSOST. Grupo focal de profesorado UPM. <i>Objetivos:</i> Identificar necesidades de formación del profesorado para el trabajo de competencias de sostenibilidad en grados universitarios.
(G5) Proyecto EDINSOST. Grupo focal de alumnado UPM. <i>Objetivos:</i> Recoger la visión y experiencia del alumnado sobre la formación recibida en competencias de sostenibilidad. Identificar necesidades y aspectos facilitadores.
<b>Entrevistas semiestructuradas</b>
(E1) Fermín Sánchez Carracedo. Coordinador de competencias transversales de la Facultat d'Informàtica de Barcelona-UPC.
(E2) Antonio Vallecillo Moreno. Presidente de Sistedes, ETSI Informática de la UMA.
(E3) Alberto Fernández Gil y Gabriel Morales Sánchez. Miembros de los equipos directivos de la ES Ciencias Experimentales y Tecnología y ESTI Informática de la URJC.
(E4) Joan Climent Vilaró. Coordinador de la competencia de "sostenibilidad y compromiso social" en la Facultat d'Informàtica de Barcelona-UPC.

## 9.2. Perspectiva de los planes de estudios

El estudio exploratorio realizado sobre los planes de estudios de los grados de ingenierías informáticas e industriales (capítulo 6) mostró una gran diversidad de modos de integrar las competencias RSSE en los mismos. No obstante, se identificaron algunas categorías de asignaturas que tenían un papel relevante en el trabajo de dichas competencias, como las asignaturas de *Humanidades*, las de *Proyectos* o el *TFG*. También se identificaron otras categorías de asignaturas que podrían tenerlo para integrar las competencias de forma transversal (*Economía, Seguridad*). Conjuntamente, y a partir de las experiencias encontradas, se consideró oportuno plantear una propuesta de integración de las competencias RSSE que se apoyara en dichas asignaturas, de forma que dicha integración se hiciera de forma sistemática y holística, cubriendo las distintas dimensiones y aspectos RSSE. En los grupos y entrevistas se planteó el papel de dichas asignaturas y la forma de coordinar el trabajo de cada una de ellas para mejorar la formación en competencias RSSE.

En esta sección, se recogen las aportaciones que se han considerado relevantes sobre cómo integrar las competencias RSSE en la formación en ingeniería desde la perspectiva de la estructura de los planes de estudios. El primer apartado (9.2.1) presenta algunos factores clave identificados para que dicha integración se haga de forma holística y sistemática. Los siguientes, agrupan las aportaciones de los grupos y entrevistas según sean relativas a la inclusión de los conceptos fundamentales en asignaturas de *Humanidades* (9.2.2), a su integración en asignaturas de *Proyectos* y el *Trabajo Fin de Grado* (9.2.3) y al tratamiento de aspectos RSSE de forma transversal (9.2.4), tanto en asignaturas técnicas como en actividades extracurriculares con la participación de agentes no académicos y su importancia en la formación en competencias RSSE.

### 9.2.1. Integración holística y sistemática de competencias RSEE en planes de estudios

En el estudio exploratorio realizado, se identificaron algunos desequilibrios en el tratamiento holístico de las competencias RSSE (carencias de la dimensión ambiental en las titulaciones de Informática y de la dimensión ética en las de Industriales) y se observó que, si bien se pueden abordar los distintos aspectos RSSE, lo más frecuente es que se haga de forma aislada sin establecer interconexiones entre ellos. Con relación al tratamiento sistemático, se observó que es mucho más frecuente en los grados de Industriales, pero el estudio no permitía identificar si había una estrategia de integración de las competencias o no.

A partir del diálogo desarrollado en los grupos y entrevistas, para que se dé una integración holística y sistemática de las competencias RSSE, se considera importante que los planes de estudios estén diseñados desde la perspectiva de una **formación basada en competencias**, que transmita una *“visión más global e integral de la formación”* (G2, G4). Pero esto no es frecuente y se identifican como dificultades el que los planes actuales siguen muy compartimentados en asignaturas, centrados en los programas de contenidos y sin que se haya asimilado el método de trabajo por competencias (E1, G2, G4).

Además, en el caso particular de las ingenierías, se tiene la percepción de que *“los planes de estudios de ingeniería dan mucho peso a los aspectos técnicos y menos a los temas sociales y los ámbitos de aplicación de la ingeniería”* (G4). Esto también ocurre en las titulaciones en las que la sostenibilidad es algo intrínseco, como las del ámbito forestal o agronómico, y en las que no siempre se va más allá de las cuestiones técnicas al abordar el trabajo de las competencias RSSE (G3, G4).

Para revertir esta situación y hacer ver la importancia de los aspectos “no técnicos”, se considera oportuno evitar que el trabajo de las competencias RSSE se concentre en una sola asignatura. Para ello, se propone identificar materias y asignaturas que tengan cierta relación con algún aspecto RSSE en concreto y presentar en ellas casos reales en donde se plantean cuestiones sociales, éticas, etc., que requieren una reflexión que vaya más allá de los criterios técnicos y objetivos (E1, G1, G2, G5). La idea no es tanto ampliar los planes de

estudios añadiendo más contenidos sino *“reorientarlo e impregnarlo”* (G2) hacia los aspectos RSSE.

Otro aspecto deseable en un plan de estudios para facilitar el desarrollo de competencias RSSE es que facilite y potencie el **trabajo interdisciplinar**, aunque se considera que es algo complejo y que *“la actual estructura de las universidades no lo favorece”* (G4). De hecho, en diversos grupos (G1, G2, G4, E3) se comentaron las dificultades de integrar a profesorado de distintas áreas, comentando casos en donde asignaturas interdisciplinares funcionaban como compartimentos aislados o el hecho de *“generar confusión entre el alumnado”* cuando desde cada disciplina se intenta *“patrimonializar los conceptos desde su punto de vista y no se dialoga con las otras perspectivas”* (G2).

Sin embargo, para facilitar el trabajo interdisciplinar y el desarrollo de competencias transversales, se comentaron algunas experiencias en donde la **metodología de aprendizaje basado en proyectos** facilitaba trabajar de forma auténticamente interdisciplinar. Una de ellas era a nivel de máster con alumnado de distintos perfiles académicos, lo que facilitaba el enfoque interdisciplinar. La otra destacaba que algunas universidades diseñan sus planes de estudios combinando en un mismo curso tiempos específicos para asignaturas y, a continuación, se dedican algunas semanas al desarrollo de proyectos en donde se integran los conocimientos de todas ellas y determinadas competencias transversales. En dicho modelo, *“el trabajo de las competencias RSSE encajaría de forma natural”* (G4).

Otro factor importante que se ha identificado en los grupos y entrevistas es el **seguimiento sistemático** de la integración de las competencias transversales en el currículo (E1, E3, E4, G3). Las experiencias de la Facultat d’Informàtica de Barcelona de la UPC (FIB-UPC) y la ETSI Industriales de la UPM (ETSII-UPM) están consolidadas tras casi 10 años de funcionamiento y tienen en común la existencia de mapas o marcos de competencias, que se consideran herramientas fundamentales<sup>1</sup>. El mapa global de competencias transversales asigna a cada asignatura del plan de estudios las competencias que ha de trabajar; el mapa de cada competencia, indica los objetivos y niveles de desarrollo para dicha competencia: *“El mapa sirve de referencia. Es importante que haya una realimentación coordinación-profesorado, así como la periodicidad y el seguimiento”* (E4). Estos dos casos se explicarán con más detalle más adelante, en el apartado 9.4.1.

En algunos grupos y entrevistas (E1, E2, G1) se presentó una propuesta de “estructura” para la integración de las competencias RSSE en el plan de estudios de ingenierías basada en la introducción de los conceptos fundamentales en asignaturas de Humanidades o Ciencias Sociales, el tratamiento de aspectos RSSE de forma transversal (en asignaturas técnicas y de Economía) y, en los últimos cursos, incluirlas en asignaturas de proyectos y el Trabajo Fin de

---

<sup>1</sup> FIB-UPC: <https://www.fib.upc.edu/es/estudios/grados/grado-en-ingenieria-informatica/plan-de-estudios/mapas-competenciales>  
ETSII-UPM: <http://competencias.industriales.upm.es/>

Grado (ver conclusiones del capítulo 6). El **modelo parece adecuado**, aunque las dificultades encontradas para llevarlo a cabo eran diferentes dependiendo del contexto académico. Había quien veía *“utópico que se trabajen estas competencias [RSSE] en asignaturas no específicas”* (G1) o quien consideraba que *“un tema muy importante, y que en alguna asignatura tiene que aparecer de forma específica, es el tema de la deontología profesional, [pero] no se está haciendo en casi ninguna escuela”* (E1).

Sin embargo, el estudio exploratorio realizado sobre la integración de las competencias RSSE en planes de estudios de ingenierías (capítulo 6) muestra que hay experiencias de ambos casos, tanto de trabajo transversal de competencias RSSE en asignaturas técnicas, como múltiples experiencias de inclusión explícita de la deontología profesional en programas de asignaturas (en especial en Informática). Esto muestra la necesidad de visibilizar lo que se hace en diferentes universidades y mostrar que *“sí es posible”* trabajar las competencias RSSE de diversas formas a lo largo del currículo.

Como contribuciones más relevantes de los grupos y entrevistas en este apartado, se destaca el reconocimiento de las dificultades y complejidad del tema, acompañado de aportaciones sobre líneas de trabajo que se han visto eficaces, como el seguimiento sistemático del trabajo por competencias en los planes de estudios y la apuesta por planes de estudios que faciliten el trabajo interdisciplinar en contextos de aprendizaje basado en proyectos.

### **9.2.2. Trabajo de los conceptos fundamentales en asignaturas de *Humanidades***

Una de las conclusiones del estudio exploratorio realizado sobre los planes de estudios de los grados de ingenierías informáticas e industriales fue destacar el papel relevante que tenían las asignaturas consideradas de *Humanidades* (asignaturas no técnicas relativas a distintos ámbitos de las humanidades o ciencias sociales) en el trabajo de las competencias RSSE. En particular, eran uno de los contextos académicos en los que se abordaban de forma más específica las temáticas RSEE, facilitaba la reflexión y un enfoque holístico de las mismas, integrando e interconectando los distintos aspectos.

Uno de los grupos de discusión estudiados reunió precisamente a profesorado de este tipo de asignaturas (G1) y también se llevó a cabo una reflexión posterior por parte de varios participantes (Miñano et al. 2018). A partir de su experiencia, consideran que las asignaturas de *Humanidades* son un **espacio privilegiado y necesario** para poder profundizar en el desarrollo de las competencias RSSE. Por ello, valoran muy positivamente su presencia como asignaturas obligatorias en los planes de estudios, como ya se da en la mayoría de los grados de Informática. Se destacaron las posibilidades que ofrecen para desarrollar algunos aspectos considerados como esenciales entre las competencias RSSE: *“visibilizar las implicaciones de su actividad y sus consecuencias en la sociedad y en el medio ambiente”, “concienciar y sensibilizar”* y *“aportar otras formas de razonamiento”*. En definitiva, ampliar

las herramientas de las que podrán disponer los futuros profesionales para desempeñar su actividad de forma autónoma y responsable.

Además, estas asignaturas también son un espacio privilegiado para la **innovación docente**, generando instrumentos y metodologías apropiadas para integrar el trabajo de competencias RSSE en otras asignaturas de forma transversal. La existencia de una asignatura de referencia, es una oportunidad para que el profesorado de asignaturas técnicas se anime a realizar actividades relacionadas con estas competencias, recibiendo apoyo con materiales o con orientaciones sobre estrategias metodológicas docentes y de evaluación (Miñano et al. 2018).

También se planteó el riesgo de que sirviera de argumento para no trabajar las competencias RSSE en otras asignaturas y que estos aspectos quedasen aislados en el currículo: *“si hay una asignatura de Humanidades, la escuela tiene menos argumentos para presionar a las asignaturas para que los trabajen”* (G1). En general, no se veía como un riesgo, se consideraba muy positivo que existieran dichas asignaturas y que no era un impedimento para que se trabajaran esas competencias en otras: *“El que haya una asignatura específica, no va a perjudicar que eso se haga, incluso podría potenciarlo, porque los alumnos pueden conectar lo que se ve en una asignatura y en otra, y puede haber una realimentación positiva”* (G1). Para evitar que el aislamiento de las competencias RSSE en las asignaturas de *Humanidades*, se identificaron como factores fundamentales la motivación y el interés del profesorado para incluir en sus respectivas asignaturas las competencias RSSE y el compromiso de los integrantes del equipo directivo del centro para impulsar su integración en el plan de estudios: *“Cuando las competencias se trabajan de forma transversal en alguna asignatura técnica, se hace porque el profesor tiene interés en ello”* (G1).

Otra cuestión planteada fue el momento más adecuado para incluir estas asignaturas, pues aparecen en los planes de estudios en cursos muy diferentes, y esa cuestión apareció también en los grupos G4 y G5. No hay unanimidad al respecto. Hay quienes consideran que es positivo introducir estas temáticas en los primeros cursos, en donde se sientan las bases y se presentan estas temáticas como algo importante en la ingeniería, de forma que se puedan tener presentes cuando se vayan introduciendo las distintas materias: *“hay que intentar introducir estos temas en 1º. Cuando introducimos alguna temática social en 3º ya los alumnos están perdidos, son ‘ingenieroscabezascuadradas’. Los de 1º aún se entusiasman y están más receptivos”* (G4). Por otro lado, en el grupo focal con alumnado (G5) se consideraba que en primer curso no están maduros para comprender la importancia de esos temas y la preocupación se centra en la gran carga de trabajo de los primeros semestres: *“lo que se trata es de transmitir esos valores que tienes que tener interiorizado como profesional, y un alumno de 1º no se siente así, y quizás es demasiado pronto para llegar a la reflexión de si hago esto pasa esto. Está más centrado en aprender cómo hacerlo y luego ya se podrá parar a reflexionar si está bien lo que hago o debería hacerlo de otro modo”* (G5).

En esta línea el profesorado de estas asignaturas (G1) observa que son más valoradas por el alumnado de los últimos cursos ya que tienen un grado de madurez mayor para comprender su importancia. En algún caso (ETSISI-UPM) se habían encontrado soluciones dividiendo la asignatura en dos, que se incluyen en primer y tercer curso. A partir de la experiencia de los participantes en dicho grupo, se vio que el lugar en el plan de estudios no siempre obedece a motivaciones docentes y es necesario adaptarse al contexto.

A partir del diálogo en los grupos se constata la necesidad y el papel relevante de las asignaturas de *Humanidades* para integrar las competencias RSSE en los planes de estudios, tanto como espacio de trabajo con el alumnado, y poder ir “*más allá*” de los aspectos técnicos, como de referencia para el profesorado interesado en trabajar las competencias RSSE. No obstante, no está claro cuál es el lugar más adecuado que debe ocupar en el currículo, pero dicha discusión pone de relieve la necesidad de abordar el trabajo de las competencias RSSE en diferentes momentos del plan de estudios de una forma sistemática.

### **9.2.3. Aplicación e integración de criterios de RSSE en asignaturas de *Proyectos* y TFG.**

Otro de los espacios de los planes de estudios identificados como más idóneos para el trabajo de las competencias RSSE en titulaciones de ingeniería es el de las asignaturas de *Proyectos* y el TFG. Representan un contexto que posibilita un enfoque holístico e integrado de dichas competencias, y su presencia en la mayoría de las titulaciones de ingeniería también posibilita un trabajo continuado y sistemático.

En los grupos y entrevistas realizados, también hay acuerdo en la idoneidad de las asignaturas de *Proyectos* y el TFG para que incluyan y trabajen competencias RSSE (E1, E2, E3, G3, G5). En general, se menciona la importancia de que las plantillas de documentación de proyectos incluyan aspectos RSSE, o un informe de sostenibilidad, y se tengan en cuenta en el desarrollo y evaluación del mismo. Por tanto, deberían de **aparecer explícitamente** en los programas de dichas asignaturas: *“utilizar una norma, una memoria de hacer los proyectos, que obligara a considerar esos aspectos sería fundamental”* (E2); *“en ‘gestión de proyectos’, se podría poner algo extra, igual que en el TFG, se podría poner que un aspecto de esa práctica se vea sus implicaciones. La gente puede pensar qué rollo, pero es algo que hay que asumir y tiene que venir ligada con ello”* (G5).

El último comentario refleja otro aspecto importante, como es el de la **coordinación y continuidad** entre las asignaturas de *Proyectos* y el TFG, de forma que cuando se pida que se integren en este último los aspectos RSSE (del modo que se considere oportuno) ya se hayan trabajado previamente en otras asignaturas. Además, se observa que, en el grado, el alumnado no está suficientemente maduro para el desarrollo de proyectos y es necesario que se vaya adquiriendo trabajando de esa forma a lo largo de los distintos cursos del grado: *“a veces no hay que pretender la precisión; en los inicios el objetivo es que se planteen estos temas, cómo desde la ingeniería se pueden modificar impactos, que se paren a pensar en ello; luego, ya se puede profundizar en cómo llevarlo a cabo”* (G4). Modelos curriculares con

asignaturas de proyectos en todos los cursos, como los mencionados anteriormente o como algunos encontrados en el estudio exploratorio en titulaciones de Industriales (UEM, UPC), pueden ser muy adecuados para ello (G3, G4, G5).

El *TFG* también se considera una asignatura de referencia para integrar las competencias RSSE e incluirlas explícitamente en la evaluación (E1, E3, G3). Hay **formatos curriculares facilitadores** del desarrollo efectivo de determinadas competencias transversales a lo largo del proyecto. Por ejemplo, el caso de la FIB-UPC, con una estructura 3+15 ECTS, con 3 ECTS de formación inicial (no presencial) en donde se incluye formación relativa a competencias transversales (E1).

Además, el *TFG* es una asignatura que puede configurarse de forma más **flexible** que otras, lo que puede facilitar el trabajo interdisciplinar y colaborativo con alumnado y profesorado de distintas escuelas y/o especialidades: *“Se vería más interesante y factible en el TFG, que podrían ser complementarios y se podrían hacer con alumnado de distintas escuelas, y hay más flexibilidad en la organización académica”* (E3).

También se mencionan algunas dificultades para el trabajo de las competencias RSSE en el *TFG*, como el alto grado de saturación de tareas del profesorado y la falta de reconocimiento académico de los TFG, así como la falta de criterios o de formación del profesorado sobre cómo hacerlo (E3). Estos aspectos se abordarán más adelante.

Por tanto, se constata la oportunidad que representan las asignaturas de *Proyectos* y el *TFG* para integrar las competencias RSSE en el currículo, siendo importante que se hagan explícitas en las directrices de los proyectos y que haya una continuidad en el enfoque de las mismas. La mayor flexibilidad de estas asignaturas permite experimentar nuevos formatos que faciliten el desarrollo de competencias y el trabajo interdisciplinar, aspecto importante en el caso de las competencias RSSE.

#### **9.2.4. Trabajo de competencias RSSE de forma transversal**

Por último, también se recogen algunas aportaciones relativas a la importancia de trabajar las competencias de RSSE de forma transversal tanto en el plan de estudios como en actividades extracurriculares. En el grupo de alumnado (G5) recordaban más los aspectos RSSE que habían aparecido en asignaturas técnicas, ligadas a proyectos o aplicaciones, que los vistos en las asignaturas específicas de aspectos éticos, sociales, legales y profesionales. Comentaban que tenían la necesidad de *“verlos aplicados”*, integrados en una materia o proyecto concreto. Esta misma idea aparece en otras ocasiones, destacando la necesidad de visibilizar los aspectos RSSE en los contextos técnicos en donde son relevantes (*“es importante que luego se vea dónde se tienen que utilizar los conceptos que se ven”*, E2), destacando la idoneidad de asignaturas de *Economía* y de *Proyectos* (E2, G3, G4). Para ello, como se ha comentado anteriormente, se ha mostrado efectiva la existencia de **mapas de competencias** y el seguimiento sistemático de las competencias transversales.

Otra oportunidad para incluir aspectos RSSE en asignaturas técnicas son las iniciativas institucionales de **gestión ambiental del campus**, aunque podrían ser más efectivas si hubiera una estrategia para aprovecharlas: *“hay iniciativas institucionales sobre gestión ambiental del campus (campus de excelencia), lo que genera bastante actividad investigadora, implicación del profesorado, trabajos de fin de titulación, y los profesores pueden contar experiencias reales en sus clases; pero no hay una línea estratégica para hacerlo, depende de la iniciativa del profesorado”* (E3).

En algunos grupos se destacó el valor de las **actividades extracurriculares** (conferencias, eventos, talleres,...) para el desarrollo de competencias transversales en general y de las competencias RSSE en particular, fomentando la perspectiva social, el contacto con problemáticas reales y la visión interdisciplinar: *“te ayudan a nivel personal, sobre todo de trabajo en equipo y de empatía, de ponerte en lugar del otro, aprender a pensar de forma diferente a la tuya, que la persona de al lado puede tener ideas mejores que las tuyas”* (G5). Además, se considera que estas actividades también son efectivas para la formación y motivación del propio profesorado (G4).

### **9.3. Perspectiva docente**

Otro de los resultados del estudio exploratorio sobre la integración de las competencias RSSE en los planes de estudios fue que la mayoría de las titulaciones incluyen dichas competencias pero se observaron discrepancias entre las competencias que figuran en las guías docentes y lo que se incluye en los temarios. Además, no siempre se encontraba información sobre las metodologías utilizadas ni los métodos de evaluación del desarrollo de dichas competencias, y tampoco sobre su efectividad o el impacto en los estudiantes.

A partir del análisis de las intervenciones docentes realizadas (capítulos 7 y 8), se ha profundizado en esos aspectos docentes, comprobando la efectividad de metodologías basadas en el análisis de casos o integradas en proyectos concretos, así como de los métodos de evaluación formativa asociados a las mismas. No obstante, los respectivos análisis también han planteado dificultades, retos y propuestas para afrontarlos que se han querido contrastar con profesorado y alumnado.

En esta sección se recogen las aportaciones que se han considerado relevantes sobre cómo integrar las competencias RSSE en la formación en ingeniería desde la perspectiva docente, agrupándolas en cuatro categorías: competencias, metodología, evaluación y profesorado. Los siguientes apartados presentan las aportaciones en cada una de dichas categorías.

#### **9.3.1. Competencias**

Ya se vio en el capítulo 2, dedicado a las competencias RSSE, que es un campo amplio y complejo, con diversas visiones y perspectivas y, por tanto, difícil de concretar y llevar a la práctica de forma completa. Los resultados de los diversos estudios realizados confirman dicha complejidad y, por ello, uno de los objetivos de los grupos y entrevistas ha sido

plantear cuáles serían las competencias que se consideran esenciales, con el fin de aclarar lo más posible el objetivo fundamental al emprender acciones docentes.

Lo más relevante y comúnmente aceptado, es que el trabajo de las competencias RSSE se debe de enfocar desde una perspectiva de formación en la **responsabilidad profesional**, especialmente en el caso de la ingeniería cuya actividad tiene muchas implicaciones en la sociedad y el medioambiente: *“tienen que saber las implicaciones que tiene su trabajo, el impacto sobre el medioambiente, el respeto a la legislación vigente, responsabilidades de daños o responsabilidad civil”* (E1); *“el núcleo sería el sentido de responsabilidad, darse cuenta de que, como ingeniero, no estoy sólo para adquirir y ejercitar competencias técnicas, sino que tengo que tener en cuenta la trascendencia que eso tiene, sus consecuencias (...) asumir como propio las consecuencias de lo que uno hace. No conformarse con ser instrumento en manos de otro”* (G1).

De hecho, en el grupo de alumnado, se expresó que era uno de los principales mensajes que habían recibido a largo de sus estudios: *“no se ha indagado tanto en la sostenibilidad sino más ligado a la ética profesional, enseñarte a ser un ingeniero bueno, vamos a portarnos bien, (...) tienes unas responsabilidades y tienes que cumplirlas”* (G5). El **sentido de la responsabilidad**, también se destacó en los grupos G1 y G2 como la más específica de las competencias RSSE, ya que otras como el pensamiento crítico o sistémico, o la toma de decisiones, son más generales y *“también se aplican a muchos otros ámbitos”* (G1).

Desde la coordinación de competencias de la FIB-UPC se intenta transmitir la *“visión de que la sostenibilidad es algo intrínseco a la actividad de la ingeniería actual, toda empresa elabora sus informes de sostenibilidad”* (E4). En el ámbito informático, se da importancia al conocimiento de los **aspectos legales** que pueden afectar a la actividad profesional y la responsabilidad civil que conlleva, así como al conocimiento de la **deontología profesional** y los códigos éticos que orientan su actividad (G1, E1, E2, E4).

En el contexto de los grados de ingeniería se observa que el alumnado muestra carencias para abordar aspectos e impactos sociales, estando más acostumbrado a trabajar con problemas e información cuantificable: *“hay carencias de formación en aspectos sociales”* (G3). Por ello, se apela a ir más allá, fomentando el **“awareness”** de los estudiantes, una mayor conciencia y sensibilidad social, ampliando su visión sobre el rol y los impactos de la ingeniería en la sociedad. El objetivo sería promover la **reflexión**, que se planteen el “por qué” y el “para qué” de sus actividad profesional y los proyectos que desarrollan, promoviendo formas de razonamiento diferentes al científico-técnico, asumiendo que no hay soluciones únicas a los problemas planteados (E2, G1, G4, Miñano et al 2018). Un alumno (G5) expresaba que se forman en una cultura *“demasiado enfocada a lo individual”* en donde no se plantea el beneficio social del propio trabajo y proponía otros planteamientos que integraran también los intereses sociales a la hora de desarrollar proyectos.

En el grupo G2, donde la mayoría no tenían perfil de ingenierías, se enfatiza la **formación orientada a la transformación, al cambio y a la acción** (figura 9.1): *“la función educativa no es deprimir al alumnado, hay que trabajar al mismo tiempo comunicando y argumentando la urgencia, y al mismo tiempo construir modelos de resiliencia y transición, pedagogía de la verdad y pedagogía de la respuesta”* (G2). En la misma línea hubo intervenciones en el G1 que proponen ir más allá de las problemáticas y trabajar también sobre las soluciones y lo que ya se está haciendo ante esas situaciones: *“Yo abogaría porque estas asignaturas mostraran que existen 50000 problemas en el mundo y existen 100000 armas para combatirlas, y pedir que los alumnos se posicionen, que conozcan las causas de los problemas; solamente visibilizar, es lo que hacen los periódicos todos los días”*.

Figura 9.1. “Nube de palabras” que resume las conclusiones del grupo de discusión sobre Competencias en el XI Seminario de Investigación en Educación Ambiental y Educación para el Desarrollo Sostenible (2017)



También se hicieron referencias a la importancia de **aportar valores** para apoyar la toma de decisiones, tomar conciencia del **comportamiento ético en los temas cotidianos** (*“a veces recrimino a mis alumnos su falta de comportamiento ético en los temas cotidianos, en particular con las copias-pegas... y ni se lo han planteado”*, G4) o desarrollar habilidades de trabajo **interdisciplinar**, que es lo que luego se van a encontrar en la vida profesional (G1, G4).

En general, se es consciente de que las competencias RSSE suelen ser *“las competencias más polémicas, son normales las resistencias, hay mucha inercia”* (E4). Por ello, se apela a la necesidad de **contextualizar**, adaptarse a las circunstancias académicas del entorno, ir despacio y ser **pragmáticos** *“maximizando el rendimiento de lo que se haga, (...), lo*

*importante es empezar a hacer cosas y que los profesores vean que cambiando algo se consiguen cosas” (E1).*

### **9.3.2. Metodologías**

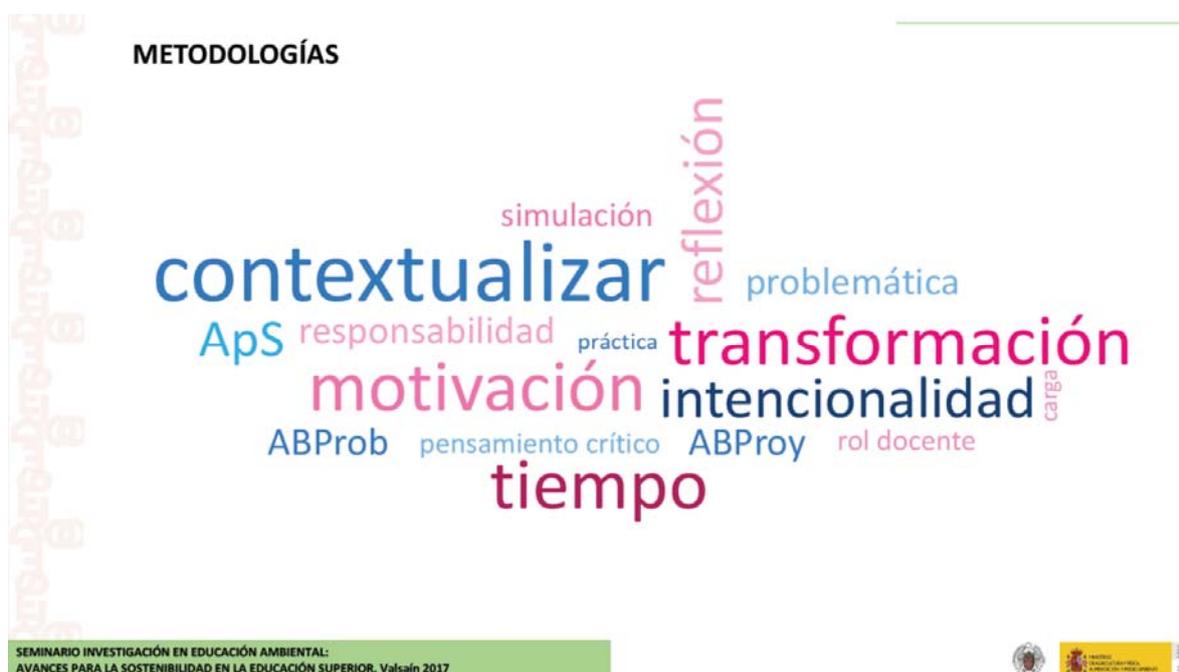
A partir del análisis de las intervenciones docentes realizadas (Capítulos 7 y 8), se comprobó la efectividad de metodologías basadas en el análisis de casos y en la integración de criterios de sostenibilidad en proyectos concretos, pero también se identificaron dificultades, retos y propuestas para afrontarlos que se han planteado en los grupos y entrevistas para poder profundizar en ellos y clarificar posibles líneas de actuación. En particular, se ha querido indagar sobre las metodologías más apropiadas para potenciar la visión holística, la capacidad de análisis y la reflexión, así como los modos más eficaces para la integración de las competencias RSSE en contextos de aprendizaje basado en proyectos.

En los grupos de profesorado donde se abordó este aspecto de la docencia (G1, G2, G4) se corrobora lo visto en la literatura, proponiéndose metodologías activas, constructivistas, prácticas, orientadas a la comunidad y la resolución de problemas reales. Se destaca que dichas metodologías contribuyen a desarrollar competencias genéricas como *“asumir la responsabilidad del propio aprendizaje, trabajar colaborativamente, pensar críticamente”*, que están alineadas y refuerzan las competencias RSSE y contribuyen a *“formar mejores ciudadanos”* (G2). También en el grupo G2 se enfatiza la importancia de **adaptar los contenidos y actividades al contexto académico** de cada centro, a los intereses particulares del alumnado y al perfil del profesorado implicado en dichas asignaturas. Además, es importante el *“que se haga explícita la **intencionalidad** de desarrollar unas determinadas competencias en los estudiantes y eso se refleje en el diseño de las actividades concretas”* (figura 9.2).

Las asignaturas de la categoría de *Humanidades* son un entorno en donde se puede contar con ese tiempo y el grupo G1 permitió constatar cómo un **profesorado motivado y comprometido** es capaz de generar una **gran diversidad de metodologías** que se adaptan a sus diferentes contextos (Miñano et al 2018).

Hay algunas metodologías “clásicas” que son muy mencionadas, como son el **análisis de casos y los debates** (en distintos formatos, desde grupos pequeños en clase hasta las competiciones debate con unas normas muy definidas). Se destaca su capacidad para **motivar e implicar al alumnado, y contextualizar el trabajo**, permitiendo elegir temáticas cercanas a los intereses de los estudiantes, a los objetivos de la asignatura y a la realidad de su futura actividad profesional. Se valora que enfrentan al alumnado con la complejidad, ampliando la mirada hacia un problema situándose desde distintos puntos de vista: *“que se pongan en los zapatos del contrincante, y sobre todo que se den cuenta de que no hay nada ni blanco ni negro, que no hay una única solución a un problema, y eso para mí, es muy importante para un ingeniero”* (E2).

Figura 9.2. “Nube de palabras” que resume las conclusiones del grupo de discusión sobre Metodologías en el XI Seminario de Investigación en Educación Ambiental y Educación para el Desarrollo Sostenible (2017)



Además, se explicaron **muchas iniciativas interesantes y apropiadas** para promover el desarrollo de la reflexión, la visión sistémica o el trabajo con la complejidad: trabajo con noticias de actualidad, lectura de libros, expresión creativa sobre problemáticas del ámbito de la ingeniería, recursos audiovisuales, trabajos monográficos y exposiciones, “one minute paper”, blogs interactivos, realización de trabajos con impacto social, etc. (G1, G2, G4, G5).

En el contexto de asignaturas técnicas, se comenta como efectiva la estrategia de promover el **contacto lo más directo posible con la realidad y el ámbito profesional**, siendo muy motivador para el alumnado (E2, G2, G4, G5). Se propone invitar a “*profesionales que hayan vivido en primera persona estos aspectos*” (E2), hacer visitas a entornos laborales relacionados con la materia, organizar “*conferencias abiertas al resto de la comunidad universitaria*” (G3), o que el propio profesorado explique proyectos en los que está involucrado y los aspectos sociales o ambientales implicados en el mismo. Cuando se plantea dedicar tiempo en estas asignaturas a reflexionar sobre aspectos de sostenibilidad, en el grupo G4 se destaca la resistencia por parte de los estudiantes, más orientados a los cálculos y la resolución de problemas técnicos, y se observan diferencias entre el alumnado de grado y de master (más abierto a estas reflexiones): “*al principio se plantea cuál es el problema energético, pero ellos lo ven como un pestiño y quieren llegar a los cálculos y cuantificar, no les interesa. Se explica, pero es incómodo para ellos*” (G4).

Para potenciar el contacto con la realidad social y profesional, las metodologías de **aprendizaje basado en proyectos** y **aprendizaje servicio** se mencionan como muy adecuadas

en todos los grupos: *“tienen que realizar un trabajo de impacto social. La idea es que el trabajo sea público, sea libre (licencia), sea útil a terceros; tienen que reflexionar sobre cómo los conocimientos de ingeniería informática que tienen pueden ponerse al servicio de la sociedad; esto sí les suele motivar”* (G1). En el grupo de estudiantes se proponía que, al plantear proyectos con orientación social, se resaltara su potencialidad para desarrollar competencias profesionales y personales, pues muchas veces son percibidos por el alumnado como una acción de voluntariado que no repercute en su formación: *“hay que decir que te va a servir para tu futuro y tu futuro profesional”* (G5).

Para **integrar los aspectos RSSE en proyectos**, *“lo más importante es tener una herramienta que te permita integrar la sostenibilidad mientras estás realizando el proyecto, que en cada paso te ayude a plantearte qué tienes que hacer”* (E1). Estas herramientas deberían *“incorporar los requisitos de un proyecto real, sus condiciones, la relación con el cliente”* (E2); pueden estar basadas en estándares profesionales, que integren aspectos legales o normativos, o crearse ad hoc como la *“matriz de sostenibilidad”* propuesta para el TFG en la FIB-UPC (E1, E2, E4, G3; Sánchez Carracedo et al. 2016).

También se resalta el valor de plantear **preguntas**, que vayan más allá de *“cómo”* desarrollar el proyecto, planteen también el *“para qué”* y aporten la perspectiva de otros actores y la propia sociedad: *“las preguntas son muy potentes, hacen que la gente piense en una dirección, pero en su proyecto, y a partir de ahí cada uno toma sus decisiones y hace sus reflexiones”* (E1).

No obstante, la experiencia de integrar estos aspectos en el TFG muestra que no es algo fácil. La propuesta ha de ser **flexible** e irse **adaptando al contexto**, evolucionando con los años, según se va consolidando y formando parte de la *“cultura académica”* del centro o de la universidad, y tanto el alumnado como el profesorado lo van considerando como algo normal. De hecho, en la experiencia de la FIB-UPC ha sido necesario **simplificar** la propuesta, adaptándose al nivel real de concienciación del profesorado y el alumnado, concretando más lo que se pide y dejando como opcionales algunos aspectos más complejos, como la cuantificación de impactos: *“hay que ir despacio; con las propuestas para el TFG ha habido que ir simplificando”* (E4),

Esta complejidad hace necesario reajustar los objetivos docentes y académicos cuando se trabajan competencias RSSE en proyectos: *“el objetivo es que se planteen estos temas, cómo desde la ingeniería se pueden modificar impactos, que se paren a pensar en ello”* (G4); *“trabajamos en casos reales, mal definidos y en contextos complejos; cuando se les pregunta ‘¿has aprendido algo?’ responden ‘sí, que el mundo es complejo y que hay que trabajar, pero que vale la pena’. Ese es el objetivo”* (G2).

Se considera importante, especialmente en el TFG, que haya algunas acciones de **acompañamiento**, pues muchas veces tanto el alumnado como los tutores se sienten desorientados, en especial si no se ha trabajado antes en otras asignaturas: *“el que sea*

*obligatorio hacer un informe de sostenibilidad en el TFG implica que el profesorado se tiene que plantear qué se puede hacer; muchas veces la información no llega y están perdidos”* (E4); *“es fundamental la labor del tutor, que es el que podría tener más idea del tema”* (G5). Algunas propuestas son la realización de talleres de apoyo sobre competencias transversales que se valoren en el TFG, seminarios a lo largo del curso que favorecen la colaboración entre estudiantes, programación de sesiones abiertas con expertos externos que acercan al alumnado las problemáticas “no técnicas” de la vida profesional o recursos (guías, textos, referencias) para los tutores y estudiantes (G2, G3, G5, E4).

### 9.3.3. Evaluación

En el estudio exploratorio de los planes de estudios de las ingenierías informáticas e industriales se identificaron muy pocas experiencias de evaluación explícita de competencias RSSE. En las intervenciones docentes realizadas, los métodos de evaluación formativa utilizados se han mostrado efectivos, aunque se identificaron algunas dificultades como la carga de trabajo, la armonización de criterios o la implicación de todo el alumnado. En los grupos y entrevistas, se planteó la cuestión de la evaluación y se presentan a continuación las principales aportaciones.

Hay acuerdo en que la evaluación es un **aspecto clave** para que se reconozca la importancia de las competencias RSSE y se tomen en serio, tanto por parte del alumnado como por el profesorado: *“El que [las competencias] estén en la evaluación y se puntúen, es importante y los estudiantes al final lo captan”* (E1); *“evaluar, hay que evaluar”* (G5)

No obstante, es una de las mayores dificultades para integrar las competencias RSSE y genera resistencias: *“el profesorado no sabe muy bien cómo hacerlo”* (E3), *“a veces los profesores se sienten agredidos si se les cambian los criterios de evaluación que han seguido toda la vida; habrá que saber gestionar y acompañar los cambios”* (G3). La integración de la evaluación por competencias en la cultura académica es un proceso largo y que **requiere tiempo**, como todos los cambios de mentalidad, y más aún en lo relativo a competencias complejas como las competencias RSSE (E1, G2).

En general, se recomiendan métodos alineados con las metodologías docentes empleadas, evitar el examen clásico para no *“hacerla odiosa”* o que, al menos, no sea el único medio de evaluación (G1, G2, G5). En las asignaturas de *Humanidades*, en las que estas competencias son fundamentales, se han encontrado distintos métodos de evaluación al igual que había gran diversidad de metodologías docentes (G1). Como denominador común, la evaluación se basa en **distintas actividades**, que requieren la **implicación y el trabajo del alumno**, y que se realizan en **distintos momentos** a lo largo del curso. Aunque este tipo de asignaturas puedan ser consideradas “marías”, no se considera algo negativo, pues se sabe que los estudiantes han de trabajar para conseguir aprobar y se prioriza conseguir motivar e implicar al alumnado: *“En el contexto en el que estoy está considerada como una ‘maría’; esto tiene la ventaja de que te permite experimentar con mucha libertad”* (G1); *“si por ‘maría’ se entiende*

*que es una asignatura en donde no tienes que pegarte la empollada una noche para hacer el examen, eso no tiene por qué ser algo negativo” (G1).*

Cuando las competencias RSSE se trabajan en asignaturas de forma transversal, el tipo de evaluación dependerá del tipo de asignatura en el que se trabaje y del contexto docente, y del nivel de la competencia que se desee evaluar (conocimientos, habilidades, actitudes) (E1, E4, G3). De nuevo, se menciona que la existencia de mapas de la competencia y de estructuras de seguimiento, puede ser de gran ayuda para el profesorado (E1, E4). El profesorado recibe orientación sobre distintas posibilidades de trabajo y evaluación de las competencias, pero *“damos total libertad al profesorado, ellos deciden cómo evalúan la sostenibilidad en su asignatura, ellos deciden cuál es el porcentaje de la nota final en el que influye la sostenibilidad, y ese porcentaje puede ser 0”* (E1). En la ETSII-UPM, también se recoge una evaluación de las competencias, fundamentalmente vía trabajos en asignaturas o en el TFG, pero no necesariamente se recoge en la calificación final (G3).

En relación con la institucionalización de la evaluación de competencias transversales, en el grupo de alumnado (G5) se observa el riesgo de que esta evaluación se convierta en un trámite y se olvide que es fundamental la motivación del alumnado: *“sirve en cuanto a conseguir que los profesores las incluyan en el temario, pero es habitual que no se refleje en beneficios para el alumno, sino en un trámite como la realización de un trabajo escrito o la resolución de una pregunta de un tipo determinado en el examen”*. En las asignaturas de *Proyectos* o en el *TFG*, parece adecuado que haya **indicadores** relativos a aspectos relevantes de sostenibilidad, cuestiones legales o implicaciones éticas, *“lo más similares posibles a los estándares habituales de la evaluación de proyectos”* (G3). Hay contextos académicos donde se evalúan explícitamente en el *TFG* las competencias transversales y en ellos se recomienda que el peso que tenga dicha evaluación *“salga rentable”* a los estudiantes (E1, E4, G3).

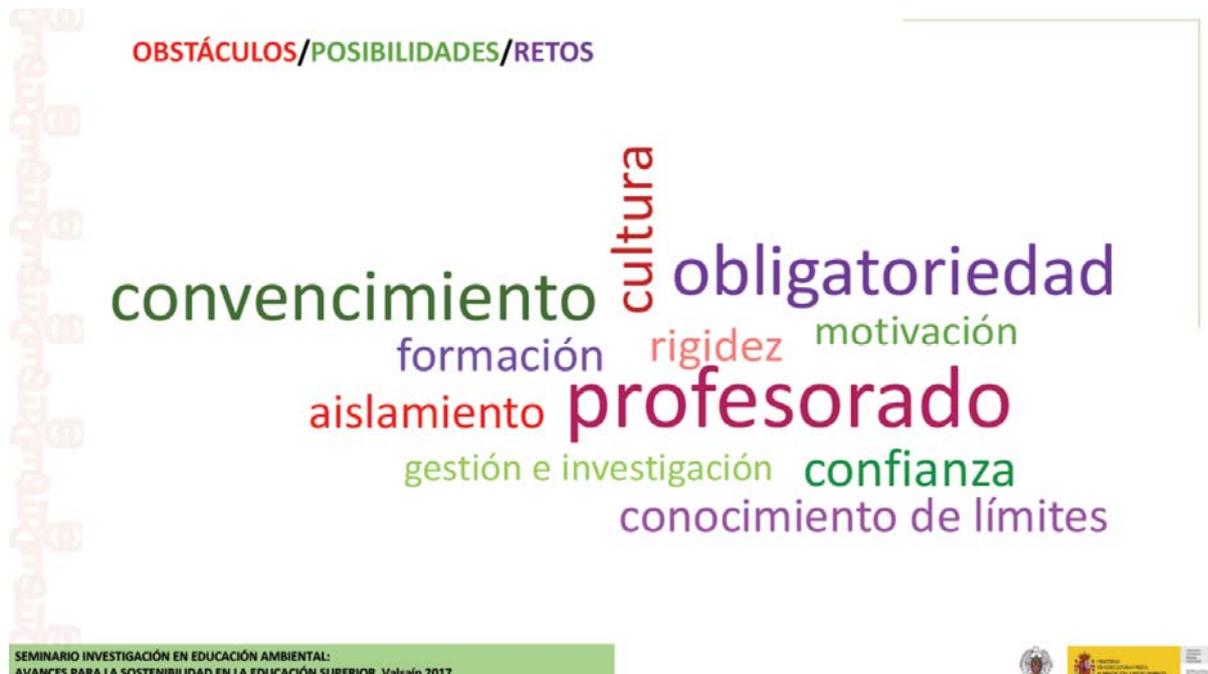
#### **9.3.4. Profesorado**

En los apartados anteriores han aparecido en diversas ocasiones referencias a la importancia del profesorado para contextualizar, adaptarse y explicitar la intencionalidad del trabajo por competencias, aplicar las metodologías adecuadas y evaluarlas de forma coherente. También se identificó su importancia en el análisis de la intervención docente en las asignaturas *Ingenia* de la ETSII-UPM, tanto por el apoyo que aportaba a los estudiantes, como por sus capacidades de adaptación a cada proyecto concreto y de coordinación con el resto de profesores. En este apartado se presentan las aportaciones de los grupos relacionadas con este factor esencial.

En el grupo de estudiantes se resaltó su importancia para vincular los aspectos RSSE con la materia que imparte y presentar proyectos reales que los incorporen: *“cuando un alumno entra, los referentes son tus profesores, qué mejor ejemplo que ellos te cuenten lo que están haciendo y cómo impacta”* (G5). Sin embargo, *“no siempre el profesorado puede acompañar*

este interés” (G3), bien por falta de formación, de interés o de tiempo. Por tanto, como se discutió en el G2, el profesorado se puede considerar como un factor clave tanto como **fortaleza del proceso**, como **posible debilidad** del mismo (figura 9.3).

Figura 9.3. “Nube de palabras” que resume las conclusiones del grupo de discusión sobre Obstáculos, Posibilidades y Retos en el XI Seminario de Investigación en Educación Ambiental y Educación para el Desarrollo Sostenible (2017)



Uno de los factores que se identifican como barrera para la implicación del profesorado en el desarrollo de las competencias RSSE es, de nuevo, la **cultura académica** en la universidad actual. Algunas características destacadas son que el trabajo se centra mucho en la propia materia o asignatura, no se ha asimilado aún el trabajo por competencias y éste se considera a menudo como una opción personal del profesorado:

- “hay una visión muy fragmentada de las materias” (G2);
- “hay dificultades en la gestión del trabajo por competencias, se ve como una tarea más, además engorrosa” (G2);
- “el profesorado debería de tener una visión más amplia y no mirar solamente lo relativo a su asignatura; también tendría que valorar y aportar en otros aspectos, de forma que se transmita una visión más global e integral de la formación” (G4);
- “el problema es cuando la gente piensa que el tema de la sostenibilidad no es un tema profesional sino un tema personal, y como no tiene nada que ver con la profesión, pues cuenta lo que le toca o pasa de todo” (E1).

La **complejidad** de las competencias RSSE es otro de los motivos identificados que hace que muchos profesores tengan **resistencias** a trabajarla como sí hacen, por ejemplo con otras competencias como trabajo en equipo, comunicación oral o escrita, análisis y síntesis, etc.,

con las que pueden sentirse más familiarizados, *“da miedo meterse en algo que no se controla”* (E1). Además, a lo hora de trabajar estas competencias, se encuentran problemas pues la concepción de lo que es sostenible o no, admisible éticamente o no, es diferente entre el profesorado (G2).

En ese contexto de complejidad y subjetividad, si dichos temas no son muy relevantes para la persona, las **limitaciones de tiempo** y la **carga de trabajo** hacen que no se les dé prioridad a estos temas: *“las cosas son relevantes para cada uno, y si algo no lo es no le das prioridad, y más en el contexto de Bolonia, en donde todo está muy ajustado de tiempo”* (E2). Sin embargo, el caso de la URJC es un ejemplo en donde en el entorno académico de los grados de ingenierías industriales hay una *“sensibilidad natural hacia los temas ambientales”*, y hace que sea muy frecuente el trabajo de competencias relacionadas con la sostenibilidad, aunque no haya una estrategia institucional al respecto (E3; anexo 1.3).

Con relación a cómo superar la barrera de la complejidad de la temática y la inseguridad del profesorado ante ella, se han recogido distintas líneas de comentarios que hacen alusión al perfil académico más adecuado, la concienciación, la motivación y la formación del profesorado.

Sobre el **perfil académico** más adecuado para asignaturas específicas de *Humanidades* (aspectos éticos, sociales, legales, sostenibilidad, profesión, etc.) en las que se pretende *“ir más allá”* en cuanto a visión global, razonamiento sistémico y crítico, y aportar una mayor conciencia social acerca de los impactos de la ingeniería, se considera que *“no sirve cualquiera”* (G1) y es importante la formación, la motivación y el compromiso del profesorado que las imparte: *“en asignaturas de ese tipo, si el profesorado no está implicado, hunde la asignatura”* (G1). En general, se considera más apropiado que sean impartidas por profesores de **perfil técnico, que tengan cierta formación y motivación**, pues sirven de referencia de la importancia de los aspectos RSSE en la profesión para la que los estudiantes se están preparando y evita el riesgo de que se vean como algo ajeno a la ingeniería: *“creo que es más positivo que las impartan profesores de formación técnica con estas preocupaciones, incluso si no pueden profundizar en determinadas cuestiones filosóficas; para el alumno es más importante que vean a un ingeniero que valora estas cuestiones a que venga un ‘extraterrestre’; otra cosa, sería si tuviéramos filósofos especialistas en formar ingenieros”* (G1).

Para algunos temas más específicos o especializados, como pueden ser los aspectos legales, sí se considera necesario profesorado con un perfil específico o bien invitar a expertos en la materia, algo que es más frecuente en estudios de máster. En el grupo G1, específico de este tipo de asignaturas, se comentaron algunas experiencias en las que profesorado de perfil humanista había tenido dificultades para adaptarse al perfil del alumnado y de la carrera, y se consideraba importante la motivación para adaptarse, la **continuidad** y la **coordinación** con el profesorado de perfil técnico. En una de las universidades presentes en dicho grupo, el criterio es que *“el profesorado ha de haber puesto en práctica lo que enseña, que no*

*conozca la materia solamente desde la teoría” (G1). En general, la opción preferible es que haya un grupo de profesores de perfiles diversos, con capacidad de coordinación y trabajo en equipo (Miñano et al. 2018).*

Para el trabajo de las competencias RSSE en otras asignaturas o el TFG, se consideraba válido el perfil de cada materia, aunque se identifican como factores críticos la **concienciación**, **motivación** y cierta **formación del profesorado**: *“si los profesores no estamos formados en cómo formar en principios éticos o de sostenibilidad... difícilmente vamos a poder formar” (G4).*

Para desarrollar una mayor **conciencia en el profesorado**, es importante que las universidades asuman en su cultura que los aspectos RSSE forman parte de la formación que se debe aportar a los estudiantes, de forma que el profesorado considere como parte de su **responsabilidad docente** la formación en competencias RSSE cuando están asignadas a alguna de sus asignaturas: *“Yo creo que no tiene solución a corto plazo, hasta que se entienda que la sostenibilidad forma parte de la profesión” (E1); “lo estaría haciendo mal si no formo a los mejores profesionales” (E2); “Es importante la cultura global, que las cosas no se hagan porque a tal profesor le gustan, o porque lo piden en la acreditación, sino porque es importante para la formación de los profesionales de la ingeniería” (G3).*

Para ello, se menciona el apoyo que pueden ofrecer los criterios competenciales que piden las acreditaciones externas o las encuestas a empleadores (G1, G2). Este cambio no va a ser inmediato, y hay que asumir que habrá parte del personal docente que no lo va a entender, por lo que habrá que orientar los esfuerzos y el trabajo de formación y orientación a esa parte del profesorado más abierto al cambio: *“Y hay una serie de gente en la universidad que no lo va a entender, y que no van a cambiar. Por tanto, no merece la pena dedicar tiempo en convencerles. Hay que invertir el tiempo en lo que sirva para algo, que sea rentable, y dejar los ‘casos perdidos’ e intentar que hagan el menor daño posible” (E1).*

En varios grupos (G2, G4, E1) se pone en valor la transmisión de valores que se da cuando el profesorado está *“comprometido y se cree lo que imparte; son importantes los pequeños gestos, porque ayudan a que la gente se plantee las cosas” (G4).* Para promover la **motivación del profesorado**, se propone ofrecer cauces para que pueda trabajar en **proyectos** que le interesen – asumiendo que en el ambiente universitario *“nos gusta trabajar por amor al arte”*, con cierto reconocimiento, visibilización y apoyo de recursos materiales y financieros – y crear **espacios de encuentro**, divulgación y debate sobre temáticas relacionadas con el rol social y ambiental de la ingeniería: *“algo como el ITD<sup>2</sup>, un espacio en el que la gente se pueda localizar, que sea referencia, a donde acudir (...) hay charlas y eventos todas las semanas” (G4).*

---

<sup>2</sup> Centro de Innovación en Tecnologías para el Desarrollo Humano: <http://www.itd.upm.es/dialogosimprobables/>

Estos cauces pueden servir de **formación** para el propio profesorado, pero también se han identificado otras modalidades de formación. En ocasiones, los profesores no trabajan determinadas competencias por no conocer cómo hacerlo y su **formación en metodologías didácticas** es clave, a ser posible en *“talleres orientados a la aplicación de las mismas en su contexto docente”* (E1). También se comenta la necesidad de *“cursos sobre qué cosas debería saber un profesor sobre sostenibilidad que estén relacionadas con su ingeniería”* (G4), formación general sobre sostenibilidad, principios éticos o en competencias de trabajo colaborativo e interdisciplinar, orientadas a ser agentes de cambio en la propia universidad y sus relaciones con la sociedad (G2, G4).

Sin embargo, en varios grupos (E1, E3, G1, G2, G4) se menciona que solamente un bajo porcentaje de PDI acude a cursos de los ICE u otros contextos formativos (quizás por la falta de reconocimiento de las tareas docentes para la promoción profesional) y que la oferta de cursos ha ido decayendo: *“al inicio de los nuevos planes sí había bastantes iniciativas de formación en competencias, también incentivados por el reconocimiento de la formación en la acreditación del profesorado, pero se han ido cayendo y ahora no conocen nada especial, excepto cursos externos”* (E3).

En los grupos G3 y G4 se propone aprovechar la **formación inicial del profesorado** que ofertan algunas universidades *“pues el nuevo profesorado está abierto a aprender y a integrar en su docencia nuevos conceptos y métodos”* (G3).

También se mencionan otras vías no formales que pueden contribuir a la formación del profesorado. Por ejemplo, cuando se propone explícitamente que los TFG integren aspectos RSSE, se genera una demanda de orientación por parte de los estudiantes y del profesorado, y surgen acciones de **acompañamiento**, ya mencionadas en la sección 9.3.2, que contribuyen a la formación del profesorado. Además, se observa que el profesorado también se va formando e interesando a través de la lectura y valoración de las reflexiones e informes que hacen los alumnos en el TFG: *“puede ser importante la participación activa en los tribunales de TFG de profesorado más experto en los temas de sostenibilidad para ir enseñando a evaluar competencias al resto del profesorado y explicando su sentido en la formación de los estudiantes”* (G3).

Para que se dé esta formación no formal, se resalta la importancia de la existencia de un grupo de profesorado motivado y comprometido, que vaya creando una *“cultura de sostenibilidad”*, y a los que puedan acudir tanto profesores como estudiantes cuando surjan preguntas, dudas o iniciativas relacionadas con estos temas (E1, E4, G1, G3). Este grupo puede estar formado por los coordinadores/responsables de competencias de un centro, miembros de grupos de investigación o innovación, o profesorado de asignaturas relacionadas con aspectos RSSE. Se propone una **formación a partir de la experiencia del profesorado** que ya está trabajando, que anime a otros profesores a comenzar poco a poco, en la medida en que ellos puedan: *“la mayoría de ellos están obsesionados por cumplir el*

*temario; lo que intentamos siempre es hacer ver que ellos pueden cumplir el temario mientras están trabajando la sostenibilidad y hacerles ver cómo se puede hacer” (E4).*

La disponibilidad de **recursos docentes y referencias** sobre cómo integrar competencias RSSE en las distintas materias se considera que puede ser una ayuda importante para facilitar la tarea del profesorado. De hecho, algunos de los profesores participantes consideran que, *“habiendo buenos materiales, cualquier profesor puede ser válido” (E1)* para trabajar estas competencias de forma transversal en sus asignaturas técnicas, de proyectos o en el TFG.

Se ha reflejado en este apartado la importancia que se le da al profesorado para la integración de las competencias RSSE en la docencia, a su motivación, compromiso y formación, pero también se ha visto la necesidad de un cambio en la cultura universitaria para vencer las barreras y resistencias existentes. En este cambio es fundamental contar con el compromiso y apoyo institucional. Los comentarios y propuestas recogidas sobre cómo debería de ser éste se presentan en la siguiente sección.

#### **9.4. Perspectiva institucional y organizativa**

En los tres estudios realizados en esta tesis se han obtenido principalmente resultados desde las perspectivas de la práctica docente y de los planes de estudios. Las contribuciones desde la perspectiva institucional provienen principalmente de las aportaciones de las entrevistas y grupos focales realizados, además de la revisión bibliográfica realizada. En concreto, en esta última fase de la investigación, uno de los objetivos era identificar los **factores institucionales** que pueden facilitar y potenciar la integración sistemática y holística de las competencias RSSE en la formación en ingeniería, bien como estrategias de las propias instituciones universitarias o bien como demandas externas.

En esta sección, se sintetizan las propuestas que se han considerado más interesantes para concretar el apoyo institucional y se presentan dos ejemplos de centros que pueden ser una buena referencia de estrategias institucionales para la integración de las competencias RSSE en sus actividades docentes.

La idea más generalizada que ha aparecido en los grupos y entrevistas es la necesidad de un **cambio de cultura**: *“los grandes cambios requieren un cambio de mentalidad, un cambio en la manera de hacer las cosas, el ‘modelo de negocio’ universitario, la cultura universitaria. Bolonia sigue sin calar entre gran parte del profesorado, somos muchos los que aún no lo entendemos, porque cuando se lee lo de Bolonia y se ve la implementación que hay, pues se ve que no es la mejor” (E2); “habría que cambiar los procesos de toma de decisiones a la hora de elaborar los planes de estudio, porque hay muchos intereses que tienen más peso que los docentes” (G2).* Para ello, se considera fundamental crear nuevos estilos de gobernanza, basados en el *“compromiso y el liderazgo institucional, también basado en el compromiso y liderazgo individual de las personas que forman parte de los equipos directivos” (G3).*

Con relación a la inclusión de las temáticas RSSE en la docencia universitaria, se tiene la sensación general de que la institución “no lo ve importante”, “no lo valora”, “no lo reconoce”, “lo ve como anecdótico”. Se pone el ejemplo de otras universidades, en particular de América Latina, en donde los aspectos sociales y ambientales se integran de forma transversal desde el principio de los estudios universitarios, y eso es una apuesta institucional (G3). Falta convencimiento institucional, que sí se observa con relación a algunas otras competencias transversales que sí están más integradas en la docencia y potenciadas institucionalmente como pueden ser trabajo en equipo o comunicación (G1, G2, G3; Miñano et al. 2018).

Para llegar a ese cambio de cultura, es necesario que se tomen iniciativas concretas que lo faciliten y se generen nuevos hábitos de actuación, y en algunos grupos (G2, G4) se valora el que esas iniciativas se tomen bajo el carácter de la **obligatoriedad**. A continuación se presentan las propuestas aportadas por las personas participantes en los grupos y entrevistas a partir de experiencias que ya están en marcha.

- ✓ A nivel de universidad, se han compartido experiencias sobre **estrategias comunes** para todos los grados en relación con la definición de competencias RSSE, la inclusión de asignaturas específicas similares en todos los grados o normativas comunes de TFG, pero no hay un seguimiento y coordinación de dichas acciones para que sean más efectivas y contribuyan al cambio de cultura institucional (G1, G2, G4, E1, E3, E4). No obstante, se ve como algo necesario: *“Para que las competencias para la sostenibilidad prosperen y lleguen a cuajar no solo en las guías docentes sino en la práctica docente, es clave que haya directrices de política universitaria. Hay que trabajar ahí y mientras lo dejemos a la voluntad individual... pues bien algo es algo, no está de más, pero hay que ir por la otra vía”* (G2); *“este tema en particular [sostenibilidad], que debería de estar en los grados de ingeniería no tiene apoyo institucional. A la hora de renovar/modificar planes de estudios nos topamos con el ‘¿qué asignatura quitamos?’ y no hay apoyo institucional. Si se dijera desde el rectorado que estos temas tienen que estar sería distinto”* (G1).
- ✓ A nivel de centros, se han compartido experiencias efectivas y se valora como muy positivo la implicación de la dirección de los centros o los responsables de titulación en el **seguimiento sistemático** del trabajo relativo a las competencias transversales, en general, y las competencias RSSE en particular. Este seguimiento se concreta mediante comisiones de competencias o coordinadores de competencias. Como se comentó anteriormente, una herramienta útil es tener un mapa de competencias de la titulación. Además, se considera importante visibilizar su trabajo en el centro para contribuir a crear una nueva cultura (G3, E1, E4): *“Es absolutamente necesario la existencia de ciertas estructuras de coordinación: si no se aporta ‘energía al sistema’ el sistema se cae. Es necesaria la periodicidad y el seguimiento. Es importante el liderazgo en el grupo de coordinación de las competencias transversales y que haya una realimentación*

*coordinación-profesorado. El mapa sirve de referencia y es bueno saber que hay alguien que puede aportar materiales.” (E4).*

- ✓ Sobre el impacto que tienen las **acreditaciones** (nacionales o internacionales) para generar cambios más profundos en los planes de estudios, se valora como una oportunidad, ya que en el caso de acreditaciones de titulaciones de ingeniería (ABET, EURACE o EUR-INF) implican un trabajo en competencias transversales que incluyen aspectos de sostenibilidad y responsabilidad profesional. Un ejemplo consolidado es el de la ETSII de la UPM (G3), pero también se mencionan otros casos más recientes en los que se están generando cambios a raíz del proceso de acreditación: *“la dirección era algo crítica con esta asignatura [Ciencia, Tecnología y Sociedad], pues la veía como la ‘asignatura de un profesor’, pero su visión cambió cuando en el proceso de acreditación ABET valoraron muy positivamente el que hubiera una asignatura de estas características en el plan de estudios (temas de ética, temas de actualidad, que cubrían 3 de las competencias que tenían que cumplir para la acreditación y que no se trabajaban en otras asignaturas” (G1); “se están siguiendo los criterios de la acreditación ABET, que ya han pasado y se quieren incorporar las acciones de mejora propuestas y fortalecer aquellos aspectos en los que han mostrado estar más débiles. Uno de ellos es el trabajo de las competencias (f) y (h), y se quiere incluir en el TFG una valoración de impactos ambientales, sociales y económicos. Desde la dirección se quiere que aparezca como un apartado obligatorio y, para ello, la acreditación es un argumento de peso” (G3).*

En general, se considera que pueden ser utilizadas como referencia, aunque no son garantía de cambios profundos si no hay un compromiso, una cultura institucional que los sustente y profesorado capacitado para llevarlo a cabo: *“en mi escuela la hemos pasado y el responsable se ve con dificultades para encontrar asignaturas en donde se trabajen temas sociales” (G4); “[tras un comentario sobre la falta de apoyo institucional] el apoyo va a ser el que lo pidan los sellos de calidad...¡¡¡pero ya los tenéis!!!” (G1); “requiere mucho esfuerzo y los cambios que se producen no son tan grandes; a lo más, sirven para corregir algunas cosas muy graves” (E2).*

- ✓ Con relación a **otras “demandas externas”**, se valora el trabajo de la CRUE y sus grupos de trabajo de la Comisión de Sostenibilidad para elaborar y difundir criterios e iniciativas sobre la integración de competencias de sostenibilidad en el currículo (G2). Por otra parte, también se considera que sería efectivo introducir cambios en los modelos de evaluación del profesorado: *“tener una evaluación con consecuencias; yo soy más de evaluación a posteriori, que sea más fácil que te den un proyecto, que puedas innovar en tu asignatura y que luego se evalúen los resultados. Eso sí, que si lo has hecho mal se asuman las consecuencias.” (E1).*

- ✓ Con relación a cómo aprovechar la experiencia y la motivación de profesorado que ya está trabajando competencias RSSE, se recogen algunas experiencias y propuestas relativas a intervenir en la **asignación docente** del profesorado y dar **continuidad** a los equipos de profesores, y esto depende de los departamentos o de los centros. En concreto, se consideraría importante cuidarla en las asignaturas de *Humanidades*, teniendo en cuenta su especificidad y complejidad: *“Para esta asignatura, por ejemplo, se elige profesorado específico; pero esto depende de que puedas hacerlo, en departamentos en donde se elige por otros criterios es muy difícil. Yo creo que es un tema esencial para el éxito de la asignatura”* (G1). Con relación al TFG y asignaturas de *Proyectos*, se propone la participación activa en los tribunales de TFG de profesorado más experto en los temas de sostenibilidad para ir “enseñando” a evaluar competencias al resto del profesorado y explicando su sentido en la formación de los estudiantes (G3).
  
- ✓ Con relación a potenciar la **motivación del profesorado**, se recogen iniciativas en dos líneas. Una de ellas es el **reconocimiento** de las tareas docentes: *“en la UPC se está potenciando y recibiendo apoyo para que se reconozca también la investigación educativa”* (E4). Otra línea es el apoyo efectivo para la creación de **espacios de encuentro** que sean una referencia para *“un mayor conocimiento mutuo entre profesorado de distintos departamentos y centros, saber lo que hace cada uno, sus áreas de interés y de trabajo: online, encuentros, jornadas, etc.; también accesibles a los estudiantes, para que sean ellos también los que puedan buscar a los profesores de referencia en el área que les interesa”* (E3); *“para que se haga bien, debe de haber una apuesta decidida, fondos y generar algún tipo de estructura que fomente los temas de sostenibilidad. Una estructura que no sea muy rígida. Algo como el ITD, un espacio en el que la gente se pueda localizar, que sea referencia, a donde acudir”* (G4).
  
- ✓ Otra iniciativa institucional que ha sido valorada, tanto por profesores como alumnos, es la promoción de **TFG** integrados en proyectos relacionados con la **gestión sostenible del campus** (proyectos de eficiencia energética, residuos, huella de carbono, etc.). Se han mencionado experiencias concretas en la URJC y la UPM (E3, G4, G5). A medio plazo, pueden ser oportunidades de formación en sostenibilidad, de transferencia de conocimientos y habilidades para actividades docentes en asignaturas, y para crear entornos de **trabajo interdisciplinar**, si se establecen las estrategias adecuadas para ello, ya que el TFG es un contexto en el que puede haber más *“flexibilidad en la organización académica”* (E3); *“hay una iniciativa de proyectos sostenibles, pero la mayoría de los proyectos estaban enfocados en otras áreas y había pocas cosas que un informático pudiera hacer, todo eran cosas de energía, ... no se impulsa de la manera correcta, que sirva para todos los grados”* (G5).

- ✓ Otra oportunidad identificada es el hecho de que algunas **convocatorias de proyectos de investigación**, como Horizon 2020<sup>3</sup> o el Programa Estatal de I+D+i Orientada a los Retos de la Sociedad<sup>4</sup>, incluyan criterios de sostenibilidad, impactos sociales e implicaciones éticas en la presentación de las solicitudes (E1, G2, G4). A medio plazo, si el PDI ve que estos criterios se valoran en la adjudicación de proyectos, valorará su importancia y la formación necesaria para poder integrarlos adecuadamente, y se verá el interés de incluirlos también en la formación de los estudiantes: *“el camino más rápido y más efectivo es el de la financiación. En cinco años, la gente se acostumbra a pensar de esa manera (...); los temas de sostenibilidad son temas clave dentro de los criterios de selección de proyectos”* (E1).

Se ha visto que en los grupos y entrevistas han aparecido ya experiencias concretas que ejemplifican el cambio en distintos aspectos, y reflejan la importancia de que haya un apoyo institucional, bien de centro o de universidad, que potencie las iniciativas del profesorado que ya está implicado y motivado, facilite su continuidad, visibilice el impacto y promueva que más miembros de la comunidad universitaria participen de ellas. Algo que se considera clave, es que todo ello vaya conduciendo a una transformación de la cultura universitaria que haga suya la integración de la sostenibilidad, la responsabilidad social y la responsabilidad profesional en su práctica docente.

Para ejemplificar que esta transformación es posible, el siguiente apartado presenta dos ejemplos de centros que desde hace varios años están comprometidos con la integración de las competencias RSSE en su práctica docente, aunque siguiendo distintos enfoques.

#### **9.4.1. Estrategias institucionales para la integración de las competencias RSSE en la práctica docente: dos casos.**

Con el objetivo de ejemplificar diversos modos de concretar un apoyo institucional efectivo para la inclusión de dichas competencias en el plan de estudios de un modo holístico y sistemático, se han seleccionado dos centros de universidades politécnicas en los que se han identificado estrategias de seguimiento y mejora de los planes de estudios que afectan directamente a la integración de las competencias RSSE en la práctica docente.

En el estudio exploratorio presentado en el capítulo 6, la Facultat d'Informàtica de la UPC (FIB-UPC) y la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la UPM (ETSII-UPM) estaban entre los centros en los que se observó un tratamiento holístico y sistemático de las competencias RSSE según los criterios seguidos en dicho estudio. Una síntesis de sus resultados principales está recogida en el anexo 1.3, junto con las de otras titulaciones.

A partir de algunas de las entrevistas realizadas (E1, E4, G3), se han recogido las características de las estrategias institucionales que se consideran que tienen un mayor

---

<sup>3</sup> <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/>

<sup>4</sup> <https://sede.micinn.gob.es/proyectosidretos/>

impacto en la inclusión efectiva de las competencias RSSE en los planes de estudios. La tabla 9.2 presenta una visión sintética de las mismas y puede observarse las similitudes y diferencias en las vías elegidas para sistematizar el trabajo de las competencias en la práctica docente.

*Tabla 9.2. Características de las estrategias institucionales de la FIB-UPC y la ETSII-UPM que tienen impacto en la integración de las competencias RSSE en los planes de estudios. Elaboración propia.*

	<b>FIB-UPC</b>	<b>ETSII-UPM</b>
<b>Directrices comunes Universidad</b>	Competencia Sostenibilidad y Compromiso Social	Competencia Respeto al Medioambiente
<b>Cultura</b>	Enfoque basado en competencias	Responsabilidad Social Universitaria Criterios acreditación ABET
<b>Seguimiento sistemático</b>	Comisión de competencias transversales, reuniones trimestrales de seguimiento Uno o dos responsables para cada competencia. Reuniones personales con profesorado	Subcomisión de Evaluación de Competencias, dependiente de las Subdirecciones de Calidad y Ordenación Académica El desarrollo de cada competencia se planifica en ciclos de 4 años: definición, medida, análisis, plan de mejora
<b>Herramientas</b>	Mapa global de competencias <sup>5</sup> Mapa de cada competencia Evaluación de la competencia en actas	Marco de desarrollo de competencias <sup>6</sup> Evaluación voluntaria de la competencia en asignaturas y TFG/TFM
<b>Reconocimiento</b>	Créditos de docencia por tareas de coordinación de competencia	Certificado a efectos de acreditaciones
<b>Características plan de estudios</b>	Inclusión explícita de todos los aspectos RSSE, en diferentes cursos y en diferentes categorías de asignaturas	Inclusión explícita de todos los aspectos RSSE, en diferentes cursos y en diferentes categorías de asignaturas

Con relación a los rasgos “culturales” de cada centro que han favorecido el trabajo de las competencias RSSE, en la FIB-UPC se destaca una apuesta institucional por un diseño de los planes de estudios basado en competencias: *“diseñar el plan de estudios basándonos*

<sup>5</sup> <https://www.fib.upc.edu/es/estudios/grados/grado-en-ingenieria-informatica/plan-de-estudios/mapas-competenciales>

<sup>6</sup> <http://competencias.industriales.upm.es/>

*exclusivamente en competencias, sin mirar a los departamentos ni a los profesores ni a nadie. (...) Otra opción importante fue el que hubiera mucha optatividad, que el estudiante pudiera elegir su camino, pues eso es garantía de calidad. (...) Si es optativa, o lo haces bien, o los estudiantes se van a otro lado. Fue una batalla dura, pero creo que al final ha salido bien” (E1).*

En la ETSII-UPM se han encontrado dos aspectos que caracterizan la cultura del centro. Uno de ellos es la política de responsabilidad social universitaria asumida por el centro desde 2007, en donde la dimensión docente es uno de los ejes principales<sup>7</sup>: *“en la ETSII hay una estrategia de RSU y unas acciones institucionales orientadas a la sostenibilidad y responsabilidad en el día a día del propio centro (código ético, gestión de residuos, contacto con los egresados, actividades extra-académicas, etc.)” (G3).* El otro aspecto es que en dicha dimensión, que apuesta claramente por una formación integral de calidad, el trabajo se orienta según los criterios de la acreditación ABET y las competencias definidas en ellos: *“Desde hace unos 10 años se está trabajando sistemáticamente en la ETSII la integración de competencias transversales siguiendo el modelo de la acreditación ABET que fue obtenida por primera vez en el año 2009 para el correspondiente plan de estudio de Ingeniería Industrial (...) la referencia de la acreditación ABET está siendo importante para que el profesorado se vaya convenciendo de la necesidad de cambios y de trabajar determinadas competencias” (G3).*

En ambos casos, las respectivas universidades han establecido unas directrices sobre las competencias transversales que han de incluir todos los grados impartidos en las mismas. En relación con las competencias RSSE, la UPM incluyó la competencia de “respeto al medioambiente”<sup>8</sup> entre las competencias genéricas a trabajar en todas las titulaciones y la UPC la competencia de “sostenibilidad y compromiso social”<sup>9</sup> (cuadro 6.1). Sin embargo, la influencia de dichas directrices es diferente en cada uno de los centros, ya que la FIB-UPC sí tiene como referencia las competencias definidas por la universidad, mientras que en la ETSII-UPM se ha integrado esa competencia en el marco de competencias dado por los criterios de la acreditación ABET.

También son diferentes los modos e instrumentos de cada centro para llevar a cabo el seguimiento de la inclusión sistemática de las competencias en los planes de estudios. En ambos centros existen comisiones que supervisan el trabajo de todas las competencias genéricas de forma coordinada. Sin embargo, la forma de concretar el seguimiento de las competencias específicas es diferente.

En la FIB-UPC existen dos profesores coordinadores de la competencia de “sostenibilidad y compromiso social”. Dicha coordinación se lleva a cabo mediante *“reuniones personales con*

---

<sup>7</sup> [http://www.etsii.upm.es/la\\_escuela/responsabilidad\\_social/](http://www.etsii.upm.es/la_escuela/responsabilidad_social/)

<sup>8</sup> <https://innovacioneducativa.upm.es/competencias-genericas/formacionyevaluacion/respetoMedioAmbiental>

<sup>9</sup> [https://www.upc.edu/ice/ca/innovacio-docent/publicacions\\_ice/guies-per-desenvolupar-les-competencies-generiques-en-el-disseny-de-titulacions/sostenibilitat-i-compromis-social](https://www.upc.edu/ice/ca/innovacio-docent/publicacions_ice/guies-per-desenvolupar-les-competencies-generiques-en-el-disseny-de-titulacions/sostenibilitat-i-compromis-social)

*los coordinadores de las asignaturas, al menos una cada 1 o dos años; no hay reuniones conjuntas del profesorado que trabaja la competencia SCS, pues hay diferentes niveles y dificultades de coincidir para un encuentro” (E4). En dicho centro, se reconoce estas tareas de coordinación contabilizándolos con créditos de docencia (“pocos”, E4).*

Para orientar el trabajo de cada competencia, las referencias son el mapa global de competencias transversales, que asigna a cada asignatura el trabajo y evaluación de determinadas competencias transversales, y el mapa de cada competencia, que indica los objetivos y niveles para cada competencia. El trabajo de coordinación consiste en dar apoyo para facilitar la comprensión de la competencia y cumplir con los objetivos acordes a la asignatura mediante actividades concretas en la docencia. A veces se dan propuestas, pero *“se deja más a la iniciativa del profesorado” (E4), “es un trabajo de ir hablando con la gente” (E1). En las actas de las asignaturas hay que indicar la valoración de las competencias transversales asignadas y “en algunos casos, la evaluación de la competencia también forma parte de la nota de la asignatura, decidiendo el profesorado de la misma el porcentaje” (E4). De este modo, “una vez que [la competencia] está en la asignatura, los profesores, todos, lo hacen... con más o menos gusto, pero se hace” (E1).*

Esta dinámica implica que *“el profesorado se tiene que plantear qué se puede hacer, y muchas veces la información no llega y están perdidos”*. Se está trabajando para generar recursos de apoyo al profesorado, como *“píldoras”* formativas en formato audiovisual así como referencias bibliográficas sobre asuntos relevantes en el área de las tecnologías de la información y las comunicaciones. Esta tarea la está llevando a cabo un grupo de trabajo sobre educación para la sostenibilidad formado por profesorado de la FIB-UPC y la ETSE de Telecomunicació de Barcelona (UPC), que mantienen un entorno *Moodle* común con recursos para el PDI de ambos centros.

En la ETSII-UPM la responsabilidad de la integración de competencias transversales recae en la *“Subcomisión de Evaluación de Competencias creada en 2013 a partir de un grupo de trabajo en evaluación de competencias, a su vez creado en 2009. Esta subcomisión depende, en la actualidad, de la Subdirección de Calidad y en la que participa también la Subdirección de Organización Académica, lo que la hace perdurable en el tiempo” (G3). El desarrollo de cada competencia se planifica en ciclos de 4 años: definición, medida, análisis y plan de mejora, diferentes para cada una. Esta planificación propicia una revisión sistemática del trabajo de cada competencia, valorando los avances y logros de su implementación. No hay responsables de competencia, organizándose por grupos de trabajo en función de las tareas que haya que abordar cada año. No hay un reconocimiento especial a los miembros de dicha comisión, aunque sí se certifica su participación en la misma con fines de acreditación.*

Para orientar el trabajo, la referencia principal es el *“Marco de desarrollo de competencias de la ETSII” (ETSII-UPM 2013). Dicho marco establece para cada una de las competencias – competencias ABET, complementadas con las competencias establecidas por la UPM – los resultados de aprendizaje propuestos, indicadores y métodos de medición. Se agrupan por*

niveles de primer curso, grado y también en el máster, orientando un desarrollo de las competencias coherente con cada nivel de formación del programa de ingeniería industrial. También se aportan rúbricas para orientar la evaluación, aunque ésta no se incluye en actas como en el caso de la FIB-UPC. En el caso de las competencias RSSE (competencias f y h, de ABET), se propone evaluarlas mediante trabajos en asignaturas, en las asignaturas *Ingeniería del máster* (capítulo 8) y, fundamentalmente, en los TFG y TFM en donde es obligatorio incluir *“una consideración sobre aspectos relacionados con la responsabilidad social y profesional de la práctica de la ingeniería”*<sup>10</sup>.

La relación de la comisión con el PDI encargado de integrar las competencias en las asignaturas es, hasta el momento, por contacto directo con personas concretas. Se tiene en cuenta la idoneidad de la asignatura, pero especialmente se valora *“el interés del profesorado por la cultura de las competencias y su entusiasmo y compromiso”* (G3).

En cuanto a cómo estas estrategias se reflejan en la integración efectiva del trabajo de las competencias RSSE en los respectivos planes de estudios, las tablas 9.3 y 9.4 resumen los datos recogidos en el estudio realizado en esta tesis (capítulo 6; anexo 1.3). En ambos casos se abordan todos los aspectos RSSE, en diferentes momentos del plan de estudios y en diferentes categorías de asignaturas, por lo que son ejemplo de lo que se ha considerado un tratamiento holístico y sistemático de las competencias RSSE.

*Tabla 9.3. Integración de las competencias RSSE en las asignaturas de los planes de estudios de la ETSII-UPM. Elaboración propia (anexo 1.3).*

Integración competencias RSSE en plan de estudios Grados ETSII-UPM			Aspectos RSSE			
Curso	Cate- goría	Asignaturas	Ético	Social	Legal	Ambien- tal
2º	AMB	Ingeniería del Medio Ambiente (OB) (*)				X
	ECON	La empresa y su entorno (OB)		X	X	
	ECON	Marco Legal de la empresa (OB**)		X		X
3º	ECON	Organización Sistemas Productivos (OB)	X	X		X
	ECON	Organización del trabajo y gestión RRHH (OB **)	X	X		
4º	PROY	Proyectos (OB)		X	X	X
	ECON	Responsabilidad Social Empresarial (OP)	X	X		X
	HUM	Retos de la Ingeniería frente a la Transformación de la Sociedad (OP)		X	X	
	TFG	Trabajo Fin de Grado (OB)	X	X	X	X

(\*) 4º curso en grado de Ing. Química; (\*\*) Específica del grado de Ing. de Organización

<sup>10</sup> <https://www.etsii.upm.es/estudios/pod/pfc/Procedimiento-TFG-TFM-PFC-def.pdf>

Tabla 9.4. Integración de las competencias RSSE en las asignaturas de los planes de estudios de la FIB-UPC. Elaboración propia (anexo 1.3).

Integración competencias RSSE en plan de estudios Grado FIB-UPC			Aspectos RSSE			
Curso	Cate- goría	Asignaturas	Ético	Social	Legal	Ambien- tal
1º	OTRAS	Estructura de Computadores (OB)				X
2º	ECON	Empresa y Entorno Económico (OB)		X		
3º	OTRAS	Arquitectura de Computadores (OB)				X
	ECON	Negocio Electrónico (OB*)		X		
	SEG	Seguridad de la Información (OB*)			X	
	PROY	Proyecto de Tecnologías de la Información (OB*)				X
	PROY	Gestión de proyectos de software (OB*)		X		X
	PROY	Proyecto de Ingeniería de Computadores (OB*)				X
	OTRAS	Administración de Sistemas Operativos (OB*)	X	X		
	OTRAS	Sistemas Operativos para administraciones distribuidas (OB*)			X	X
4º	OTRAS	Gráficos (OB*)		X		
	OTRAS	Software libre y desarrollo social (OP)	X	X		X
	OTRAS	Robótica (OP)	X	X		
	OTRAS	Simulación (OP)		X		X
	OTRAS	Centro de proceso de datos (OP)				X
	OTRAS	Arquitectura del PC (OP)				X
	OTRAS	Internet móvil (OP)		X	X	
	HUM	Aspectos sociales y medioambientales de la informática (OP)	X	X	X	X
TFG	Trabajo Fin de Grado (OB)	X	X	X	X	

(\*) Asignaturas obligatorias de especialidad

Además, en los dos centros se han encontrado experiencias inspiradoras de asignaturas que fomentan la reflexión y la interrelación entre las distintas dimensiones y aspectos RSSE (anexos 1.4). También es común, que en el TFG se incluyan y evalúen explícitamente estas competencias, abordando todos sus aspectos, lo que también es reflejo de una visión holística y de la importancia dada a que esta última actividad académica recoja lo trabajado a lo largo de la titulación (anexo 1.4).

Pueden observarse algunas diferencias, que pueden ser reflejo de las distintas estrategias seguidas en cada centro. En la FIB-UPC, lo más frecuente es trabajar uno o dos aspectos en cada asignatura, mientras que en la ETSII-UPM hay más asignaturas que abordan

conjuntamente tres aspectos, aportando una visión más global. Sin embargo, en la FIB-UPC se trabajan competencias RSSE en un mayor número de asignaturas; muchas de ellas son de la categoría “OTRAS” y los aspectos ambientales aparecen con una frecuencia que es poco común en las titulaciones de Informática, en donde se identificó una carencia del tratamiento de esa dimensión. Se considera que esto es reflejo del trabajo basado en mapas competenciales y del apoyo institucional dado para que en asignaturas técnicas se introduzcan temáticas RSSE.

El análisis de las acciones de estos dos centros, muestra de nuevo que no hay un modelo único para integrar las competencias RSSE en la práctica docente, sino que cada centro tiene que encontrar el modelo que mejor se adapte a sus características y estrategias institucionales. Las personas entrevistadas de ambos centros, destacan la importancia del *“compromiso y el liderazgo institucional, basado en el compromiso y liderazgo individual de las personas que forman parte de los equipos directivos”*, la necesidad de *“ciertas estructuras de coordinación”*, así como *“encontrar una masa crítica de personas que estén motivadas y comprometidas”*. Coinciden en que es un proceso lento, pero que si hay una estrategia definida se obtienen resultados a medio y largo plazo, como se ha visto en sus respectivos centros.

## 9.5. Conclusiones

En este capítulo se han presentado las ideas esenciales que han surgido en los distintos grupos y entrevistas que se han promovido o en los que ha participado el autor de esta tesis. El objetivo era obtener información cualitativa y cualificada que permitiera contrastar los resultados obtenidos en los estudios realizados en esta tesis, profundizar en algunas de las buenas prácticas identificadas en la investigación, especialmente para identificar los aspectos de organización y apoyo institucional que podrían haberlas facilitado, y escuchar propuestas que contribuyan a una mejor integración de las competencias RSSE en la formación universitaria en ingeniería. Esta información se ha categorizado en las tres perspectivas desde las que se quiere dar respuesta a la pregunta de investigación: planes de estudios, docente e institucional.

Es significativo que desde todas ellas se ha identificado la necesidad de un **cambio de cultura** académica, en la línea de asumir una visión más global e integral de la formación, avanzando en una formación efectivamente basada en competencias, facilitando la interdisciplinariedad y el contacto con la realidad, superando un modelo muy compartimentado por asignaturas y áreas de conocimiento. Además, en relación con el ámbito específico de esta tesis, esa cultura ha de integrar la sostenibilidad, la responsabilidad social y la ética profesional como algo intrínseco de la actividad profesional en general, y en particular de la ingeniería, y por tanto considerar su inclusión en la práctica docente como parte de su responsabilidad institucional.

También es común el reconocimiento de la **complejidad** y las **dificultades** que conlleva este cambio cultural y la integración efectiva de las competencias RSSE en la formación universitaria, por lo que se asume que se necesita tiempo, hacer lo que se pueda adaptándose a las posibilidades de cada contexto y hacerlo lo mejor posible. No obstante, se han compartido experiencias exitosas y propuestas que pueden orientar el trabajo a realizar.

Desde la perspectiva de los planes de estudios, se ha visto la necesidad de que el trabajo de las competencias RSSE no sea algo aislado en determinadas asignaturas, para lo cual se ha visto eficaz que haya un **seguimiento sistemático** del trabajo por competencias y se proponen planes de estudios que faciliten el trabajo interdisciplinar en contextos de aprendizaje basado en proyectos. Para ello, en el caso de las ingenierías, las asignaturas de *Proyectos* y el *TFG* son una gran oportunidad para integrar las competencias RSSE de forma holística, siendo importante que se hagan explícitas en las directrices de los proyectos y que haya una continuidad en el enfoque de las mismas. También se ha constatado la necesidad y el papel relevante de las asignaturas de *Humanidades* para integrar las competencias RSSE en los planes de estudios, como un espacio privilegiado para ir más allá de los aspectos técnicos y para la innovación docente. No obstante, no está claro cuál es el lugar más adecuado que deben de ocupar en el currículo, pero dicha discusión pone de relieve la necesidad de abordar el trabajo de las competencias RSSE en diferentes momentos y contextos del plan de estudios de una forma sistemática.

Desde la perspectiva de la práctica docente, uno de los objetivos era contrastar qué competencias RSSE se consideran fundamentales en la formación, ante la complejidad y diversidad de las mismas. Se ha destacado la importancia de transmitir el **sentido de responsabilidad** como lo más específico de las competencias RSSE, y la importancia en ingeniería de **ampliar la visión** y **potenciar la reflexión** sobre las implicaciones de la actividad profesional, presentando la sostenibilidad, la responsabilidad social y la deontología como algo intrínseco a dicha actividad.

Con relación a las **metodologías docentes** que se consideran más apropiadas para potenciar la reflexión y la visión holística, se destaca la necesidad de que se adapten al contexto académico e intereses del alumnado, acercándole a la realidad profesional y/o social, dando el tiempo suficiente para ello. Las metodologías más mencionadas son el debate y las basadas en casos y proyectos concretos. Para estos últimos es importante la orientación por parte del profesorado y la existencia de instrumentos que guíen el trabajo, flexibles y simples.

También se quería profundizar en el tema de la **evaluación**, en el que hay acuerdo en la importancia de realizarla, pero mediante opciones diferentes al examen clásico, teniendo en cuenta que lo esencial es que favorezca la implicación y la motivación del alumnado. Se valora especialmente que en contextos de proyectos y TFG se expliciten indicadores para valorar los aspectos RSSE del mismo, y la importancia que tiene el apoyo institucional para que se asuma como algo habitual en la práctica docente.

Como era de esperar, también se ha destacado la **importancia del profesorado** para la integración de las competencias RSSE en la docencia. Se considera que el gran reto es afrontar la complejidad de la temática y la inseguridad del profesorado ante ella, potenciando su formación, su motivación y su compromiso. Se proponen diferentes medios de formación, pero se destaca la eficacia del **acompañamiento** por otros profesores con experiencia en el tema. También se mencionan como medios apropiados de formación y motivación, la creación de **espacios de encuentro** y diálogo, y la **participación en proyectos** relacionados con la sostenibilidad. Se considera fundamental que el profesorado asuma el trabajo de las competencias RSSE, no como una opción personal, sino como parte de su responsabilidad profesional como docente.

Esto conecta con lo comentado respecto a la necesidad de un cambio en la cultura universitaria para vencer las barreras y resistencias existentes. En este cambio es fundamental contar con el **compromiso y apoyo institucional**, y en los grupos y entrevistas han aparecido experiencias concretas que ejemplifican el cambio en distintos aspectos. En general, reflejan la importancia de que haya un apoyo institucional, bien de centro o de universidad, que potencie las iniciativas del profesorado que ya está implicado y motivado, facilite su continuidad, visibilice el impacto y promueva que más miembros de la comunidad universitaria participen de ellas.

Por último, se quiere destacar que en el desarrollo de las entrevistas y grupos se ha constatado la potencia de estas metodologías de investigación para obtener información cualitativa relevante y, en especial, para contribuir a la creación de vínculos y redes, favoreciendo la motivación y el compromiso de los participantes.





## 10. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS

En este último capítulo se presentan en primer lugar las contribuciones de la investigación realizada que se consideran más relevantes. A continuación, se resumen los resultados que muestran el nivel de logro de los objetivos planteados para esta tesis. En la sección 10.3 se explican las respuestas que se aportan a la pregunta de investigación que ha orientado el trabajo desarrollado, agrupadas según las distintas perspectivas consideradas en la investigación: planes de estudios, docente e institucional.. En las dos últimas secciones se identifican algunas de las limitaciones del estudio realizado así como futuras líneas de acción y de investigación previstas.

### 10.1. Contribuciones

En esta sección se identifican las aportaciones que se consideran más relevantes del trabajo realizado, teniendo en cuenta que el objetivo general de esta tesis es contribuir a la mejora de la formación de los estudiantes de ingenierías en competencias de responsabilidad social, sostenibilidad y ética profesional, y que éste es uno de los retos que se plantean a la universidad como actor relevante en la actual sociedad del conocimiento (sección 1.2).

Una primera contribución es **integrar en un mismo marco el desarrollo de competencias que se proponen desde distintas perspectivas** (ética profesional, sostenibilidad, responsabilidad social), lo que se ha denominado a lo largo de esta tesis competencias RSSE, de forma que los resultados se puedan aprovechar en el modo que mejor se adapten a las características particulares de cada entorno académico. Una referencia para dicha integración es la Agenda 2030 en la que han convergido distintas líneas de actuación y enfoques de la agenda internacional. En el ámbito docente, el nexo de unión es el objetivo general de todas ellas de contribuir la formación integral de profesionales de la ingeniería conscientes y responsables de las implicaciones de su actividad en el actual y futuro contexto global, en el que las tecnologías juegan y jugarán un papel destacado (sección 1.5.1).

Sin embargo, la principal contribución es aportar **respuestas a cómo desarrollar las competencias RSSE de estudiantes de ingeniería**, centrándose en algunos de los aspectos que se identificaron como relevantes en la revisión bibliográfica como son el enfoque **holístico** y el trabajo **sistemático** de estas competencias en el marco formal de los **planes de estudios**.

Las respuestas se han elaborado **desde la práctica y para la práctica**. La información en la que se fundamentan se ha recogido de los planes de estudios actuales de titulaciones de ingeniería de universidades españolas, en intervenciones docentes en distintos contextos académicos, y del diálogo con profesorado y alumnado universitario. A partir de su análisis se pretende orientar y promover **transformaciones** viables en el actual **contexto académico español** de titulaciones de ingeniería. En particular, muchas de las propuestas se centran en

los **casos de las ingenierías industriales e informáticas**, aunque pueden ser adaptadas a otras ingenierías y, algunas de ellas, a otras áreas.

Se han considerado distintas perspectivas:

- ✓ Desde la perspectiva de los planes de estudios, se aporta:
  - Una **descripción** de cómo los actuales grados de ingenierías industriales e ingenierías informáticas están integrando en la docencia las competencias RSSE, con atención especial a analizar si se hace de forma holística y sistemática a lo largo del plan de estudios (capítulo 6 y sección 10.2.1 del presente capítulo). Es una visión diferente a la de otros estudios similares que suelen analizar los planes de estudios de una única universidad y se ha ido más allá de la inclusión de competencias, analizando la presencia explícita en los programas y actividades de las asignaturas.
  - Se hacen **propuestas para la integración holística y sistemática** de las competencias RSSE en los planes de estudios de los grados de ingenierías informáticas e industriales, identificando palancas, oportunidades, retos y ejemplos de planes actuales que pueden servir de referencia para otras titulaciones de ingeniería (capítulo 6, anexo 1.3, y sección 10.3.1 del presente capítulo).
  - Se propone un **modelo general** para la integración holística y sistemática de las competencias RSSE en los planes de estudios de ingenierías (sección 10.3.1 del presente capítulo).
- ✓ Desde una **perspectiva docente**, esta tesis aporta:
  - Un **modelo conceptual** y un **modelo metodológico** que se han mostrado eficaces para el trabajo de competencias RSEE en distintos contextos académicos. Pueden servir de referencia y adaptarse a otros contextos, facilitando el enfoque holístico y como herramienta para realizar una **evaluación formativa** (capítulos 7 y 8, y sección 10.3.2 del presente capítulo).
  - La descripción del proceso y el análisis de la efectividad de **dos intervenciones docentes completas** – objetivos docentes, contenidos, metodologías docentes y evaluación – orientadas al desarrollo de competencias RSSE y plenamente integradas en las asignaturas donde se realizaron; en uno de los casos, se ha realizado un estudio longitudinal a lo largo de tres años, describiéndose la evolución de la intervención a lo largo del tiempo (capítulos 7 y 8).
  - **Propuestas, referencias y ejemplos** inspiradores para la integración holística y sistemática de las competencias RSSE en asignaturas de diversas categorías (*Economía, Ambientales, Humanidades, Proyectos, TFG*, etc.) (capítulo 6; anexo 1.4; sección 10.3.2 del presente capítulo).

- Aportaciones desde la **perspectiva del profesorado y del alumnado** (capítulo 9).
- ✓ Desde una perspectiva institucional y de organización, esta tesis aporta:
  - **Recomendaciones y reflexiones sobre posibles líneas de acción** desde el ámbito institucional y de organización para facilitar la integración efectiva de las competencias RSSE en los planes de estudios de los grados de ingeniería. Están basadas en los resultados de los estudios realizados y en el contraste de los mismos con profesorado implicado en el trabajo de competencias RSSE en grados de ingeniería (capítulo 9 y sección 10.3.3 del presente capítulo).

Figura 10.1. Síntesis de las contribuciones de esta tesis.



En el aspecto metodológico, se ha hecho un esfuerzo por combinar de forma coherente **diversas metodologías de investigación** en función de los objetivos planteados, las posibilidades de los contextos en los que se han llevado a cabo las investigaciones y las distintas perspectivas consideradas (capítulo 5). Además, se han elegido metodologías que facilitan las **aportaciones desde la visión del profesorado** – desde las dimensiones docente e institucional – **y del alumnado** (capítulos 7, 8 y 9).

Por último, a partir de los resultados obtenidos, esta tesis pretende transmitir que hay experiencias y referencias que muestran que **sí es posible** trabajar el desarrollo de las competencias RSSE de forma holística, completa, sistemática y eficaz en el marco actual del

sistema universitario español. No obstante, la diversidad de modelos encontrados refleja la complejidad del proceso y la necesidad de que se **adapte al contexto** de cada universidad, como opción preferible a la importación directa de soluciones implementadas en otros lugares.

## 10.2. Logro de los objetivos de investigación

Para orientar el desarrollo de la investigación se establecieron unos objetivos específicos que han aportado resultados útiles para responder a la pregunta de investigación de esta tesis. En esta sección se presentan los resultados obtenidos para cada uno de ellos.

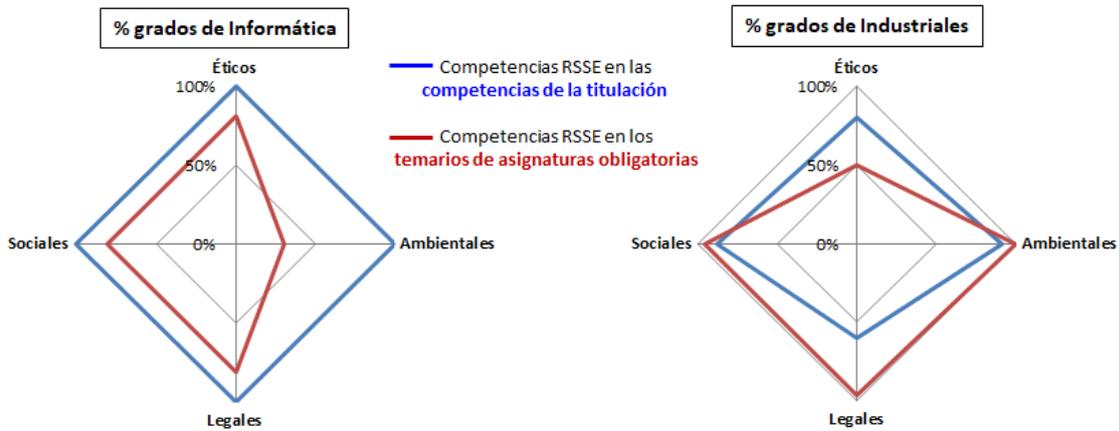
### 10.2.1. Objetivo OE1: descripción de la integración de las competencias RSSE en los actuales planes de estudios de ingenierías industriales e informáticas

El primero de los objetivos era describir cómo los actuales grados de ingenierías industriales e ingenierías informáticas están integrando en la docencia las competencias RSSE, atendiendo de forma especial si se hace de forma holística y sistemática a lo largo del plan de estudios, identificando buenas prácticas y modelos de referencia.

En el capítulo 5 se explicó el proceso seguido para ello y en el capítulo 6 se presentaron y analizaron los resultados obtenidos, resumiendo aquí aquellos que se consideran más relevantes para los objetivos de esta tesis:

- ✓ Se ha observado que hay una **gran diversidad de modelos** de integración de las competencias RSSE, tanto por universidades, como en función del tipo de titulación, del tipo de asignaturas en donde se integran o de los distintos tipos de aspectos RSSE que se trabajan.
- ✓ Las **competencias RSSE están presentes en la mayoría de los documentos** que describen las estrategias de las universidades y las titulaciones específicas estudiadas (ingenierías industriales e ingenierías informáticas). En estos últimos se aprecia una importante **influencia de las respectivas recomendaciones oficiales** publicadas en el BOE.
- ✓ Se han encontrado **incoherencias** generalizadas entre la inclusión de competencias y su presencia real en los temarios. A nivel de titulación, todos los grados de ingenierías informáticas incluyen competencias que cubren todos los aspectos estudiados, pero luego no todos aparecen en las asignaturas, siendo significativa la poca presencia de la dimensión ambiental. En las ingenierías industriales, la situación es diferente, y son los aspectos éticos los que no se ven reflejados en los temarios cuando sí lo están en las competencias. Sin embargo, el resto de las dimensiones aparecen más frecuentemente en los temarios que en las competencias (figura 10.2). También son frecuentes las asignaturas que incluyen algunas competencias RSSE que luego no se reflejan explícitamente en el programa ni en las actividades propuestas.

Figura 10.2. Comparación entre los aspectos RSSE que aparecen incluidos en las competencias de los grados y los que aparecen en los programas de asignaturas obligatorias (porcentaje de titulaciones que los incluyen).



- ✓ En cuanto al **tratamiento holístico** de los distintos aspectos RSSE estudiados, se ha observado que los contextos en donde se trabaja más frecuentemente de forma holística son las asignaturas de *Humanidades*, de *Proyectos* y el *TFG*. En general, salvo en las asignaturas de *Humanidades*, el tratamiento de los aspectos RSSE se aborda desde una perspectiva técnica o normativa, y **no es frecuente que se promueva la reflexión, las interrelaciones entre ellos y la visión global**. En la sección 6.7 y el anexo 1.4 se presentan ejemplos de asignaturas de distintas categorías en donde sí se realizan actividades en esta línea.
- ✓ En cuanto al **tratamiento sistemático** de las competencias RSSE a lo largo del plan de estudios, en los grados de Informática es menos frecuente, concentrándose el trabajo en una asignatura de *Humanidades*, siendo los aspectos sociales los únicos que, en general, suelen tratarse en más de una asignatura. En Industriales es más frecuente que las competencias se trabajen en distintos momentos del currículo, fundamentalmente en asignaturas de las categorías *Ambientales* y *Proyectos*, trabajando aspectos ambientales, sociales y legales varias veces a lo largo del plan de estudios.

Esta situación refleja la influencia de los documentos oficiales pues la estructura de la titulación propuesta en los respectivos *Libros Blancos* incluía, como materias transversales, una asignatura de *Ética, Legislación y Profesión* (en las de Informática) y asignaturas de *Oficina Técnica/Proyectos* y *Medioambiente* (en las de Industriales). Entre esas materias transversales también se encuentran las relativas a *Administración y gestión de empresas*, presentes en todos los planes de estudios, que se consideran como una oportunidad para trabajar las competencias RSSE; aunque no es muy frecuente que se incluyan aspectos RSSE en el programa y actividades de esa categoría

de asignaturas, sí se han encontrado algunas experiencias inspiradoras para llevarlo a cabo.

Tanto en Informática como en Industriales se han encontrado ejemplos de titulaciones con un tratamiento sistemático de todos los aspectos RSSE a lo largo del plan de estudios (sección 6.6; anexo 1.3).

- ✓ Se han identificado **experiencias relevantes** en todas las categorías de asignaturas definidas y, globalmente, en algunos planes de estudios que incluyen explícitamente todos los aspectos RSSE en distintos momentos del plan de estudios, lo que permite ser optimistas al afirmar que es posible trabajar las competencias RSSE de forma sistemática, equilibrada y holística en el marco académico actual (sección 6.8.3; anexos 1.3 y 1.4; sección 9.4.1).

La descripción obtenida a partir de los estudios realizados ha sido útil para identificar ámbitos y líneas de acción para mejorar lo que se hace actualmente. Como se verá en la sección en la que se presentan las reflexiones y respuestas a la pregunta de investigación, algunos de ellos son comunes a los dos tipos de titulaciones que se han estudiado y otros son específicos de cada una de ellas.

#### **10.2.2. Objetivo OE2: analizar la efectividad de intervenciones docentes para desarrollar competencias RSSE**

El segundo objetivo de esta tesis (OE2) era analizar la efectividad de metodologías completas para desarrollar competencias RSSE en contextos docentes concretos. En los capítulos 7 y 8 se explicó el proceso seguido en dos intervenciones docentes y se analizaron los resultados obtenidos, resumiendo aquí los que se consideran más relevantes para los objetivos de esta tesis:

- ✓ Se ha desarrollado y analizado la validez y eficacia de un método para trabajar y evaluar **competencias relacionadas con la ética y la responsabilidad social** en ingeniería en cursos obligatorios de los primeros años de formación universitaria. En concreto:
  - Se ha diseñado una **matriz de evaluación**, basada en tres atributos básicos – *identificar, analizar, decidir* – que se ha mostrado eficaz como herramienta de evaluación formativa para el trabajo con dilemas éticos (sección 7.3.1).
  - Se han observado **progresos en todos los atributos definidos**, especialmente en lo relacionado con la identificación de problemas éticos en un contexto profesional de ingeniería. El menor progreso se ha observado en habilidades de análisis y razonamiento crítico, que son más complejas y requieren un trabajo más continuado (sección 7.4.1).

- Se ha demostrado que el uso de **códigos deontológicos** es un instrumento útil para el desarrollo de dichas competencias (sección 7.4.2).
- El **modelo se ha adaptado** y ha evolucionado, aplicándose en el desarrollo y evaluación de competencias RSSE en otras actividades de la asignatura, en el TFG de los grados de ingeniería informática del centro en donde se desarrolló la experiencia y en la otra intervención objeto de estudio de esta tesis (secciones 7.5 y 8.3.2).
- ✓ Se ha desarrollado y analizado la validez y eficacia de un método para trabajar y evaluar **competencias de sostenibilidad en su dimensión de aplicación en proyectos**. En concreto:
  - Se ha desarrollado y contrastado un **modelo conceptual** que amplía las tres dimensiones básicas del desarrollo sostenible (económica, social y ambiental) integrando fundamentos éticos, grupos de interés y visión estrategia orientada a la creación de valor compartido (secciones 8.3 y 8.7).
  - Se ha desarrollado y contrastado un **marco metodológico** para desarrollar y evaluar competencias RSSE en el desarrollo de un proyecto, basado en tres fases esenciales – identificar, analizar, integrar – y la entrega de un documento final (secciones 8.3 y 8.7).
  - Las evaluaciones muestran que la aportación del método en el contexto de desarrollo de un proyecto es más relevante en el ámbito de las **actitudes y las habilidades específicas** (secciones 8.5 y 8.7).
  - Estos modelos ha mostrado ser **eficaces** para aportar una visión global, una mayor conciencia de la importancia de la sostenibilidad como parte de un proyecto de ingeniería, y se han observado mejoras en aspectos relacionados con las dimensiones incorporadas en el modelo conceptual de la sostenibilidad (fundamentos éticos, grupos de interés y visión estrategia) (secciones 8.5 y 8.7).
  - Se valora como útil los aprendizajes adquiridos, aunque éstos son muy diversos desde técnicas concretas de análisis ambiental a habilidades para identificar posibles impactos y/o grupos de interés (secciones 8.5 y 8.7).
  - Se han generado propuestas para introducir mejoras en cursos sucesivos (sección 8.6), y algunas de ellas se están implementando actualmente.
- ✓ Se han identificado algunos **factores clave** para la integración de la sostenibilidad en asignaturas basadas en proyectos (sección 8.7):
  - **Asumir la complejidad**, tanto de la temática (con diversas dimensiones interconectadas) como del propio contexto académico (especialmente en asignaturas obligatorias con un número elevado de alumnos y de profesores). Es necesario

aceptar las limitaciones que esto conlleva en cuanto al logro y profundidad de los objetivos, y hacer un esfuerzo de...

- ... **adaptación al contexto académico** en el que se trabaja. Se recomienda que las propuestas de trabajo de competencias RSSE estén alineadas lo más posible con los objetivos, las metodologías y los métodos de evaluación del proyecto específico, y de la asignatura y la titulación en la que se enmarca. También es fundamental que dichas propuestas estén adaptadas a las capacidades e intereses tanto del profesorado como del alumnado. Es importante seleccionar las ideas clave que se transmitirán a los estudiantes, las técnicas de análisis que se adaptan mejor a las necesidades del proyecto y las metodologías para promover la reflexión y el análisis. Para ello es fundamental el papel y la visión del...
- ... **profesorado**. Además de su implicación en el desarrollo de las actividades docentes, es importante que haya una buena coordinación entre el grupo de profesores – en especial si es interdisciplinar – para planificar la adaptación del trabajo de las competencias RSSE al desarrollo del proyecto. La continuidad del grupo permite un mayor aprovechamiento de la experiencia acumulada y generar una visión compartida sobre las temáticas a trabajar.
- También es clave que el profesorado sepa transmitir con **claridad** la propuesta metodológica de cara a los estudiantes y darle sentido dentro de su proyecto. Esto se facilita con un diseño de un marco metodológico suficientemente **simple y flexible**.
- Cuando se trabaja en contextos con gran número de alumnos y profesores implicados es fundamental el **apoyo institucional**, en particular en lo relativo a la ordenación académica, al reconocimiento y visibilidad del trabajo realizado, y para facilitar la continuidad y la evolución del mismo.

### 10.2.3. Objetivo OE3: síntesis y contraste de resultados

El último de los objetivos específicos (OE3) era sintetizar los resultados y elaborar una serie de propuestas que respondan a la pregunta de investigación desde una triple perspectiva: planes de estudios, docente e institucional.

Tras el análisis y las reflexiones de los resultados de los distintos estudios realizados (secciones 6.9, 7.5 y 8.7), se consideró oportuno contrastar esas conclusiones y añadir la perspectiva del apoyo institucional y de organización, necesaria para que la integración de las competencias RSSE en la formación de los estudiantes sea efectiva. Para ello, se promovieron un conjunto de entrevistas semiestructuradas con expertos y se participó en diversos grupos de discusión. A partir del análisis de la información recogida en los mismos (capítulo 9) y la revisión bibliográfica realizada (capítulos 2, 3 y 4), se han elaborado una serie de respuestas a la pregunta de investigación de la tesis. El fruto de esta reflexión es

precisamente el resultado del OE3, por lo que se explicará a continuación en la sección dedicada a presentar las reflexiones y propuestas que responden a dicha pregunta.

### 10.3. Reflexiones y respuestas a la pregunta de investigación

A continuación, se presentan las respuestas que se proponen a la pregunta de investigación de esta tesis: *Considerando el actual contexto académico español de los grados de ingeniería, ¿cómo se pueden integrar las competencias RSSE en los planes de estudios de forma holística, completa, sistemática y efectiva?*

Se ha llegado a ellas a partir de los resultados empíricos obtenidos en los distintos estudios realizados, el contraste con la bibliografía y los frutos de la reflexión, compartida y personal, sobre los mismos.

Las respuestas sobre cómo integrar la sostenibilidad, la ética y la responsabilidad social en la formación universitaria se plantean desde un enfoque de **responsabilidad**. Responsabilidad profesional como miembros de la comunidad universitaria y responsabilidad social de la universidad como institución al servicio de la sociedad, que desempeña un rol importante para afrontar los retos globales actuales, entre los que se incluye la formación de ciudadanos y profesionales responsables. Dicho enfoque no se centra tanto en el aspecto de las obligaciones que implica dicha responsabilidad, sino en la oportunidad que significa para **crear valor compartido** y aportar un **factor de calidad** a la formación de los estudiantes, al trabajo del profesorado y a la propia institución.

Se parte de la necesidad de **asumir la complejidad**, tanto de la temática en sí misma como del contexto en el que se tienen que implementar las propuestas de cambio. Esto implica tener en cuenta múltiples factores, múltiples actores, asumir que es un proceso que requiere tiempo, cambios en la cultura institucional y generar nuevos espacios, hábitos y modos de actuar.

Ante ello, la propuesta es no introducir más complejidad al sistema, por lo que se considera importante seguir criterios de **simplicidad y flexibilidad** para poderse **adaptar al contexto** en el que se esté trabajando. Para ello, una de las opciones es alinearse con lo que ya está en marcha, identificando las palancas y oportunidades existentes, y aprovecharlas para afrontar los retos que se plantean. No se pretende incrementar el trabajo sino reorientarlo hacia los objetivos que se persiguen.

También se ha visto importante, a partir de la experiencia en las intervenciones docentes, la adaptación de dichos objetivos a las circunstancias de la realidad académica. Por ello, se ha reflexionado y dialogado sobre qué competencias RSSE se consideran fundamentales en la formación, pues ellas mismas también son complejas y diversas. Se ha visto la relevancia de transmitir el **sentido de responsabilidad** como lo más específico de dichas competencias. En el ámbito específico de los estudios de ingeniería, se considera fundamental **ampliar la visión**, y potenciar la **reflexión** y la **conciencia** de las implicaciones de la actividad

profesional, presentando la sostenibilidad, la responsabilidad social y la ética como algo intrínseco a dicha actividad.

La figura 10.3 recoge algunas de estas “ideas fuerza” y otras que se presentan en los siguientes apartados, dando respuestas a la pregunta de investigación desde las diferentes perspectivas consideradas: planes de estudios, docente e institucional.

*Figura 10.3. Nube de palabras clave para la integración de las competencias RSSE en los planes de estudios de ingenierías. Elaboración propia*



### 10.3.1. Perspectiva de los planes de estudios

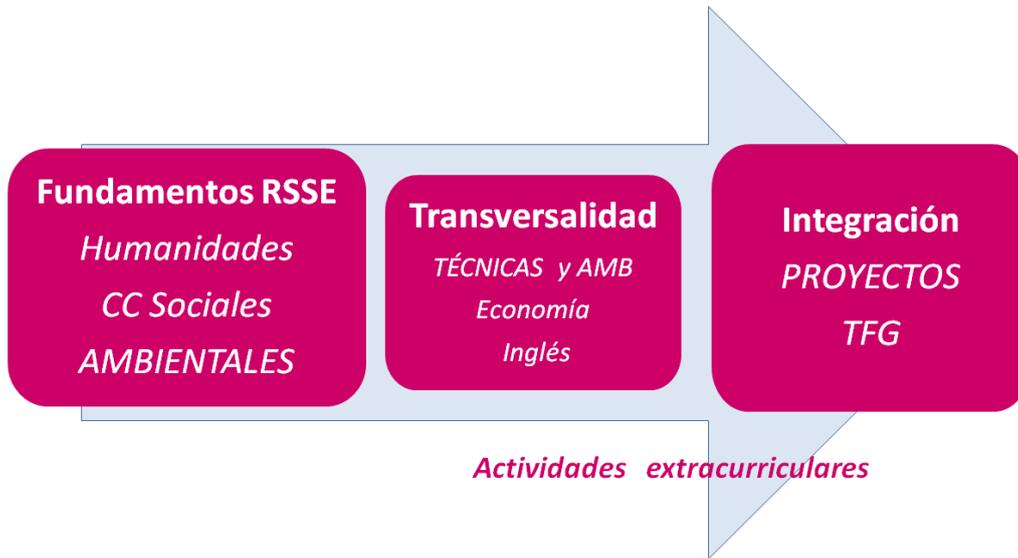
Desde la perspectiva relativa a la estructura de planes de estudios, a partir de la descripción de cómo los actuales grados de ingenierías industriales e ingenierías informáticas están integrando en la docencia las competencias RSSE (capítulo 6) y las aportaciones recogidas en los grupos y entrevistas (capítulo 9), se presentan algunas **propuestas para la integración de las competencias RSSE en los planes de estudios** de cada titulación. En concreto, se han identificado palancas, oportunidades, retos y modelos que pueden servir de referencia también para otras titulaciones de ingeniería (tabla 10.1).

Además de las contribuciones específicas para los grados de informática e industriales, se considera que un modelo apropiado para que un plan de estudios de ingeniería integre de forma holística y sistemática el desarrollo de competencias RSSE debería de apoyarse en tres pilares: la inclusión de los principios de la sostenibilidad, la ética profesional y la responsabilidad social en materias obligatorias, la integración de dichos principios en asignaturas aplicadas de proyectos y el TFG, y el trabajo transversal en otros momentos del plan de estudios (figura 10.4). El objetivo es que se pueda llevar a cabo una integración efectiva de las competencias RSSE en las estructuras actuales del currículo de las ingenierías.

Tabla 10.1: Palancas, oportunidades y retos para la integración de las competencias RSSE en los planes de estudios de los grados de ingeniería Informática e Industrial. Elaboración propia.

	Informática	Industriales
<b>PALANCAS</b>	Inclusión de competencias RSSE en BOE, planes de estudios y asignaturas Demandas externas, acreditaciones, referentes profesionales, ODS Ya existen experiencias de referencia en marcha	
<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>Asignaturas de Humanidades: Ética, Legislación, Profesión</b> Potencian reflexión, enfoque holístico e innovación docente  Referencia para otras asignaturas, aportando visión global y reflexión	<b>Asignaturas de Tecnologías Ambientales y Proyectos</b> Potencian habilidades específicas y aplicación práctica  Incluir más reflexión y enfoque holístico e integrador
<b>RETOS</b>	<b>Asignaturas de Economía, Empresa, Organización, Gestión</b> Temáticas que ya se trabajan: RSC, calidad integral, modelos económicos y de gestión  Mejoras propuestas: Más reflexión crítica Introducir conceptos de economía inclusiva, social, del bien común, circular,...	
	<b>TFG</b> Propicio para formar en la integración de <i>criterios RSSE</i> en la actividad profesional  Incluir reflexión, visión global y enfoque holístico de las competencias RSSE	
	<b>Coherencia</b> entre la declaración de competencias RSSE, su inclusión en los programas de las asignatura y su trabajo efectivo en el desarrollo de la docencia	
	<b>Asignaturas de Seguridad y Proyectos</b> Consolidar inclusión en temarios de aspectos RSSE, añadiendo: reflexión y enfoque holístico	<b>Asignaturas Humanidades: Ética, Sociedad</b> Aumentar presencia Referencia para otras asignaturas, aportando visión global y reflexión
	Inclusión de <b>aspectos ambientales</b> (Humanidades, Economía, Proyectos)	Inclusión de <b>aspectos éticos</b> (Humanidades, Economía, Proyectos)
	Inclusión <b>transversal</b> de aspectos RSSE en asignaturas técnicas ( <i>Otras</i> ) en coherencia con una <b>estrategia general y seguimiento sistemático</b> del trabajo de competencias RSSE	

Figura 10.4. Estructura propuesta para un plan de estudios la integración holística y sistemática de las competencias RSSE



A continuación se explica cómo podría concretarse dicha integración respecto a cada uno de dichos pilares.

- ✓ **Incluir en algunas materias obligatorias los principios básicos de sostenibilidad, responsabilidad social y de la ética profesional en ingeniería.**

Se ha visto que un modo efectivo de hacerlo, aunque no es el único, es en asignaturas de Humanidades, Ciencias Sociales o bien de Introducción a la Ingeniería, que aporten una visión global y holística de las implicaciones de la actividad profesional y sus impactos en la sociedad y el medio ambiente, las responsabilidades éticas que conllevan. En los grados de Informática están en los planes de estudios de un alto porcentaje de titulaciones (en torno al 80%), pero en Industriales no son tan frecuentes. En estas titulaciones pueden ser apropiadas para introducir algunos de estos conceptos las asignaturas de tecnologías ambientales.

El trabajo de esos aspectos ha de aportar también herramientas de reflexión, análisis y razonamiento crítico que desarrollen una mayor conciencia, sensibilidad y proactividad en el alumnado ante los retos actuales y su responsabilidad como futuros profesionales. Estas habilidades necesitarán seguirse desarrollando a lo largo del currículo.

Estas asignaturas, y en general el trabajo con estos principios básicos, son un espacio privilegiado para la innovación docente. Puede aprovecharse tanto para desarrollar otras competencias transversales como para servir de referencia para integrar el trabajo de competencias RSSE en otras asignaturas de forma transversal.

Se recomienda que estén en los primeros semestres, para que los estudiantes puedan abordar el resto de las materias teniendo en cuenta dichos principios. No obstante, es un tema controvertido pues el alumnado lo valora más en los cursos más avanzados. Lo esencial es que en cada caso se adapte adecuadamente al contexto y al nivel de madurez y de capacidades de los estudiantes. Además, esta controversia refleja la necesidad de que el trabajo de las competencias RSSE no se reduzca a aportar estos fundamentos, sino que se complemente con la dimensión de aplicación práctica de los mismos y se visibilicen cuando sean relevantes en las distintas áreas temáticas de los estudios.

✓ **Integración explícita de criterios de sostenibilidad, responsabilidad social y ética profesional en las asignaturas de *Proyectos* y el *Trabajo Fin de Grado*.**

Para ello, es importante que se vaya más allá de lo normativo y lo técnico. Se ha de promover una reflexión anticipatoria de impactos y riesgos, así como una valoración del producto final de forma que sea coherente con la ética profesional y las normativas vigentes, que se hayan minimizado los riesgos e impactos negativos y que se hayan potenciado los impactos positivos.

La cercanía de este tipo de asignaturas con la resolución de problemas reales y la flexibilidad que tienen en cuanto a temáticas y metodologías, en especial el TFG, las hacen muy apropiadas para integrar el trabajo de competencias RSSE, pudiendo seguir distintos modelos. Algunas universidades promueven la realización de TFG interdisciplinares, con estudiantes de distintas titulaciones. Otras han incluido asignaturas de proyectos en cada uno de los cursos, trabajando diversas competencias en cada uno de ellos e integrando todas en el año final. Algunas de ellas han reconfigurado la organización docente, dedicando las últimas semanas del semestre a la realización de un proyecto en el que se integran las competencias desarrolladas en el resto de asignaturas de dicho semestre.

El modo en que se integran las competencias RSSE en las asignaturas de *Proyectos* y el *TFG*, puede servir de referencia para rediseñar el plan de estudios e “impregnarlo” de aspectos RSSE. Se puede establecer qué sería deseable que los estudiantes realizaran en las asignaturas de *Proyectos* y *TFG* en relación con dichas competencias, y mirar hacia atrás para identificar en qué momentos del plan de estudios actual pueden adquirir y desarrollar los conocimientos, habilidades y actitudes necesarias para lograr el desempeño deseado.

✓ **Trabajo transversal a lo largo del plan de estudios.**

Para una integración efectiva y sistemática de las competencias RSSE en los planes de estudio, también se recomienda que se integre el desarrollo de algunas de dichas competencias en otras asignaturas, de forma transversal o específica, en función de la temática y los objetivos de las mismas.

Es necesario identificar las asignaturas técnicas que estén relacionadas con algunas problemáticas ambientales, sociales, éticas o legales relevantes en el contexto actual. Se ha visto importante que los estudiantes puedan ver esa relación en distintos momentos del plan de estudios para transmitir que los aspectos RSSE es algo intrínseco a la actividad de la ingeniería y dar coherencia global a la integración de las competencias RSSE en el plan de estudios.

El reto es integrarlas de forma adecuada en el desarrollo general de la asignatura, ampliando el alcance de la misma y propiciando la reflexión, el pensamiento crítico y, cuando sea posible, la visión holística, estableciendo conexiones entre las distintas dimensiones y la propia materia de estudio. En los grados de Informática e Industriales se ha visto que son apropiadas asignaturas de seguridad informática, tecnologías ambientales, interacción persona-máquina o energías renovables, por citar algunos ejemplos. En cada grado habrá que identificar el contexto más adecuado, bien por la materia en sí misma, bien por la disponibilidad del profesorado, por la líneas de investigación y desarrollo del centro, o por otros factores académicos.

Además, las asignaturas de *Economía, Empresa, Organización y/o Gestión* están en los planes de estudios de todas las ingenierías y pueden incluir temáticas como la RSC, la calidad integral, la economía del bien común, etc., y promover en ellas un enfoque de reflexión crítica sobre la responsabilidad de las empresas, su aportación de valor a la sociedad, los modelos de desarrollo económico y su influencia para el desarrollo sostenible. Aunque no se ha identificado en los estudios de esta tesis, la experiencia personal del autor de la misma, le lleva a incluir también las asignaturas de *Inglés*; su carácter transversal orientado a las competencias de comunicación las hacen apropiadas para incluir temáticas RSSE para el desarrollo de dichas competencias.

Algunas de las metodologías utilizadas con éxito para esta integración transversal de las competencias RSSE son las conferencias de expertos, casos prácticos, dilemas éticos, trabajos específicos, discusiones o debates en clase, talleres, etc.

También se pueden enmarcar en este nivel la oferta de **actividades extracurriculares**, “no formales”, como seminarios, proyectos, retos, concursos, *living labs*, voluntariados, que aborden alguna temática de relevancia social o ambiental, y que puedan tener

reconocimiento de créditos. Es importante que los planes de estudios, tan cargados en las ingenierías, o la organización docente de los mismos, contemplaran de alguna forma dar espacio y tiempo para este tipo de actividades.

Los estudios realizados en esta tesis reflejan la importancia de que el trabajo sea **sistemático y complementario** a lo largo del plan de estudios. En una sola asignatura no se pueden desarrollar convenientemente todas las competencias ni en sus distintos niveles. Por otra parte, el nivel de desarrollo de las competencias también ha de adaptarse al nivel de madurez y las capacidades del alumnado en el momento en el que se trabajan.

Esto se ha observado en las dos intervenciones docentes llevadas a cabo en esta tesis. En la investigación realizada en la asignatura de primer curso se vio que las habilidades de análisis eran las más complejas y que precisaban seguir desarrollándose en cursos posteriores; además, en los primeros cursos tampoco se pueden abordar las habilidades y actitudes para la aplicación de criterios RSSE en proyectos concretos. Por otra parte, la investigación realizada con alumnos de postgrado, en la asignatura basada en proyectos, reflejó que los progresos más relevantes se dan precisamente en esas habilidades y actitudes, pero que los principios básicos han de haberse adquirido previamente.

Por último, desde la perspectiva de los planes de estudio es importante tener presentes algunas demandas, bien de las propias universidades o bien de agentes externos, que pueden ser aprovechadas como palancas u oportunidades para mejorar la integración de las competencias RSSE en el currículo de forma efectiva.

Por ejemplo, se ha visto en la investigación realizada que la mayoría de las titulaciones, y algunas de sus asignaturas, ya recogen en sus definiciones y guías docentes competencias directamente relacionadas con la sostenibilidad, la responsabilidad profesional y la ética. También es útil apoyarse en los criterios que siguen las **acreditaciones internacionales** de titulaciones de ingeniería (ABET, EURACE) u otras instituciones profesionales (ACM, IEEE, CDIO) en relación con la formación en competencias RSSE. Estas demandas externas representan una oportunidad para orientar cambios los planes de estudios y, siguiendo estrategias adecuadas, en la propia cultura institucional. Los **procesos periódicos de acreditación** (nacionales o internacionales) que actualmente se realizan en la universidad española, también son oportunidades para evaluar cómo se está haciendo, para proponer y generar cambios, así como para visibilizar, reconocer y poner en valor las buenas prácticas.

### **10.3.2. Perspectiva docente**

Para responder a *cómo se pueden integrar las competencias RSSE en asignaturas concretas*, en la sección anterior se han adelantado algunas de las respuestas que esta tesis aporta en relación con las oportunidades y retos identificados a nivel docente para algunas categorías de asignaturas, como las de *Humanidades, Economía, Proyectos o TFG*.

Además de esas contribuciones, basadas en el estudio exploratorio de los planes de estudios y su contraste con profesorado y estudiantes, esta tesis aporta respuestas desde la intervención directa en dos contextos docentes diferentes.

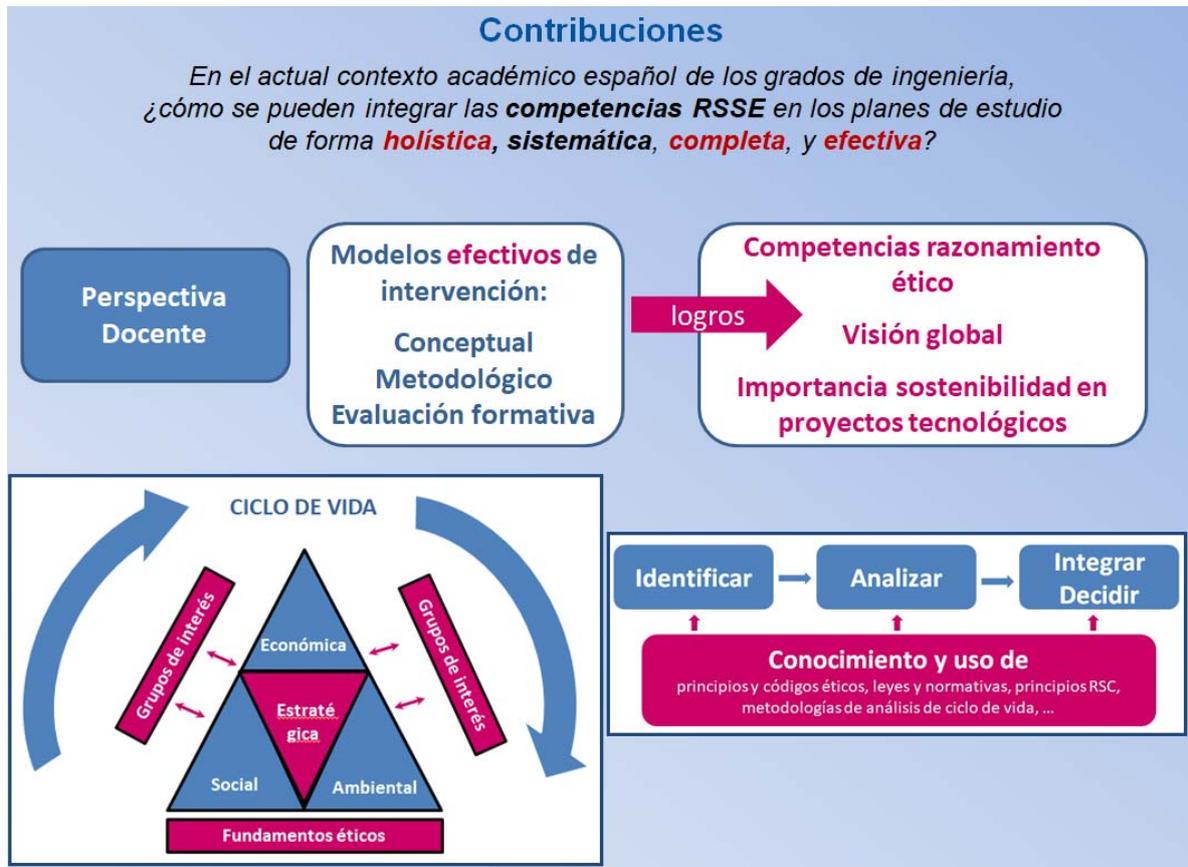
Las intervenciones docentes desarrolladas permiten dar ejemplos de **modelos metodológicos**, que se han mostrado **eficaces** para el desarrollo de competencias éticas y de sostenibilidad, en distintos contextos, y como herramientas para realizar una **evaluación formativa**. Estos modelos son coherentes con lo que en los grupos y entrevistas se consideraban las metodologías más apropiadas para potenciar la reflexión y la visión holística, pues se han adaptado al contexto académico e intereses del alumnado, tratando de acercarle a la realidad profesional, y diseñando instrumentos que fueran suficientemente flexibles y simplificados. Esto se ha visto especialmente importante en el trabajo por proyectos.

Tanto el profesorado como el alumnado han valorado positivamente el alineamiento de las actividades con los **métodos de evaluación**, priorizando el favorecer la implicación y motivación de los estudiantes frente a la obtención de una valoración cuantitativa. En cuanto al uso de rúbricas, se ha observado que son más útiles como orientación en el diseño de las actividades, para que estén alineadas con los resultados de aprendizaje deseados, que como instrumento de valoración de las actividades. Con relación a la evaluación en contextos de aprendizaje en proyectos y TFG, se considera importante que se expliciten indicadores para valorar los aspectos RSSE del proyecto, reforzando la visión de que dichos aspectos son algo intrínseco de la actividad profesional de la ingeniería.

A partir de la intervención desarrollada para la integración de competencias de sostenibilidad en proyectos de ingeniería, se aporta un **modelo conceptual** que se ha mostrado **eficaz** para responder a uno de los retos identificados para la **integración holística** de las competencias RSSE, como es el potenciar la reflexión, la visión sistémica y el razonamiento crítico. Este modelo **amplía e interconecta** las tres dimensiones básicas del desarrollo sostenible (económica, social y ambiental) planteando preguntas acerca del *por qué* (aportando fundamentos éticos), *para quiénes* (incluyendo en los análisis a los diferentes grupos de interés) y *para qué* (fomentando una visión estrategia orientada a la creación de valor compartido), y propone su consideración a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.

Lograr los objetivos de ampliar la visión, potenciar la reflexión, desarrollar el pensamiento holístico y sistémico, cuestionar, etc., requiere **tiempo y espacio** en la planificación docente de la formación en ingeniería. Esto es una de las principales barreras en un contexto docente con estudiantes muy cargados de clases, actividades y evaluaciones; con un profesorado sobrecargado de trabajo – en especial el más activo – y poco reconocimiento de su actividad docente; y, en general, con planes de estudios muy saturados de contenidos y competencias.

Figura 10.5. Modelo metodológico y modelo conceptual que se han mostrado efectivos para desarrollar competencias RSSE en estudiantes de ingenierías.



Pero, si se quieren lograr los objetivos mencionados, es necesario que haya:

- tiempo y espacio en los programas de las asignaturas y el modelo de TFG para incluir explícitamente y visibilizar los aspectos RSSE relacionados con la titulación,
- tiempo para desarrollar actividades que promuevan la atención, la escucha, la concentración, la profundidad (lectura, escritura, debate, discurso, etc.), para que los alumnos se planteen el “para qué”, el “por qué”, el “para quiénes” de las materias que estudian y de su futura actividad profesional, y lo conecten con la realidad de su contexto social; y esto es especialmente necesario para equilibrar la formación de las nuevas generaciones de *millennials* (Moreno-Romero 2017).
- tiempo para actividades extracurriculares que conecten a la comunidad universitaria con los retos sociales y amplíen la visión de la formación académica,
- tiempo del profesorado para planificar la integración de todo ello en su actividad docente, y para formarse en un área de conocimiento compleja y de la que, en general, no ha recibido una formación previa,
- ajuste adecuado de los tiempos para que los estudiantes no perciban el trabajo de las competencias RSSE como una “carga extra sin sentido”, sino como actividades útiles y significativas para su formación en ingeniería.

La respuesta que el profesorado con experiencia aporta ante esta situación es que los modelos propuestos, las referencias y recursos pueden inspirar y animar a trabajar las competencias RSSE, pero siempre será necesario un trabajo de **adaptación al propio contexto** y a las características del mismo (tiempos, temáticas, intereses del alumnado, capacidades del profesorado, recursos, etc.). Se recomienda una actitud de aceptación de la complejidad y actuar en el marco de lo posible, sin añadir mucha más complejidad al sistema.

Para ello, y a partir de los estudios realizados, esta tesis refrenda el papel central del **compromiso y la motivación del profesorado** – el **factor humano** – para la integración adecuada de dichas competencias en los procesos de enseñanza-aprendizaje. El alumnado valora especialmente su papel como orientador de dichos procesos y reclama una mayor coordinación entre los equipos de profesorado. Por su parte, los profesores consideran deseable el trabajo en grupos, con profesorado de diferentes perfiles y que tenga continuidad en el tiempo. Si se quiere transmitir de forma efectiva una visión holística, es imprescindible **trabajar de forma coordinada**, que vaya más allá de la suma de las partes y armonice las distintas visiones y capacidades que tiene el profesorado en relación con las competencias RSSE. El objetivo es ofrecer una formación que incluya de forma coherente las distintas dimensiones de dichas competencias y que esté adaptada a la mentalidad e intereses del alumnado de ingeniería.

Sin embargo, se ha visto en las intervenciones docentes, y especialmente en los grupos y entrevistas, que para promover esta implicación del profesorado y que no sea una mera opción personal voluntarista, es imprescindible el apoyo institucional con iniciativas y recursos concretos. En el siguiente apartado, se presentan las reflexiones sobre los aspectos institucionales que, precisamente, pueden ampliar las posibilidades de actuación.

### **10.3.3. Perspectiva institucional**

Para responder a *cómo* las instituciones universitarias pueden apoyar la *integración de las competencias RSSE de forma holística y sistemática en los planes de estudios*, se puede decir que el gran reto es la **transformación** de la propia **cultura institucional** de la universidad, de cada universidad y de cada centro en particular, y la **transformación personal** de los profesionales que forman parte de ella. En algunos de los grupos focales desarrollados en el trabajo de esta tesis se ha hablado de llegar al “**convencimiento institucional**”, de tal forma que la universidad asuma efectivamente su responsabilidad ante la sociedad, y el PDI su responsabilidad profesional como docente, implicándose para ofrecer una formación integral a sus estudiantes acorde a la complejidad de la sociedad actual. Éste es un proceso de cambio que requiere tiempo e ir adquiriendo nuevos hábitos y modos de actuar. Algunas propuestas para facilitararlo se explican a continuación.

La primera propuesta, ya mencionada anteriormente, es partir de las iniciativas ya existentes y alinear con ellas la integración de las competencias RSSE en los planes de estudios. Por

ejemplo, es cada vez más frecuente la existencia de planes estratégicos (de universidad o de centros) orientados a la calidad, la responsabilidad social universitaria o la sostenibilidad. Estos planes generalmente incluyen líneas de acción en el ámbito docente que recogen el trabajo de competencias transversales, entre las que se encuentran (o deberían encontrarse) las competencias RSSE (Benayas et al. 2017).

Es importante que en la misión, visión y valores de dichos planes, se incluyan explícitamente aspectos de responsabilidad social, sostenibilidad y ética profesional, y esto ya se está haciendo en la mayoría de las universidades. Pero es esencial **visibilizarlos** de forma efectiva ante la comunidad universitaria, de forma que se vayan integrando en la cultura institucional, como criterio de calidad y excelencia. En el ámbito docente, esto implica que esos aspectos estén presentes, y tengan su lugar y su tiempo en los planes de estudio. Para que sea efectivo, es necesario que se definan los indicadores adecuados para realizar un **seguimiento** de las acciones previstas, una **evaluación** de los objetivos y una **rendición de cuentas** sobre los mismos, potenciando su continuidad y mejora (CADEP-CRUE 2012; Lozano 2012; REDS-SDSN 2017; UNESCO 2014).

Dentro de la dimensión estratégica de la formación, y del diseño de los planes de estudios en particular, se ha identificado como palancas el hecho de que las titulaciones y muchas asignaturas ya incluyen entre sus competencias algunas competencias RSSE, así como los procesos periódicos de evaluación de las titulaciones y las acreditaciones internacionales de titulaciones de ingeniería (ABET, EURACE). Institucionalmente, se pueden aprovechar estos procesos para generar **dinámicas de seguimiento y mejora** de la integración real de dichas competencias en la docencia, como ya se está haciendo en algunos centros.

Una práctica que se ha mostrado eficaz en la integración de las competencias RSSE en los planes de estudios es la existencia de **comisiones/grupos de trabajo/responsables de competencias transversales**, cuya misión es coordinar su inclusión a lo largo del plan de estudios, de forma sistemática y coherente. La existencia de **mapas de competencias**, que visibilizan y asignan de forma concreta el trabajo de dichas competencias a lo largo de los distintos cursos es también un instrumento efectivo.

Desde un enfoque estratégico sistémico, institucionalmente se puede promover la **conexión de los objetivos y actividades curriculares con la actividad investigadora y la gestión de los campus**, incorporando a los estudiantes en el día a día de la actividad universitaria. Algunas propuestas son facilitar la participación en acciones de mejora de la sostenibilidad del campus, o **visibilizar en la docencia** los impactos de la investigación que se lleva a cabo en programas orientados a afrontar los retos de la sociedad actual y promover la reflexión sobre los mismos.

Además, esto puede ser un factor motivador importante para el profesorado que, como se ha mencionado antes, juega un papel central en la integración curricular de las

competencias RSSE, pero ha de contar con un **liderazgo institucional** apropiado que contribuya a su implicación y desarrollo profesional.

Actualmente, como explica Moreno-Romero (2017), la universidad pública tiene una estructura organizativa burocrática, poco flexible en la gestión de los procesos establecidos y con recursos materiales limitados. Además, los incentivos que ofrece el sistema de acreditación de mérito priman la función investigadora frente a la docente. Ante este desafío organizativo, propone apoyarse en los **factores motivacionales del profesorado** (como la autonomía de actuación, la responsabilidad y la libertad para la orientación vocacional), al igual que algunos de los participantes en los grupos focales desarrollados en esta tesis. Este apoyo puede darse potenciando los **valores de compromiso con la sociedad** propios de la misión de la universidad y facilitando el desarrollo de sus **competencias para gestionar los entornos de red** complejos en los que trabaja (asignaturas, departamentos, grupos de investigación, relación entre centros, participación en proyectos, etc.).

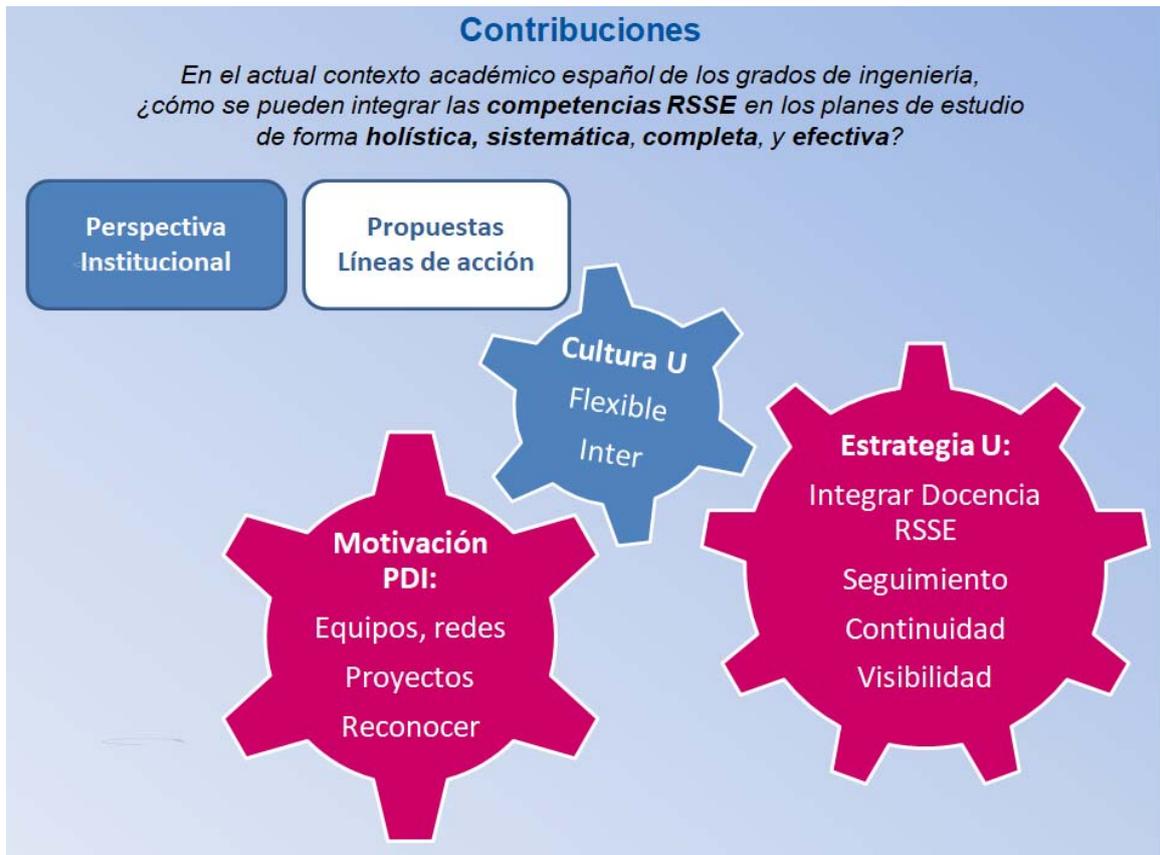
En la línea que se propone en esta tesis de alineamiento con lo que ya está en marcha, la revisión de la literatura y las reflexiones con profesorado muestran que un primer paso eficaz es la **identificación de personas y/o grupos interesados y motivados** por la integración de las competencias RSSE en la práctica docente y en la actividad general de la universidad, o que de hecho ya estén implicados en ello. Es importante el apoyo institucional para facilitar la **formación, continuidad, visibilidad y reconocimiento de equipos de trabajo** en los que se integren dichas personas, considerando que la formación de grupos de trabajo es un factor de refuerzo de la motivación de los profesionales que se refleja en una mayor efectividad (Moreno-Romero, 2017). Estos grupos pueden existir a muy distintos niveles y, si se les da **visibilidad**, pueden jugar un importante papel como **referentes** para profesores, estudiantes, gestores académicos, etc.

El objetivo sería que a nivel de centro o de universidad, cualquier persona de la comunidad universitaria que esté interesada en algún aspecto de sostenibilidad o responsabilidad social, tenga una referencia a la que acudir. En los centros pueden ser grupos de profesores de asignaturas directamente relacionadas con las competencias RSSE, comisiones responsables de competencias transversales o alguna figura en el equipo directivo. A nivel de universidad, pueden ser grupos de trabajo ligados al ICE, a oficinas o vicerrectorados de sostenibilidad, a departamentos de innovación educativa, a institutos o centros específicos<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Centro de Ética Aplicada (Universidad de Deusto): [socialesyhumanas.deusto.es/cs/Satellite/socialesyhumanas/es/centro-etica-aplicada](https://socialesyhumanas.deusto.es/cs/Satellite/socialesyhumanas/es/centro-etica-aplicada)  
Centro de Innovación en Tecnología para el Desarrollo Humano (ITD-UPM): [www.itd.upm.es](http://www.itd.upm.es)  
Gothenburg Centre for Sustainable Development (GMV-University of Gothenburg, Chalmers University of Technology): [gmv.gu.se/english](http://gmv.gu.se/english)  
Instituto Universitario de Investigación en Ciencia y Tecnologías de la Sostenibilidad (IS-UPC): [is.upc.edu/es](http://is.upc.edu/es)

Figura 10.6. Propuestas para el apoyo institucional a la integración de competencias RSSE en la formación universitaria en ingenierías



Otra línea importante a potenciar institucionalmente para apoyar al profesorado es la formación del mismo. Se pueden alinear las estrategias de **formación de profesorado** en competencias RSSE con otras iniciativas formativas ya en marcha relacionadas con la formación en competencias: innovación en metodologías docentes, formación en competencias de trabajo interdisciplinar, formación inicial de profesorado, formación para doctorandos (desde el enfoque de la *investigación e innovación responsable*), etc. No obstante, salvo en formaciones iniciales, la experiencia muestra que el enfoque “*teach the teacher*” no es muy exitoso, y son más efectivas estrategias “*ask the teacher*” que invitan al profesorado a contribuir con sus conocimientos al trabajo para desarrollar competencias RSSE, o bien el “*mentoring*” o acompañamiento por parte de profesores con experiencia previa.

La complejidad del ámbito de las competencias RSSE implica la necesidad de un **perfil del profesorado** transdisciplinar, difícil de conseguir en una estructura universitaria que generalmente está muy compartimentada por asignaturas, áreas de conocimiento, departamentos, centros, y un profesorado que no siempre tiene suficientemente desarrolladas las competencias para el trabajo colaborativo, **interdisciplinar**, crítico y creativo.

Por ello es necesaria cierta **flexibilidad** en la organización docente que facilite el trabajo interdisciplinar, interdepartamental, intercentros: asignaturas con profesorado de distintos perfiles, TFG interdisciplinarios, asignaturas comunes de universidad (como tienen UC3M, UAH, URJC), proyectos innovación educativa intercentros (UPM), actividades extracurriculares compartidas, integración de actores externos en actividades docentes, etc.

La referencia de la formación de posgrado, en especial de los máster, que tiene un mayor grado de flexibilidad, interdisciplinariedad y conexión con la sociedad, puede ser útil para transferir esas características a la docencia de los grados, teniendo siempre en cuenta la necesidad de adaptarla al nivel de madurez del alumnado de estas titulaciones.

También potencia esa flexibilidad la creación de **espacios de encuentro** interdisciplinarios y transdisciplinarios que incluyan también a actores no académicos. El objetivo es que contribuyan a generar nuevas dinámicas que superen las rigideces de las estructuras disciplinares, así como espacios de interacción para el intercambio de experiencias, la reflexión sobre las prácticas docentes, y promover la generación creativa de nuevas ideas y acciones de transformación.

Y no se puede olvidar que un apoyo institucional efectivo ha de contar con **recursos económicos y recursos humanos** suficientes.

Esta opción por la flexibilidad y el apoyo a equipos de trabajo con perfiles diversos que se propone para el ámbito docente, puede orientar una transformación de la cultura institucional que facilite que la universidad sea un agente activo para abordar las problemáticas de la sociedad actual. Según Benayas et al. (2017), hay que superar las estructuras disciplinares y estancas, y *“crear departamentos, centros y áreas de encuentro y trabajo compartido basados en temáticas y problemas específicos en los que puedan integrarse profesionales de campos muy diversos desde la economía, al derecho, la sanidad, las ingenierías, las ciencias de la vida o las ciencias sociales”*, que aporten una perspectiva holística e integradora.

#### **10.4. Limitaciones**

Considerando que el objetivo general de esta tesis es contribuir a la mejora de la formación de los estudiantes de ingenierías en competencias de responsabilidad social, sostenibilidad y ética profesional, se pueden encontrar diversas limitaciones de la investigación realizada.

Las más generales vienen dadas por el carácter y el alcance establecido para dicha investigación. La orientación *para* la práctica y *desde* la práctica limita las contribuciones teóricas relacionadas con la definición y caracterización de las competencias objeto del estudio, habiéndose trabajado a partir de las definiciones de las mismas que actualmente se incluyen en los planes de estudios. La investigación se ha limitado al contexto universitario español y dentro del campo de las ingenierías a dos áreas concretas: las ingenierías industriales y las ingenierías informáticas. Los resultados obtenidos han sido diferentes,

reflejando las características específicas de cada una de ellas. Esto muestra que serían necesarios otros estudios para poder explicar mejor la situación global de las ingenierías y los rasgos particulares en cada una de sus especialidades. No obstante, se considera que hay algunos resultados que sí pueden ser generalizables y adaptados a otros contextos.

Los estudios se han focalizado al ámbito curricular de las asignaturas obligatorias, aunque se también se haya recogido información sobre optatividad y algunas iniciativas extracurriculares. La aportación de estas otras actividades formativas también es relevante para el desarrollo de las competencias RSSE, pero no se ha profundizado en ella en esta tesis.

También ha habido limitaciones debidas a la viabilidad de realizar determinados estudios, por falta de recursos suficientes o a condicionamientos del contexto académicos en el que se desarrollaba la investigación. En este sentido, hubiera sido deseable haber realizado el estudio exploratorio de forma exhaustiva en todas las universidades españolas. Además, los cambios en los planes de estudios limitaron el tiempo de intervención en el estudio sobre el trabajo con dilemas éticos, y aspectos relativos a la organización docente general de las asignaturas *Ingenia*, limitaron las evaluaciones con el alumnado de dichas asignaturas. También hubiera sido deseable haber realizado un número mayor de entrevistas a expertos para completar la reflexión sobre los resultados obtenidos. No obstante, las aportaciones de los grupos focales así como la participación en diversos foros abiertos y grupos de trabajo, han permitido tener espacios de reflexión e intercambio que han sido importantes para enriquecer los resultados de esta tesis.

Asumiendo esas limitaciones, se considera que la validez del estudio se sustenta por la amplitud de los datos recogidos, la iteración de intervenciones, la descripción detallada de los procesos seguidos en cada caso y de los datos que fundamentan los resultados, el contraste con pares en diversos foros académicos y la propia reflexión del investigador.

## **10.5. Futuras investigaciones y líneas de trabajo**

Esta investigación está principalmente orientada a la práctica, tanto a nivel docente como curricular, por lo que las futuras líneas de trabajo e investigación se orientan a la implementación, seguimiento y evaluación de algunas de las propuestas presentadas. Para reforzar su viabilidad, se han seleccionado aquéllas que están alineadas con iniciativas ya en marcha o con los objetivos de grupos de trabajo con los que colabora habitualmente el autor.

Desde la **perspectiva de la práctica docente**, es necesario seguir profundizando en el análisis de la **eficacia de determinadas metodologías docentes**. En esta tesis se han desarrollado un modelo metodológico y un modelo conceptual que se han aplicado en asignaturas basadas en proyectos y para el estudio de casos en forma de dilemas éticos. Una línea de

investigación puede ser el desarrollo y adaptación de dichos modelos a otros contextos docentes, valorando su eficacia.

En concreto, ya se han adaptado en algunos modelos de desarrollo y evaluación de **competencias RSSE en el TFG y el TFM** de diversas titulaciones de la UPM. Se ha visto que estas asignaturas son uno de los contextos que ofrecen más posibilidades para integrar el trabajo de competencias RSSE, sería útil investigar cómo evoluciona el desempeño de los estudiantes, relacionándolo con el trabajo desarrollado en otras asignaturas del plan de estudios (como pueden ser asignaturas de *Humanidades*, de *Proyectos* o las propias asignaturas *Ingenia*, en el caso de la ETSII-UPM). Los resultados podrían ser útiles para replicar en otros centros de la UPM y en otras escuelas de ingeniería.

Otras líneas de investigación que se consideran interesantes para mejorar el modelo metodológico estudiado en esta tesis son las siguientes:

- Encontrar métodos de evaluación formativa efectivos cuyos requerimientos de dedicación por parte del profesorado se adecúen a la disponibilidad real de éste.
- Integrar aspectos emocionales y afectivos en los procesos de toma de decisiones en la actividad profesional, así como las interacciones de otras competencias sociales y personales (trabajo en equipo, comunicación, creatividad) con las competencias RSSE.
- Ampliar y consolidar la participación de agentes externos en las asignaturas, que puedan aportar su experiencia en la integración de criterios éticos y de responsabilidad social en el desarrollo de productos y servicios de ingeniería. Es especialmente interesante en campos como la inteligencia artificial, la robótica o el big-data, en donde se están desarrollando actualmente intensos debates sobre aspectos éticos y sus implicaciones sociales.

La idea sería completar el modelo metodológico desarrollado en esta tesis según la figura 10.7.

Figura 10.7. Propuesta de un nuevo modelo metodológico a desarrollar y analizar



Desde la **perspectiva de los planes de estudio**, hay dos líneas de trabajo que se han visto eficaces para apoyar la integración holística, completa y sistemática de las RSSE en los planes de estudio, y en las que es necesario seguir profundizando y ampliar su difusión.

Una de ellas es el diseño e implementación de **mapas de competencias** de sostenibilidad para los distintos grados de ingenierías. En esta línea ya se ha trabajado dentro del proyecto EDINSOST<sup>2</sup>, junto a investigadores de distintas universidades y diversas áreas de conocimiento. Este trabajo se quiere ampliar, incluyendo de forma más explícita los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

La otra línea, relacionada con la anterior, es el desarrollo y análisis de **modelos de organización participativa** que faciliten el diseño, implantación, seguimiento y evaluación de la integración de las competencias RSSE en los planes de estudio (o de los mapas de sostenibilidad, por relacionarlo con la línea de acción anterior). En la tesis ya se han visto algunos modelos exitosos, principalmente a nivel de centro. Sería necesario encontrar modelos a nivel de toda la institución, que sirvieran de apoyo para hacer realidad que la práctica docente se incluya de forma efectiva en las estrategias de sostenibilidad de las universidades y el desarrollo de las competencias de RSSE en los planes de calidad de las mismas. La participación del autor como miembro del ITD-UPM y el Grupo de Investigación en Organizaciones Sostenibles de la ETSII-UPM<sup>3</sup> apoya estas líneas de trabajo.

Por último, la actual implicación de las universidades y otros actores sociales con la Agenda 2030 y los ODS, está impulsando líneas de investigación y acción con apoyo institucional que es necesario aprovechar. Aunque la mayoría de las iniciativas se centran en las dimensiones de gestión (sostenible) interna, investigación y transferencia, todas ellas representan oportunidades para que los **ODS sean un instrumento de acercar los retos globales a la docencia formal** y contribuir al desarrollo de las competencias RSSE de los estudiantes. Esta es una línea de investigación y acción en pleno desarrollo, en la que el autor ya está actualmente trabajando a través de su participación en diversos grupos y redes tanto a nivel de universidad de la UPM (ITD-UPM y RES2+U<sup>4</sup>), nacional (grupo de trabajo de Sostenibilización Curricular de la comisión sectorial de Sostenibilidad de la CRUE<sup>5</sup>) e internacional (en la actualización de la guía sobre ODS y Universidad de la *Sustainable Development Solutions Network*<sup>6</sup>, junto con profesorado de la UPM y otras universidades de diversos países).

Los estudios más recientes sobre las acciones de las universidades españolas en el ámbito de la sostenibilidad y los ODS, siguen mostrando que el ámbito de la docencia es el que menos

---

<sup>2</sup> Educación e innovación social para la sostenibilidad. Formación en las Universidades españolas de profesionales como agentes de cambio para afrontar los retos de la sociedad: [www.edinsost.upc.edu](http://www.edinsost.upc.edu)

<sup>3</sup> <http://www.itd.upm.es/gios/el-gios/>

<sup>4</sup> <http://blogs.upm.es/res2masu/quienes-somos/>

<sup>5</sup> <http://www.crue.org/SitePages/Crue-Sostenibilidad.aspx>

<sup>6</sup> <http://unsdsn.org/news/2019/03/07/call-for-case-studies-sdg-learning-and-teaching-in-universities/>

se está desarrollando (Benayas y Marcén 2019). Se espera que los resultados aportados por esta tesis, y las líneas de investigación y de acción propuestas, contribuyan a que la universidad como institución desempeñe plenamente su rol para afrontar los retos globales actuales, en especial en lo referente a la formación de ciudadanos y profesionales responsables.





## REFERENCIAS

- ABET (2015). *Criteria for Accrediting Engineering Programs*. Accreditation Board for Engineering and Technology. Recuperado de: <http://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/>
- ACM (2018). *Curricula Recommendations*. Association for Computing Machinery. Recuperado de: <https://www.acm.org/education/curricula-recommendations>
- Agusto, H., Ramírez, P., Poblete, P. y Vargas, X. (2012). Ethics Learning Outcome: An Integrated Learning Experience. *Proceedings of the 8th International CDIO Conference*, Queensland University of Technology, Brisbane, 2-5 July, 2012.
- Alba, D. (2016). *La evaluación de la contribución de la universidad a la sostenibilidad ambiental. Una aplicación a las universidades españolas*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
- Alba, D. (2017). Hacia una fundamentación de la sostenibilidad en la educación superior. *Revista Iberoamericana de Educación*, 73, 15-34.
- Albareda, S., Fernández, M., Mallarach, J.M., y Vidal, S. (2017). Barreras para la sostenibilidad integral en la Universidad. *Revista Iberoamericana de Educación*, 73, 253-272.
- Albareda-Tiana, S., y Gonzalvo-Cirac, M. (2013). Competencias genéricas en sostenibilidad en la Educación Superior. Revisión y compilación. *Revista de Comunicación de la SEECI*, 32, 141-159.
- Albert, M. J. (2007). *La Investigación Educativa: Claves teóricas*. Universidad Nacional de Educación a Distancia. McGrawHill.
- Alonso, J.A. (Director) et al. (2013). *Compromiso global por un desarrollo incluyente y sostenible. Consideraciones sobre la Agenda Post-2015*. Documento de trabajo, Secretaría General de Cooperación Internacional para el Desarrollo, Madrid.
- Anderson, T., y Shattuck, J. (2012). Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research? *Educational Researcher*, 41(1), 16-25.
- ANECA, Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (2005). *Libro Blanco de Grado en Ingeniería Informática*. Recuperado de: <http://www.aneca.es/Documentos-y-publicaciones/Libros-Blancos>
- Angelaki, M. (2016). *An Introduction to Responsible Research and Innovation*. PASTEUR4OA. Recuperado de: [www.pasteur4oa.eu/sites/pasteur4oa/files/resource/RRI\\_POLICY%20BRIEF.pdf](http://www.pasteur4oa.eu/sites/pasteur4oa/files/resource/RRI_POLICY%20BRIEF.pdf)
- Anguera de Sojo, A., Davara, E., Fernández, C., y Miñano, R. (2012). *La ingeniería informática. Aspectos éticos, jurídicos y sociales*. Ed. Universitat.
- Antúnez, M., Gomera, A., y Villamandos, F. (2017). Sostenibilidad y currículum: problemática y posibles soluciones en el contexto universitario español. Profesorado. *Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 21(4), 197-214.
- Aramburuzabala, P., Cerrillo, R., y Tello, I. (2015). Aprendizaje-servicio: Una propuesta metodológica para la introducción de la sostenibilidad curricular en la universidad. Profesorado. *Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 19(1), 78-95.

- Azapagic, A., Perdan, S., y Shallcross D. (2005). How much do engineering students know about sustainable development? The findings of an international survey and possible implications for the engineering curriculum. *European Journal of Engineering Education*, 30(1), 1-19.
- Aznar, P., Martínez, M.P., Palacios, B., Piñero, A., y Ull, M. A. (2011). Introducing sustainability into university curricula: an indicator and baseline survey of the views of university teachers at the University of Valencia. *Environmental Education Research*, 17(2), 145- 166.
- Aznar, P., Ull, M. A., Martínez. M.P., y Piñero, A. (2012). *Evaluación de la instrucción de competencias específicas para la sostenibilidad en los estudios de grado en la Universitat de València*. Informe de investigación. Universitat de València. Recuperado de: <https://www.uv.es/uvweb/campus-sostenible/es/educacion-investigacion/sostenibilidad-academica/informes-evaluacion-seguimiento/informes-1285910390866.html>
- Aznar, P., Ull, M. A., Martínez. M.P., y Piñero, A. (2013). *Evaluación de las competencias para la sostenibilidad en las guías docentes de las asignaturas de los títulos de grado en la Universitat de València*. Informe de investigación. Universitat de València. Recuperado de: <https://www.uv.es/uvweb/campus-sostenible/es/educacion-investigacion/sostenibilidad-academica/informes-evaluacion-seguimiento/informes-1285910390866.html>
- Aznar, P., Ull, M.A., Piñero, A., y Martínez-Agut, P. (2017). La evaluación de la formación de formadores. Un catalizador en el proceso de cambio curricular hacia la sostenibilidad. *Revista Iberoamericana de Educación*, 73, 225-252.
- Barrón, Á., Navarrete, A., y Ferrer-Balas, D. (2010). Sostenibilización curricular en las universidades españolas. ¿Ha llegado la hora de actuar? *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 7, 388-399.
- Bell, B., y Cowie, B. (2001). The characteristics of formative assessment in science education. *Science education*, 85(5), 536-553.
- Benayas, J.; Marcén, C.; Alba, D., y Gutiérrez, J.M. (2017). *Educación para la Sostenibilidad en España. Reflexiones y propuestas*. Documento de Trabajo Opex Nº 86/2017. Fundación Alternativas y Red Española para el Desarrollo Sostenible.
- Benoît, C., y Mazijn, B. (Eds) (2009). *Guidelines for social life cycle assessment of products*. United Nations Environment Program (UNEP). Recuperado de: [http://www.unep.org/pdf/DTIE\\_PDFS/DTIx1164xPA-guidelines\\_sLCA.pdf](http://www.unep.org/pdf/DTIE_PDFS/DTIx1164xPA-guidelines_sLCA.pdf)
- Benoît-Norris, C., Traverso, M., Valdivia, S., Vickery-Niederman, G., Franze, J., Azuero, L., ... y Aulisio, D. (2013). *The methodological sheets for subcategories in the social life cycle assessment (S-LCA)*. Pre-publication version, United Nations Environment Program (UNEP) and SETAC. Recuperado de: [http://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2013/11/S-LCA\\_methodological\\_sheets\\_11.11.13.pdf](http://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2013/11/S-LCA_methodological_sheets_11.11.13.pdf)
- Berglund, A., Havtun, H., Jerbrant, A., Wingård, L., Andersson, M., Hedin, B., y Kjellgren, B. (2017). The Pedagogical Developers Initiative: Systematic Shifts, Serendipities, and Setbacks. *Proceedings of the 13th International CDIO Conference*. University of Calgary, Canada. June 18-22, 2017.
- Berne, R.W., y Schummer, J. (2005). Teaching societal and ethical implications of nanotechnology to engineering students through science fiction. *Bulletin of Science, Technology y Society*, 25(6), 459–468.

- Besterfield-Sacre, M., Shuman, L.J., Wolfe, H., y Atman, C.J. (2000). Defining the outcomes: a framework for EC-2000. *IEEE Transactions on Engineering Education*, 43(2), 100-110.
- Bilbao, G., Fuertes, J., y Guibert, J. M. (2006). *Ética para ingenieros*. Bilbao, Spain. Desclée de Brouwer.
- Binder, A., Clausen, E., y Hutwalker, A. (2017). Integrating Sustainability Aspects in Mining Engineering Education. *Proceedings of the 13th International CDIO Conference*, pp. 548-558. University of Calgary, Canada. June 18-22, 2017.
- Boff, L. (2008). *La opción-Tierra*. Santander. Sal Terrae.
- Bolívar, A. (2008). El discurso de las competencias en España: educación básica y educación superior. *Revista de Docencia Universitaria*.
- Bolívar, A. (2011). Aprender a liderar líderes. Competencias para un liderazgo directivo que promueva el liderazgo docente. *Educar*, 47(2), 253-275.
- Boni, A. (2005). *La Educación para el Desarrollo en la enseñanza universitaria como una estrategia de la cooperación orientada al desarrollo humano*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
- Boni, A., y Pérez-Foguet, A. (Eds.) (2006). *Construir la ciudadanía global desde la universidad: propuestas pedagógicas para la introducción de la educación para el desarrollo en las enseñanzas científico-técnicas* (Vol. 32). Intermón Oxfam Editorial.
- Borenstein, J., Drake, M. J., Kirkman, R., y Swann, J. L. (2010). The engineering and science issues test (ESIT): A discipline-specific approach to assessing moral judgment. *Science and Engineering Ethics*, 16 (2), 387-407.
- Borge, R., Muñoz-Guijosa, J.M., Moreno-Romero, A., Miñano, R., Chacón Tanarro, E., Fernández Ferreras, F.J. & Lumbreras, J. (2017). Integrating Sustainability as a Critical Skill in a CDIO "Product Development" Course. *Proceedings of the 13th International CDIO Conference*, pp 519-535. Calgary, Canada, June 18-22, 2017.
- Borrego, M., Newswander, C. B., McNair, L. D., McGinnis, S., y Paretto, M. C. (2009). Using Concept Maps to Assess Interdisciplinary Integration of Green Engineering Knowledge. *Advances in Engineering Education*, 1(3), n3.
- Børsen, T., Antia, A. N., y Glessmer, M. S. (2013). A case study of teaching social responsibility to doctoral students in the climate sciences. *Science and Engineering Ethics*, 19(4), 1491-1504.
- Bowden, P., y Smythe, V. (2008). Theories on Teaching y Training in Ethics. *Electronic Journal of Business Ethics and Organization Studies*, 13(2), 19-26.
- Boyatzis, R. E. (1982). *The competent manager: A model for effective performance*. John Wiley y Sons.
- Braßler, M. (2016). Interdisciplinary problem-based learning. A student-centered pedagogy to teach social sustainable development. En: *Teaching Education for Sustainable Development at University Level*. Leal, W., y Pace, P. (Eds.). Springer, pp. 245-257.
- Bravo, J., Martínez, M. A., y Pamplona, S. (Coords.) (2013). *Tecnología y gestión de la información y del conocimiento*. Centro de Estudios Financieros, CEF, Madrid.
- Brenifier, O. (2005). *Enseñar mediante el debate*. Edere. México.

- Brennan, R.W., y Hugo, R.J. (2017). A self-efficacy survey for engineering graduate attributes assessment. *Proceedings of the 13th International CDIO Conference*, pp. 676-688. University of Calgary, Canada. June 18-22, 2017.
- Brey, P. A. (2012). Anticipating ethical issues in emerging IT. *Ethics and Information Technology*, 14(4), 305-317.
- Brodeur, D. (2012). The ethics of globalization. *Proceedings of the 8th International CDIO Conference*, Queensland University of Technology, Brisbane, 2-5 July, 2012.
- Brodeur, D. (2013). Mentoring young adults in the development of social responsibility. *Australasian Journal of Engineering Education*, 19(1), 13-25.
- Brown, A. L. (1992). Design Experiments: Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178.
- Brown, T. (2009). *Change by design: How design thinking creates new alternatives for business and society*. Collins Business.
- Byrne, E. P. (2012). Teaching engineering ethics with sustainability as context. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 13(3), 232-248.
- Byrne, E. P. (2013). Mapping the Global Dimension within teaching and learning. En: *Integrating GDE into Academia*. GDEE (Eds.), Global Dimension in Engineering Education. Barcelona. Recuperado de: <http://gdee.eu/indez.php/resources.html>
- Bucciarelli, L. L. (2008). Ethics and Engineering Education. *European Journal of Engineering Education*, 33(2), 141-149.
- Buckler, C., y Creech, H. (2014). *Shaping the future we want: UN Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014)*. Final Report, UNESCO.
- CADEP-CRUE (2011). *Evaluación de las políticas universitarias de sostenibilidad como facilitadoras para el desarrollo de los campus de excelencia internacional*. Informe final. Recuperado de: [http://www.crue.org/Documentos%20compartidos/Estudios%20e%20Informes/22.INFORME\\_EVALUACION\\_COMPLETO.pdf](http://www.crue.org/Documentos%20compartidos/Estudios%20e%20Informes/22.INFORME_EVALUACION_COMPLETO.pdf)
- CADEP-CRUE (2012). *Directrices para la introducción de la sostenibilidad en el curriculum*. Documento aprobado por el Comité Ejecutivo del Grupo de Trabajo de Calidad Ambiental y Desarrollo Sostenible de la CRUE en abril de 2005. Revisado, actualizado y aprobado en junio 2012. Recuperado de: [http://www.crue.org/Documentos%20compartidos/Declaraciones/Directrices\\_Sostenibilidad\\_Crue2012.pdf](http://www.crue.org/Documentos%20compartidos/Declaraciones/Directrices_Sostenibilidad_Crue2012.pdf)
- Cano, A. (2014). *Exploración de las prácticas docentes con enfoque de educación para el desarrollo para la ciudadanía global*. Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Canosa, R.L., y Lucas, J.M. (2008). Mock trials and role-playing in computer ethics courses. *ACM SIGCSE Bulletin ACM*, 40(1), 148-152. ACM.
- Cañizo, C., Collado, J.M., Fernández Aller, C., Lambea, M., Lumbreras, J., Martínez, J., y Miñano, R. (2006). Desarrollo de competencias transversales: Evaluación de asignaturas de libre elección relacionadas con la cooperación para el desarrollo en escuelas técnicas de universidades madrileñas. *IV Congreso Internacional Docencia Universitaria e Innovación*. Barcelona, Julio 2006.

- Carson, D., Gilmore, A., Perry, C., y Grønhaug, K. (2001) *Qualitative Marketing Research*. London: Sage.
- Castells, M. (1998). *La era de la información. Economía, sociedad y cultura. Vol. 3. Fin del Milenio*, Madrid, Alianza Editorial.
- Castells, M. (2010). *Comunicación y poder*. Madrid, Alianza Editorial.
- Castells, M. (2010). *Redes de esperanza e indignación*. Madrid, Alianza Editorial.
- CEAB, Canadian Engineering Accreditation Board (2017). *Accreditation Criteria and Procedures 2017*. Recuperado de: <https://engineerscanada.ca/sites/default/files/accreditation-criteria-procedures-2017.pdf>
- Cebrián, G., y Junyent, M. (2015). Competencies in Education for Sustainable Development: Exploring the Student Teachers' Views. *Sustainability*, 7(3), 2768-2786.
- Cervera, J., Mataix, C., y Miñano, R. (2008). Título propio de grado UPM: Experto en cooperación para el desarrollo. *IV Congreso Universidad y Cooperación para el Desarrollo*. Barcelona, Spain, 12-14 Noviembre 2008. Recuperado de: <http://oa.upm.es/4443/>
- Chambers, D. P., Walker, C., Williams, K., Rayner, J., Farrell, C., Butt, A. M., y Rostan-Herbert, D. (2016). Engaging Students with Environmental Sustainability at a Research Intensive University: Examples of Small Successes. In *Teaching Education for Sustainable Development at University Level*. Leal, W., y Pace, P. (Eds.). Springer, pp. 205-219.
- Cheah, S.M. (2014). CDIO as curriculum model for education for sustainable development. *Proceedings of the 10th International CDIO Conference*, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain, June 16-19, 2014.
- Chua, P. H., y Cheah, S. M. (2013). Education for Sustainable Development using Design Thinking and Appropriate Technology. *Proceedings of the 9th International CDIO Conference*, MIT, Cambridge, Massachusetts, June 9-13, 2013.
- COMEST, World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology (2015). *Ethical Perspective on Science, Technology and Society: A Contribution to the Post-2015 Agenda*. Recuperado de: <http://www.unesco.org/new/en/social-and-human-sciences/themes/comest/comest-reports/>
- Cohen, L., Manion, L., y Morrison, K. (2011). *Research methods in education*. Routledge.
- Colby, A., y Sullivan, W.M. (2008). Ethics Teaching in Undergraduate Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 327-338.
- Collazo, L.M., y Geli, A.M. (2017). Avanzar en la educación para la sostenibilidad: combinación de metodologías para trabajar el pensamiento crítico y autónomo, la reflexión y la capacidad de transformación del sistema. *Revista Iberoamericana de Educación*, 73, 131-154.
- Comunian, A. L. (2002). Structure of the Padua moral judgment scale: A study of young adults in seven countries. *Proceedings of 110th Annual Conference of the American Psychological Association*. Chicago, IL, US. August 22-25, 2012.
- Conlon, E. (2008). The new engineer: between employability and social responsibility. *European Journal of Engineering Education*, 33(2), 151-159.

- Conlon, E. (2010). Towards an Integrated Approach to Engineering Ethics. *Proceedings of the 3rd International Symposium for Engineering Education*. Cork, Ireland, June 30-July 2, 2010.
- Conlon, E., y Zandvoort, H. (2011). Broadening ethics teaching in engineering: Beyond the individualistic approach. *Science and Engineering Ethics*, 17(2), 217-232.
- Corcoran, P. B., y Wals, A. E. J. (Eds.) (2005). *Higher Education and the Challenge of Sustainability: Problematics, Promise and Practice*. Dordrecht, Kluwer Academic Press.
- Cortina, A. (2007). *Ética de la razón cordial: educar en la ciudadanía en el siglo XXI*. Ediciones Nobel.
- Cortina, A. (2013). *¿Para qué sirve realmente...? La ética*. Paidós, Barcelona.
- Cotton, D., y Winter, J. (2010). It's not just bits of paper and light bulbs': A review of sustainability pedagogies and their potential for use in Higher Education. En: *Sustainability Education: Perspectives and Practice Across Higher Education*. Jones, D.P., Selby, D., y Sterling, S. (Eds.), p.39-54. Londres, Earthscan.
- Coughlan, P., y Coughlan, D. (2002). Action research for operations management. *International journal of operations y production management*, 22(2), 220-240.
- Crawley, E., Malmqvist, J., Ostlund, S., y Brodeur, D. (2007). *Rethinking engineering education. The CDIO Approach*. Springer Science + Business Media. New York.
- Crawley, E., Jianzhong, Z., Malmqvist, J., y Brodeur, D. (2008). On Engineering Education Environment [J]. *Research in Higher Education of Engineering*, 4, 002.
- Crawley, E., Malmqvist, J., Lucas, W.A., y Brodeur, D. (2011). *The CDIO Syllabus v2.0. An Updated Statement of Goals for Engineering Education*. Recuperado de: <http://www.cdio.org/framework-benefits/cdio-syllabus>
- CRUE-OCUD (2015). *Conclusiones de los diálogos Universidad y Desarrollo Sostenible*. Recuperado de: <http://www.ocud.es/files/doc870/conclusiones-universidadyods-22.pdf>.
- CTI, Commission des titres d'ingénieur (2015). *Références et orientations de la Commission des titres d'ingénieur*. Recuperado de: [https://api.cti-commission.fr/uploads/documents/backend/document\\_15\\_fr\\_references-et-orientations-livre-1\\_30-11-2015.pdf](https://api.cti-commission.fr/uploads/documents/backend/document_15_fr_references-et-orientations-livre-1_30-11-2015.pdf)
- CTI, Commission des titres d'ingénieur (2017). *Restitution des FOCUS d'audit 2016-2017*. Recuperado de: [https://www.cti-commission.fr/wp-content/uploads/2017/03/FOCUS\\_R2017\\_Restitution\\_201702.pdf](https://www.cti-commission.fr/wp-content/uploads/2017/03/FOCUS_R2017_Restitution_201702.pdf)
- Cummings, M.L. (2006). Integrating ethics in design through the value-sensitive design approach. *Science and Engineering Ethics*, 12(4), 701-715.
- Cyranek, G. (Coord.) (2005). *Hacia las Sociedades del Conocimiento*. UNESCO. Recuperado de: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001419/141908s.pdf>
- Davenport, T. (2002). Can you boost knowledge work's impact on the bottom line? *Harvard Management Update*, 7(12), 3-4.
- Davis, M. (2006). Integrating Ethics into Technical Courses: Micro-Insertion. *Science and Engineering Ethics*, 12(4), 717-730.

- De Brucker, K., Macharis, C., y Verbeke, A. (2013). Multi-criteria analysis and the resolution of sustainable development dilemmas: A stakeholder management approach. *European journal of operational research*, 224(1), 122-131.
- De Graaff, E y Ravesteijn, W. (2001). Training complete engineers: global enterprise and engineering education. *European Journal of Engineering Education*, 26(4), 419-427.
- De Haan, G. (2010). The development of ESD-related competencies in supportive institutional frameworks. *International Review of Education*, 56(2), 315–328.
- De Wit, H., y Leask, B. (2017). Reimagining the Curriculum for the 21st Century. En: *Higher Education in the World 6. Towards a Socially Responsible University: Balancing the Global with the Local*. Global University Network for Innovation, GUNI. Pallgrave Macmillan.
- Declaración de Talloires (1990). *Declaración de Talloires*. Association of University Leaders for a Sustainable Future. Recuperado de: <http://ulsf.org/talloires-declaration/>
- Declaración de Graz (2003). *Forward from Berlin: the role of universities*. Recuperado de: <http://www.eua.be>
- Declaración de Barcelona (2004). *Declaración de Barcelona*. International Conference on Engineering Education for Sustainable Development. Barcelona 27-29 October 2004. Recuperado de: [https://www.upc.edu/eesd-observatory/who/declaration-of-barcelona/BCN%20Declaration%20EESD\\_english.pdf](https://www.upc.edu/eesd-observatory/who/declaration-of-barcelona/BCN%20Declaration%20EESD_english.pdf)
- Delors, J., y International Commission on Education for the Twenty-first Century (1996). *La Educación encierra un Tesoro: Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI*. Compendio. Santillana.
- Design-Based Research Collective (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.
- Detweiler, C., Pommeranz, A., vd Hoven, J., y Nissenbaum, H. (2011). Values in design-building bridges between RE, HCI and ethics. En *IFIP Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 746-747). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Díaz Lantada, A., Hernández, A., Juanes, J., Martínez, S., Matía, F, Lumbreras, J.,...y Félez, J. (2014). Evolution and Implementation of CDIO Initiatives at ETSII-UPM. *Proceedings of the 10th International CDIO Conference*. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain, June 16-19, 2014.
- Díaz-Salazar, R. (2016). *Educación y cambio social*. PPC. Madrid.
- Didier, C. (2008). *Penser l'éthique des ingénieurs*. Presses Universitaires de France, Paris.
- Didier, C., y Derouet, A. (2013). Social Responsibility in French Engineering Education: A Historical and Sociological Analysis. *Science and Engineering Ethics*, 19(4), 1577-1588.
- Dieleman, H. y Huisingh D. (2006). Games by which to learn and teach about sustainable development: Exploring the relevance of games and experiential learning for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 14, 837-847.
- Doorn, N. (2012). Responsibility ascriptions in technology development and engineering: Three perspectives. *Science and Engineering Ethics*, 18(1), 69-90.

- Doorn, N., y van de Poel, I. (2012). Editors' overview: Moral responsibility in technology and engineering. *Science and engineering ethics*, 18(1), 1-11.
- Doorn, N., y Kroesen, J.O. (2013). Using and developing role plays in teaching aimed at preparing for social responsibility. *Science and Engineering Ethics*, 19(4), 1513-1527.
- Duarte, A. J., Malheiro, B., Castro Ribeiro, C., Silva, M. F., Ferreira, P., y Guedes, P. (2015). Developing an aquaponics system to learn sustainability and social compromise skills. *Journal of Technology and Science Education (JOTSE)*, 5(4), 235-253.
- Dzurainin, A. C., Shortridge, R. T., y Smith, P. A. (2013). Building ethical leaders: A way to integrate and assess ethics education. *Journal of business ethics*, 115(1), 101-114.
- EC, European Commission (2006). *Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente* (2006/962/CE).
- EC, European Commission (2011). *Estrategia renovada de la UE para 2011-2014 sobre la responsabilidad social de las empresas* (COM 2011/681).
- EC, European Commission (2015a). *Guía de uso del ECTS*. Recuperado de: [https://ec.europa.eu/education/sites/education/files/ects-users-guide\\_es.pdf](https://ec.europa.eu/education/sites/education/files/ects-users-guide_es.pdf)
- EC, European Commission (2015b). *Indicators for promoting and monitoring Responsible Research and Innovation*. Report from the Expert Group on Policy Indicators for Responsible Research and Innovation. Directorate-General for Research and Innovation.
- EC, European Commission (2016). *The EU Framework Programme for Research and Innovation*. Recuperado de: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/societal-challenges>
- EC, European Commission (2018). *European Framework for Qualifications*. Recuperado de: <http://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=738&langId=es&pubId=8071&furtherPubs=yes>
- EHEA, European Higher Education Area (2005). *A framework for qualifications of the European Higher Education Area*. Recuperado de: <http://www.ehea.info/pid34779/qualifications-frameworks-three-cycle-system-2007-2009.html>
- Eisenhardt, K. M., y Graebner, M. E. (2007). Theory building from cases: opportunities and challenges. *Academy of Management Journal*, 50(1), 25-32.
- El-Zein, A., Airey, D., Bowden, P., y Clarkeburn, H. (2008). Sustainability and ethics as decision-making paradigms in engineering curricula. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 9(2), 170-182.
- Elkington, J. (1994). Towards the sustainable corporation: win-win-win business strategies for sustainable development. *California Management Review* 36 (2), 90-100.
- Elkington, J. (1997). *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line in 21st Century Business*. Capstone, Oxford.
- ENAE, European Network for Accreditation of Engineering Education (2015). *EUR-ACE Framework Standards*. Recuperado de: <http://www.enaee.eu/wp-content/uploads/2015/04/EUR-ACE-Framework-Standards-and-Guidelines-Mar-2015.pdf>
- Enelund, M., Knutson Wedel, M., Lundqvist, U., y Malmqvist, J. (2013). Integration of Education for Sustainable Development in the Mechanical Engineering Curriculum. *Australasian Journal of Engineering Education*, 19(1), 1-12.
- EQANIE, European Quality Assurance Network for Informatics Education (2017). *Euro-Inf Framework Standards and Accreditation Criteria for Informatics Degree Programmes*. Recuperado de: <http://www.eqanie.eu/pages/quality-label/framework-standards-criteria.php>

- Escudero, A. (2009). Las competencias profesionales y la formación universitaria: posibilidades y riesgos. *SIPS - Revista Interuniversitaria de Pedagogía Social*, 16, 65-82.
- ETSII-UPM (2013). *Marco de desarrollo de competencias de la ETS Ingenieros Industriales de la UPM*. ETS de Ingenieros Industriales de la UPM. Recuperado de:  
[http://www.gig.etsii.upm.es/competencias/Folleto\\_Competencias\\_nov\\_2013\\_inter.pdf](http://www.gig.etsii.upm.es/competencias/Folleto_Competencias_nov_2013_inter.pdf)
- ETSII-UPM (2016). *Memoria de Responsabilidad Social de la ETS Ingenieros Industriales de la UPM 2014-2015*. ETS de Ingenieros Industriales de la UPM. Recuperado de:  
[https://www.etsii.upm.es/la\\_escuela/responsabilidad\\_social/MemoriaRS\\_1415.pdf](https://www.etsii.upm.es/la_escuela/responsabilidad_social/MemoriaRS_1415.pdf)
- Fabregat, J. (2013). Explicit training in human values and social attitudes of future engineers in Spain. *Science and Engineering Ethics*, 19(4),15-19.
- Fear, F., Rosaen, C., BawDen, R., y Foster-FisHMan, P. (2006). *Coming to Critical Engagement*. Maryland: University Press of America, Lanham.
- Fernández, A. (2006). Metodologías activas para la formación de competencias. *Educatio siglo XXI*, 24, 35-56.
- Ferrer-Balas, D., Adachi, J., Banas, S., Davidson, C. I., Hoshikoshi, A., Mishra, A., Motoda, Y., ... y Ostwald, M. (2008). An international comparative analysis of sustainability transformation across seven universities. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 9(3), 295- 316.
- Ferrer-Balas, D. (2008). Ingeniar el futuro. En: *El desarrollo humano sostenible en las aulas politécnicas*. Pérez-Foguet, A., y Lobera, J. (Eds.). Universidad Politécnica de Cataluña, pp. 31-34.
- Fien, J., y Tilbury, D. (2002). The global challenge of sustainability. En: *Education and Sustainability Responding to the Global Challenge*. Tilbury, D., Stevenson, R.B., Fien, J., y Schreuder, D. (Eds.). Belgium: IUCN Commission on Education and Communication CEC, pp. 1-12.
- Finelli, C. J., Holsapple, M. A., Ra, E., Bielby, R. M., Burt, B. A., Carpenter, D. D., ... y Sutkus, J. A. (2012). An assessment of engineering students' curricular and co-curricular experiences and their ethical development. *Journal of Engineering Education*, 101(3), 469-494.
- Finkbeiner, M., Schau, E. M., Lehmann, A., y Traverso, M. (2010). Towards life cycle sustainability assessment. *Sustainability*, 2 (10), 3309-3322.
- François, E.J. (2017). Preparing Glocal Citizenry, Implications for the Curriculum. En: *Higher Education in the World 6. Towards a Socially Responsible University: Balancing the Global with the Local*. Global University Network for Innovation, GUNI. Pallgrave Macmillan.
- Frank, M., y Barzilai, A. (2004). Integrating alternative assessment in a project-based learning course for pre-service science and technology teachers. *Assessment y Evaluation in Higher Education*, 29(1), 41-61.
- Friedman, B., y Kahn Jr, P. H. (2007). Human values, ethics, and design. En *The human-computer interaction handbook* (1223-1248). CRC Press.
- Fudano, J., Nishimura, H., Okabe, Y., Tochinai, F., Kanemitsu, H., Natsume, K., y Kim, Y. J. (2012). Engineering Ethics Across the Curriculum at Kanazawa Institute Of Technology. *Proceedings of the 8th International CDIO Conference*, Queensland University of Technology, Brisbane, 2-5 July, 2012.
- García Almiñana, J., García, H., López Álvarez, D., Sánchez Carracedo, F., Vidal López, E. M., Alier Forment, M., y Cabré García, J. M. (2013). La sostenibilidad en los proyectos de ingeniería. *ReVisión*, 6(2), 91-100.
- García-González, E., Jiménez-Fontana, R., y Navarrete, A. (2017). Educar para la sostenibilidad desde las Ciencias Económicas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 73, 155-178.
- Gardner, H. (1983). *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. Basic Books, New York.
- Génova, G., González, M. R., y Fraga, A. (2007). Ethical education in software engineering: Responsibility in the production of complex systems. *Science and engineering ethics*, 13(4), 505-522.

- Génova, G., y González, M. R. (2016). Teaching ethics to engineers: A socratic experience. *Science and engineering ethics*, 22(2), 567-580.
- GIOS, Grupo de Investigación en Organizaciones Sostenibles (2011). *Metodologías para la adquisición de competencias transversales en ética y responsabilidad social*. Proyecto de Innovación Educativa. Memoria de Actividad. Recuperado de: <http://www.itd.upm.es/gios/el-gios/>
- Global Footprint Network (2018). *Ecological Footprint per person: National Footprint Accounts 2018 Edition*. Recuperado de: <https://www.footprintnetwork.org/our-work/sustainable-development/>
- Goldin, I. M., Pinkus, R. L., y Ashley, K. (2015). Validity and reliability of an instrument for assessing case analyses in bioengineering ethics education. *Science and engineering ethics*, 21(3), 789-807.
- Gonzalez, J., y Wagenaar, R. (2003). *Tuning Educational Structures in Europe II. Universities' contribution to the Bologna process*. Bilbao, Universidad de Deusto.
- González Gilmas, O. (2008). Tiempo y espacio en las mundializaciones/globalizaciones. En: *Filosofía en un mundo global*. Ayestarán, I., Insausti, X., y Águila, R. (Eds.). Barcelona, Anthropos, 63-70.
- González-Gaudio, E.J., Meira, P.A., y Martínez Fernández, C.N. (2015). Sustentabilidad y universidad: Retos, ritos y posibles rutas. *Revista de la Educación Superior*, 175, 69-93.
- Gonzalo, V., Sobrino, M. R., Benítez, L., y Coronado, A. (2017). Revisión sistemática sobre competencias en desarrollo sostenible en educación superior. *Revista Iberoamericana de Educación*, 73, 85-108.
- Gore, T. (2015). La desigualdad extrema de las emisiones de carbono. *Informes Oxfam*. Recuperado de: <https://www.oxfam.org/es/informes/la-desigualdad-extrema-de-las-emisiones-de-carbono>
- Graham, R. (2018). The global state of the art in engineering education. *Massachusetts Institute of Technology (MIT), Massachusetts, USA2018*.
- GRI, Global Reporting Initiative (2013). Sustainability Topics for Sectors: What do stakeholders want to know? *GRI Research y Development series*. Recuperado de: <https://www.globalreporting.org/resourcelibrary/sustainability-topics.pdf>
- GRI, Global Reporting Initiative (2016). *GRI Guidelines and Standards Settings*. Recuperado de: <https://www.globalreporting.org/standards>
- Grindsted, T. S. (2011). Sustainable universities-from declarations on sustainability in higher education to national law. *Environmental economics*, 2 (3), 29-36.
- Grindsted, T. S. y Holm, T. (2012). Thematic development of declarations on Sustainability in Higher Education. *Environmental economics* 1 (1), 32-39.
- Guinée, J. (2016). Life cycle sustainability assessment: What is it and what are its challenges? En: *Taking stock of industrial ecology* (pp. 45-68). Springer, Cham.
- GUNI, Global University Network for Innovation (2012a). *Higher Education in the World 4. Higher Education's Commitment to Sustainability from Understanding to Action*. Pallgrave Macmillan.
- GUNI, Global University Network for Innovation (2012b). *Mercé Junyet i Pubill*. GUNI Talks. Recuperado de: <http://www.guninetwork.org/guni-talks/merce-junyet-pubill>
- GUNI, Global University Network for Innovation (2017). *Higher Education in the World 6. Towards a Socially Responsible University: Balancing the Global with the Local*. Pallgrave Macmillan.
- Haidt, J. (2001). The emotional dog and its rational tail: A social intuitionist approach to moral judgment. *Psychological review*, 108(4), 814-834.
- Hall, B.L., Bhatt,N., y Lepore, W. (2017). Curriculum, Higher Education, and the Public Good. En: *Higher Education in the World 6. Towards a Socially Responsible University: Balancing the Global with the Local*. Global University Network for Innovation, GUNI. Pallgrave Macmillan.

- Halbe, J., Adamowski, J., y Pahl-Wostl, C. (2015). The role of paradigms in engineering practice and education for sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 106, 272-282.
- Han, H., y Jeong, C. (2014). Improving epistemological beliefs and moral judgment through an STS based science ethics education program. *Science and Engineering Ethics*, 20(1), 197–220.
- Harari, Y.N. (2017). *Homo Deus. Breve historia del mañana*. Debate. Barcelona.
- Harpe, B., y Thomas, I. (2009). Curriculum change in universities: Conditions that facilitate education for sustainable development. *Journal of Education for Sustainable Development*, 3(1), 75-85.
- Harris Jr, C. E., Pritchard, M. S., Rabins, M. J., James, R., y Englehardt, E. (2013). *Engineering ethics: Concepts and cases*. Wadsworth, Cengage Learning.
- Hazeltine, B., y Bull, C. (1999). Appropriate Technology: Tools, Choices, and Implications (San Diego, CA: Academic) chapter, 7.
- Herkert, J.R. (1999). ABET's Engineering Criteria 2000 and Engineering Ethics: Where Do We Go From Here? *Proceedings of International Conference on Ethics in Engineering and Computer Science*, March 1999. Recuperado de: <http://www.onlineethics.org/Education/instructessays/herkert2.aspx>
- Herkert, J.R. (2001). Future Directions in Engineering Ethics Research: Microethics, Macroethics and the Role of Professional Societies. *Science and Engineering Ethics*, 7(4), 403-414.
- Herrán, A. de la (2014). Enfoque radical e inclusivo de la formación. *REICE: Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 12(2), 163-264.
- Herreras, E.B. (2004). La docencia a través de la investigación-acción. *Revista Iberoamericana de Educación*, 35(1), 1-9.
- Held, V. (2006). *The Ethics of Care: Personal, Political, and Global*. Oxford University Press. New York, 2006.
- Holgaard, J.E., Hadgraft, R., Kolmos, A., y Guerra, A. (2016). Strategies for education for sustainable development - Danish and Australian perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 112, 3479-3491.
- Holmberg, J; Svanström, M.; Peet, D.J.; Mulder, K.F.; Ferrer-Balas D., y Segalàs J. (2008). Embedding sustainability in higher education through interaction with lecturers: Case studies from three European technical universities. *European Journal of Engineering Education*, 33(3), 271- 282.
- Holmberg, J., Lundqvist, U., Svanström, M., y Arehag, M. (2012). The university and transformation towards sustainability: The strategy used at Chalmers University of Technology. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 13(3), 219-231.
- Holsapple, M.A., Carpenter, D.D., Sutkus, J.A., Finelli, C.J., y Harding, T.S. (2012). Framing Faculty and Student Discrepancies in Engineering Ethics Education Delivery. *Journal of Engineering Education*, 101(2), 169–186.
- Hoover, E., y Harder, M.K. (2014). What lies beneath the surface? The hidden complexities of organizational change for sustainability in higher education. *Journal of Cleaner Production*, 106, 175-188.
- Huff, A.S. (2008). *Designing research for publication*. Sage.
- Hussmann, P.M., Trandum, C. y Vigild, M.E. (2010). How to Include Sustainability in Engineering Education? – The “Green Challenge” at DTU is one way. *Proceedings of the 6th International CDIO Conference*, École Polytechnique, Montréal, June 15-18, 2010.
- IAU (2018). *Sustainable development: educating with purpose. Sustainable campus best practices from iscn and gulf universities*. International Association of Universities 2018. Recuperado de: <https://www.iau-hesd.net/en/news/3961-sustainable-development-educating-purpose.html>

- IEEE (2017). Ethically Aligned Design: A Vision for Prioritizing Human Well-being with Autonomous and Intelligent Systems, Version 2. *The IEEE Global Initiative on Ethics of Autonomous and Intelligent Systems*. Institute of Electrical and Electronics Engineers. Recuperado de: [http://standards.ieee.org/develop/indconn/ec/autonomous\\_systems.html](http://standards.ieee.org/develop/indconn/ec/autonomous_systems.html).
- ISOa. *ISO 14000. Environmental Management*. International Organization for Standardization. Recuperado de: <https://www.iso.org/iso-14001-environmental-management.html>
- ISOb. *ISO 26000. Social Responsibility*. International Organization for Standardization. Recuperado de: <https://www.iso.org/iso-26000-social-responsibility.html>
- Jacob, I. (2017). Desarrollo de competencias genéricas en los estudios de Ingeniería Informática: ¿qué está pasando? En: *Actas de las XXIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática*, pp. 35-42, Universidad de Extremadura, Cáceres, Spain, 5-7 Julio 2017.
- Jeswiet, J., Duflou, J., Dewulf, W., Luttrupp, C., y Hauschild, M. (2005). A Curriculum for Life Cycle Engineering Design for the Environment. *Proceedings of the 1st International CDIO Conference*, Kingston, Canada, 6-9 June, 2005.
- Jiménez Herrero, L. M. (2000). *Desarrollo sostenible. Transición hacia la coevolución global*. Pirámide. Madrid.
- Johnson, D. (2009). *Ética Informática*. Prentice Hall, Madrid.
- Jonas, H. (1985). *The imperative of responsibility: In search of an ethics for the technological age*. University of Chicago Press.
- Jones, T. M. (1991). Ethical decision making by individuals in organizations: An issue contingent model. *Academy of Management Review*, 16(2), 366-395.
- Jucker, R., y Mathar, R. (Eds.) (2015). *Schooling for Sustainable Development in Europe. Concepts, Policies and Educational Experiences at the End of the un Decade of Education for Sustainable Development*. Londres, Springer.
- Kagawa, F. (2007). Dissonance in students' perceptions of sustainable development and sustainability: Implications for curriculum change. *International journal of sustainability in higher education*, 8(3), 317-338.
- Karatzoglou, B. (2013). Na in-depth literature review of the evolving roles and contributions of universities to education for sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 49, 44-53.
- Keefer, M. W., Wilson, S. E. , Dankowicz, H., y Loui, M. C. (2014). The Importance of Formative Assessment in Science and Engineering Ethics Education: Some Evidence and Practical Advice. *Science and Engineering Ethics*, 20(1), 249-260.
- Keeler, L. W., Wiek, A., Lang, D. J., Yokohari, M., van Breda, J., Olsson, L., ... y Bojórquez-Tapia, L. A. (2016). Utilizing international networks for accelerating research and learning in transformational sustainability science. *Sustainability Science*, 11(5), 749-762.
- Kemmis, S., y Mctaggart, R. (1992). *Cómo planificar la investigación: Acción*. Laertes, Barcelona.
- Kermisch, C. (2012). Risk and responsibility: A complex and evolving relationship. *Science and Engineering Ethics*, 18(1), 91-102.
- Kohlberg, L. (1981). *The philosophy of moral development (Vol. 1)*. San Francisco: Harper y Row.
- Kohlberg, L. (1984). *The psychology of moral development (Vol. 2)*. San Francisco: Harper y Row.
- Krueger, R. A. y Casey, M. A. (2000). *Focus Groups: A Practical Guide for Applied Research* (3th Edition). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Lambrechts, W., Mulà, I., Ceulemans, K., Smoldered, I., y Gaeremynck, V. (2013). The integration of competences for sustainable development in higher education an analysis of bachelor programs in management. *Journal of Cleaner Production*, 48, 65-73.

- Lambrechts, W. (2016). Possibilities and practices of competences for sustainable development in higher education. En: *Research and Innovation in Education for Sustainable Development. Exploring collaborative networks, critical characteristics and evaluation practices*, pp. 123-133. Lambrechts, W., y Hindson, J. (Eds.). Environment and School Initiatives, Vienna, Austria.
- Lathem, S.A., Neumann, M.D., y Hayden, N. (2011). The socially responsible engineer: Assessing student attitudes of roles and responsibilities. *Journal of Engineering Education*, 100(3), 444-474.
- Lazzarini, B., Pérez-Foguet, A., y Boni, A. (2018). Key characteristics of academics promoting Sustainable Human Development within engineering studies. *Journal of Cleaner Production*, 188, 237-252.
- Leal, W., y Pace, P. (2016). Teaching Education for Sustainable Development: Implications on Learning Programmes at Higher Education. En: *Teaching Education for Sustainable Development at University Level*. Leal, W., y Pace, P. (Eds.). Springer, pp. 1-6.
- Lewin, K. (1946). Action research and minority problems. *Journal of Social Issues*, 2(4), 34-46.
- Liebert, W. (2013). Preparing to Understand and Use Science in the Real World: Interdisciplinary Study Concentrations at the Technical University of Darmstadt. *Science Engineering Ethics*, 19(4), 1533-1550.
- Lobera, J. (2011). Sociedad y medio ambiente: cosmovisiones, límites y conflictos. *Boletín ECOS*, nº 15. Fuhem. Recuperado de: <http://www.fuhem.es/ecosocial/boletin-ecos/numero.aspx?n=15>
- Lomotey, V. (2017). Towards a Socially Responsible University. En: *Higher Education in the World 6. Towards a Socially Responsible University: Balancing the Global with the Local*. Global University Network for Innovation, GUNI. Pallgrave Macmillan.
- Lopez, D., Sanchez, F., Vidal, E., y Pegueroles, J. M. A. (2014). A methodology to introduce sustainability into the final year project to foster sustainable engineering projects. *Proceedings of Frontiers in Education Conference (FIE)*, pp. 1-7. Madrid, Spain, October 22-25, 2014. IEEE.
- Lourdell, N., Gondran, N., Laforest, V., Debray, B., y Brodhag, C. (2007). Sustainable development cognitive map: a new method of evaluating student understanding. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 8(2), 170-82.
- Lozano, F. J., y Lozano, R. (2014). Developing the curriculum for a new Bachelor's degree in engineering for sustainable development. *Journal of Cleaner Production* 64, 136-146.
- Lozano, J.F. (2013). Professional ethics and social responsibility of engineers. En: *Making the case for a critical global engineer*. GDEE (Eds.), Global Dimension in Engineering Education, Barcelona. Recuperado de: <http://gdee.eu/index.php/resources.html>
- Lozano, J. F., Palau, G., Gozálviz, V., y Boni, A. (2006). The use of moral dilemmas for teaching agricultural Engineers. *Science and Engineering Ethics*, 12(2), 327-334.
- Lozano, R. (2006). Incorporation and institutionalization of SD into universities: breaking through barriers to change. *Journal of Cleaner Production*, 14, 787-96.
- Lozano, R. (2011). Towards a more eficiente and effective SD incorporation into the universities. En: *Higher Education in the World 4. Higher Education's Commitment to Sustainability from Understanding to Action*. Global University Network for Innovation, GUNI.
- Lozano, R., Ceulemans, K., Alonso-Almeida, M., Huisingh, D., Lozano, F., Waas, T., ... y Huge, J. (2015). A review of commitment and implementation of sustainable development in higher education: Results from a worldwide survey. *Journal of Cleaner Production*, 108, 1-18.
- Lundqvist, U. (2016). Experiences in integrating ethics for engineers in MSc programmes. *Proceedings of the 12th International CDIO Conference*. Turku, Finland, 12-16 June 2016.
- Machín, F.O., Céspedes, S.G., Riverón, A.N., y Fernández, E. (2017). Sostenibilidad, ingeniería y enseñanza de las ciencias básicas. Marco teórico conceptual. *Revista Iberoamericana de Educación*, 73, 179-202.

- Macnaghten, P., y Chilvers, J. (2014). The future of science governance: publics, policies, practices. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 32(3), 530-548.
- Maier, H.G.; Baron, J. y McLaughlan, R.G. (2007). Using online role-play simulations for teaching sustainability principles to engineering students. *International Journal of Engineering Education*, 23(6), 1162-1171.
- Malheiro, B., Silva, M., Ferreira, P., y Guedes, P. (2015). CDIO and the European Project Semester: A match for capstone projects? *Proceedings of the 11th International CDIO Conference*. Chengdu, Sichuan, P.R. China, June 8-11, 2015.
- Malmqvist, J., Edström, K., y Hugo, R. (2017). A proposal for introducing optional CDIO standards. *Proceedings of the 13th International CDIO Conference*. University of Calgary, Canada. June 18-22, 2017.
- Manders-Huits, N. (2011). What Values in Design? The Challenge of Incorporating Moral Values into Design. *Science and Engineering Ethics*, 17(2), 271-287.
- Martínez, M., y Raposo, E. (2011). La rúbrica en la enseñanza universitaria: Un recurso para la tutoría de grupos de estudiantes. *Formación Universitaria*, 4(4), 19-26.
- Mayor Zaragoza, F. (2017). Globalization, Trends and Drivers of Change. En: *Higher Education in the World 6. Towards a Socially Responsible University: Balancing the Global with the Local*. Global University Network for Innovation, GUNI. Pallgrave Macmillan.
- McClelland, D. C. (1973). Testing for competence rather than for "intelligence". *American psychologist*, 28(1), 1-14.
- McLaughlan, R.G. (2007). Instructional strategies to educate for sustainability in technology assessment. *International Journal of Engineering Education*, 23(2), 201-208.
- MEC (2011). La responsabilidad social de la universidad y el desarrollo sostenible. *Ministerio de Educación (Comisión Técnica de la Estrategia Universidad 2015)*. Recuperado de: <https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-responsabilidad-social-de-la-universidad-y-el-desarrollo-sostenible/universidad-espana/14925>
- Miller, G.E. (1990). The assessment of clinical skills/competence/performance. *Academic medicine*, (65)9, S63-7.
- Miñano, R. (2016a). Estudio de la integración de la sostenibilidad en grados de ingeniería industrial. En: *Avances en Ciencias de la Educación y del Desarrollo*, 2016. Ramiro-Sánchez, T. y Ramiro, M. T. (Coords.). ISBN: 978-84-617-6294-1, pp 35-42. Disponible en: [http://congresoeducacion.es/edu\\_web5/DOC/LIBROCAPITULOS2016.pdf](http://congresoeducacion.es/edu_web5/DOC/LIBROCAPITULOS2016.pdf)
- Miñano, R. (2016b) Sostenibilidad curricular en grados de ingeniería industrial. En: *X Seminario de Investigación en Educación Ambiental y Educación para el Desarrollo Sostenible: Nuevos escenarios, retos y propuestas para el reequilibrio sustentable*. Limón, D. (Dir.) y Lugo, M. (Coord.). Ministerio de Medio Ambiente. Organismo Autónomo Parques Nacionales. ISBN: 978-84-8014-909-9, pp 29-41. Disponible en: [http://www.mapama.gob.es/es/ceneam/recursos/documentos/publicacion-seminario-investigacion\\_tcm30-441626.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/ceneam/recursos/documentos/publicacion-seminario-investigacion_tcm30-441626.pdf)
- Miñano, R. (2017a). Integración de competencias de responsabilidad social, sostenibilidad y ética profesional en los grados de ingeniería informática. *Actas de las XXIII Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática*, pp 11-18. Cáceres, 5-7 Julio 2017. Disponible en: [http://jenui2017.unex.es/actas\\_jenui2017.pdf](http://jenui2017.unex.es/actas_jenui2017.pdf)
- Miñano, R. (2017b). Integración de la sostenibilidad en los estudios de ingeniería industrial e ingeniería informática en universidades españolas. Presentado en: *XI Seminario de Investigación en Educación Ambiental y Educación para el Desarrollo Sostenible: Avances para la sostenibilidad en la educación superior*, CENEAM, Valsain, Segovia, 2-4 Junio, 2017. (Pendiente de publicación).

- Miñano, R. (2018). Cómo integrar en los planes de estudio de ingeniería competencias de sostenibilidad, responsabilidad social y ética profesional. Algunas propuestas. Presentado en: *XII Seminario de Investigación en Educación Ambiental y Educación para el Desarrollo Sostenible: Agenda 2030, educación superior y buenas prácticas para la acción*. CENEAM, Valsaín, Segovia. 1-3 Junio, 2018. (Pendiente de publicación).
- Miñano, R., y Fernández Aller, C. (2011). Transversalidad y optatividad en el EEES: experiencia en los nuevos grados de ingeniería informática en la UPM. *V Congreso Universidad y Cooperación para el Desarrollo*. Cádiz, 6-8 Abril, 2011.
- Miñano, R., y Fernández Aller, C. (2015). *Guía para trabajar la competencia de responsabilidad social y ambiental*. Disponible en: <http://oa.upm.es/35542/>
- Miñano, R., Fernández Aller, C., Anguera, A., y Portillo, E. (2015). Introducing ethical, social and environmental issues in ICT engineering degrees. *Journal of Technology and Science Education*, 5(4), 272-285.
- Miñano, R., Sierra, M., Córdova, C., Juan, P., y Villarroel, V. (2011). Apoyo a experiencias de educación para el desarrollo en universidades de Perú. *V Congreso Universidad y Cooperación para el Desarrollo*. Cádiz, Spain, 6-8 abril 2011. Disponible en: <http://oa.upm.es/9733/>
- Miñano, R., Uruburu, A., Moreno-Romero, A., Lumbreras, J., Carrasco-Gallego, R. y Borge, R. (2016). Designing a Comprehensive Methodology to Integrate Sustainability Issues in CDIO Projects. *Proceedings of the 12th International CDIO Conference*, pp 710-721. Turku University of Applied Sciences, Turku, Finland, June 12-16, 2016.
- Miñano, R., Uruburu, Á., Moreno-Romero, A., y Pérez-López, D. (2017). Strategies for teaching professional ethics to IT engineering degree students and evaluating the result. *Science and Engineering Ethics*, 23(1), 263-286.
- Miñano, R., Génova, G., Román, S. y Portillo, E. (2018). Reflexión sobre el papel de las asignaturas relativas a aspectos éticos, sociales, legales y profesionales en los grados de ingenierías informáticas. *Actas de las XXIV Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática*, pp 271-278. Barcelona, 4-6 Julio, 2018. Disponible en: <http://actasjenui.aenui.net/>
- Mitchell, C., y Baillie, C (1998). On values, role models, and the importance of being me. *Proceedings of the 1998 Annual ASEE Conference*. Seattle, WA, USA, June 28-July 1, 1998.
- Mochizuki, Y., y Fadeeva, Z. (2010). Competences for sustainable development and sustainability: Significance and challenges for ESD. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 11(4), 391-403.
- Moor, J. H. (2005). Why we need better ethics for emerging technologies. *Ethics and Information Technology*, 7(3), 111-119.
- Moreno-Romero, A. (2017). *La Revolución silenciosa del profesional del siglo XXI: El crecimiento personal como palanca para el cambio en la organización*. Editorial Centro de Estudios Ramon Areces SA.
- Moreso, J. J. y Casadesús, M. (2017). Preparing the Global Citizenry, Implications for the Curriculum. En: *Higher Education in the World 6. Towards a Socially Responsible University: Balancing the Global with the Local*. Global University Network for Innovation, GUNI. Pallgrave Macmillan.
- Moriarty, E. (2015). Toward a Global Engineering Curriculum. En: *Engineering Ethics for a Globalized World*. Murphy, C., Gardoni, P., Bashir, H., Harris Jr, C. E., y Masad, E. (Eds.). Philosophy of Engineering and Technology (Vol. 22). Springer.
- Morrissey, J. (2015). Regimes of performance: practices of the normalised self in the neoliberal university. *British Journal of Sociology of Education*, 36(4), 614-634.

- Mulà, I., y Junyent, M. (2017). *La qualitat de l'ensenyament superior d'Andorra i els Objectius de Desenvolupament Sostenible: una proposta d'estàndards i directrius d'avaluació de la qualitat*. Agència de Qualitat de l'Ensenyament d'Andorra. Recuperado de: [http://www.aqua.ad/system/files/sites/private/files/informe\\_q\\_ods\\_petit.pdf](http://www.aqua.ad/system/files/sites/private/files/informe_q_ods_petit.pdf).
- Mulà, I., Tilbury, D., Ryan, A., Mader, M., Dlouhá, J., Mader, C., Benayas, J., Dlouhý, J., y Alba, D. (2017). Catalysing Change in Higher Education for Sustainable Development: A review of professional development initiatives for university educators. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 18(5), 798-820.
- Mulder, K. F. (2006). Engineering curricula in Sustainable Development. An evaluation of changes at Delft University of Technology. *European Journal of Engineering Education*, 31(2), 133-144.
- Mulder, K. F., Segalàs, J., y Ferrer-Balas, D. (2012). How to educate engineers for/in sustainable development: Ten years of discussion, remaining challenges. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 13 (3), 211-218.
- Mumford, M.D., Devenport, L., Brown, R., Connelly, S., Murphy, S., Hill, J., y Antes, A. (2006). Validation of ethical decision making measures: Evidence for a new set of measures. *Ethics y Behavior*, 16(4), 319-345.
- Mumford, M.D., Devenport, L., Brown, R., Antes, A., Hill, J., Connelly, S., ... y Murphy, S. (2008). A Sensemaking Approach to Ethics Training for Scientists: Preliminary Evidence of Training Effectiveness. *Ethics y Behavior*, 18(4), 315-339.
- Munda, G., (2005). Multiple criteria decision analysis and sustainable development. En: *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys* (pp. 953–986). Figueira, J., Greco, S., Ehrgott, E. (Eds.). Springer, New York.
- Murga-Menoyo, M.Á. (2015). Competencias para el desarrollo sostenible: las capacidades, actitudes y valores meta de la educación en el marco de la Agenda global post-2015. *Foro de Educación*, 13(19), 55-83.
- Murga-Menoyo, M.Á. (2017). Universidades en transición. Hacia una transformación institucional orientada al logro de la sostenibilidad. *Revista Iberoamericana de Educación*, 73, 61-84.
- Murga-Menoyo, M.Á., y Novo, M. (2014). Sostenibilizar el curriculum. La Carta de la Tierra como marco teórico. *Edetania*, 46, 163-181.
- Murga-Menoyo, M.Á., y Novo, M. (2017). Sostenibilidad, desarrollo «glocal» y ciudadanía planetaria. Referentes de una Pedagogía para el desarrollo sostenible. *Teoría de la Educación; Revista Interuniversitaria*, 29(1), 55-78.
- Murphy, C., Gardoni, P., Bashir, H., Harris Jr, C. E., y Masad, E. (Eds.) (2015). *Engineering ethics for a globalized world*. Philosophy of Engineering and Technology (Vol. 22). Springer.
- Nagel, R. L., Pappas, E. C. y Pierrakos, O. (2012). On a vision to educating students in sustainability and design—The James Madison University School of Engineering approach. *Sustainability*, 4(1), 72-91.
- Naredo, J. M., (1996). Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible. En: *Primer Catálogo Español de Buenas Prácticas*. Ministerio de Fomento. Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo. Madrid.
- Neubauer, C., y Calame, M. (2017). Global Pressing Problems and the Sustainable Development Goals. En: *Higher Education in the World 6. Towards a Socially Responsible University: Balancing the Global with the Local*. Global University Network for Innovation, GUNI. Pallgrave Macmillan.
- O'Fallon, M. J., y Butterfield, K. D. (2005). A review of the empirical ethical decision-making literature: 1996–2003. *Journal of Business Ethics*, 59(4), 375-413.

- OCDE (2005). *La definición y selección de competencias clave*. Resumen ejecutivo. Recuperado de: <http://deseco.ch/bfs/deseeco/en/index/03/02.parsys.78532.downloadList.94248.DownloadFile.tmp/2005.dscexecutivesummary.sp.pdf>
- Orlikowski, W. J., y Iacono, C. S. (2001). Research commentary: Desperately seeking the “IT” in IT research—A call to theorizing the IT artifact. *Information systems research*, 12(2), 121-134.
- Orr, D. W. (2004). *Earth in mind: On education, environment, and the human prospect*. Island Press.
- Ortega, M. L. (2008). La Educación para el Desarrollo: dimensión estratégica de la cooperación española. *Cuadernos Internacionales de Tecnología para el Desarrollo Humano*, 2008, núm. 7.
- Owen, R., Macnaghten, P., y Stilgoe, J. (2012). Responsible research and innovation: From science in society to science for society, with society. *Science and Public Policy*, 39(6), 751–760.
- Ozaktas, H.M. (2013). Teaching science, technology, and society to engineering students: A sixteen year journey. *Science and Engineering Ethics*, 19(4), 1439-1450.
- Palm, E., y Hansson, S. O. (2006). The case for ethical technology assessment (eTA). *Technological forecasting and social change*, 73(5), 543-558.
- Palm, E. y Törnqvist, E. (2015). How to integrate ethical aspects in a technical project course. *Proceedings of the 11th International CDIO Conference*. Chengdu, Sichuan, P.R. China, June 8-11, 2015.
- Panadero, E., y Jonsson, A. (2013). The use of scoring rubrics for formative assessment purposes revisited: A review. *Educational Research Review*, 9, 129-144.
- Peet, D.J., Mulder, K.F., y Bijma, A. (2004). Integrating SD into engineering courses at the Delft University of Technology: the individual interaction method. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 5(3), 278–288.
- Pérez-Foguet, A., Lazzarini, B., Giné, R., Velo, E., Boni, A., Sierra-Castañer, M., Zolezzi, G., y Trimmingham, R. (2018). Promoting sustainable human development in engineering: assessment of online courses within continuing professional development strategies. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4286-4302.
- Pérez-Foguet, A., Oliete-Josa, S., y Saz-Carranza, A. (2005). Development education and engineering: a framework for incorporating reality of developing countries into engineering studies. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 6(3), 278-303.
- Plomp, T., y Nieveen, N. M. (Eds.) (2013). *Educational Design Research*. SLO - Netherlands Institute for Curriculum Development. Enschede, Netherland.
- Popham, W. J. (1997). What's wrong-and what's right-with rubrics. *Educational leadership*, 55, 72-75.
- Porter, M., y Kramer, M. (2006). Strategy and Society: The link between competitive advantage and Corporate Social Responsibility. *Harvard Business Review*, 84, 78-92.
- Prahalad, C. K., y Hamel, G. (1990). El propósito estratégico. *Harvard Deusto Business Review*, (41), 75-94.
- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223–231.
- QAA y HEA (2014). *Education for sustainable development: Guidance for UK higher education providers*. Londres, Quality Assurance Agency for Higher Education and the Higher Education Academy. Recuperado de: <http://www.qaa.ac.uk/en/Publications/Documents/Education-sustainable-development-Guidance-June-14.pdf>
- Quintanilla, I. (2012). *Techné: la filosofía y el sentido de la técnica*. Common Ground España, 2012.
- Royal Academy of Engineering (2017). *Statement of Ethical Principles for the engineering profession*. Royal Academy of Engineering, UK. Recuperado de: <https://www.raeng.org.uk/policy/engineering-ethics/ethics>

- Raskin, P., Banuri, T., Gallopín, G., Gutman, P., Hammond, A., Kates, R., y Swart, R. (2002). *Great Transition. The Promise and Lure of the Times Ahead*. Boston, Stockholm Environment Institute.
- Rathje, D., Spitzer, H., y Zandvoort, H. (2008). How to prepare students for a responsible use of science and engineering. Results from the *Workshop Teaching Ethics and Peace to Science and Engineering Students*. Ed. H. Spitzer. Hamburg, Deutchland, October 15-17, 2008. Recuperado de: <http://www.dirk-rathje.de/brochure-teaching-responsible-use-2008.pdf>
- REDS-SDSN (2017). *Guía Cómo empezar con los ODS en las universidades. Manual para universidades, centros de educación superior y sector académico en general*. Red Española para el Desarrollo Sostenible y Sustainable Development Solutions Network. Disponible en: <http://reds-sdsn.es/guia-empezar-los-ods-las-universidades>
- Rest, J. R. (1979). *Development in judging moral issues*. Center for the Study of Ethical Development. University of Minnesota Press. Minneapolis. Minnesota.
- Rest, J. R. (1986). *Moral Development: Advances in Research and Theory*. New York: Praeger Press.
- Rest, J. R., y Narvaez, D. (1998). *Guide for DIT-2*. Center for the Study of Ethical Development, University of Minnesota. Minneapolis, MN.
- Robertson, R. (2003). Glocalización: tiempo-espacio y homogeneidad-heterogeneidad. En: *Cansancio del leviatán: problemas políticos de la mundialización*. VV.AA. Madrid, Trotta.
- Roeser, S. (2012). Emotional engineers: Toward morally responsible design. *Science and Engineering Ethics*, 18(1), 103-115.
- Romero-Ariza, M. (2014). Uniendo investigación, política y práctica educativas: DBR, desafíos y oportunidades. *Magis: Revista Internacional de Investigación en Educación*, 7(14), 159.
- Rudnicka, E. A. (2004). A review of instruments for measuring moral reasoning/values. *Proceedings of 10th International Conference on Industry, Engineering, and Management Systems* (pp. 305-311). Cocoa Beach, FL, US.
- Rudnicka, E. A., Besterfield-Sacre, M., y Shuman, L.J. (2013). Development and Evaluation of a Model to Assess Engineering Ethical Reasoning and Decision Making. *The International Journal of Engineering Education*, 29(4), 948-966.
- Ruíz-Gutiérrez, B. (2017) *La foto-elicitación, propuesta formativa para la educación intercultural en el marco del desarrollo sostenible: propuesta e implementación formativa para el profesorado de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de Producción Agropecuaria (FISPA), en el Estado mexicano de Veracruz*. Trabajo Fin de Máster. Universidad Complutense de Madrid.
- Sáenz-Rico, B.; Benítez, L.; Neira, J.M.; Sobrino, M. R., y D'angelo, E. (2015). Perfiles profesionales de futuros maestros para el desarrollo sostenible desde un modelo formativo centrado en el diseño de ambientes de aprendizaje. *Foro de Educación*, 13(19), 141-163.
- Salvador, R., y Folger, R. (2009). Business Ethics and the Brain. *Business Ethics Quarterly*, 19(1), 1-31.
- Sammalisto, K., Sundström, A., y Holm, T. (2015). Implementation of sustainability in universities as perceived by faculty and staff e a model from a Swedish university. *Journal of Cleaner Production*, 106, 45-54.
- Sánchez Carracedo, F., García Almiñana, J., López Álvarez, D., Alier Forment, M., Cabré García, J.M., García García, H., y Vidal López, E.M. (2015). El método socrático como guía del Trabajo de Fin de Grado, *ReVisión*, 8(1), 53-62.
- Sánchez Carracedo, F., Cabré García, J.M., García Almiñana, J., Vidal López, E.M., López Álvarez, D., Alier Forment, M., y Martín Escofet, C. (2016). Guía del estudiante para elaborar el informe de sostenibilidad del TFG. *Actas de las XXII Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática*, pp. 111-118. Universidad de Almería, Almería, Spain, 6-8 Julio 2016.

- Sánchez Carracedo, F., Segalàs, J., Cabré, J. M., Climent, J., López, D., Martín, C., y Vidal, E. M. (2017a). El proyecto EDINSOST: Inclusión de los ODS en la educación superior. *Actas del VII Congreso Universidad y Cooperación al Desarrollo: La Universidad y los objetivos de desarrollo sostenible*, pp. 348-359. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, Spain, 29-31 marzo 2017.
- Sánchez Carracedo, F., Segalàs, J., Vidal, E. M., Martín, C., López, D., Climent, J., y Cabré, J. M. (2017b). Mapa de la competencia Sostenibilidad del proyecto EDINSOST. *Actas de las XXIII Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática*, pp. 19-26. Universidad de Extremadura, Cáceres, Spain, 5-7 Julio 2017.
- Sánchez Carracedo, F., Soler, A., Martín, C., López, D., Ageno, A., Cabré, J., ..., y Gibert, K. (2018). Competency Maps: an Effective Model to Integrate Professional Competencies Across a STEM Curriculum. *Journal of Science Education and Technology*, 1-21.
- Sánchez Prieto, G. (2007). El debate académico en el aula como herramienta didáctica y evaluativa. *IV Jornadas Internacionales de Innovación Universitaria*. Universidad Europea de Madrid, 12-13 de julio 2007.
- Sandekian, R., Amadei, B., y Pinnell, M. (2005). A Summary of the Workshop on Integrating Appropriate-Sustainable Technology and Service-Learning in Engineering Education. *American Society for Engineering Education Annual Conference*. Portland, OR, US, June 12-15, 2005.
- Saunders, M., Lewis, P., y Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students*. Pearson education.
- Schumacher, E. F. (1973). *Small is beautiful: a study of economics as if people mattered*. Vintage.
- Segado Segado, I., Fernández Romero, A.J., García Cascales, M.S., García Martín, A., Molina-García-Pardo, J.M., y [et al.] (2014). Guía para la integración en la docencia de la competencia 6: aplicar criterios éticos y de sostenibilidad en la toma de decisiones. En: *7 Competencias UPCT*, pp. 149-166. Universidad Politécnica de Cartagena, Servicio de Documentación, Cartagena. Recuperado de: <http://repositorio.upct.es/handle/10317/4102>
- Segalàs, J. (2009). *Engineering education for a sustainable future*. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona.
- Segalàs, J., Ferrer-Balas, D., Svanstrom, M., Lundqvist, U., y Mulder, K.F. (2009). What has to be learnt for sustainability? A comparison of bachelor engineering education competences at three European universities. *Sustainability Science*, 4, 17-27.
- Segalàs, J., Ferrer-Balas, D., y Mulder, K. F. (2010). What do engineering students learn in sustainability courses? The effect of the pedagogical approach. *Journal of Cleaner Production*, 18(3), 275-284.
- Shekar, A., y Tunnicliffe, M. (2017). An introductory course with a humanitarian context. *Proceedings of the 13th International CDIO Conference*, pp. 137-148. University of Calgary, Canada. June 18-22, 2017.
- Shuman, L. J., Sindelar, M. F., Besterfield-Sacre, M., Wolfe, H., Pinkus, R. L., Miller, R. L., ... y Mitcham, C. (2004). Can our students recognize and resolve ethical dilemmas? *Proceedings of the 1998 Annual ASEE Conference*, Salt Lake City, Utah, US. June 20-23, 2004.
- Shuman, L. J., Besterfield-Sacre, M., y McGourty, J. (2005). The ABET "professional skills" - Can they be taught? Can they be assessed? *Journal of Engineering Education*, 94(1), 41-55.
- Sleurs, W. (2008). *Competences for ESD (Education for Sustainable Development) Teachers. A Framework to Integrate ESD in the Curriculum of Teacher Training Institutes*. Comenius 2.1 Project 118277-CP-1-2004-BE-Comenius-C2. 1. 2008.
- Smith, J., Gardoni, P., y Murphy, C. (2014). The responsibilities of engineers. *Science and Engineering Ethics*. 20(2), 519-538.
- Sonenshein, S. (2007). The Role of Construction, Intuition, and Justification in Responding to Ethical Issues at Work: The Sensemaking-Intuition Model. *The Academy of Management Review*, 32(4), 1022-1040.

- Spencer, L. M., McClelland, D. C., y Spencer, S. M. (1994). *Competency assessment methods: History and state of the art*. Hay/McBer Research Press.
- Springer, L., Stanne, M., y Donovan, S.S. (1999). Effects of small-group learning on undergraduates in science, mathematics, engineering and technology: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 69(1), 21–52.
- Stahl, B. C. (2011). IT for a better future: How to integrate ethics, politics and innovation. *Journal of Information, Communication y Ethics in Society*, 9(3), 140-156.
- Stahl, B. C., Timmermans, J., y Mittelstadt, B. D. (2016). The ethics of computing: A survey of the computing-oriented literature. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 48(4), 55.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S.R., de Vries, W., de Wit, C.A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, C.M., Persson, L.M., Ramanathan, V., Reyers, B., y Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855.
- Stenhouse, L. (1984). *Investigación y desarrollo del currículo*. Ed. Morata. Madrid.
- Sterling, S. (2004). Higher education, sustainability, and the role of systemic learning. En: *Higher Education and the Challenge of Sustainability*. Corcoran, P.B., y Wals, A.E.J. (Eds.). Springer, The Netherlands. pp. 49-70.
- Sterling, S. (2012). *The Future Fit Framework: An introductory guide to teaching and learning for sustainability in Higher Education*. York: Higher Education Academy.
- Sterling, S. (2014). Separate tracks or real synergy? Achieving a closer relationship between Education and SD, Post 2015. *Journal of Education for Sustainable Development*, 8 (2), 89-112.
- Stilgoe, J., Owen, R., y Macnaghten, P. (2013). Developing a framework for responsible innovation. *Research Policy*, 42(9), 1568-1580.
- Swierstra, T., y Waelbers, K. (2012). Designing a good life: A matrix for the technological mediation of morality. *Science and engineering ethics*, 18(1), 157-172.
- Tahat, L., Elian, M. I., Sawalha, N. N., y Al-Shaikh, F. N. (2014). The ethical attitudes of information technology professionals: a comparative study between the USA and the Middle East. *Ethics and information Technology*, 16(3), 241-249.
- Takala, A. J., y Korhonen-Yrjänheikki, K. (2013). A national collaboration process: Finnish engineering education for the benefit of people and environment. *Science and Engineering Ethics*, 19(4), 1557-1569.
- Tassone, V., y Eppink, H. (2016). The EnRRICH tool for educators: (Re-)Designing curricula in higher education from a “Responsible Research and Innovation” perspective. EnRRICH Project, Deliverable 2.3. Recuperado de:  
[http://www.livingknowledge.org/fileadmin/Dateien-Living-Knowledge/Dokumente\\_Dateien/EnRRICH/D2.3\\_The\\_EnRRICH\\_Tool\\_for\\_Educators.pdf](http://www.livingknowledge.org/fileadmin/Dateien-Living-Knowledge/Dokumente_Dateien/EnRRICH/D2.3_The_EnRRICH_Tool_for_Educators.pdf)
- Tharakan, J. (2006). Educating engineers in appropriate technology for development. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 5(1), 233-235.
- Tey, A. (2006). Dilemas morales, diagnóstico de situaciones y comprensión crítica. En: *Construir la ciudadanía global desde la universidad: propuestas pedagógicas para la introducción de la educación para el desarrollo en las enseñanzas científico-técnicas (Vol. 32)*. Boni, A., y Pérez-Foguet, A. (Eds.). Intermón Oxfam Editorial.
- Thiel, C. E., Bagdasarov, Z., Harkrider, L., Johnson, J. F., y Mumford, M. D. (2012). Leader ethical decision-making in organizations: Strategies for sensemaking. *Journal of Business Ethics*, 107(1), 49-64.

- Tilbury, D. (2011). *Education for sustainable development: An expert review of processes and learning*. UNESCO. Recuperado de: <http://unesdoc.unesco.org/images/0019/001914/191442s.pdf>
- Tilbury, D. (2012). 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*. Global University Network for Innovation, GUNI. Pallgrave Macmillan.
- Trimingham, R., Lazzarini, B., Pérez-Foguet, A., Noble, N., Boni, A., Sierra-Castañer, M., Mongera, F., y Zolezzi, G. (2016). Global dimensions in engineering education: experiences from a collaborative project. En: *Teaching Education for Sustainable Development at University Level*. Leal, W., y Pace, P. (Eds.). Springer, pp. 175-190.
- UE4SD (2014). *State of the Art Report. Mapping opportunities for developing Education for Sustainable development competences in the UE4SD partner countries*. Editors: Mader, M., Tilbury, D., Dlouhá, J., Benayas, J., Michelsen, G., Mader, C., ..., y Alba, D. Charles Universidad de Praga. Recuperado de: [http://www.ue4sd.eu/images/RegionalMapping/UE4SD\\_State-of-the-art-report.pdf](http://www.ue4sd.eu/images/RegionalMapping/UE4SD_State-of-the-art-report.pdf)
- UE4SD (2015). *Leading Practice Publication: Professional development of university educators on Education for Sustainable Development in European countries*. Editores: Kapitulčinová, D., Dlouhá, J., Ryan, A., Dlouhý, J., Barton, A., Mader, M., Tilbury, ..., y Vintar Mally. K. Prague: Charles University in Prague.
- UE4SD (2016) *UE4SD Innovation Report -Year 2 2014-2015*. University Educator for Sustainable Development Project, University of Gloucestershire, UK. Recuperado de: [http://www.ue4sd.eu/images/2016/Innovation\\_Report\\_2014\\_15.pdf](http://www.ue4sd.eu/images/2016/Innovation_Report_2014_15.pdf)
- UH Manoa-General Education. (2008). *Contemporary ethical issues focus*. Rubric for general education program assessment. Recuperado de: [http://manoa.hawaii.edu/assessment/resources/rubrics/ETH\\_rubric\\_2008-04-04.doc](http://manoa.hawaii.edu/assessment/resources/rubrics/ETH_rubric_2008-04-04.doc)
- UN, United Nations (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. UN Documents.
- UN, United Nations (2012). *El futuro que queremos para todos*. Informe para el Secretario General. Recuperado de: <http://www.undp.org/content/undp/es/home/librarypage/poverty-reduction/realizing-the-future-we-want.html>
- UN, United Nations (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible*. Resolución de la Asamblea General de Naciones Unidas de 25 de Septiembre de 2015 (A/70/L.1).
- UNDP, United Nations Development Programme (2001). Making New Technologies Work for Human Development. *Human Development Report 2001*.
- UNDP, United Nations Development Programme (2014). Sustaining Human Progress. Reducing Vulnerability and Building Resilience. *Human Development Report 2014*.
- UNECE (2009). *Learning from each other: the UNECE Strategy for Education for Sustainable Development*. Recuperado de: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/798ece5.pdf>
- UNECE (2011). *Learning for the future. Competences in education for Sustainable Development*. Recuperado de: [http://www.unece.org:8080/fileadmin/DAM/env/esd/ESD\\_Publications/Competences\\_Publication.pdf](http://www.unece.org:8080/fileadmin/DAM/env/esd/ESD_Publications/Competences_Publication.pdf)
- UNECE (2013). *Empowering educators for a sustainable future. Tools for policy and practice workshops on competences in education for sustainable development*. Recuperado de: <https://www.unece.org/environmental-policy/education-for-sustainable-development/education-for-sustainable-development-esdpublicationshtml/education-for-sustainable-development/2013/empowering-educators/docs.html>

- UNEP, United Nations Environment Programme (2014). *Integrating the three dimensions of sustainable development*. UNEP Post 2015 Note#1. Recuperado de:  
<https://europa.eu/capacity4dev/unep/document/unep-post-2015-note-1-integrating-three-dimensions-sustainable-development>
- UNESCO (1998). *Declaración Mundial sobre la Educación Superior en el Siglo XXI*. Recuperado de:  
[http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration\\_spa.htm](http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration_spa.htm)
- UNESCO (2009). Communiqué. *World Conference on Higher Education: The New Dynamics of Higher Education and Research For Societal Change and Development*. Paris. Julio 2009.
- UNESCO (2014a). *Shaping the future we want. UN Decade of Education for Sustainable Development (2005-14)*. Final Report. Recuperado de: <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002301/230171e.pdf>
- UNESCO (2014b). *Hoja de ruta para la ejecución del Programa de Acción Mundial de Educación para el Desarrollo Sostenible*. Recuperado de: <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002305/230514s.pdf>
- UNESCO (2015). *Rethinking Education. Towards a global common good?* Recuperado de:  
<http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002325/232555e.pdf>
- UNESCO (2017a). *Declaration on Ethical Principles in relation to Climate Change*. Recuperado de:  
[http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL\\_ID=49457yURL\\_DO=DO\\_TOPICyURL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL_ID=49457yURL_DO=DO_TOPICyURL_SECTION=201.html)
- UNESCO (2017b). *Education for Sustainable Development Goals. Learning Objectives*. Recuperado de:  
<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002474/247444e.pdf>
- UNESCO-COMEST, World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology (2015). *Ethical Perspective on Science, Technology and Society: A Contribution to the Post-2015 Agenda*. Recuperado de: <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002345/234527e.pdf>
- UNU, United Nations University (2014). *Nagoya Declaration on Higher Education for Sustainable Development*. International Conference on Higher Education for Sustainable Development: Higher Education Beyond 2014. Recuperado de:  
<https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&type=111&nr=5864&menu=35>
- Uruburu, A., y Miñano, R. (2017). Metodología docente para la integración de criterios de sostenibilidad en proyectos de ingeniería. Presentado en: *XI Seminario de Investigación en Educación Ambiental y Educación para el Desarrollo Sostenible: Avances para la sostenibilidad en la educación superior*, CENEAM, Valsaín, Segovia, 2-4 Junio, 2017. (Pendiente de publicación).
- Uruburu, A., Miñano, R., Moreno-Romero, A., Lumbreras, J., y Carrasco-Gallego, R. (2018). Integrating sustainability in academic CDIO subjects: a review after three years of experience. *Proceedings of the 14th International CDIO Conference* (in process). Kanazawa (Japan), June 28-July 2, 2018.
- Vallejo, F., y Zorrilla, M. (2016). El debate como instrumento docente para trabajar las competencias transversales y la ética en la profesión informática. *Actas de las XXII Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática*, pp. 103-110. Universidad de Almería, Almería, Spain, 6-8 Julio 2016.
- Valverde-Berrocoso, J. (2016). La investigación en Tecnología Educativa y las nuevas ecologías del aprendizaje: Design-Based Research (DBR) como enfoque metodológico. RIITE. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 0, 60-73.
- Van de Poel, I., y Royakkers, L. (2007). The ethical cycle. *Journal of Business Ethics*, 71(1), 1-13.
- Van de Poel, I. (2016). An ethical framework for evaluating experimental technology. *Science and engineering ethics*, 22(3), 667-686.
- Van den Hoven, J. (2016) Ethics and the UN Sustainable Development Goals: The Case for Comprehensive Engineering. *Science and Engineering Ethics*, 1-9. <https://doi.org/10.1007/s11948-016-9862-2>

- Van den Hoven, J., Lokhorst, G. J., y Van de Poel, I. (2012). Engineering and the problem of moral overload. *Science and engineering ethics*, 18(1), 143-155.
- Van der Burg, S., y Van de Poel, I. (2005). Teaching ethics and technology with Agora, an electronic tool. *Science and Engineering Ethics*, 11(2), 277-297.
- Vega-Marcote, P., y Varela Losada, M. (2016). Basic teacher training Oriented toward sustainability: Why and how to carry it out today. En: *Teaching Education for Sustainable Development at University Level*. Leal, W., y Pace, P. (Eds.). Springer, pp. 83-96.
- Velazquez, L., Munguia, N., Platt, A., y Taddei, J. (2006). Sustainable university: what can be the matter? *Journal of Cleaner Production*, 14, 810-819.
- Verhulst, E., y Lambrechts, W. (2014). Fostering the incorporation of sustainable development in higher education. Lessons learned from a change management perspective. *Journal of Cleaner Production*, 106, 189-204.
- Vilches, A., y Gil Pérez, D. (2012). La Educación para la sostenibilidad en la universidad: el reto de la formación del profesorado. *Profesorado. Revista de curriculum y formación del profesorado*, 16(2), 25-43.
- Von Schonberg, R. (2013). *A vision of Responsible Innovation: Managing the Responsible Emergence of Science and Innovation in Society*. John Wiley y Sons, Ltd. Chichester, UK.
- Wackernagel, M., Onisto, L., y Bello, P. A. (1997). *Ecological footprints of nations*. Universidad Anahuac de Xalapa, Centro de Estudios para la Sustentabilidad.
- Wahl, D. C., y Baxter, S. (2008). The Designer's Role in Facilitating Sustainable Solutions. *Design Issues*, 24(2), 72-83.
- Wals, A. E. (2014). Sustainability in higher education in the context of the UN DESD: A review of learning and institutionalization processes. *Journal of Cleaner Production*, 62, 8-15.
- Wals, A. E., Tassone, V. C., Hampson, G. P., y Reams, J. (2015). Learning for walking the change: eco-social innovation through sustainability-oriented higher education. En: *Routledge handbook of higher education for sustainable development* (pp. 49-63). Routledge.
- Wedel, M.K., Malmqvist, J., Arehag, M. y Svanström, M. (2008). Implementing engineering education for environmental sustainability into CDIO programs. *Proceedings of the 4th International CDIO Conference*, Hogeschool Gent, Gent, Belgium, June 16-19, 2008.
- White Jr, R. D. (1999). Are Women more Ethical? Recent Findings on the Effects of gender upon moral development, *Journal of Public Administration Research and Theory*, 9(3), 459-471.
- Wiek, A., Bernstein, M., Foley, R., Cohen, M., Forrest, N., Kuzdas, ... y Withycombe Keeler, L. (2015). Operationalising competencies in higher education for sustainable development. En: *Handbook of higher education for sustainable development*. Barth, M., Michelsen, G., Rieckmann, M., y Thomas, I. (Eds.). Routledge.
- Wiek, A., Withycombe, L., y Redman, C.L. (2011). Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development. *Sustainability Science*, 6, 203-218.
- Winner, L. (2001). Más allá de la innovación: ética y sociedad en una era de cambio incesante. Resumen de la Conferencia nº 10 del ciclo sobre Tecnología y Política, celebrado en la Universidad Internacional Menéndez Pelayo, 3-6 de octubre de 2000, Valencia. *Revista de Cooperación ISF, Número 14*, junio 2001.
- Wright, D. (2011). A framework for the ethical impact assessment of information technology. *Ethics and Information Technology*, 13(3), 199-226.

- Wright, T. (2004). The evolution of sustainability declarations in Higher Education. En: *Higher Education and the Challenge of Sustainability. Problematics, promise and practice*. Blaze Corcoran, P., y Wals, A. E. J. (Eds.). Dordrecht, Holanda. Kluwer Academic Publishers.
- WWF, World Wildlife Fundation (2014). *Living Planet Report. Species and spaces, people and places*. Recuperado de: <https://www.worldwildlife.org/pages/living-planet-report-2014#>
- Yau, J.J.C., Cheah, S., y Phua, S.T. (2013). Contextualize teaching of ethics in chemical engineering curriculum. *Proceedings of the 9th International CDIO Conference*. MIT, Cambridge, Massachusetts, USA. June 9-13, 2013.
- Yin, R.K. (2009). *Case Study Research. Design and Methods*. SAGE.
- Yorke, M. (2003). Formative assessment in higher education: Moves towards theory and the enhancement of pedagogic practice. *Higher education, 45(4)*, 477-501.
- Young, G. (2010). Design thinking and sustainability. *Zumio Meaningful Innovation, 61(0)*, 1-27.
- Zandvoort, H. (2008). Preparing engineers for social responsibility. *European Journal of Engineering Education, 33(2)*, 133-140.
- Zandvoort, H., Børsen, T., Deneke, M., y Bird, S.J. (2013). Editors' Overview Perspectives on Teaching Social Responsibility to Students in Science and Engineering. *Science and Engineering Ethics, 19(4)*, 1413-1438.





## **ANEXOS**

**ANEXO 1. Información y resultados relativos al estudio exploratorio sobre la integración de las competencias RSSE en los estudios de grado de ingenierías industriales e informáticas de universidades españolas.**

**ANEXO 1.1. Universidades y titulaciones de las que se han estudiado sus estrategias y planes de estudio**

<b>Universidades de la Comunidad Autónoma de Madrid</b>	<b>Titulaciones de grado del ámbito de la Ingeniería Industrial</b>	<b>Titulaciones de grado del ámbito de la Ingeniería Informática</b>
UNIVERSIDAD A DISTANCIA DE MADRID (UDIMA)	Organización Industrial	Ingeniería Informática
UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO (UAX)	Ingeniería Electrónica y Automática Industrial	Ingeniería Informática Ingeniería de sistemas de información
UNIVERSIDAD ANTONIO NEBRIJA (NEBRIJA)	Ingeniería en Tecnologías Industriales	
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID (UAM)	Ingeniería Química	Ingeniería Informática
UNIVERSIDAD CARLOS III (UC3M)	Ingeniería en Tecnologías Industriales	Ingeniería Informática
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID (UCM)	Ingeniería Química	Ingeniería de Computadores Ingeniería del Software Ingeniería Informática
UNIVERSIDAD DE ALCALÁ (UAH)	Ingeniería Electrónica y Automática Industrial	Ingeniería de Computadores Ingeniería Informática
UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID (UEM)	Ingeniería en Tecnologías Industriales	Ingeniería Informática
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE VITORIA (UFV)		Ingeniería Informática
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID (UPM)	ETSIDI: Ingeniería Eléctrica Ingeniería Electrónica y Automática Industrial Ingeniería Química  ETSII: Ingeniería en Tecnologías Industriales	ETSI Inf: Ingeniería Informática  ETSISI: Ingeniería de Computadores Ingeniería del Software
UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS	ICAI: Ingeniería Industrial	
UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS (URJC)	Ingeniería en Tecnologías Industriales	Ingeniería de Computadores Ingeniería del Software Ingeniería Informática
UNIVERSIDAD SAN PABLO CEU (CEU)		Ingeniería Informática

Otras Universidades	Titulaciones de grado del ámbito de la Ingeniería Industrial	Titulaciones de grado del ámbito de la Ingeniería Informática
MONDRAGON UNIBERTSITATEA	Ingeniería en Organización Industrial	Ingeniería Informática
UNIVERSIDAD DE DEUSTO	Ingeniería de Tecnologías Industriales	Ingeniería Informática
UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA (UNEX)	Ingeniería Eléctrica (*) Ingeniería Electrónica y Automática (*) Ingeniería de Materiales Ingeniería Mecánica (*) (* ) Rama Industrial	Ingeniería Informática en Ingeniería de Computadores Ingeniería Informática en Ingeniería del Software
UNIVERSIDAD DE GRANADA (UGR)	Ingeniería Electrónica Industrial	Ingeniería Informática
UNIVERSIDAD DE OVIEDO (UNIOVI)	Ingeniería de Tecnologías Industriales	Ingeniería Informática del Software Ingeniería Informática en Tecnologías de la Información
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (UVA)	Ingeniería en Organización Industrial Ingeniería en Tecnologías Industriales	Ingeniería Informática
UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO-EUSKAL HERRIKO UNIVERSITATEA (UPV-EHU)	Ingeniería en Organización Industrial Ingeniería en Tecnologías Industriales	Ingeniería Informática Ingeniería Informática de Gestión y Sistemas de Información
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA (UPCT)	Ingeniería en Tecnologías Industriales	Ingeniería Telemática
UNIVERSITAT DE GIRONA (UdG)	Ingeniería en Tecnologías Industriales	Ingeniería Informática
UNIVERSITAT DE LES ILLES BALEARS (UIB)	Ingeniería Electrónica Industrial y Automática	Ingeniería Informática
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA (UV)	Ingeniería Química	Ingeniería Informática
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA (UPC)	EEL: Ingeniería en Organización Industrial  EPSEVG: Ingeniería Electrónica Industrial y Automática  ETSEIB: Ingeniería en Tecnologías Industriales	FIB: Ingeniería Informática  EPSEVG: Ingeniería Informática

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA (UPV)	Ingeniería de Tecnologías Industriales	Ingeniería Informática
UNIVERSITAT RAMON LLULL (URL)	Ingeniería en Tecnologías Industriales	Ingeniería Informática

**ANEXO 1.2. Otras competencias RSSE: titulaciones de grado específicas, titulaciones de máster y redacciones propias de cada universidad**

**Competencias RSSE recomendadas para tecnologías específicas y titulaciones de máster.**

INGENIERÍA INDUSTRIAL Grados (BOE-A-2009-2893)	INGENIERÍA INFORMÁTICA Grados (BOE-A-2009-12977)
De Tecnología Específica	De Tecnología Específica
<p><i>Eléctrica:</i> Conocimiento aplicado sobre <b>energías renovables</b>.</p>	<p><i>Ingeniería del Software:</i> Capacidad para diseñar soluciones apropiadas en uno o más dominios de aplicación utilizando métodos de la ingeniería del software que <b>integren aspectos éticos, sociales, legales y económicos</b>.</p> <p><i>Sistemas de Información:</i> Capacidad para determinar los requisitos de los sistemas de información y comunicación de una organización atendiendo a aspectos de <b>seguridad</b> y cumplimiento de la <b>normativa y la legislación</b> vigente.</p>
INGENIERÍA INDUSTRIAL Máster (BOE-A-2009-2740)	INGENIERÍA INFORMÁTICA Máster (BOE-A-2009-12977)
Realizar la planificación estratégica y aplicarla a sistemas tanto constructivos como de producción, de calidad y de <b>gestión medioambiental</b> .	Capacidad para la elaboración, planificación estratégica, dirección, coordinación y gestión técnica y económica de proyectos [...] siguiendo criterios de calidad y <b>medioambientales</b> y en entornos de trabajo multidisciplinares.
Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la <b>legislación</b> necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Industrial.	Capacidad para la dirección de obras e instalaciones de sistemas informáticos, cumpliendo la <b>normativa</b> vigente y asegurando la calidad del servicio.
Ser capaz de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las <b>responsabilidades sociales y éticas</b> vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.	Capacidad para comprender y aplicar la responsabilidad <b>ética</b> , la <b>legislación</b> y la <b>deontología</b> profesional de la actividad de la profesión de Ingeniero en Informática.
Capacidades para organización del trabajo y gestión de recursos humanos. Conocimientos sobre <b>prevención de riesgos laborales</b> .	Capacidad para la puesta en marcha, dirección y gestión de procesos de fabricación de equipos informáticos, con garantía de la <b>seguridad para las personas</b> y bienes, la calidad final de los productos y su homologación.
	Capacidad para aplicar los principios de la economía y de la gestión de recursos humanos y proyectos, así como la <b>legislación, regulación y normalización</b> de la informática.

**Competencias, definidas por las propias universidades, y que se han considerado como competencias RSSE**

Industriales	Informática
<p>Relacionadas con el <b>sentido ético y la responsabilidad profesional:</b> habilidades racionales (comprensión, análisis),</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprensión de la responsabilidad ética y profesional (competencia (f) de ABET) (UPM-ETSII, UPV)</li> <li>• Analitzar les implicacions ètiques de les actuacions professionals (UdG)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Compromiso ético</b> (UAM)</li> <li>• Comprender la utilidad y la <b>responsabilidad</b> de los ingenieros de software, asumiendo su <b>código ético</b>. (UAH)</li> <li>• Conciencia de los <b>valores éticos</b>: Capacidad para pensar y actuar según principios universales basados en el valor de la persona que se dirigen a su pleno desarrollo y que conlleva el compromiso con determinados valores sociales. (UEM)</li> <li>• Identificar, reconocer y aplicar los <b>valores éticos</b> y la <b>sensibilidad moral</b>. (DEUSTO)</li> <li>• Demostrar conocimiento de la <b>dimensión ética en la empresa</b>: la responsabilidad social y corporativa en general y, en particular, las responsabilidades civiles y profesionales del ingeniero en informática. (UPC)</li> <li>• Ética profesional (UNIOVI)</li> <li>• Competencia para determinar la diversidad cultural y <b>ética que esté imbricada en los diseños de los sistemas informáticos</b> (UNIOVI)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respeto a los derechos fundamentales y de igualdad entre hombres y mujeres (UGR)</li> </ul>	<p>respeto a valores concretos</p> <p>DEUSTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Comprender y aceptar la diversidad social y cultural como un componente enriquecedor personal y colectivo para desarrollar la convivencia entre las personas <b>sin incurrir en discriminación</b> por sexo, edad, religión, condición social, política y/o étnica.</li> <li>○ Comprender la diversidad cultural y social como un fenómeno humano e interactuar desde el <b>respeto</b> con personas diferentes.</li> <li>○ Aceptar y comprender las afiliaciones culturales y/o sociales como relaciones estructurales, volitivas y razonables de la condición humana.</li> <li>○ Demostrar convencimiento de que la diversidad cultural, consustancial a la convivencia humana genera cohesión e inclusión social.</li> </ul>

compromiso y la acción	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compromiso ético (URJC, UDIMA)</li> <li>• Demostrar un compromiso ético profesional (UCM)</li> <li>• Comprometidas y responsables (DEUSTO)</li> <li>• Motivación por la calidad y la mejora continua, actuando con rigor, responsabilidad y ética profesional (UGR)</li> <li>• Honradez, responsabilidad, compromiso ético y espíritu solidario (UNIOVI, URL)</li> <li>• Ser capaz de integrarse rápidamente y trabajar eficientemente en equipos multidisciplinares asumiendo distintos roles y responsabilidades con absoluto respeto a los derechos fundamentales y de igualdad entre hombres y mujeres (UGR)</li> <li>• Capacidad para proyectar los conocimientos, habilidades y destrezas adquiridos para promover una sociedad basada en los valores de la libertad, la justicia, la igualdad y el pluralismo (UGR)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Responsabilidad y compromiso ético.</b>(UVA)</li> <li>• Actuar con <b>responsabilidad y ética profesional</b> (UNEX)</li> <li>• Motivación por la calidad y la mejora continua, actuando con rigor, <b>responsabilidad y ética profesional</b> (UGR)</li> <li>• Capacidad para comprender las dimensiones fundamentales del ser humano, así como su realización práctica en una actitud de diálogo y de forma constructiva en relación con la verdad. (UFV)</li> <li>• Cultivar una actitud de inquietud intelectual y de búsqueda de la verdad en todos los ámbitos de la vida y potenciar la comunicación interpersonal e intercultural desde una actitud de diálogo, respeto y compromiso personal y social hacia uno mismo y hacia los demás, interpretando cualquier información o realidad que se presente y contrastándola con una concepción propia acerca de la verdad y del sentido de la existencia. (UFV)</li> <li>• <b>Responsabilidad:</b> Capacidad para cumplir los compromisos que alcanza la persona consigo mismo y con los demás a la hora de realizar una tarea y tratar de alcanzar un conjunto de objetivos dentro del proceso de aprendizaje. Capacidad existente en todo sujeto para reconocer y aceptar las consecuencias de un hecho realizado libremente. (UEM)</li> <li>• Fomentar el <b>compromiso ético</b> como estudiantes, ciudadanos y futuros profesionales. (UAM)</li> <li>• Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas, <b>comprendiendo la responsabilidad ética y profesional</b> de la actividad del graduado. (UAH)</li> <li>• Dirección técnica, económica y comercial, de proyectos informáticos, planificando propuestas, organizando equipos y aplicando técnicas de ingeniería que sean rigurosas, <b>responsables</b> y que respeten las <b>normas</b> vigentes y estén de acuerdo con la <b>ética</b> profesional. (UC3M)</li> </ul>

Industriales	Informática
Relacionadas con <b>aspectos ambientales</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilidad hacia temas medioambientales (URIC, UGR, UDIMA)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respeto al medioambiente (UPM)</li> </ul>
Relacionadas con <b>aspectos sociales</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad para la prevención de riesgos laborales y protección de la salud y la seguridad de los trabajadores y usuarios (UNIOVI, URL)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunicar de forma efectiva, tanto por escrito como oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las TIC y, concretamente de la Informática, conociendo su <b>impacto socioeconómico</b>. (UAX)</li> <li>• Concebir, desplegar, organizar y gestionar sistemas y servicios informáticos en contextos empresariales o institucionales para mejorar sus procesos de negocio, responsabilizándose y liderando su puesta en marcha y mejora continua, así como valorar su <b>impacto económico y social</b>. (UAX)</li> <li>• Preocupación por el <b>desarrollo humano y compromiso social</b> (UNEX)</li> <li>• Capacidad para diseñar, desarrollar, evaluar y asegurar la accesibilidad, ergonomía, usabilidad y seguridad de los sistemas, servicios y aplicaciones informáticas, así como de la información que gestiona (UGR)</li> <li>• Capacidad para emplear <b>metodologías centradas en el usuario</b> y la organización para el desarrollo, evaluación y gestión de aplicaciones y sistemas basados en tecnologías de la información que aseguren la <b>accesibilidad, ergonomía y usabilidad</b> de los sistemas. (UIB)</li> <li>• Resolver problemas y diseñar sistemas, componentes, aplicaciones y procesos de manera creativa e innovadora, a partir de los requisitos existentes y aplicando los criterios precisos de eficacia, eficiencia, costes, beneficios, <b>seguridad</b>, calidad, fiabilidad, <b>impacto socioeconómico</b> y otros que intervengan. (DEUSTO)</li> <li>• Recabar, procesar y manejar información tecnológica y apreciar la importancia del aprendizaje a lo largo de la vida (formación continua, reciclaje, y autoaprendizaje) para la necesaria adaptación a la <b>evolución de la disciplina</b>, la profesión y la <b>sociedad</b>. (DEUSTO)</li> </ul>

Industriales	Informática
Relacionadas con <b>aspectos legales</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Manejar especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento (DEUSTO)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conocimiento y aplicación de elementos básicos de economía y de gestión de recursos humanos, organización y planificación de proyectos, así como la <b>legislación, regulación y normalización</b> en el ámbito de los proyectos informáticos (UEM, UNEX, UGR, EHU)</li> <li>Ajustarse en los diversos ámbitos de su labor a las especificaciones, estándares, <b>reglamentos, normas</b> y recomendaciones, valorando el grado de cumplimiento necesario de cada una. (DEUSTO)</li> </ul>
Integran <b>varias dimensiones</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Habilidad para diseñar un sistema, componente o proceso que alcance los requisitos deseados teniendo en cuenta restricciones realistas tales como las económicas, <b>medioambientales, sociales, políticas, éticas, de salud y seguridad, de fabricación y de sostenibilidad</b> (competencia (c) ABET) (UPM-ETSII, UPV)</li> <li>Comprender el impacto de la ingeniería en el medio ambiente, el desarrollo sostenible de la sociedad y la importancia de trabajar en un entorno profesional y responsable (UPM-ETSIDI)</li> <li>Tener una actitud <b>ética y responsable</b> de respeto a las <b>personas</b> y al <b>medio ambiente</b> (UNEX)</li> <li>Capacidad para actuar con sensibilidad <b>ética</b> en lo <b>medioambiental</b> y en lo <b>social</b> (respeto a la igualdad de género, la diversidad y la multiculturalidad) (UIB)</li> <li>Comprender el impacto de la ingeniería industrial en el <b>medio ambiente, el desarrollo sostenible de la sociedad</b> y la importancia de trabajar en un entorno profesional y <b>responsable</b> (UPM)</li> </ul> <p>UVA:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad para diseñar y desarrollar proyectos. Esta capacidad requiere ser capaz de analizar los antecedentes, fijar los objetivos, planificar el trabajo seleccionando las tecnologías adecuadas y documentando las soluciones seleccionadas. Esta competencia implica ser capaz de definir el</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Responsabilidad social y medioambiental:</b> Conocimientos, habilidades y actitudes para integrar en la actividad profesional, de forma responsable y equilibrada, los aspectos sociales, ambientales y éticos inherentes a la ingeniería informática (UPM-ETSIS)</li> <li>Proponer soluciones a un problema planteado que sean razonables dentro del ámbito de la empresa y que se ajusten a la <b>normativa</b> vigente, respeten la igualdad de <b>derechos</b> y sean responsables desde el punto de vista <b>medioambiental</b> (UC3M)</li> <li>Ser capaz de comunicarse respetando a los demás, la igualdad entre hombres y mujeres y otros <b>derechos</b> fundamentales, así como las obligaciones con la <b>sociedad</b>, la profesión y el <b>medio ambiente</b>. (UC3M)</li> <li>Capacidad para valorar la repercusión <b>social y medioambiental</b> de las soluciones de la ingeniería, y para perseguir objetivos de calidad en el desarrollo de su actividad profesional. (UCM)</li> <li>Facilitar a los estudiantes la capacidad de valorar la importancia de la Ingeniería de Informática en el contexto industrial, económico, <b>medioambiental y social</b>. (UAH)</li> <li>Comprender la <b>responsabilidad social, ética y profesional, y civil en su caso</b>, de la actividad del Ingeniero en Informática y su papel en el ámbito de las TIC y de la Sociedad de la Información y del Conocimiento (UAX, UEM)</li> <li>Desarrollo de la capacidad para concebir y desarrollar sistemas o arquitecturas informáticas centralizadas o distribuidas integrando</li> </ul>

<p>alcance del proyecto, especificar las características técnicas y evaluar los aspectos económico-financieros y el <b>impacto económico, social y ambiental</b> del proyecto, permitiendo introducir mejoras de forma eficaz.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad para <b>actuar éticamente y con compromiso social</b>. Esta competencia requiere desarrollar una educación en valores, incidiendo en la igualdad entre sexos, y en el respeto a las diferentes culturas, razas, ideologías y lenguas que les permitan identificar las connotaciones éticas en sus decisiones en el desempeño profesional. Utilizando de forma equilibrada y compatible la tecnología, la economía y la <b>sostenibilidad</b> en el contexto local y global.</li> <li>• Comprensión y dominio de la gestión <b>integrada de la calidad, seguridad, el medioambiente</b> y la prevención de riesgos laborales.</li> <li>• Capacidad para actuar con <b>responsabilidad social</b> en base al conocimiento de las relaciones entre ingeniería y sociedad, en los aspectos de ética, historia, legislación, seguridad y riesgos laborales e impacto social de la ingeniería.</li> </ul>	<p>hardware, software y redes, y la enfocada a conocer, comprender y aplicar la legislación necesaria durante el desarrollo de la profesión de ingeniero y manejar especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento; así mismo, se aprenderá a <b>analizar y valorar el impacto social y medioambiental</b> de las soluciones técnicas, comprendiendo la responsabilidad <b>ética</b> y profesional de la actividad. (CEU)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad para desarrollar habilidades interpersonales, y <b>compromiso con valores sociales, éticos, medioambientales y de derechos fundamentales</b>, en especial los valores de igualdad y capacidad. (UIB)</li> <li>• Apreciar las consideraciones <b>sociales, éticas, económicas</b> y comerciales que afectan al ejercicio de la ingeniería. (DEUSTO)</li> <li>• Aplicar los conocimientos profesionales de acuerdo con principios deontológicos y valores y <b>principios éticos</b> universales para orientar la Sociedad de la Información y el Conocimiento hacia un <b>desarrollo sostenible</b> (UPV)</li> </ul>
---	--

### **ANEXO 1.3. Titulaciones de referencia de trabajo sistemático y holístico de las competencias RSSE**

En este Anexo se presentan las fichas que resumen los resultados de algunas titulaciones que, según los criterios seguidos en el estudio, se puede considerar que están integrando las competencias RSSE de forma holística y sistemática.

Se han elegido 12 titulaciones de 7 universidades buscando que hubiera cierta coherencia entre lo que expresan en sus estrategias y lo que luego aparece en los planes de estudio. De cada una de ellas, se recoge:

- ✓ la redacción de algunos párrafos de sus documentos estratégicos que hacen relación a los aspectos de sostenibilidad, responsabilidad social o ética analizados en este estudio,
- ✓ las competencias RSSE que se recogen en la definición de las titulaciones,
- ✓ una tabla con las asignaturas en cuyos temarios se explicita el trabajo de alguno de los aspectos RSSE considerados en este estudio, especificando la categoría de la misma y ordenadas por el curso en el que se enmarca en el plan de estudios (las asignaturas obligatorias aparecen sombreadas),
- ✓ un cuadro con algunos comentarios relativos al tratamiento holístico y sistemático de las competencias RSSE, y algunos otros aspectos que se han considerado relevantes.

Se presentan siguiendo el orden alfabético de las universidades:

- Universidad de DEUSTO: Informática
- Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibersitatea (UPV-EHU): Industriales e Informática
- Universidad Politécnica de Madrid: Industriales e Informática
- Universidad Pontificia de Comillas (ICAI): Industriales
- Universidad Rey Juan Carlos (URJC): Industriales e Informática
- Universitat de València (UV): Industriales e Informática
- Universitat Politècnica de Catalunya (UPC): Industriales e Informática.

<b>Universidad</b>	<b>Universidad de Deusto</b>
<b>Estrategia</b>	
<p>La Universidad de Deusto pretende en nuestros días <b>servir a la sociedad</b> mediante una contribución específicamente universitaria y a partir de una visión cristiana de la realidad.</p> <p>Plena dedicación a los estudiantes y a la sociedad a través de la profundización en el conocimiento, su transferencia, la <b>formación en valores</b> y la capacitación profesional</p> <p>Pretende simultáneamente la <b>formación de personas libres, ciudadanos responsables y profesionales competentes</b>, dotados de aquellos conocimientos, valores y destrezas que les permitan <b>comprometerse</b> en la promoción del saber y <b>en la transformación de la sociedad</b>.</p>	

<b>Ámbito</b>	<b>INFORMÁTICA</b>
<b>Grados</b>	Ingeniería Informática
<b>Centro</b>	Facultad de Ingeniería (Campus de Bilbao)
<b>Competencias RSSE</b>	
<p>CB3 - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética</p> <p>CG-06 - SENTIDO ÉTICO. Inclinar positivamente hacia el bien moral de uno mismo o de los demás (es decir, hacia todo lo que eso significa bien, vivencia de sentido, realización de la persona, sentido de justicia) y perseverar en dicho bien moral.</p> <p>CG-10 - DIVERSIDAD E INTERCULTURALIDAD. Comprender y aceptar la diversidad social y cultural como un componente enriquecedor personal y colectivo para desarrollar la convivencia entre las personas sin incurrir en discriminación por sexo, edad, religión, condición social, política y/o étnica.</p> <p>CG-RD-03 - Capacidad para diseñar, desarrollar, evaluar y asegurar la accesibilidad, ergonomía, usabilidad y seguridad de los sistemas, servicios y aplicaciones informáticas, así como de la información que gestionan.</p> <p>CG-RD-07 - Capacidad para conocer, comprender y aplicar la legislación necesaria durante el desarrollo de la profesión de Ingeniero Técnico en Informática y manejar especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.</p> <p>CG-RD-11 - Capacidad para analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas, comprendiendo la responsabilidad ética y profesional de la actividad del Ingeniero Técnico en Informática.</p> <p>CE-RI-01 - Capacidad para diseñar, desarrollar, seleccionar y evaluar aplicaciones y sistemas informáticos, asegurando su fiabilidad, seguridad y calidad, conforme a principios éticos y a la legislación y normativa vigente.</p> <p>CE-RI-02 - Capacidad para planificar, concebir, desplegar y dirigir proyectos, servicios y sistemas informáticos en todos los ámbitos, liderando su puesta en marcha y su mejora continua y valorando su impacto económico y social.</p>	

Integración competencias RSSE en plan de estudios			Aspectos RSSE			
Curs o	Cate- goría	Asignaturas	Ético	Social	Legal	Ambient al
2º	HUM	Elegir asignatura optativa de humanidades	X	X		
	OTRAS	Interacción y multimedia		X		
3º	OTRAS	Gestión del conocimiento	X		X	
	PROY	Gestión de proyectos software			X	
4º	HUM	Ética cívica y profesional	X	X	X	
	SEG	Seguridad de la información		X	X	
	TFG	Trabajo Fin de Grado			X	

Comentarios
<p>Tratamiento Holístico:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- se aprecia sobre todo en la asignatura de HUM,</li> <li>- a veces se combinan aspectos éticos y legales (OTRAS), problemas sociales y legales (SEG)</li> <li>- no aparece lo ambiental en ninguna</li> </ul>
<p>Tratamiento Sistemático:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- se trabaja en distintos cursos y varias categorías, aunque se concentra más en los últimos cursos</li> </ul>
<p>Completo / Asignaturas o experiencias relevantes:</p> <p>Hay varias asignaturas en las que se introducen temáticas RSSE de forma <b>transversal</b>: accesibilidad en Interacción y Multimedia; un apartado específico de aspectos éticos y legales en Gestión del Conocimiento, en la de Seguridad se abordan temas legales y de privacidad.</p> <p>En el <b>TFG</b>, solamente se hace hincapié en lo legal, pero se <b>evalúa específicamente</b>:</p> <p>Se da un porcentaje a cada competencia. En concreto la CE3 <i>–recabar, procesar y manejar información tecnológica, reglamentos y normas de obligado cumplimiento y apreciar la importancia del aprendizaje a lo largo de la vida (formación continua, reciclaje, y autoaprendizaje) para la necesaria adaptación a la evolución de la disciplina, la profesión y la sociedad–</i> la valora con 15% de la calificación total, dentro del apartado de calidad técnica y trabajo realizado.</p>
<p>Institucional:</p> <p>Hay cierta similitud a ICAI (universidad privada religiosa) en cuanto a una asignatura importante de <i>Humanidades</i> centrada en la ética profesional.</p>

Universidad	Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibersitatea
<b>Estrategia</b>	
La UPV-EHU es una universidad pública, investigadora, enraizada en la sociedad vasca, abierta al mundo, con un liderazgo intelectual y un <b>compromiso ético y social</b> .	
<i>Misión:</i>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ofrecer, mediante un modelo propio cooperativo, plurilingüe e inclusivo, una formación integral, flexible y adaptada a las necesidades de la sociedad, potenciando personas con criterio, creadoras, emprendedoras y <b>comprometidas con la sociedad</b>.</li> <li>• Asumir su responsabilidad como institución comprometida con la sociedad, contribuyendo a la mejora de las condiciones de vida, del nivel de inclusión y cohesión social de la comunidad donde se ubica, así como al <b>desarrollo económico sostenible</b> de su territorio de influencia, participando activamente en la búsqueda de soluciones a los <b>retos sociales, culturales y medioambientales</b> del País Vasco.</li> </ul>	
<i>Visión:</i>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollará con vocación de liderazgo intelectual y responsabilidad social medidas encaminadas a la consecución de la igualdad efectiva de mujeres y hombres y a la reducción de las desigualdades sociales y culturales que favorezcan el progreso de las sociedades en una clave de mayor <b>equidad, sostenibilidad</b> y respeto a los derechos humanos.</li> </ul>	

Ámbito	INDUSTRIALES
Grados	Ingeniería de Tecnologías Industriales
Centro	Escuela Ingeniería de Bilbao
<b>Competencias RSSE</b>	
IND1. Capacidad de analizar y valorar el <b>impacto social y medioambiental</b> de las soluciones técnicas.	
IND2. Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la <b>legislación</b> necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial.	
IND3. Conocimientos básicos y aplicación de <b>tecnologías medioambientales y sostenibilidad</b> .	

Integración competencias RSSE en plan de estudios			Aspectos RSSE			
Curs o	Cate- goría	Asignaturas	Ético	Social	Legal	Ambient al
4º	AMB	Ciencia y Tecnología Ambiental		X	X	X
	PROY	Proyectos de Ingeniería		X	X	X
	ECON	Organización de empresas		X		
	OTRAS	Centrales nucleares				X
	SEG	Gestión, seguridad, higiene, ergonomía (OP)		X	X	
	ECON	Gestión de personal (OP)		X		
	TFG	Trabajo Fin de Grado		X	X	X

## Comentarios

### Tratamiento Holístico

- se trabajan 3 de los aspectos en distintas asignaturas, no se explicitan los aspectos éticos
- en 3 asignaturas, se trabajan al menos 3 aspectos, aunque no está claro el nivel de reflexión o interrelación; está muy basado en lo normativo (proyectos y TFG)

### Tratamiento Sistemático:

- se trabajan en asignaturas obligatorias y optativas, pero solamente se ha observado en 4º curso
- se trabaja en distintas categorías de asignaturas

### Completo / Asignaturas o experiencias relevantes:

- en Ciencia y Tecnología Ambiental hay una introducción que puede propiciar la reflexión
- Proyectos se explicita el trabajo con informes ambientales, de seguridad y normativas.
- TFG: se guía bastante, incluyendo beneficios/análisis de riesgos y el uso adecuado de normativas se evalúa explícitamente (se incluye ahí la evaluación de las competencias de sostenibilidad).

<b>Universidad</b>	<b>Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibersitatea</b>
<b>Ámbito</b>	<b>INFORMÁTICA</b>
<b>Grados</b>	Ingeniería Informática de Gestión y Sistemas de Información
<b>Centro</b>	Escuela Ingeniería de Bilbao
<b>Competencias RSSE</b>	
<p>Capacidad para analizar y valorar el <b>impacto social y medioambiental</b> de las soluciones técnicas, comprendiendo la <b>responsabilidad ética y profesional</b> de la actividad del Ingeniero Técnico en Informática.</p> <p>Capacidad para conocer, comprender y aplicar la <b>legislación</b> necesaria durante el desarrollo de la profesión de Ingeniero Técnico en Informática y manejar especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.</p> <p>Capacidad para diseñar, desarrollar, evaluar y asegurar la <b>accesibilidad, ergonomía, usabilidad y seguridad</b> de los sistemas, servicios y aplicaciones informáticas, así como de la información que gestionan.</p>	

Integración competencias RSSE en plan de estudios			Aspectos RSSE			
Curs o	Cate- goría	Asignaturas	Ético	Social	Legal	Ambient al
3º	SEG	Sistemas de gestión de seguridad de sistemas de Información	X	X	X	
	PROY	Gestión de proyectos			X	
4º	HUM	Aspectos profesionales de la informática (OP)	X	X	X	
	OTRAS	Interacción persona ordenador (OP)		X	X	
	TFG	Trabajo Fin de Grado (4º)		X	X	

<b>Comentarios</b>
<p>Tratamiento Holístico</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- se trabajan 3 de los aspectos en distintas asignaturas, pero falta lo ambiental</li> <li>- se explicitan sobre todo los aspectos legales y sociales</li> </ul>
<p>Tratamiento Sistemático:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- se trabajan en asignaturas obligatorias y optativas, aunque solamente en los dos últimos cursos</li> <li>- se trabaja en distintas categorías de asignaturas</li> </ul>
<p>Completo / Asignaturas o experiencias relevantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestión de proyectos: metodología de aprendizaje basado en proyectos, estándar PMI, se explicita el seguimiento de las normativas vigentes</li> <li>- En la asignatura de <i>Humanidades</i> se utilizan metodologías activas como estudio de casos y debates.</li> <li>- TFG: se guía bastante, incluyendo beneficios/análisis de riesgos y el uso adecuado de normativas se evalúa explícitamente (se incluye ahí la evaluación de las competencias de sostenibilidad)</li> </ul>



<b>Universidad</b>	<b>Universidad Politécnica de Madrid</b>
<b>Estrategia</b>	
La Universidad Politécnica de Madrid tiene la misión de educar a sus estudiantes, preparándolos para el ejercicio profesional e inculcándoles los <b>valores éticos, la responsabilidad y la sensibilidad por los problemas sociales y los retos de la humanidad.</b>	

<b>Ámbito</b>	<b>INDUSTRIALES</b>
<b>Grados</b>	Ingeniería de Tecnologías Industriales Ingeniería Química Ingeniería de Organización
<b>Centro</b>	ETSII
<b>Competencias RSSE</b>	
CG4 - Comprender el <b>impacto</b> de la ingeniería industrial <b>en el medio ambiente</b> , el <b>desarrollo sostenible de la sociedad</b> y la importancia de trabajar en un entorno profesional y <b>responsable</b> .	
ABET (c) Habilidad para diseñar un sistema, componente o proceso que alcance los requisitos deseados teniendo en cuenta restricciones realistas tales como las económicas, <b>medioambientales, sociales</b> , políticas, <b>éticas</b> , de salud y seguridad, de fabricación y de <b>sostenibilidad</b> .	
ABET (f) Comprensión de la <b>responsabilidad ética y profesional</b> .	
ABET (h) Educación amplia necesaria para entender el impacto de las soluciones ingenieriles en un <b>contexto social global</b> .	
CE17 - Conocimientos básicos y aplicación de <b>tecnologías medioambientales y sostenibilidad</b>	

<b>Integración competencias RSSE en plan de estudios</b>			<b>Aspectos RSSE</b>			
<b>Curs o</b>	<b>Cate- goría</b>	<b>Asignaturas</b>	<b>Ético</b>	<b>Social</b>	<b>Legal</b>	<b>Ambient al</b>
2º	AMB	Ingeniería del Medio Ambiente (*)				X
	ECON	La empresa y su entorno		X	X	
	ECON	Marco Legal de la empresa (**)		X		X
3º	ECON	Organización de Sistemas Productivos	X	X		X
	ECON	Organización del trabajo y gestión RRHH (**)	X	X		
4º	PROY	Proyectos		X	X	X
	ECON	Responsabilidad Social Empresarial (OP)	X	X		X
	HUM	Retos de la Ingeniería frente a la Transformación de la Sociedad (OP)		X	X	
	TFG	Trabajo Fin de Grado (4º)	X	X	X	X

(\*) En 4º curso en el grado de Ingeniería Química

(\*\*) Específica del grado de Ingeniería de Organización

<b>Comentarios</b>
<p><b>Tratamiento Holístico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- se trabajan todos los aspectos en distintos momentos</li> <li>- en 3 asignaturas obligatorias, se trabajan al menos 3 aspectos, promoviendo cierta reflexión e interrelación y se deja abierto en el TFG</li> <li>- en Ingeniería del Medioambiente el enfoque es fundamentalmente técnico y solamente centrado en lo ambiental</li> </ul>
<p><b>Tratamiento Sistemático:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- se trabajan en asignaturas obligatorias en distintos momentos del grado (2º, 3º, 4º)</li> <li>- se trabaja en distintas categorías de asignaturas</li> </ul>
<p><b>Completo / Asignaturas o experiencias relevantes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- OSP, se explicita la reflexión y la interrelación entre las distintas dimensiones y aspectos</li> <li>- Proyectos: con metodología basada en proyectos, y en algunos grupos, con proyectos con un determinado enfoque social y/o ambiental.</li> <li>- TFG: se propone explícitamente y se evalúa explícitamente, con rúbrica.</li> </ul>
<p><b>Institucional:</b></p> <p>En el centro hay una estrategia de trabajo de las competencias ABET, con comisiones específicas para cada competencia en donde se planifica, implementa y revisa el trabajo de dichas competencias en el plan de estudios.</p> <p>Hay cierta coherencia entre competencias y temario, aunque no siempre que se incluyen competencias RSSE se ve reflejado en el temario.</p> <p>Además, hay una estrategia de responsabilidad social del centro que incluye la dimensión docente.</p>

<b>Universidad</b>	<b>Universidad Politécnica de Madrid</b>
<b>Ámbito</b>	<b>INFORMÁTICA</b>
<b>Grados</b>	Ingeniería de Computadores Ingeniería del Software
<b>Centro</b>	ETSISI
<b>Competencias RSSE</b>	
<p>CT9. Responsabilidad social y medioambiental: Conocimientos, habilidades y actitudes para integrar en la actividad profesional, de forma responsable y equilibrada, los <b>aspectos sociales, ambientales y éticos</b> inherentes a la ingeniería informática.</p> <p>Competencia básica 3 (RD3): Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole <b>social</b>, científica o <b>ética</b>.</p> <p>CC1. Capacidad para diseñar, desarrollar, seleccionar y evaluar aplicaciones y sistemas informáticos, asegurando su fiabilidad, seguridad y calidad, <b>conforme a principios éticos y a la legislación y normativa vigente</b>.</p> <p>CC2. Capacidad para planificar, concebir, desplegar y dirigir proyectos, servicios y sistemas informáticos en todos los ámbitos, liderando su puesta en marcha y su mejora continua <b>y valorando su impacto económico y social</b>.</p> <p>CC17 Capacidad para diseñar y evaluar interfaces persona computador que garanticen la <b>accesibilidad y usabilidad</b> a los sistemas, servicios y aplicaciones informáticas</p> <p>CC18 Conocimiento de la <b>normativa</b> y la <b>regulación</b> de la informática en los ámbitos nacional, europeo e internacional.</p>	

<b>Integración competencias RSSE en plan de estudios</b>			<b>Aspectos RSSE</b>			
<b>Curs o</b>	<b>Cate- goría</b>	<b>Asignaturas</b>	<b>Ético</b>	<b>Social</b>	<b>Legal</b>	<b>Ambient al</b>
1º	SEG	Fundamentos de Seguridad		X		
	HUM	Aspectos Éticos y Sociales	X	X	X	X
3º	HUM	Aspectos Legales y Profesionales		X	X	
	OTROS	Construcción y Diseño de Interfaces gráficas de Usuario (*)		X		
4º	OTROS	Calidad del software (*)	X			
	TFG	Proyecto Fin de Grado	X	X	X	X

(\*) Obligatoria solo en Ingeniería del Software

<b>Comentarios</b>
<p><b>Tratamiento Holístico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- se trabajan todos los aspectos en algún momento</li> <li>- en dos asignaturas se explicitan todos los aspectos, aunque en el TFG la reflexión se deja abierta, se propone mirar todos, pero no se asegura que se trabajen todos</li> <li>- cuando aparecen en asignaturas técnicas solamente se explicita un aspecto</li> </ul>
<p><b>Tratamiento Sistemático:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- se trabajan en distintos momentos del grado (1º, 3º, 4º)</li> <li>- falta que se expliciten los aspectos en más categorías (economía, proyectos, otras asignaturas de seguridad)</li> </ul>
<p><b>Completo / Asignaturas o experiencias relevantes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aspectos éticos y sociales: reflexión, metodologías activas, evaluación explícita de las competencias</li> <li>- TFG: se propone explícitamente y se evalúa explícitamente, pero sin rúbrica específica.</li> </ul>
<p><b>Institucional:</b></p> <p>En el centro hay comisión de competencias que vela para que se trabajen todas las competencias transversales en distintos momentos a lo largo de los grados, aunque no hay un trabajo sistemático.</p>

Universidad	Universidad Pontificia de Comillas
<p><b>Estrategia</b></p> <p>COMILLAS aspira: a la aproximación sistemática a la realidad en toda su <b>complejidad</b>; a la metodología interdisciplinar en la investigación y el ejercicio práctico de la docencia, y en el planteamiento y búsqueda <b>de solución a los problemas del hombre y de la sociedad</b>.</p> <p>La base sólida del sentido crítico exige la ciencia, la búsqueda interdisciplinar de la verdad, la <b>asimilación de los valores fundamentales</b> y un profundo <b>conocimiento de la realidad social</b>. Sólo estos cimientos garantizan un <b>sentido crítico realmente humano, global</b> y un ejercicio equilibrado del mismo.</p> <p>COMILLAS, en sus relaciones internas, preconiza para los alumnos [...] un talante personal de autotransformación para ser <b>agentes de cambio en la sociedad</b> y para crear y promover nuevas actividades empresariales, económicas y sociales. Cualquier profesión ha de ser vista como un servicio a los demás y una oportunidad de promocionar la justicia.</p> <p>COMILLAS considera un obstáculo para este objetivo el afán exclusivo de asegurar, con el ingreso en la Universidad, un futuro empleo en el mercado laboral.</p> <p>*Manifestación de <b>no discriminación</b>: se velará para que en todas sus normas y actuaciones no se produzca discriminación alguna orientando la actividad universitaria hacia el respeto de los derechos humanos, el progreso social, la cultura de la paz, el respeto al medio ambiente y el desarrollo sostenible.</p>	

Ámbito	INDUSTRIALES
Grados	Ingeniería Industrial
Centro	ICAI (Madrid)
<p><b>Competencias RSSE</b></p> <p>IND1. Capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas.</p> <p>IND2. Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial.</p> <p>IND3. Conocimientos básicos y aplicación de tecnologías medioambientales y sostenibilidad.</p>	

Integración competencias RSSE en plan de estudios			Aspectos RSSE			
Curs o	Cate- goría	Asignaturas	Ético	Social	Legal	Ambient al
2º	ECO	Economía y gestión de empresas		X		
4º	AMB	Ingeniería y Desarrollo Sostenible		X	X	X
	HUM	Ética	X	X		X
	PROY	Oficina Técnica		X	X	X
	TFG	Trabajo Fin de Grado				X

<b>Comentarios</b>
<p>Tratamiento Holístico</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- se aprecia ese enfoque en las asignaturas de HUM y AMB</li> <li>- en la de proyectos, se centra más en lo establecido acerca de estudios de impacto</li> <li>- lo ético se observa solamente en la asignatura propia de ética</li> </ul>
<p>Tratamiento Sistemático:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- se trabaja en distintas categorías, aunque casi todo concentrado en 4º</li> </ul>
<p>Completo / Asignaturas o experiencias relevantes:</p> <p style="padding-left: 40px;">Metodología de casos y debates en las asignaturas de ECO y HUM.</p>
<p>Institucional: Hay cierta similitud a DEUSTO (universidad privada religiosa) en cuanto a una asignatura importante de <i>Humanidades</i> centrada en la ética profesional.</p>

<b>Universidad</b>	<b>Universidad Rey Juan Carlos</b>
<b>Estrategia</b>	
<p>La URJC adquiere el compromiso de conseguir que todas sus actividades docentes, investigadoras y servicios, se rijan por <b>criterios de sostenibilidad y de respeto al medioambiente</b>, lo que permite a la universidad mejorar su desempeño en los ámbitos económico, social y ambiental.</p> <p><i>Artículo 165. Contenido y concepto (Docencia y Estudio):</i></p> <p>1. Uno de los objetivos fundamentales de la Universidad Rey Juan Carlos es la docencia de calidad que tienda a la <b>formación integral y crítica</b> de los estudiantes.</p>	

<b>Ámbito</b>	<b>INDUSTRIALES</b>
<b>Grados</b>	Ingeniería de Tecnologías Industriales
<b>Centro</b>	Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología (Móstoles)
<b>Competencias RSSE</b>	
<p>Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la <b>legislación</b> necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial.</p> <p>Conocimientos básicos y aplicación de <b>tecnologías medioambientales y sostenibilidad</b>.</p> <p>CG12. <b>Compromiso ético</b></p> <p>CG23. Sensibilidad hacia temas <b>medioambientales</b></p>	

<b>Integración competencias RSSE en plan de estudios</b>			<b>Aspectos RSSE</b>			
<b>Curso</b>	<b>Cate- goría</b>	<b>Asignaturas</b>	<b>Ético</b>	<b>Social</b>	<b>Legal</b>	<b>Ambient al</b>
1º	HUM	Principios jurídicos básicos: deontología profesional e igualdad	X	X	X	
2º	ECON	Introducción a la Empresa	X	X		
3º	AMB	Ingeniería y Gestión Ambiental		X		X
	OTRAS	Ingeniería Energética				X
4º	SEG	Calidad y seguridad industrial		X	X	
	PROY	Proyectos de Ingeniería		X	X	X
	TFG	Trabajo Fin de Grado		X		X

<b>Comentarios</b>
<p><b>Tratamiento Holístico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cubre todos los aspectos</li> <li>- En general, se trabajan dos aspectos por asignatura</li> </ul>
<p><b>Tratamiento Sistemático:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se trabaja en todos los cursos, en todas las categorías definidas, en asignaturas obligatorias.</li> </ul>
<p><b>Completo/Experiencias relevantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- en algunas de las asignaturas se mencionan explícitamente metodologías activas como estudios de caso o realización de trabajos.</li> <li>- la asignatura de Ingeniería Energética se plantea la reflexión sobre las “claves de la degradación medioambiental”</li> <li>- en el TFG se plantea como objetivo capacitar para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica, tecnológica o ética, y que facilite el desarrollo de un pensamiento y juicio crítico, lógico.</li> </ul>

<b>Universidad</b>	<b>Universidad Rey Juan Carlos</b>					
<b>Ámbito</b>	<b>INFORMÁTICA</b>					
<b>Grados</b>	Ingeniería del Software Ingeniería de Computadores Ingeniería Informática					
<b>Centro</b>	ETS Ingeniería Informática					
<b>Competencias RSSE</b>						
INF1. Capacidad para analizar y valorar el <b>impacto social y medioambiental</b> de las soluciones técnicas, comprendiendo la responsabilidad ética y profesional de la actividad del Ingeniero Técnico en Informática.						
INF2. Capacidad para conocer, comprender y aplicar la <b>legislación</b> necesaria durante el desarrollo de la profesión de Ingeniero Técnico en Informática y manejar especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.						
INF3. Capacidad para diseñar, desarrollar, seleccionar y evaluar aplicaciones y sistemas informáticos, asegurando su fiabilidad, seguridad y calidad, <b>conforme a principios éticos y a la legislación y normativa vigente</b> .						
INF4. Capacidad para planificar, concebir, desplegar y dirigir proyectos, servicios y sistemas informáticos en todos los ámbitos, liderando su puesta en marcha y su mejora continua y <b>valorando su impacto económico y social</b> .						
Solo para Ingeniería del software:						
IS1. Capacidad para diseñar soluciones apropiadas en uno o más dominios de aplicación utilizando métodos de la ingeniería del software que <b>integren aspectos éticos, sociales, legales y económicos</b> .						
<b>Integración competencias RSSE en plan de estudios</b>				<b>Aspectos RSSE</b>		
<b>Curs o</b>	<b>Cate- goría</b>	<b>Asignaturas</b>	<b>Ético</b>	<b>Social</b>	<b>Legal</b>	<b>Ambient al</b>
1º	HUM	Filosofía del hombre y de la ciencia	X	X		
2º	HUM	Principios jurídicos básicos: deontología profesional e igualdad	X	X	X	X
3º	SEG	Seguridad Informática		X	X	
	OTRAS	Interacción persona ordenador		X		
4º	OTRAS	Multimedia (OP)		X		
<b>Comentarios</b>						
Tratamiento Holístico: - Cubre todos los aspectos - La asignatura de <i>Humanidades</i> especifica el tratamiento de todos los aspectos						
Tratamiento Sistemático: - se trabaja en todos los cursos, aunque no en todas las categorías definidas, ni siempre en asignaturas obligatorias.						
Completo/Experiencias relevantes - Muy interesante la asignatura de <i>Humanidades</i> de 2º curso, con metodologías docentes activas muy interesantes: Películas, debates, noticias prensa, exposición trabajos. - Hay cierta transversalidad en temas propios de la ingeniería informática, como la seguridad y la accesibilidad.						
Institucional: - La asignatura de <i>Humanidades</i> es común para las ingenierías						

Universidad	Universitat de València
<p><b>Estrategia</b></p> <p><i>Misión:</i></p> <p>[...] La formación y la investigación fomentan las tareas que también realiza en el ámbito de difusión de la ciencia y la cultura y en la reafirmación de los <b>valores democráticos</b> de la sociedad en general, y de la valenciana en particular.</p> <p><i>Valores:</i></p> <p><b>Progreso social</b> y económico, que se concreta en el compromiso de la Universitat de València con el desarrollo intelectual y material de los pueblos y el avance del conocimiento.</p> <p><b>Sostenibilidad.</b> La Universitat de València está al servicio de la defensa ecológica y del medio ambiente y promueve y aplica medidas activas para la protección y mejora de la salud de los miembros de la comunidad universitaria. La Institución desarrolla este valor mediante la aplicación activa de las veinticinco políticas que integran el programa “Campus Sostenible. Educación e Investigación para la Sostenibilidad”.</p> <p><i>Plan Estratégico:</i></p> <p>Docencia: "graduados que adquieren competencias adaptadas a las <b>demandas de un mundo cambiante y global</b>".</p>	

Ámbito	INDUSTRIALES
Grados	Ingeniería Química
Centro	ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
<p><b>Competencias RSSE</b></p> <p>IND1 B3. Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole <b>social</b>, científica o <b>ética</b>;</p> <p>IND1. Capacidad de analizar y valorar el <b>impacto social y medioambiental</b> de las soluciones técnicas.</p> <p>IND2. Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la <b>legislación</b> necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial.</p> <p>IND3. Conocimientos básicos y aplicación de <b>tecnologías medioambientales y sostenibilidad</b>.</p> <p>G1. Tomar conciencia del <b>componente ético y los principios deontológicos</b> del ejercicio de la profesión.</p> <p>G9. Tomar conciencia de los <b>derechos fundamentales y de igualdad</b> entre hombres y mujeres en el ámbito laboral.</p>	

Integración competencias RSSE en plan de estudios			Aspectos RSSE			
Curs o	Cate- goría	Asignaturas	Ético	Social	Legal	Ambient al
1º	HUM	Ingeniería, sociedad y universidad	X	X		X
2º	AMB	Medioambiente y sostenibilidad		X	X	X
3º	AMB	Ingeniería de la contaminación ambiental				X
	ECON	Organización y gestión de la producción		X	X	
4º	AMB	Gestión y tratamiento de residuos (OP)			X	X
	AMB	Ingeniería de la contaminación atmosférica (OP)			X	
	AMB	Tratamiento de aguas (OP)			X	X
	SEG	Seguridad industrial y prevención de riesgos laborales (OP)		X		X

Comentarios
<p><b>Tratamiento Holístico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- se trabajan todos los aspectos en distintas ocasiones, aunque el ético solamente una vez</li> <li>- en la asignatura de <i>Humanidades</i> se observa un tratamiento conjunto de los distintos aspectos</li> <li>- en la asignatura de Medioambiente y Sostenibilidad hay una introducción en donde se aborda el problema ambiental de forma holística, incluyendo también la dimensión económica.</li> </ul>
<p><b>Tratamiento Sistemático:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- se trabaja algo en todos los cursos, aunque en el último solamente en optativas y no se ha observado ninguna referencia en el TFG</li> <li>- se complementa la oferta obligatoria con optativas, en especial de temas ambientales (más técnicos y específicos)</li> </ul>
<p><b>Completo / Asignaturas o experiencias relevantes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- en la asignatura de <i>Humanidades</i> se trabajan otras competencias transversales; hay profesorado mixto de departamentos técnicos y humanísticos (educación, historia), pero la metodología no es muy innovadora.</li> </ul>
<p><b>Institucional:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la asignatura de <i>Humanidades</i> de 1º, Ingeniería, Sociedad y Universidad, es común para las titulaciones de ingeniería</li> <li>- existe un programa de Campus Sostenible, con una relevante componente docente.</li> </ul>

<b>Universidad</b>	<b>Universitat de València</b>
<b>Ámbito</b>	<b>INFORMÁTICA</b>
<b>Grados</b>	Ingeniería Informática
<b>Centro</b>	ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
<b>Competencias RSSE</b>	
<p>B3. Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole <b>social</b>, científica o <b>ética</b>;</p> <p>Capacidad para analizar y valorar el <b>impacto social y medioambiental</b> de las soluciones técnicas, comprendiendo la <b>responsabilidad ética y profesional</b> de la actividad del Ingeniero Técnico en Informática.</p> <p>Capacidad para conocer, comprender y aplicar la <b>legislación</b> necesaria durante el desarrollo de la profesión de Ingeniero Técnico en Informática y manejar especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.</p> <p>Capacidad para diseñar, desarrollar, evaluar y asegurar la <b>accesibilidad, ergonomía, usabilidad y seguridad</b> de los sistemas, servicios y aplicaciones informáticas, así como de la información que gestionan.</p> <p>CE4: R1 - Capacidad para diseñar, desarrollar, seleccionar y evaluar aplicaciones y sistemas informáticos, asegurando su fiabilidad, seguridad y calidad, <b>conforme a principios éticos y a la legislación</b> y normativa vigente.</p> <p>CE5: R2 - Capacidad para planificar, concebir, desplegar y dirigir proyectos, servicios y sistemas informáticos en todos los ámbitos, liderando su puesta en marcha y su mejora continua <b>y valorando su impacto económico y social</b>.</p>	

Integración competencias RSSE en plan de estudios			Aspectos RSSE			
Curs o	Cate- goría	Asignaturas	Ético	Social	Legal	Ambient al
1º	HUM	Ingeniería, sociedad y universidad	X	X		X
3º	HUM	Ética, Legislación y Profesión	X	X	X	

<b>Comentarios</b>
<p>Tratamiento Holístico</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- se trabajan todos los aspectos</li> <li>- en la asignatura de 1º, el programa presenta una visión general de tecnología y sociedad propicia para un enfoque holístico</li> <li>- la asignatura de 3º está dividida en dos partes, Ética y Profesión y luego Legislación, y no parece que se dé una visión integrada.</li> </ul>
<p>Tratamiento Sistemático:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- solamente se han encontrado aspectos RSSE explicitados en asignaturas de <i>Humanidades</i>, como algo aislado</li> </ul>
<p>Completo / Asignaturas o experiencias relevantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- en la asignatura de <i>Humanidades</i> de 3º hay debates y trabajos en grupos.</li> </ul>



Universidad	Universitat Politècnica de Catalunya
<p><b>Estrategia</b></p> <p>En un contexto altamente creativo y de <b>compromiso con el entorno y con el cambio</b>, los proyectos de investigación, docencia y gestión de la UPC se fundamentan en los principios de libertad, justicia, democracia, solidaridad, cooperación, sostenibilidad, eficiencia, transparencia y responsabilidad social.</p> <p>Desde el rigor intelectual, el <b>espíritu crítico, la transversalidad en el conocimiento</b>, la innovación docente y la emprendeduría, la UPC forma a personas y profesionales competentes, con capacidades y habilidades para <b>enfrentarse a los retos presentes y futuros</b>.</p> <p>La actividad de sus campus y centros convierten a la UPC en punto de referencia y, en complicidad con el tejido productivo, en <b>agente y motor de cambio económico y social</b>, al poner en valor la investigación básica y aplicada, y transferir tecnología y conocimiento a la sociedad.</p> <p><i>Estatutos: Artículo 114</i></p> <p>La docencia de la Universidad Politécnica de Cataluña se orienta a la <b>formación integral</b> de las personas y contribuye a la capacitación profesional, la formación personal y el desarrollo de <b>actitudes críticas y éticas ante la realidad social</b>.</p> <p>Asimismo, de acuerdo con su <b>compromiso con el desarrollo humano sostenible</b>, respetuoso con el medio ambiente y con las generaciones futuras, la Universidad Politécnica de Cataluña forma <b>profesionales que conocen el impacto social y ambiental</b> de las actividades científicas, tecnológicas, humanísticas y artísticas, y que son capaces de <b>aplicar de forma equilibrada y compatible la técnica, la tecnología, la economía y la sostenibilidad</b>.</p> <p><i>Misión de la ETSEIB:</i></p> <p>Igualmente, se completa el desarrollo personal del alumnado con la adquisición de competencias y habilidades transversales, y se fomentan <b>actitudes de compromiso ético, social y medioambiental</b>.</p>	

Ámbito	INDUSTRIALES
Grados	Ingeniería de Tecnologías Industriales
Centro	ETSEIB
<p><b>Competencias RSSE</b></p> <p>SOSTENIBILIDAD Y COMPROMISO SOCIAL: Conocer y comprender la complejidad de los fenómenos económicos y sociales típicos de la sociedad del bienestar; capacidad para relacionar el bienestar con la globalización y la sostenibilidad; habilidad para utilizar de forma equilibrada y compatible la técnica, la tecnología, la economía y la sostenibilidad.</p>	

Integración competencias RSSE en plan de estudios			Aspectos RSSE			
Curs o	Cate- goría	Asignaturas	Ético	Social	Legal	Ambient al
2º	ECON	Economía y empresa		X		
	HUM	Debates sobre Tecnología y Sociedad (OP)		X		X
	HUM	Preparación humana para el ámbito laboral (OP)	X	X		
3º	PROY	Proyectos II		X	X	X
	AMB	Tecnología del Medio Ambiente y Sostenibilidad		X	X	X
	AMB	Sostenibilidad en la Edificación (OP)		X		X
4º	PROY	Gestión de proyectos		X	X	X
	PROY	Herramientas para la gestión y planificación de proyectos (OP)		X		
	OTRAS	La robótica en la Ingeniería (OP)	X	X		
	OTRAS	Fundamentos de Ingeniería Nuclear (OP)				X
	TFG	Trabajo Fin de Grado (4º)		X	X	X

Comentarios
<p><b>Tratamiento Holístico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- se trabajan en asignaturas obligatorias los aspectos sociales, ambientales y legales</li> <li>- se hace un tratamiento conjunto en las asignaturas de PROY y en el TFG (se propone un apartado conjunto sobre impactos sociales y ambientales)</li> <li>- los aspectos éticos se abordan solamente en asignaturas optativas</li> </ul>
<p><b>Tratamiento Sistemático:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- se trabajan aspectos RSSE en tres cursos, en distintas categorías</li> <li>- es especial este enfoque en asignaturas de proyectos, habiendo en diferentes cursos, y en dos de ellos con tratamiento explícito de la sostenibilidad</li> </ul>
<p><b>Completo / Asignaturas o experiencias relevantes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- se explicita la reflexión en la asignatura ECON, en algunos apartados (virtudes y limitaciones del mercado, ¿es el PIB un buen indicador del bienestar?)</li> <li>- se explicita la reflexión en las asignaturas HUM (optativas)</li> <li>- en Proyectos II tienen que realizar un proyecto a lo largo del semestre</li> <li>- en el TFG no se explicita la evaluación de competencias de sostenibilidad</li> </ul>
<p><b>Institucional:</b></p> <p>Competencia sostenibilidad y compromiso social común para todos los grados, con una definición detallada y pautas.</p>

<b>Universidad</b>	<b>Universitat Politècnica de Catalunya</b>
<b>Ámbito</b>	<b>INFORMÁTICA</b>
<b>Grados</b>	Ingeniería Informática
<b>Centro</b>	FIB
<b>Competencias RSSE</b>	
<p>SOSTENIBILIDAD Y COMPROMISO SOCIAL: G2 Conocer y comprender la complejidad de los fenómenos económicos y sociales típicos de la sociedad del bienestar. Ser capaz de analizar y valorar el impacto social y medioambiental</p> <p>CT2.3 Diseñar, desarrollar, seleccionar y evaluar aplicaciones, sistemas y servicios informáticos, y al mismo tiempo asegurar su fiabilidad, su seguridad y su calidad, conforme a principios éticos y a la legislación y la normativa vigente.</p> <p>CT2.5 - Diseñar y evaluar interfaces persona-computador que garanticen la accesibilidad y la usabilidad a los sistemas, a los servicios y a las aplicaciones informáticas.</p> <p>CT3.6 Demostrar conocimiento de la dimensión ética en la empresa: la responsabilidad social y corporativa en general y, en particular, las responsabilidades civiles y profesionales del ingeniero en informática.</p> <p>CT7.3 Determinar los factores que inciden negativamente en la seguridad y la fiabilidad de un sistema hardware/software, y minimizar sus efectos.</p> <p>CT8 Planificar, concebir, desplegar y dirigir proyectos, servicios y sistemas informáticos en todos los ámbitos, liderando su puesta en marcha, su mejora continua y valorando su impacto económico y social</p> <p>CES2.2 Diseñar soluciones apropiadas en uno o más dominios de aplicación, utilizando métodos de ingeniería del software que integren aspectos éticos, sociales, legales y económicos.</p> <p>CS12.2 - Concebir, desplegar, organizar y gestionar sistemas y servicios informáticos, en contextos empresariales o institucionales, para mejorar sus procesos de negocio, responsabilizarse y liderar su puesta en marcha, y su mejora continua; y valorar su impacto económico y social.</p> <p>CS13 Determinar los requisitos de los sistemas de información y comunicación de una organización, atendiendo a aspectos de seguridad y cumplimiento de la normativa y de la legislación vigente.</p> <p>CTI4 Emplear metodologías centradas en el usuario y la organización para el desarrollo, la evaluación y la gestión de aplicaciones y sistemas basados en tecnologías de la información que aseguren la accesibilidad, la ergonomía y la usabilidad de los sistemas.</p> <p>CCO3.1 Implementar código crítico siguiendo criterios de tiempo de ejecución, eficiencia y seguridad.</p> <p>CEC4 Diseñar, desplegar, administrar y gestionar redes de computadores, y gestionar la garantía y la seguridad de los sistemas informáticos.</p>	

Integración competencias RSSE en plan de estudios			Aspectos RSSE			
Curso	Categoría	Asignaturas	Ético	Social	Legal	Ambiental
1º	OTRAS	Estructura de Computadores				X
2º	ECON	Empresa y Entorno Económico		X		
3º	OTRAS	Arquitectura de Computadores				X
	ECON	Negocio Electrónico (*)		X		
	SEG	Seguridad de la Información (*)			X	
	PROY	Proyecto de Tecnologías de la Información (*)				X
	PROY	Gestión de proyectos de software (*)		X		X
	PROY	Proyecto de Ingeniería de Computadores (*)				X
	OTRAS	Administración de Sistemas Operativos (*)	X	X		
	OTRAS	Sistemas Operativos para administraciones distribuidas (*)			X	X
	OTRAS	Gráficos (*)		X		
4º	OTRAS	Software libre y desarrollo social (OP)	X	X		X
	OTRAS	Robótica (OP)	X	X		
	OTRAS	Simulación (OP)		X		X
	OTRAS	Centro de proceso de datos (OP)				X
	OTRAS	Arquitectura del PC (OP)				X
	OTRAS	Internet móvil (OP)		X	X	
	HUM	Aspectos sociales y medioambientales de la informática (OP)	X	X	X	X
	TFG	Trabajo Fin de Grado	X	X	X	X

(\*) Asignaturas obligatorias de especialidad

## Comentarios

### Tratamiento Holístico

- se trabajan todos los aspectos en el plan de estudios, aunque lo más frecuente es que se aborden aspectos puntuales relacionados con la asignatura
- se toca mucho el tema ambiental, lo cual no es muy frecuente en grados de Informática
- en el TFG y en la asignatura HUM (OP) sí se aprecia un enfoque holístico, en el que se abordan los distintos aspectos de forma conjunta

### Tratamiento Sistemático:

- se trabaja a lo largo del plan de estudios en muchas asignaturas; hay un mapa de competencias transversales muy trabajado

### Completo / Asignaturas o experiencias relevantes:

- en ECON se explicita en el temario que se promueve la reflexión sobre algunas temáticas y su impacto social
- muy interesante el planteamiento de la asignatura de HUM (OP), promoviendo la reflexión
- también se promueve la reflexión en el TFG, mediante método socrático, y con un sistema de evaluación y desarrollo muy elaborado

### Institucional:

Competencia sostenibilidad y compromiso social. Con una definición detallada y pautas. Se aprecia un gran trabajo de coordinación con las competencias, relacionadas con los objetivos, contenidos, evaluación, y de visibilidad del mismo. Hay coordinadores de cada competencia y un mapa muy detallado y completo. Quizás demasiado detallado y con muchas competencias, lo que puede cuestionar su efectividad.

## **ANEXO 1.4. Asignaturas de referencia de todas las categorías estudiadas. Aspectos cualitativos relevantes.**

### **CATEGORÍA ASIGNATURAS AMBIENTALES**

#### **Ejemplos de inclusión de aspectos RSSE en capítulos específicos del temario**

##### ***Medioambiente y sostenibilidad (UV):***

###### **1. ORÍGENES Y PROBLEMÁTICA DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**

Economía, Sociedad y Medio Ambiente.

Interacciones entre industria y medio ambiente.

Concepto de sostenibilidad y su integración en los procesos productivos. Herramientas para el desarrollo sostenible en la industria.

Sistemas de Gestión Medioambiental.

Funciones del ingeniero.

##### ***Ingeniería y desarrollo sostenible (ICAI):***

###### **1. INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS BÁSICOS**

1.1. Los retos de la sostenibilidad.

1.2. Definiciones de sostenibilidad.

1.3. Interpretaciones de la sostenibilidad.

1.4. ¿Es posible la sostenibilidad?

1.5. La sostenibilidad de la empresa

##### ***Tecnología del medioambiente y sostenibilidad (UPC-ETSEIB):***

###### **1. INTRODUCCIÓN**

Sostenibilidad: capacidad de carga, concepto, variables y definiciones; desarrollo sostenible; triángulo de la sostenibilidad; papel de la tecnología; indicadores de sostenibilidad.

Gestión ambiental: la respuesta a los principios de la sostenibilidad; principios y evolución de la gestión ambiental; aspectos críticos de la gestión ambiental; impacto del producto; herramientas de gestión ambiental.

Ecodiseño; indicadores de impacto ambiental. Balances de materia y energía.

##### ***Medioambiente (UPM-ETSIDI):***

###### **4. Sostenibilidad y desarrollo sostenible**

4.1. Paradigmas del desarrollo sostenible

4.2. Prevención integrada y ciclos de vida

4.3. Aspectos éticos, sociales y políticos

4.4. Indicadores de sostenibilidad

## Ejemplos de inclusión de aspectos RSSE dentro de capítulos técnicos de asignaturas obligatorias:

### *Tecnología energética y del medioambiente (DEUSTO):*

Tema VII: Centrales Térmicas. Combustibles más utilizados. [...] Ciclos combinados. **El impacto ambiental y el impacto socioeconómico.**

Tema VIII: Las plantas de energía nuclear. Fisión Nuclear. El ciclo del combustible nuclear. [...]. Procedimientos de seguridad. **Los impactos ambientales y socioeconómicos.**

Tema XVII: Contaminación acústica y su control. Física básica del sonido. [...] **El impacto ambiental y socioeconómico.**

### *Sostenibilidad aplicada (UPC-ETSEVG):*

#### Tema 1. Energía

En este tema se relaciona el consumo energético con el desarrollo, analizando los usos energéticos mundiales y locales. Se evalúa cuánta energía convencional "queda" a nivel mundial. **Se evalúan las problemáticas ambientales** de la energía, con sus efectos sobre el medio, centrándose en las emisiones de contaminantes y las soluciones propuestas a nivel tecnológico y gubernamental. Se enuncian los conceptos de eficiencia y ahorro y el papel que tienen los ingenieros y gobiernos en su aplicación. Se evalúan las energías renovables y se plantea si pueden ser la solución a un desarrollo sostenible.

#### Tema 2. Recursos y Residuos

En este tema se **evalúan los usos y problemáticas ambientales y sociales, asociadas a los recursos minerales mundiales.** Se analiza el uso del agua en el mundo: en la agricultura, la industria y en los hogares haciendo especial mención a su contaminación. Se evalúa la gestión de los residuos en el primer mundo desde el punto de vista de su clasificación y responsabilidades. Se evalúa la gestión de residuos municipales e industriales en Cataluña. Se introduce el concepto de producción limpia y se dan ejemplos reales.

## **Metodologías activas que promueven la reflexión, la toma de conciencia y una visión integral de la sostenibilidad:**

### ***Tecnología del Medio Ambiente (URL):***

Propuesta metodológica:

a) exposición de conceptos teóricos y prácticos por parte del profesor definidos como comunicación biunívoca, que **debe conducir a reflexiones compartidas** donde se arroje luz sobre la fragilidad en la disponibilidad de recursos materiales y energéticos. Todo ello conducente a la visión de un planeta con claras limitaciones en reposición de recursos, así como **propiciando conciencia** del esfuerzo de impulsión de una gestión técnica siempre mejorada respecto a la limitada disponibilidad de estos recursos.

b) La exposición de casos y discusión compartida debe conducir a una **visión global del medio ambiente** capaz de estimular en los alumnos **criterios de competitividad responsable y progreso sociales** como potentes herramientas de acción tecnológica.

c) La actividad de presentación y defensa de trabajos efectuados por los alumnos individualmente o en equipo debe proporcionar unos niveles de confianza adecuados para exponer el futuro y ante cualquier auditorio argumentos sólidamente sostenidos acompañados de la necesaria complicitad empática.

En dicha asignatura se especifica que las competencias RSSE se **evaluarán** tanto en los exámenes, como en la presentación de trabajos y la participación en clase.

### ***Introducción a las energías renovables (UPV):***

Se explicita cómo trabajar la competencia ABET, “conocimiento de problemas contemporáneos”:

Actividades: Estudio del problema energético actual. **Análisis de las causas** del problema energético existente a nivel global.

Criterios de **evaluación**: Mediante la presentación en clase del análisis efectuado.

### ***Sostenibilidad aplicada (UPC-EPSEVG):***

Desarrollar un **proyecto** a lo largo del cuatrimestre en grupos de dos personas. A final de curso los alumnos presentarán los trabajos en el resto de clase mediante un **póster de formato científico**. Además se entregará el dossier del trabajo.

### ***Tecnología ambiental y de los procesos (UVA):***

Se realizarán cinco **seminarios** que se desarrollarán de modo individual o en grupo, destinados a profundizar en algunos de los contenidos fundamentales de la asignatura y que permitirán el desarrollo de competencias transversales como la capacidad de análisis y síntesis, y el juicio crítico, entre otras.

## **CATEGORÍA ASIGNATURAS DE SEGURIDAD**

### **Titulaciones de ingenierías industriales**

#### ***Prevención de riesgos laborales (UDIMA):***

Trabaja aspectos ambientales, sociales y legales, con **menciones explícitas a consecuencias y responsabilidades**. Algunos de los apartados del temario en donde se refleja:

2. La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. El deber de seguridad.
3. Los riesgos laborales y sus consecuencias.
4. Los principios de la acción preventiva. El plan de prevención. Los derechos y obligaciones de las partes implicadas.
5. Las responsabilidades derivadas del incumplimiento de la normativa de prevención de riesgos laborales.
6. Normativa específica (I): riesgos ligados a las condiciones de seguridad.
7. Normativa específica (II): riesgos ligados al medio ambiente de trabajo.
8. La carga de trabajo, la fatiga y la insatisfacción laboral.
9. El control de la salud de los trabajadores. Primeros auxilios.

#### **Aspectos metodológicos:**

#### ***Prevención de riesgos laborales (UPV):***

El trabajo se plantea en torno a la competencia ABET de *Conocimiento de problemas contemporáneos*. Actividades desarrolladas relacionadas con la adquisición de la competencia:

**Estudio de casos** para realizar el trabajo final. **Visitas externas**. Exposiciones orales.

Se realizarán visitas a distintos sectores industriales.

Se realizarán prácticas en clase para aprender a realizar el trabajo final.

#### ***Prevención de riesgos laborales (UNIOVI):***

El trabajo individual consistirá en la realización de un estudio/plan de seguridad y salud o similar. El alumno decidirá o buscará un proyecto técnico, por ejemplo una obra de construcción sencilla, y elaborará el correspondiente estudio/plan de seguridad y salud. Si el alumno no decide el proyecto técnico sobre el que trabajar, el profesor le asignará uno. Este trabajo será entregado mediante una memoria escrita –en formato pdf a través del campus virtual- antes de la fecha límite indicada. Cada alumno dispondrá además de 10 min para la presentación del mismo en el aula. Cada alumno debe plantear, al menos, 3 preguntas a sus compañeros en cada sesión de prácticas.

## CATEGORÍA ASIGNATURAS DE SEGURIDAD

### Titulaciones de ingenierías informáticas

#### **Sistemas de Gestión de Seguridad de Sistemas de Información (UPV-EHU):**

En la descripción de la asignatura:

Entre las competencias asignadas a la asignatura SGSSI se incluyen, además, algunas relacionadas con la práctica profesional que, aunque no de forma exclusiva en el plan de estudios, también se incorporan al alcance a abordar. En el propio área de la seguridad, además de las competencias denominadas técnicas, se incluyen las contextuales y las de comportamiento, entre las que tienen su espacio la ética, la legalidad y los conocimientos de normas y prácticas profesionales. El enfoque para estos aspectos es meramente introductorio, siendo el objetivo que los estudiantes tomen conciencia de que, además de los aspectos técnicos, con los que están más acostumbrados a lidiar, hay otros especialmente importantes en el ejercicio profesional que tienen relación directa con la práctica y la gestión de la seguridad.

Tema 5 El factor humano

Tema 9 **Aspectos legales, éticos** y organizativos: la LOPD, la LSSI y la Ley de Firma Electrónica

**Promueve la reflexión explícitamente:** *“las actividades propuestas estarán ligadas a cuatro líneas de reflexión, trabajo y aprendizaje”, entre las que se incluyen la “seguridad informática personal y las implicaciones sociales, políticas y éticas de los aspectos de seguridad informática”.*

Metodología EC: 100% **proyectos**.

#### **Seguridad (MONDRAGÓN):**

Tema 9. Gestión de la Seguridad y Aspectos Legales.

9.1. Ley Orgánica de Protección de Datos (LOPD).

**9.2. Aspectos Legales y Éticos.**

9.3. Gestión de la Seguridad.

#### **Seguridad en Sistemas Operativos (UGR):**

Tema 1. Introducción a la seguridad

1.1. Principios de seguridad y protección.

1.2. Vulnerabilidades, ataques y contramedidas.

1.3. **Aspectos éticos y legales. Ethical Hacking.**

#### **Seguridad Informática (UPC-FIB):**

T1. Introducción:

Amenazas, análisis de riesgos, [...], aspectos legales, ...

#### **Seguridad (UNIOVI):**

Tema 1. Legislación y normativa de seguridad

## CATEGORÍA ASIGNATURAS DE ECONOMÍA Y EMPRESA

### Titulaciones de ingenierías industriales

#### **Organización de sistemas productivos (UPM-ETSII):**

Incluyen **todas las dimensiones estudiadas**, incluso códigos de conducta. Tiene temas específicos de seguridad en el puesto de trabajo, gestión ambiental, introducción a la sostenibilidad y Responsabilidad Social Empresarial.

Utiliza **metodologías activas** como estudio de casos y presentaciones, e indican explícitamente que evalúan las competencias genéricas en dichas actividades.

#### **Economía y Empresa (UPC-ETSEIB):**

Algunos puntos en **temario**, sobre aspectos sociales:

Indicadores macroeconómicos: ... *És el PIB per càpita un bon indicador del benestar de la població?*

Crecimiento económico y productividad: .... *Productivitat i benestar econòmic*

Entorno de la empresa: *Distingir les dues dimensions del'entorn: general (polític, legal, econòmic, social, tecnològic) i específic*

**Metodología:** **Debate** sobre un tema económico de actualidad y trabajos para entregar (entre las referencias el IDH)

#### **Estrategias de la producción (UPC-EEI):**

Trabaja de forma integrada aspectos sociales, ambientales y legales, a partir del objetivo explícito de de *“Diseñar procesos ecoeficientes desde el punto de vista ambiental y energético. Aplicación de nuevas tecnologías de eficiencia, tratamiento de efluentes y energías renovables para la mejora de procesos y productos”*.

El temario incluye un tema de *Seguridad industrial y medioambiente*.

#### **Practical cases in strategic management and entrepreneurship (UPV):**

Trabajan responsabilidad ética, medioambiental y profesional

**Metodología:** Development of a **Business Plan** for their business idea.

All students (in groups of up to 3) will develop a real proposal of business plan in which to apply the contents of the subject, with special consideration to ethical aspect and responsibility of their own business idea.

#### **Economía y Gestión de Empresas (ICAI):**

Temario: En un bloque dedicado a *Entender los problemas fundamentales de toda sociedad*, plantea un apartado sobre *¿Qué, Cómo y Para Quién Producir?*

#### **Fundamentos de organización de empresa (UGR):**

**Metodología:** **talleres** sobre diversos temas, entre ellos ética y RSC.

## **CATEGORÍA ASIGNATURAS DE ECONOMÍA Y EMPRESA**

### **Titulaciones de ingenierías informáticas**

#### ***Estrategia y política empresarial en las empresas TIC (CEU):***

Resultados de Aprendizaje:

- Describir el proceso de dirección estratégica empresarial identificando los principales grupos de interés y la **creación de valor** de cada uno de ellos.
- Identificar la misión, objetivos y valores de las empresas en el mercado de las TIC's con especial mención a la **responsabilidad social** de cada una de ellas.

Temario:

#### **TEMA 2. LA CREACIÓN DE VALOR Y LOS GRUPOS DE INTERÉS**

La creación de valor como objetivo de la empresa

Los grupos de interés en la empresa (STAKEHOLDERS)

El gobierno de la empresa

El concepto de creación de valor de la empresa

#### **TEMA 3. LOS OBJETIVOS Y LOS VALORES DE LA EMPRESA**

La misión y la visión de la empresa

Los objetivos estratégicos

La responsabilidad social de la empresa

La ética empresarial

Metodología: Estudio de casos y desarrollo de un proyecto a lo largo del curso

#### ***Empresa y entorno económico (UPC-FIB):***

Temario:

DIRECCIÓN. Presentación de las dimensiones del proceso de dirección: influencia, estrategia, planificación, dirección de personas, control y decisión. Explicitar la **dimensión ética de la empresa** y su relación con la gestión de la influencia con los *stakeholders*.

#### ***Negocio Electrónico (UPC.FIB):***

Temario:

1.1 La Sociedad de la información y el rol de los Sistemas de Información en los negocios actuales. Se expone la capacidad transformadora de las Tecnologías de la Información y sus consecuencias en los diferentes ámbitos de la Sociedad.

## **CATEGORÍA ASIGNATURAS DE HUMANIDADES**

### **Titulaciones de ingenierías industriales**

#### ***Ejercicio y deontología profesional (UEM):***

Temario:

- Organización y estructura de empresas desde un punto de vista ético
- Ética y responsabilidad en el ámbito de la ingeniería
- Derecho y legislación en la Ingeniería especialmente en la Ingeniería Industrial en ámbitos tanto nacional como internacional
- Deontología en las profesiones en el ámbito de la Ingeniería Industrial.
- Sociología de la Empresa Industrial. Impacto en la sociedad.

#### ***Ética en las profesiones y responsabilidad social empresarial (UPV):***

Entre las asignaturas de ética profesional, es interesante el planteamiento pues ofrece una visión completa de la **sostenibilidad**, basada en el concepto de desarrollo humano sostenible, pero también presenta la **ética profesional en sus distintas dimensiones**: personal, corporativa y global. Además, se acerca a las problemáticas concretas de la profesión.

Temario consta de 3 bloques:

1. Ciencia, Tecnología y Sociedad. Desarrollo Humano Sostenible.
2. Conceptos fundamentales de ética profesional y responsabilidad social. Definición de ética. Definición de Responsabilidad Social Corporativa. Ética profesional. Directrices internacionales para el ejercicio responsable de la profesión.
3. Problemas éticos de la profesión.

#### ***Responsabilidad Social de la Ingeniería (UVA):***

Temario muy completo, cubriendo todos los aspectos RSSE. Consta de 4 bloques:

1. Historia de la ingeniería
2. Seguridad y salud laboral (en donde se abordan impactos sociales y aspectos legales y normativos)
3. Ingeniería y ética (en el que se incluyen códigos deontológicos, sostenibilidad ambiental y RSC)
4. Ciencia, tecnología y sociedad (en el que también se abordan las implicaciones éticas, legales e impacto social de los cambios tecnológicos, o cuestiones culturales y de género).

## CATEGORÍA ASIGNATURAS DE HUMANIDADES

### Titulaciones de ingenierías informáticas

**Ejemplos de asignaturas que, aunque tienen un enfoque determinado, en su temario incluyen todos los aspectos RSSE**

#### ***Ética informática y sociedad de la información UGR (INF):***

Tema 1. Conceptos básicos de la ética informática

- ¿Qué es la ética informática?
- Historia de la Ética Informática
- Ética informática como disciplina
- Enfoques en ética informática

Tema 2. Teorías éticas y metodología en ética informática

- Ética y teorías éticas
- Concepto y tipos de metodologías morales
- Herramientas de argumentación, diagnóstico y evaluación

Tema 3. Ética informática y transformación social

- Implicaciones sociales de la tecnología
- Valores sociales en la Sociedad de la Información
- Transformaciones sociales en la Sociedad de la Información
- Principios de ética informática

Tema 4. Ética informática en la práctica profesional

- Ética y responsabilidad profesionales
- Diseño basado en valores: concepto
- Diseño basado en valores: aplicación

Tema 5. Acceso, igualdad/desigualdad

- Poder, igualdad/desigualdad
- Brecha digital y nuevos alfabetismos
- Género y ética informática
- Multiculturalidad, accesibilidad y adaptabilidad
- Censura y protección de la población

Tema 6. Privacidad, seguridad y vigilancia social

- Privacidad e intimidad: interés social e individual
- Amenazas a la privacidad
- Protección de la privacidad
- Seguridad
- Vigilancia social y anonimato

Tema 7. Propiedad intelectual e interés social

- La democratización del conocimiento/el poder del conocimiento
- Plagio y propiedad intelectual
- Software libre y software propietario

**Principios jurídicos básicos, deontología, profesionalidad e igualdad (URJC):**

**BLOQUE I. DEONTOLOGÍA DEL INGENIERO INFORMÁTICO**

- Tema 1. La formación en valores éticos
  - 1.1. Objetivos del aprendizaje
  - 1.2. Aprender a emprender
  - 1.3 Cambio, creatividad y liderazgo
  - 1.4 La vocación como elemento de la responsabilidad
- Tema 2. La ética en las sociedades actuales
  - 2.1. El ámbito de la ética
  - 2.2. Objetivo y criterio de la ética
  - 2.3. Las decisiones éticas
  - 2.4. Aproximación a distintos modelos éticos
- Tema 3. Ética y Legalidad
  - 3.1. Legalidad y legitimidad
  - 3.2. Cuando lo legal no es bueno y lo ilegal no es malo
  - 3.3. Códigos deontológicos de la profesión
  - 3.4. Quién es responsable en un mundo tecnificado
- Tema 4. Cambio Social y Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)
  - 4.1. Ética y empresa
  - 4.2. Desarrollo Sostenible
  - 4.3. Las TIC en el ámbito del mercado y la empresa en un mundo globalizado
- Tema 5. Igualdad y desarrollo de las TIC
  - 5.1. Principios de la igualdad
  - 5.2. La brecha digital

**BLOQUE II. MARCO Y PRINCIPIOS JURÍDICOS EN LA PROFESIÓN DE INGENIERO INFORMÁTICO**

- Tema 6. Legislación Internacional y europea: lagunas y avances
  - 6.1. Convenios y directivas europeas (95/46/CE 1995 con transposición en 1998)
- Tema 7. Legislación nacional
  - 7.1. Constitución española
  - 7.2. Ley Orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal. La Agencia Española de Protección de Datos
  - 7.3. Ley de Propiedad Intelectual. Registro de la Propiedad Intelectual
  - 7.4. Patentes y protección de dominios. Oficina Española de Patentes y Marcas
  - 7.5. Comercio electrónico y prestación de servicios en la sociedad de la información
  - 7.6. Ley Sinde-Wert: Gestión y objetivos

**BLOQUE III. LA PROFESIÓN DE INFORMÁTICO**

- Tema 8. Historia de la Informática
  - 8.1. Historia de la Informática
  - 8.2. Historia de la Informática en España
- Tema 9. La profesión de Ingeniero en Informática
  - 9.1. Códigos deontológicos
  - 9.2. Perfiles informáticos
  - 9.3. Licencias de software y modelos de negocio
- Tema 10. Problemas de seguridad y delitos informáticos
  - 10.1. Conceptos básicos de seguridad
  - 10.2. Autenticación de usuarios
  - 10.3. Control de Acceso
  - 10.4. Detección de Intrusos
  - 10.5. Criptografía
  - 10.6. Software malicioso

### **Profesión y Sociedad (UVA):**

Bloque 3. Sostenibilidad y gestión de la innovación

Parte Teórica:

1. Sostenibilidad

- a. La sostenibilidad como reto y oportunidad: panorámica y visión sistémica.
- b. GreenIT: Tecnología al servicio de la sostenibilidad.
- c. Tendencias y casos de éxito en TICs sostenibles.

2. Gestión de la innovación

- a. Visión general del entorno empresarial TIC.
- b. La innovación en la empresa TIC.
- c. Gestión de proyectos de innovación.
- d. Fuentes de financiación de la innovación, fiscalidad y protección de la innovación.

Parte Práctica: caso de estudio sobre sostenibilidad e innovación. Se realizará en grupos de un máximo de tres participantes.

### **Metodología y Evaluación:**

#### **Informática y sociedad (UAM):**

Actividad del estudiante:

*Actividad presencial:*

- Lectura de documentos.
- Discusión en grupo.
- Presentación de trabajos en público.
- Participación en los debates sobre temas relacionados con la asignatura.

*Actividad no presencial:*

- Búsqueda de información en Bibliotecas e Internet
- Lectura de documentos
- Redacción de documentos y proyectos
- Elaboración de presentaciones
- Trabajo en equipo

EVALUACIÓN: Evaluación continua

La nota final de la asignatura se obtiene a partir de las notas obtenidas en los diferentes trabajos elaborados y su participación en las diferentes actividades de acuerdo con el siguiente porcentaje:

- Elaboración de **2 documentos** relativos al temario de la asignatura y asignados por el profesor (70%).
- Elaboración de una presentación de un tema asignado por el profesor y **exposición en público** (30%)
- **Trabajos voluntarios y participación en actividades** en clase: Nota con valor numérico en el intervalo [-1.0, 1.0], que se sumará a la nota final de la asignatura.

***Aspectos profesionales de la informática (UPV-EHU):***

Evaluación:

- A) Informe y presentación de un artículo científico sobre aspectos sociales de la informática.
- B) Informe y presentación de un caso práctico sobre aspectos éticos de la informática.
- C) Desarrollo colaborativo de una aplicación, analizando la normativa legal pertinente y garantizando su cumplimiento.
- D) Realización de una auditoría sobre una aplicación real.

Cada apartado tendrá una calificación sobre 10 puntos. Para aprobar la asignatura, además de tener una nota final mayor o igual a 5, es necesario obtener una media mayor o igual que 5 entre los apartados C y D.

## CATEGORÍA ASIGNATURAS MIXTAS

### Titulaciones de ingenierías industriales

#### **Sostenibilidad y Accesibilidad (UPC-ETSEVG):**

Se presentan los objetivos de aprendizaje, que son muy similares a los contenidos propuestos:

La asignatura pretende proporcionar a los estudiantes una serie de conocimientos, habilidades y valores éticos en el marco de la accesibilidad, el diseño universal y la sostenibilidad.

El **módulo de accesibilidad** plantea a los estudiantes el concepto genérico de accesibilidad. Pretende tanto sentar las bases teóricas, como proporcionar pautas de diseño y mostrar ejemplos de buenas prácticas en el diseño de instrumentos, entornos y servicios. La asignatura centrará los sus esfuerzos en las estrategias de Diseño Universal, Experiencia de Usuario, Design Thinking y Diseño Emocional.

Al finalizar el módulo, el estudiante deberá ser capaz de:

- Entender la diversidad humana como un valor añadido en el diseño de productos, entornos y servicios.
- Conocer los principales conceptos sobre accesibilidad y estrategias de diseño centrado en el usuario.
- Saber aplicar las pautas del diseño para todos en su entorno profesional.
- Conocer las principales fuentes normativas y legislativas.

Del **módulo de sostenibilidad**, al finalizar la asignatura el estudiante debe ser capaz de:

- Observar y analizar la compleja realidad del mundo desde una perspectiva de sostenibilidad.
- Conocer las causas que han conducido a la situación actual de insostenibilidad y en particular el papel de la tecnología.
- Conocer los elementos básicos del paradigma del desarrollo humano y de la sostenibilidad.
- Desarrollar la capacidad de aplicar el concepto de sostenibilidad en las actividades propias de la ingeniería.
- Profundizar en las herramientas y métodos prácticos para aplicar la ecología industrial, como el ecodiseño, la gestión de los residuos y la producción más limpia en diferentes contextos.
- Conocer las tecnologías medioambientales y su aplicación en el ámbito de la ingeniería.
- Comprender y razonar de forma crítica los problemas ambientales y proponer soluciones.
- Conocer los principales problemas de la contaminación del agua, aire, residuos.
- Entender y saber aplicar los balances de energía y materia.

Metodología: aprendizaje basado en proyectos y teoría del aprendizaje del adulto. Exposiciones y trabajos en grupo.

Evaluación:

- **Accesibilidad**  
En este módulo se aplica el aprendizaje basado en proyectos. Así pues, al inicio de la asignatura se formarán grupos de 4 estudiantes, a los que se les asignará la realización de un anteproyecto. Cada grupo deberá realizar una serie de trabajos parciales (TP) a lo largo del curso y pruebas de evaluación (EX). Finalmente, estos Trabajos parciales incorporarán a una memoria técnica del anteproyecto (MT), la cual se defenderá oralmente ante un tribunal formado por los profesores de la asignatura (DO)
- **Sostenibilidad**  
En este módulo la nota se calculará a partir de la prueba de evaluación (EX) y de los Trabajos prácticos (TP) que se desarrollarán en grupo pequeño.

## CATEGORÍA ASIGNATURAS MIXTAS

### Titulaciones de ingenierías informáticas

#### ***Economía, Ética y Sociedad (UPC-EPSEVG):***

Muy completa, integrando economía y aspectos éticos y sociales. Promueve la **reflexión** y el **pensamiento crítico**. Se presentan algunos aspectos del temario que se consideran de interés:

1. Macroeconomía:

[...] Polítiques distributives, distribució de la renda i equitat. [...] política monetària, inflació i desocupació.

2. Ética y RSC:

Farem una aproximació al conceptes de la ètica empresarial, veurem el perquè de la RSC (responsabilitat Social Corporativa), i qui hi participa de la mateixa. [...]

3. El sector público y la coyuntura europea:

Anàlisi de l'actualitat del sector públic a l'Estat Espanyol i els seus efectes sobre la societat i les polítiques econòmiques aplicades. Contextualitzar la situació en l'àmbit Europeu, tenint present les crisis, causes i possibles solucions, i l'afectació en quant a l'ètica i l'economia.

4. Ética e Informática:

Per a què cal una ètica professional. Característiques pròpies de la professió informàtica i la seva incidència ètica. Codis deontològics. Fiabilitat i responsabilitat, tant dels processos com de les dades. Conseqüències en cas de no ser fiables ni responsables. Casos reals. Privacitat i seguretat.

Objectius específics:

Entendre que la resolució de determinats problemes requereix d'una anàlisi ètica. Ser conscients de com l'omnipresència de la informàtica converteix totes les actuacions dels seus professionals en actuacions on l'ètica esdevé un element essencial. Aprendre a analitzar casos específics. Comprendre la problemàtica de la fiabilitat dels sistemes informàtics, del seu funcionament i de la informació que generen, i de les seves conseqüències ètiques. Entendre les necessitats d'assignar responsabilitats legals i morals al voltant dels sistemes informàtics. Entendre la necessitat de mantenir les dades privades, protegides, íntegres, i no manipulades.

5. Concepto de Propiedad y Propiedad Intelectual

Dificultats en la definició de propietat intel·lectual i dels drets i obligacions que d'ella se'n deriven. [...] Tipus de llicència. Software lliure.

Objectius específics:

Entendre la problemàtica de definir què és la propietat intel·lectual i quins són els drets i obligacions que se'n deriven. Anàlisi dels diferents enfocaments per a la protecció de la propietat intel·lectual.

Entendre la idiosincràcia de la propietat intel·lectual aplicada al software. Avantatges i inconvenients de la protecció del software. Conèixer els diferents tipus de llicència del software.

6. Legislación

Llei de propietat intel·lectual, llei de protecció de dades, lleis d'àmbit europeu

Objectius específics:

Entendre que l'aplicació de la professió informàtica està subjecte a una ètica professional, però també a una legislació. Tenir coneixement de la legislació aplicable, i comprendre com diferents enfocaments de les solucions informàtiques proposades poden significar que l'àmbit legislatiu aplicable és un o un altre.

## **CATEGORÍA de OTRAS ASIGNATURAS**

### **Titulaciones de ingenierías informáticas**

#### **Sistemas de Información en la Empresa (CEU):**

Temario:

Tema 4. **Aspectos éticos y sociales** de los Sistemas de Información.

- a. Introducción a los aspectos éticos y sociales
- b. Dimensiones morales de la era de la información
- c. Ética en la sociedad de la información
- d. Casos de estudio: Metodología del Caso

#### **Principios de desarrollo software (UC3M):**

Competencias:

Saber: 2.1.g Conceptos éticos en el proceso de desarrollo de software

Ser: 2.3.e Preocupación por el desarrollo ético de un proyecto

Metodología:

- Clases Prácticas: 1 ECTS. (PO: a, b, d, e, f, g, k)

[...] También tienen por objetivo desarrollar las capacidades específicas actitudinales. Consisten en el diseño y desarrollo de un componente de software. [...] Estas actividades se realizarán en equipo. Todo ello desarrollado **conforme a los aspectos éticos y legales** de desarrollo del proceso.

Temario:

Tema 2- **Aspectos éticos y legales** en la profesión de Ingeniero de Software.

2.1.- La profesión de Ingeniero de Software

2.2.- Código ético de la profesión de Ingeniero de Software.

#### **Sistemas Operativos (UPC-FIB):**

Objetivos:

Conocer la figura del administrador de sistemas, responsabilidades y tareas de debe realizar.

Conocer el **código ético** del administrador de sistemas.

Conocer la legalidad vigente relacionada con la administración de sistemas.

Temario:

Tema 1. Introducción

- [...]
- Legalidad vigente y Código de Ética del Administrador
- Seguridad

#### **Robótica (UPC-FIB):**

Temario:

1. Introducció

Robots i Robòtica. Evolució dels robots. Incidència de la robòtica en la societat actual.

10. Aplicacions de la robòtica

Robòtica Industrial. Robòtica de serveis. Robòtica d'exploració. Robòtica mèdica i assistencial.

11. Desenvolupament d'un projecte de robotització

Requeriments. Disseny. Implicacions ètiques i socials. Fiabilitat i seguretat

### **Interacción Persona-Máquina (UPV-EHU):**

#### **Competencias:**

La asignatura tiene como objetivo que el estudiante adquiera las capacidades de:

- (1) analizar (aprehender/comprender), discutir, evaluar y analizar requerimientos de usuario, de cara a
- (2) poder analizar, diseñar y evaluar sistemas usables, accesibles y ergonómicos en diferentes entornos y lugares de manera estructurada y metódica,
- (3) prestando especial atención a las diferentes necesidades de diferentes tipos de usuarios, con diferentes (dis)capacidades cognitivas y psicomotrices,
- (4) transmitiendo y sopesando de manera cooperativa con los usuarios ideas, diseños e implementaciones de los antedichos sistemas

#### Temario:

Tema 3 Factor humano Percepción, cognición y memoria. Discapacidades (motrices, visuales, auditivas). **Cultura y sociedad.**

Tema 8 **Accesibilidad** Ergonomía y accesibilidad. Accesibilidad en la Web: WAI. **Marco legal.**

#### Metodología y evaluación:

- a. Proyecto de desarrollo (75% de la calificación): desarrollo de un proyecto para la construcción de una interfaz usable mediante cinco prácticas basadas en las tareas necesarias para el mismo, a lo largo del cuatrimestre.

## **CATEGORÍA ASIGNATURAS DE PROYECTOS**

### **Titulaciones de ingenierías industriales**

#### **Gestión de Proyectos (UIB):**

Temario:

Tema 2 La gestió dels interessats

2.1. Identificar els interessats en el projecte

[...]

2.4. Monitoritzar les relacions entre tots els interessats

Tema 6 La gestió dels recursos humans del projecte

[...]

6.4. Aspectes humans i socials en la gestió de projectes

#### **Proyectos II (UPC-ETSEIB):**

3º curso

En el temario: análisis de usuarios y el entorno:

- Identificació dels usuaris del cicle de vida del projecte
- Necessitats i desitjos dels usuaris
- Anàlisi de l'entorn (físic, legal, social, econòmic i ambiental)
- Concepte de servei a proporcionar
- Aplicació pràctica al projecte concret de cada grup

#### **Gestión de Proyectos (UPC-ETSEIB):**

4º curso:

Los aspectos RSSE están muy integrados en la asignatura, como objetivos de aprendizaje y como puntos específicos en el temario.

Temario:

Tema 2: Definición del problema y análisis de necesidades.

[...]

- Las máquinas y las personas: Definición y características del sistema persona-artefacto-ambiente.
- Tipos de usuario y sus diferentes necesidades por su posición en el proyecto.
- Identificación de las necesidades de los usuarios. Pirámide de Maslow.
- El usuario "operador" de un sistema. Entorno físico y rendimiento humano.
- Los condicionantes ergonómicos del bienestar.

Objetivos específicos:

[...]

- Entender la importancia de la aplicación de la ergonomía como fuente de bienestar y seguridad.
- Tener la capacidad de ver al usuario como la razón de ser de un producto.
- Poder valorar el nivel de satisfacción que da el proyecto al usuario.

Tema 4. Viabilidad económica, ambiental y normativa.

[...]

- Viabilidad técnica, económica, ambiental y social de un proyecto.
- Concepto de desarrollo sostenible.
- Prevención de la contaminación en la fase de proyectar. Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).
- La protección legal. Normas y legislación industrial.
- Propiedad intelectual

## **CATEGORÍA ASIGNATURAS DE PROYECTOS**

### **Titulaciones de ingenierías informáticas**

#### ***Proyecto de Ingeniería Telemática (UPCT):***

- Temario:
- UD IV. Normativa de prevención
  - 4.1 Prevención de riesgos laborales
  - 4.2 Prevención **medioambiental**
  - 4.3 **Gestión de residuos.**

#### ***Proyecto de Ingeniería de Computadores (UPC-FIB):***

- Temario:
- 2. (Q1 – Projecte de disseny i implementació d'un sistema encastat) Desenvolupament d'un projecte de sistema encastat.
  - Etales de desenvolupament i planificació d'un sistema encastat. Eines de desenvolupament.
  - Repercussions socio-ambientals del projecte.** Memòria i plec de condicions.

#### ***Proyecto de instalación informática (UPM-ETSI Inf):***

- Temario:
- 4. **Seguridad**
  - 4.1. Introducción
  - 4.2. Seguridad contra incendios
  - 4.3. Otros sistemas de seguridad
  - 4.4. Centro de gestión
  - 4.5. Seguridad en los equipos

#### ***Habilidades directivas y de gestión para ingenieros (UEM):***

- Temario:
- 8. Técnicas de estudio de viabilidad de proyectos: económicas, **legales**, operativas, métodos, **ambientales.**

## CATEGORÍA TRABAJO FIN DE GRADO

### Ejemplos de distintos modos de incluir en las instrucciones del trabajo y/o la memoria:

#### Titulaciones de ingenierías industriales

##### UPM-ETSII:

Se pide que toda memoria de TFG ha de incluir la *“valoración de impactos y de aspectos de responsabilidad legal, ética y profesional relacionados con el trabajo”* en el apartado de *Resultados y discusión*.

##### UPV:

Hay dos apartados concretos de la memoria relacionados con aspectos RSSE:

4. INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA: ANTECEDENTES, MOTIVACIÓN y JUSTIFICACIÓN. [...] Justificación del PFC desde el punto de vista académico (mayor o menor perfección y completitud de su desarrollo), así como de su interés tecnológico, industrial, comercial, **medioambiental**, etc.

7. Verificación de la FACTIBILIDAD e IMPACTOS del Proyecto. ESTUDIO ECONÓMICO Y PRESUPUESTO. Se debe realizar un estudio que analice la viabilidad tecnológica, económica, **social y medioambiental** del Proyecto, mediante análisis de diversa índole. [...] También debe analizarse las repercusiones del proyecto mediante la evaluación de los **impactos tecnológicos, ambientales y sociales** que sean necesarios.

##### UPV-EHU:

Da unas instrucciones muy detalladas de la estructura de la memoria, que incluyen las competencias relacionadas con cada apartado y que se evaluarán en función del mismo.

Con la competencia *“capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas”*, están el apartado de *beneficios del proyecto*, el *análisis de riesgos* y un Anexo con el *pliego de condiciones y normativa aplicable* (también relacionado con la competencia *“conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico Industrial”*).

#### Titulaciones de ingenierías informáticas

##### UPC-FIB:

Todos los TFG presentados en la FIB incluirán en su memoria final un capítulo titulado **“Informe de sostenibilidad”**. Dada la naturaleza diversa de los TFG este informe no puede ser definido de forma precisa, por lo que en este documento se proporcionan un conjunto de orientaciones para ayudar al estudiante a plantear dicho informe. Una parte del informe debe, además, presentarse en GEP.<sup>1</sup>

##### UPM-ETSISI:

Instrucciones para elaborar la memoria:

5. La memoria del proyecto deberá incluir una **reflexión sobre los impactos sociales y ambientales** del proyecto realizado, así como sobre los aspectos relativos a la responsabilidad ética y profesional que pudieran estar relacionados con el mismo.

---

<sup>1</sup> <https://www.fib.upc.edu/es/estudios/grados/grado-en-ingenieria-informatica/trabajo-de-fin-de-grado>

## Ejemplos de distintos modos de evaluar el desarrollo de las competencias RSSE en el TFG

### Titulaciones de ingenierías industriales

#### UGR:

Rúbrica del Informe del Tutor:

Faceta: Reconocer los principios **legales y deontológicos** de la profesión, así como su dimensión social.

Indicador: Identifica los aspectos **éticos y sociales** relacionados con la profesión.  
(10% de la calificación del Informe).

#### UPM-ETSII:

Indicador (evaluación del tutor): El alumno identifica, plantea alternativas y elige teniendo en cuenta posibles impactos, las normativas vigentes y principios de ética profesional.

Hay 4 niveles de valoración y el máximo nivel se alcanza cuando el estudiante *“Identifica, plantea alternativas y elige opciones que respetan las normativas, son coherentes con la ética profesional y optimizan los impactos”*.

Indicador (tribunal del TFG): El alumno describe y analiza las problemáticas e impactos (positivos y negativos) relacionados con el trabajo en el ámbito social, económico y ambiental.

Hay 4 niveles de valoración y el máximo nivel se alcanza cuando el estudiante *“Describe, analiza y valora los impactos y problemáticas fundamentales relacionados con el trabajo”*

#### UCM:

Se detallan los porcentajes para cada aspecto del trabajo. Dentro de la valoración de la memoria (35%), la evaluación de **impacto ambiental** representa el 5% de dicha calificación, es decir, menos del 2% de la calificación final.

#### UNEX:

En la rúbrica de evaluación:

Normativa Actualizada: El trabajo referencia correctamente las **normativas** utilizadas y estas son de plena aplicación en la fecha de redacción del proyecto (5%).

### Titulaciones de ingenierías informáticas

#### UGR:

Rúbrica del Informe del Tutor:

Faceta: Reconocer los principios legales y deontológicos de la profesión, así como su dimensión social.

Indicador: Identifica los aspectos éticos y sociales relacionados con la profesión.  
(10% de la calificación del Informe).

#### UC3M:

Rúbrica con dos facetas relativas a aspectos RSSE:

Marco regulador: La solución propuesta se ha escogido teniendo en cuenta las restricciones que aplican.

Entorno socio-económico: En el trabajo aparecen referencias y comentarios justificados respecto al marco socioeconómico en que se ubica o incluye un presupuesto detallado y bien definido en todos sus conceptos.

(6% de la calificación final)

## En relación con las competencias de sentido ético en la realización del TFG

### MONDRAGÓN:

Da criterios para evaluar distintas competencias en el TFG. Entre ellas está el *sentido de la responsabilidad* y para valorarlo *“se entenderá que [el estudiante] ha asumido su compromiso con las tareas que le han sido encomendadas, que ha cuidado de los materiales, maquinaria y equipamiento en general, que se ha puesto a su servicio; que ha respetado las pautas de confidencialidad que se le exigieron, etc.”*

### UPCT:

Se pide a los estudiantes entregar una *“Declaración de honestidad”* junto a la memoria del TFG.

### UAM:

Prevé que bajo determinadas circunstancias se ha de solicitar la revisión del TFG por el Comité de Ética de la UAM.

### UPC-FIB:

Hito intermedio:

¿Ha tenido el estudiante un comportamiento profesional y ético durante la realización del trabajo?

### UPV:

Se propone una **autoevaluación** de competencias adquiridas a lo largo de la carrera, sin repercusión en la calificación. Entre dichas competencias está el *“comprender, prever y asumir la responsabilidad ética y profesional derivada de su actividad como ingeniero industrial, y sus efectos socioeconómicos y ambientales.”*



**ANEXO 2. Información relativa al estudio de caso sobre el desarrollo de competencias de ética profesional y responsabilidad social en titulaciones de ingeniería informática.**

**ANEXO 2.1. Guía de Aprendizaje del curso 2013-14 de la asignatura de Aspectos Jurídicos, Profesionales, Éticos y Legales.**



**GUÍA DE APRENDIZAJE**  
**ASPECTOS JURÍDICOS, PROFESIONALES, ÉTICOS Y SOCIALES**  
**GRADUADO EN INGENIERÍA DE SOFTWARE**

**DATOS DESCRIPTIVOS**

<b>CENTRO RESPONSABLE</b>	<b>E.U. de Informática</b>
<b>OTROS CENTROS IMPLICADOS</b>	
<b>CICLO</b>	<b>Grado sin atribuciones</b>
<b>MÓDULO</b>	<b>Básico</b>
<b>MATERIA:</b>	<b>Empresa y Profesión</b>
<b>ASIGNATURA:</b>	<b>ASPECTOS JURÍDICOS, PROFESIONALES, ÉTICOS Y SOCIALES.</b>
<b>CURSO:</b>	<b>1º</b>
<b>DEPARTAMENTO RESPONSABLE</b>	<b>Se imparte por tres profesoras adscritas a la Dirección de la Escuela. Hay un profesor del departamento de Matemática Aplicada invitado a algunas sesiones sobre ética y aspectos sociales.</b>
<b>CRÉDITOS EUROPEOS:</b>	<b>6</b>
<b>CARÁCTER:</b>	<b>Obligatoria</b>
<b>CURSO ACADÉMICO:</b>	<b>2013/2014</b>
<b>PERIODO DE IMPARTICIÓN:</b>	<b>Segundo semestre</b>
<b>IDIOMAS IMPARTICIÓN:</b>	<b>Castellano</b>
<b>HORAS/CRÉDITO</b>	<b>26</b>

## COMPETENCIAS

CÓDIGO	COMPETENCIAS
<b>INSTRUMENTALES</b>	
G1	Capacidad de análisis y síntesis.
G2	Capacidad de organización y planificación.
G3	Comunicación oral y escrita en la lengua nativa.
G4	Uso de lengua inglesa.
G6	Resolución de problemas
<b>PERSONALES</b>	
G7	Trabajo en equipo
G8	Reconocimiento a la diversidad y la multiculturalidad
<b>SISTEMÁTICAS</b>	
G9	Razonamiento crítico
G11	Creatividad
G12	Liderazgo de equipos
G13	Iniciativa y capacidad emprendedora
G15	Respeto por el medioambiente
<b>COMPETENCIAS COMUNES A LA RAMA DE INFORMÁTICA ASIGNADAS A LA ASIGNATURA</b>	
I1	Capacidad para diseñar, desarrollar, seleccionar y evaluar aplicaciones y sistemas informáticos, asegurando su fiabilidad, seguridad y calidad, conforme a principios éticos y a la legislación y normativa vigente.
I2	Capacidad para planificar, concebir, desplegar y dirigir proyectos, servicios y sistemas informáticos en todos los ámbitos, liderando su puesta en marcha y su mejora continua y valorando su impacto económico y social.
I4	Capacidad para elaborar el pliego de condiciones técnicas de una instalación informática que cumpla los estándares y normativas vigentes.
I18	Conocimiento de la normativa y la regulación de la informática en los ámbitos nacional, europeo e internacional.
I24	Conocimiento adecuado del concepto de empresa y su marco institucional y jurídico, así como los aspectos básicos de organización y gestión de empresa.

## COMPETENCIAS ESPECÍFICAS DE INGENIERÍA DEL SOFTWARE ASIGNADAS A LA ASIGNATURA

E4	Capacidad para diseñar soluciones apropiadas en uno o más dominios de aplicación utilizando métodos de la ingeniería del software que integren aspectos éticos, sociales, legales y económicos.
----	---

### RESULTADOS DE APRENDIZAJE

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
RA_1	Toma decisiones profesionales ajustadas a códigos deontológicos.
RA_2	Es capaz de reunir e interpretar datos relevantes para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas de índole social, ético o jurídico.
RA_3	Diseña soluciones apropiadas utilizando métodos de la ingeniería que integren aspectos éticos, sociales y legales.
RA_4	Comprende las interrelaciones entre tecnología (en particular de las TIC) y sociedad, en distintos ámbitos (económico, bienestar social, derechos humanos, medioambiente) y es capaz de reflexionar de forma crítica sobre las mismas.
RA_5	Conoce la normativa y regulación de la informática en los ámbitos nacional, europeo e internacional.

### INDICADORES DE LOGRO

CÓDIGO	INDICADOR	RA
T1_1	El alumno se ha sensibilizado en torno a la importancia de la ética en su profesión	RA_1
T1_2	El alumnado sabe cómo resolver dilemas éticos aplicando los códigos existentes	RA_1
T2_1	El alumnado es capaz de emitir juicios de índole social, ético o jurídico a partir de la consulta y valoración de fuentes fiables	RA_2
T3_1	El alumnado toma en consideración los aspectos sociales, éticos y jurídicos en el momento de diseñar programas, equipos, bases de datos, web, etc. Por ejemplo, se detiene y aplica temas de accesibilidad electrónica en la colaboración de webs.	RA_3
T4_1	El alumno reflexiona en clase y en los debates abiertos en moodle acerca de las interrelaciones de las TIC y los derechos humanos, el medio ambiente, la desigualdad, etc. Demuestra espíritu crítico y sensibilidad hacia estos temas y maneja suficientemente los conceptos teóricos aplicables (brecha digital, desarrollo humano, exigibilidad de los derechos)	RA_04
T5_1	Es capaz de responder a cuestiones legales relacionadas con la protección de datos, contratación, propiedad intelectual e industrial	RA_5
T5-2	Conoce la regulación principal en torno a estos temas en Europa y EE UU, y sus diferencias con la norma española	RA_5
T5-3	Si se encuentra en una situación real en la que duda en torno a la legalidad de una conducta, sabe responder con seguridad con fundamento en las leyes estudiadas	RA_5

## CONTENIDOS ESPECÍFICOS (TEMARIO)

TEMA	APARTADOS
<b>Tema 1. ÉTICA PROFESIONAL</b>	1. Ciencia, Tecnología y Sociedad
	2. Ética en la Ingeniería.
	3. Responsabilidad social del ingeniero y de las empresas.
	4. Códigos éticos y estudios de caso
<b>Tema 2. PROTECCIÓN DE DATOS</b>	1. Concepto y ámbito de aplicación
	2. Principios
	3. Sujetos: titular, responsable, encargado
	4. Derechos ARFO y otros
	5. Deberes del responsable: Seguridad
	6. Deberes del responsable: Comunicación de datos
	7. Ficheros de titularidad pública y de titularidad privada
	8. Transferencia internacional de datos
	9. Agencia de Protección de datos
	10. Régimen de responsabilidad
<b>Tema 3. PROPIEDAD INTELLECTUAL E INDUSTRIAL</b>	1. Concepto y naturaleza jurídica
	2. Objeto
	3. Sujeto (modalidades de autoría)
	4. Contenido (derechos morales-derechos de explotación)
	5. Duración de los derechos
	6. Protección de programas de ordenador
	7. Protección de bases de datos
	8. Protección de obras multimedia
	9. Responsabilidad civil y penal
	10. Propiedad industrial (concepto, modalidades, invenciones laborales, responsabilidad)
	11. ¿Patentabilidad de los programas de ordenador?
<b>Tema 4. CONTRATACIÓN INFORMÁTICA</b>	1. Concepto de contrato informático
	2. Fases en la contratación
	3. Modalidades de contratación informática
<b>Tema 5. COMERCIO ELECTRÓNICO</b>	1. La economía digital
	2. El comercio electrónico
	3. Ley de Servicios de la Sociedad de la Información
	4. Accesibilidad Electrónica
<b>Tema 6. DELITOS INFORMÁTICOS</b>	1. Conceptos de Derecho Penal
	2. Características del delito informático
	3. Modalidades tipificadas en España
<b>Tema 7. ASPECTOS PROFESIONALES DE LA INFORMÁTICA</b>	1. Peritajes en Informática.
	2. Auditorías en Informática.
	3. Regulación de la profesión del informático.

TEMA	APARTADOS
<b>Tema 8. ASPECTOS SOCIALES DE LA INFORMÁTICA</b>	1. TIC y Desarrollo Humano 1.1. Brecha digital 1.2. Campos de aplicación de las TIC para el desarrollo humano.

**BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS MODALIDADES ORGANIZATIVAS UTILIZADAS Y MÉTODOS DE ENSEÑANZAS EMPLEADOS**

MODALIDAD	DESCRIPCIÓN MÉTODO	MÉTODOS DE ENSEÑANZA
<b>CLASES DE TEORÍA</b>	<p>Sí. Se utilizará la <b>clase magistral</b>, que sigue siendo uno de los métodos docentes más utilizados en la enseñanza universitaria. En comparación con otros métodos es más eficaz para la transmisión de información a grandes grupos de estudiantes, para facilitar la comprensión de conceptos complejos y para sintetizar fuentes diversas de información.</p> <p>La <b>clase magistral participativa</b> hace alusión a la creación de grupos informales de aprendizaje cooperativo creados temporalmente para dar respuesta a cuestiones planteadas por el docente.</p> <p><b>Se dedicarán dos horas a la semana a clases teóricas.</b></p>	Método expositivo.
<b>CLASES PROBLEMAS</b>	<p>Sí, se resolverán casos prácticos propuestos por las profesoras, en los que habrán de aplicarse las normas correspondientes. Algunos casos se resolverán en el CIC, para que los alumnos tengan acceso a la legislación y jurisprudencia que se encuentra en internet.</p>	Estudio de casos.
<b>PRÁCTICAS</b>	<p>No habrá prácticas de laboratorio, por no ser una asignatura de corte técnico.</p>	
<b>TRABAJOS AUTÓNOMOS</b>	<p>Sí, a los estudiantes se les propondrán trabajos monográficos con un seguimiento tutorial por parte de las profesoras.</p> <p>Serán expuestos en clase para fomentar la habilidad de exposición oral en público.</p>	<p>Resolución de casos prácticos.</p> <p>Aprendizaje basado en problemas.</p> <p>Estudio de teoría.</p>
<b>TRABAJOS EN GRUPOS</b>	<p>En el <b>aprendizaje basado en casos</b> se enfrenta al estudiante a un caso real que debe afrontar. Para ello debe realizar una búsqueda bibliográfica, selección de documentación, filtrado y síntesis de la misma. A partir de entonces el estudiante debe estudiar las diferentes estrategias con las que abordar el caso a resolver en función de las características del mismo y de la documentación estudiada. El profesor queda en un mero plano de asesor e inductor de las líneas de solución a analizar.</p>	<p>Aprendizaje basado en proyectos.</p> <p>Aprendizaje cooperativo.</p>

MODALIDAD	DESCRIPCIÓN MÉTODO	MÉTODOS DE ENSEÑANZA
<b>TUTORÍAS</b>	Sí, habrá tutorías individuales en horarios preestablecidos. Además, se utilizará la <b>tutoría grupal</b> , o el proceso de seguimiento de un grupo de alumnos con la finalidad de abrir un espacio de comunicación, conversación y orientación grupal, donde los alumnos tengan la posibilidad de revisar y discutir junto con su tutor temas que sean de su interés, inquietud, preocupación, así como también para mejorar el rendimiento académico, desarrollar hábitos de estudio, reflexión y convivencia social. Cada grupo acordará la cita con el profesor dentro de un rango de horarios preestablecido y es obligatoria la asistencia de todos los componentes del grupo.	
<b>APRENDIZAJE COOPERATIVO</b>	Se utilizarán debates en moodle, que fomentarán dicho aprendizaje entre los alumnos/as y profesoras.	

## CRITERIOS DE CALIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA

### CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

Si se opta por **evaluación continua**, los criterios de evaluación serán los siguientes:

- **20% asistencia participativa**, que se evaluará a través de la realización de diversos trabajos tanto en el aula como en el CIC.

- **40% exámenes**. Se realizarán 5 exámenes a lo largo del semestre, de los siguientes temas:

- 1º) Ética (5%)
- 2º) Protección de datos (10%)
- 2º) Propiedad intelectual (10%)
- 3º) Contratación informática y electrónica (10%)
- 4º) Aspectos sociales (5%)

La media de los exámenes debe ser igual o superior a 5 para poder aprobar la asignatura.

- **40% trabajos del alumno**. Se entregarán 4 trabajos (de un 10% cada uno) a lo largo del curso sobre los siguientes temas: Ética y aspectos sociales, Protección de datos, Propiedad Intelectual y Comercio Electrónico. Los trabajos deberán ser presentados en el moodle de la asignatura en la fecha establecida para cada uno de ellos, no admitiéndose entregas posteriores a la misma. Además de la entrega en la fecha establecida, los alumnos/as tendrán que hacer una presentación oral de al menos uno de los cuatro trabajos. La evaluación de la exposición formará parte de la evaluación del trabajo.

## **ANEXO 2.2. Enunciado de las pruebas pre-test y post-test.**

**NOTA:** En la intervención del primer semestre se propuso analizar solamente el caso A. En el segundo semestre se propusieron dos casos para analizar, asignándolos aleatoriamente entre el alumnado.

### **Descripción del caso A<sup>1</sup>**

*El ingeniero informático Christopher es contratado por una empresa de software e involucrado en el diseño de software especializado en operaciones que producen impacto en la salud pública y la seguridad, como aquellas que controlan la calidad del aire y el agua.*

*En el proceso de diseño, Christopher lleva a cabo pruebas y comprueba que el software es seguro bajo los estándares habituales. Sin embargo, el ingeniero sabe que ese software no va a poder utilizarse bajo los nuevos estándares que están a punto de ser aprobados por el Ministerio de Salud Pública.*

*Christopher podría sugerir que la empresa de software y su cliente llevaran a cabo más pruebas del software para comprobar que cumple los nuevos estándares de seguridad. Dichas pruebas determinarían si la empresa debiera dar el visto bueno a la utilización de ese software. Pero el cliente está ansioso por comenzar y la empresa por satisfacer al cliente y proteger sus finanzas y los puestos de trabajo existentes. Hacer las pruebas sería extremadamente costoso y retrasaría el proyecto por lo menos seis meses. Esto situaría a la empresa en una desventaja competitiva y le costaría mucho dinero. Sin embargo, al mismo tiempo, los directivos de la empresa de software quieren garantizar que el software es seguro.*

*La empresa pide asesoramiento a Christopher sobre la necesidad de pruebas adicionales del software. ¿Qué debería éste recomendar teniendo en cuenta los principios éticos que rigen su profesión?*

### **Descripción del caso B<sup>2</sup>**

*Sergio es el responsable del equipo de Sistemas de Información dentro del Sistema Integral de la Calidad del Aire del ayuntamiento de su ciudad. Debido a un cambio de normativa a nivel nacional sobre control de la contaminación, reciben el encargo de elaborar una propuesta de adaptación del actual sistema a dicha normativa. Para ello han de rediseñar la red de estaciones remotas de forma que cubra de forma más completa el término municipal.*

*El equipo de Sergio presenta un diseño que mantiene la localización de las actuales estaciones, de forma que sea útil la información recogida en los últimos años y se pueda analizar la evolución de la calidad del aire. Sin embargo, su jefe les pide que cambien el diseño cambiando la localización de algunas de las estaciones actuales (precisamente las que tienen mayores índices de contaminación) y situándolas en zonas verdes o con menos tráfico.*

*Sergio sabe que la propuesta de su jefe también se adapta a la nueva normativa, pero considera que se pierde una información valiosa fruto del trabajo de años anteriores. Además, tiene una hija que padece asma y sabe de la importancia de la contaminación ambiental en las enfermedades respiratorias, por lo que es especialmente sensible a las políticas medioambientales y quiere contribuir desde su puesto de trabajo a una mejor calidad de las mismas.*

*Ante esta situación, duda cuál debe de ser su comportamiento.*

---

<sup>1</sup> A: Adaptado del caso “Software Design Testing”, tomado de <http://www.onlineethics.org/cms/7883.aspx>

<sup>2</sup> B: Caso adaptado de una situación real sobre el diseño de una red de control de contaminación atmosférica en un municipio español (Miñano & Fernandez Aller, 2015).

**Se pide:**

- Identificar los **problemas éticos** que aparecen en la situación anterior y el **dilema** que se le plantea al protagonista de la situación.
- Hacer un **análisis de la situación** que permita tener en cuenta todos los aspectos importantes para poder tomar una decisión.
- Proponer la decisión que **un buen profesional debería tomar y argumentarla.**

## **ANEXO 2.3. Enunciados de las actividades propuestas para realizar por el alumnado.**

### **Semestre 1.**

#### **Enunciado del caso** (*distintos casos para cada grupo*)

#### **Trabajo a realizar:**

- Identificar de forma razonada la situación con alguno/s de los problemas éticos vistos en clase:
  - Propiedad de la información
  - Imparcialidad en el juicio
  - Conflicto de valores
  - Conflicto de intereses
  - Seguridad y riesgo
  - Denuncia (Whistle-blowing)
- Identificar de forma razonada los artículos de los códigos éticos disponibles que pueden orientar para tomar una decisión en dicho caso. Al menos el Código de Ética y Práctica Profesional para la Ingeniería del software de la ACM:  
<http://www.acm.org/about/se-code-s/> (y disponible en Moodle)
- Elegir una decisión a tomar y argumentarla a partir de artículos de los códigos éticos u otros argumentos.

### **Semestre 2.**

- Identificar los problemas éticos que aparecen en la situación anterior y el dilema que se le plantea al protagonista de la situación.

Identificar la situación con alguno/s de los problemas éticos vistos en clase, justificando brevemente el porqué.

- Propiedad de la información
  - Imparcialidad en el juicio
  - Conflicto de valores
  - Conflicto de intereses
  - Seguridad y riesgo
  - Whistle-blowing / Denuncia
- Hacer un análisis de la situación que permita tener en cuenta todos los aspectos importantes para poder tomar una decisión.  
Para ello:
  - identificar a los diferentes actores (personales o colectivos) involucrados, cómo les afecta la situación, cómo les afectarían las posibles soluciones,...
  - seleccionar los artículos de los códigos éticos que estén relacionados con la situación indicando por qué, identificar valores o principios éticos o deontológicos que puedan orientar,...
  - analizar la situación desde diferentes puntos de vista o perspectivas,...
- Proponer la decisión que un buen profesional debería tomar y argumentarla.  
Para ello:
  - Valorar sus consecuencias así como riesgos potenciales de la misma.
  - Identificar los principios o valores éticos que la fundamentan, hacer referencia a artículos de los códigos éticos que la apoyen,...
  - Indicar por qué es preferible frente a otras posibles opciones





**ANEXO 3. Información relativa al estudio de caso sobre el desarrollo de competencias de sostenibilidad en asignaturas basadas en proyectos en una titulación de ingeniería industrial**

## Anexo 3.1. Guía docente del módulo de sostenibilidad para las asignaturas *Ingenia*



**INDUSTRIALES**  
ETSII | UPM

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE  
ESCUELA TÉCNICA SUPE  
INGENIEROS INDUS

### 1. DATOS DESCRIPTIVOS DE LA MATERIA Y DE SU DOCENCIA

---

**Nombre de la asignatura:** INGENIAS

**Código:** Módulo C de distintos códigos

**Titulación:** Master de Ingeniería Industrial

**Carácter:** Competencia transversal

**Créditos:** 1,5 ECTS

**Curso:** 1º o 2º MII

**Departamentos:** Ingeniería de Organización, Administración de Empresas e Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente

**Profesorado:** Julio Lumbreras, Rafael Borge, Ana Moreno, Ruth Carrasco, Ángel Uruburu y Rafael Miñano

**Requisitos:** ninguno

**Lengua en la que se imparte:** Castellano

### 2. OBJETIVOS

---

El principio que define las asignaturas INGENIA es que se basan en plantear al alumno la realización de un proyecto, sistema o producto en el ámbito de la ingeniería, atendiendo a una serie de restricciones o requisitos previamente definidos y trabajando y teniendo en cuenta situaciones similares a las que pueden darse en un entorno profesional real. Se trata, por tanto, de asignaturas en las que se aborda la realización de proyectos o desarrollos dentro del ámbito de la ingeniería desde una primera fase de concepción y diseño hasta una fase final de implementación y operación.

Este tipo de enfoque debe facilitar el tránsito de la teoría, impartida en otras asignaturas del plan de estudios, a la práctica. Por otra parte, se basa en plantear problemas abiertos que tratan situaciones complejas en las que no existe una única respuesta correcta predeterminada.

Para alcanzar el objetivo marcado en la asignatura, el alumno debe trabajar en condiciones similares a las que, con mucha probabilidad, se desenvolverá en su vida profesional futura. Así, deberá: trabajar en equipo, decidir qué información necesita, cómo encontrarla y gestionarla, cómo organizar el trabajo, comunicar los resultados que obtiene y, sobre todo, desarrollarlo aplicando ciertas habilidades personales que le permitan manejar la situación de forma eficiente. Por otra parte, el carácter abierto del problema a resolver, constituye un entorno idóneo para el desarrollo de la creatividad entendiendo ésta como la capacidad para afrontar el cambio, para adaptarse y encontrar soluciones originales.

Todos los trabajos desarrollados incluirán un análisis del impacto ambiental y las implicaciones sociales, políticas, éticas, de seguridad y salud del proyecto o producto desarrollado. Para realizar dicho análisis, la asignatura cuenta con formación presencial sobre esos aspectos que consta de algunas sesiones de clase magistral de carácter general para todas las asignaturas INGENIA. Estas sesiones se combinarán con otras de

formación más específica sobre la materia de estudio concreta del proyecto y con tutorías para guiar el trabajo del alumno.

Las competencias específicas que se desarrollan a través de los contenidos del módulo C son:

(c) - Diseña. Habilidad para diseñar un sistema, componente o proceso que alcance los requisitos deseados teniendo en cuenta restricciones realistas tales como las económicas, medioambientales, sociales, políticas, éticas, de salud y

seguridad, de fabricación y de sostenibilidad.

(f) - Es responsable. Comprensión de la responsabilidad ética y profesional.

(h) - Entiende los impactos. Educación amplia necesaria para entender el impacto de las soluciones ingenieriles en un contexto social global.

### 3. METODOLOGÍA

---

La forma de desarrollar los contenidos de la asignatura será sustancialmente práctica con introducciones teóricas breves a los conceptos de sostenibilidad, ética profesional e impactos sociales y ambientales, y metodologías concretas de aplicación de estos conceptos al área de conocimiento en la que se centra cada INGENIA.

Además de las sesiones presenciales de trabajo, se contará con un espacio en Moodle con materiales complementarios y foros de debate que se pueden activar para cuestiones derivadas del trabajo en los proyectos. Para cada INGENIA habrá dos profesores del módulo C que se encargarán de la tutorización relativa a la integración de los aspectos sociales y ambientales en el proyecto.

Para facilitar la relación fluida entre el trabajo de los Ingenias y los contenidos de sostenibilidad, en cada grupo de trabajo se nombrará un "especialista en sostenibilidad" que será el responsable de que estos aspectos se internalicen por parte de todos los miembros del grupo y se desarrollen adecuadamente en el trabajo del grupo a lo largo del curso y queden reflejados en el producto final.

### 4. PLANIFICACIÓN TEMPORAL

---

#### Presencial:

- Presentación general competencias transversales INGENIA (lunes 1, 29 de septiembre): 1 hora de ideas clave del módulo
- Clase sostenibilidad (lunes 2a, 6 octubre): 3 horas de clase con todos los ingenias juntos para explicar los conceptos clave de sostenibilidad, ética y medida de impactos sociales y ambientales.
- Talleres específicos (lunes 4, 1 diciembre): 5 horas de taller con cada Ingenia con agendas específicas por área de conocimiento.
- Sesiones seguimiento y evaluación 2Q: 4 horas

#### Moodle:

- Videoclases Ingenia Sostenibilidad
- Curso Puesta a Punto UPM de ética personal y profesional.
- Lecturas y videos sugeridos para ampliar

### 5. CONTENIDOS

---

#### Contenidos para las sesiones comunes:

Aportarán los conocimientos necesarios para lograr los resultados de aprendizaje esperados.

- Sostenibilidad (principios de la sostenibilidad, Desarrollo humano sostenible, problemáticas y retos actuales más relevantes)
- El papel de la ingeniería en la sostenibilidad (el reto de la ingeniería, identificación y análisis de impactos sociales y ambientales bajo la perspectiva del ciclo de vida)

- El papel del ingeniero en la sostenibilidad (responsabilidad ética y profesional, códigos éticos)
- La respuesta empresarial a la sostenibilidad: Responsabilidad Social Empresarial

#### Contenidos para las sesiones específicas:

Se centrarán en completar los conocimientos específicos relacionados con la temática de cada trabajo y en las habilidades de análisis y evaluación:

- Identificación, descripción y análisis adecuado de las problemáticas relacionadas con cada trabajo
- Identificación y manejo adecuado de normativas, directrices, estándares, principios deontológicos, etc., relacionados con cada trabajo
- Identificación y manejo adecuado de las herramientas de análisis de las implicaciones ambientales y sociales relacionadas con cada trabajo
- Integración de los aspectos sociales y ambientales en el trabajo global

## 6. RECURSOS

---

Bibliografía básica e información adicional disponible en el moodle de la asignatura.

## 7. EVALUACIÓN

---

El instrumento de evaluación será un documento específico para el módulo C cuya calificación (con un peso del 12,5%) se integrará en la calificación global de cada INGENIA. En cualquier caso, se establecerán unos criterios mínimos para su aceptación.

El documento recogerá el análisis de las implicaciones ambientales y de las implicaciones sociales, políticas, éticas, de seguridad y salud del proyecto o producto desarrollado que se ha mencionado en el segundo apartado (objetivos). Sus especificaciones concretas estarán detalladas en un documento disponible en moodle.

Como fundamento para evaluar se plantean los siguientes resultados de aprendizaje:

<b>Dimensión de conocimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoce los principios fundamentales de la sostenibilidad, así como su necesidad, las problemáticas actuales y los impactos sociales y ambientales más directamente relacionados con el ámbito de su trabajo y la ingeniería en general.</li> <li>• Conoce los principios éticos fundamentales de la ingeniería, así como las normativas legales, directrices o estándares profesionales más relevantes en relación a los impactos sociales y ambientales del ámbito de su trabajo.</li> </ul>
<b>Dimensión de aplicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analiza y evalúa sistemáticamente las implicaciones sociales y ambientales de un proyecto o solución tecnológica de su ámbito profesional, utilizando los instrumentos adecuados.</li> </ul>
<b>Dimensión de integración</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incorpora criterios de sostenibilidad y ética en su actividad profesional, respetando las limitaciones que puedan implicar, integrando los aspectos económicos, sociales y ambientales de forma equilibrada y compatible.</li> <li>• Desarrolla productos y servicios que contribuyen a mejorar la calidad del medio ambiente y la sociedad en su conjunto.</li> </ul>

Que se concretan en los siguientes indicadores para la tutorización y orientación de la evaluación:

<i>Indicadores módulo C</i>
-----------------------------

El alumno <b>identifica y describe las problemáticas e implicaciones</b> (positivas y negativas) relacionadas con el trabajo en el ámbito social y ambiental
--

El alumno <b>analiza y evalúa las problemáticas e impactos</b> (positivos y negativos) relacionadas con el trabajo en el ámbito social y ambiental
El alumno <b>utiliza y hace mención</b> a principios éticos, normativas legales, directrices o estándares profesionales relevantes en la descripción, análisis y/o evaluación de las implicaciones sociales y ambientales del ámbito de su trabajo.
El alumno <b>integra criterios de sostenibilidad</b> en su trabajo
El alumno tiene una <b>actitud positiva</b> hacia la integración de los criterios de sostenibilidad en el trabajo y valora su importancia

La rúbrica a aplicar por los profesores para la evaluación están alineadas con las ya definidas para la elaboración y defensa de TFG y TFM en la ETSII. Independientemente de que se puedan especificar aspectos más concretos en cada INGENIA, será la siguiente:

<i>Indicador TFM</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
El alumno <b>describe, analiza y evalúa las problemáticas e impactos</b> (positivos y negativos) relacionados con el trabajo en el ámbito <b>social</b> e <b>integra</b> adecuadamente los resultados obtenidos en el trabajo	No describe ni analiza impactos ni problemáticas relacionados con el trabajo	Describe impactos y problemáticas relacionadas con el trabajo, pero o bien no los analiza ni evalúa adecuadamente o bien no incorpora dicho análisis en el trabajo	Describe, analiza y evalúa sistemáticamente los impactos y problemáticas fundamentales relacionados con el trabajo. La integración en el trabajo de los resultados obtenidos es insuficiente o mejorable.	Describe, analiza y evalúa sistemáticamente los impactos y problemáticas fundamentales relacionados con el trabajo. Establece criterios adecuados para prevenir, corregir, paliar y/o compensar los efectos negativos
El alumno <b>describe, analiza y evalúa las problemáticas e impactos</b> (positivos y negativos) relacionados con el trabajo en el ámbito <b>ambiental</b> e <b>integra</b> adecuadamente los resultados obtenidos en el trabajo	No describe ni analiza impactos ni problemáticas relacionados con el trabajo	Describe impactos y problemáticas relacionadas con el trabajo, pero o bien no los analiza ni evalúa adecuadamente o bien no incorpora dicho análisis en el trabajo	Describe, analiza y evalúa sistemáticamente los impactos y problemáticas fundamentales relacionados con el trabajo. La integración en el trabajo de los resultados obtenidos es insuficiente o mejorable.	Describe, analiza y evalúa sistemáticamente los impactos y problemáticas fundamentales relacionados con el trabajo. Establece criterios adecuados para prevenir, corregir, paliar y/o compensar los efectos negativos

Madrid septiembre 2014

### Anexo 3.2. Evolución de la guía para el alumnado en relación a las competencias de sostenibilidad

Cursos 14-15 y 15-16	Cursos 16-17 y 17-18
<p><b>Introducción</b></p> <p>Esta Guía pretende orientar el trabajo para desarrollar las competencias relacionadas con la sostenibilidad: responsabilidad profesional (f), comprensión de los impactos de la actividad de la ingeniería (h) e integración de aspectos sociales, ambientales, éticos, etc. en el diseño de soluciones de ingeniería (c).</p> <p>Presenta una propuesta básica que podrá ser adaptada a las características específicas de cada INGENIA, bien con la orientación del profesorado del mismo, bien por iniciativa de los propios estudiantes.</p> <p>El producto final del trabajo desarrollado para adquirir estas competencias será una reflexión sobre los aspectos ambientales, éticos y sociales relacionados con el trabajo, similar a la que se pedirá para el TFM.</p> <p>La propuesta es elaborar un documento que incluya los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Una descripción y análisis de los aspectos sociales, ambientales y éticos más relevantes relacionados con el trabajo.</li> <li>• Una explicación de cómo se han tenido en cuenta dichos aspectos en el desarrollo del trabajo y cómo se han integrado en el resultado final del mismo.</li> <li>• Una valoración del resultado final y del desarrollo de las competencias profesionales relacionadas con la sostenibilidad.</li> </ul> <p>En función de la organización de cada INGENIA dicho documento podría elaborarse de forma individual o en grupo, o bien la reflexión podría presentarse en otro formato a determinar.</p> <p>A continuación se presenta la propuesta de trabajo en diversas fases.</p>	
<p><b>FASE 1: Identificación de impactos y aspectos relacionados con la sostenibilidad del proyecto a desarrollar</b></p> <p>Objetivo: Identificar los posibles impactos (positivos y negativos), problemáticas o aspectos ambientales, socioeconómicos y éticos que pueden estar relacionados con el proyecto a desarrollar.</p> <p>Metodología propuesta:</p> <p>En su acepción técnica, el término “impacto” es el cambio producido por alguna actividad humana. En este caso se consideran los cambios en el medio ambiente, a nivel social y económico. Como “aspectos”, se entienden aquellas circunstancias relacionadas con el proyecto que pueden considerarse controvertidas por plantear conflictos de intereses o valores (seguridad frente a productividad, contaminación frente a generación de empleo, cuestiones relativas a la privacidad, incertidumbre, vacíos legales o normativos, etc.)</p> <p>Para identificar impactos y aspectos relevantes relacionados con el proyecto, se proponen dos pasos:</p>	<p><b>FASE INICIAL: Descripción del contexto e identificación de los grupos de interés y ámbitos de sostenibilidad del Ingénia.</b></p> <p>En esta primera fase, el objetivo es definir el contexto en el que se va a desarrollar el trabajo del Ingénia y, en función del mismo, identificar los grupos de interés y los ámbitos relacionados con las diversas dimensiones de la sostenibilidad que han de tenerse en cuenta.</p> <p>A la hora de definir el contexto, es necesario considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Objetivos del proyecto, necesidades que pretende cubrir o los problemas que pretende resolver, plantearse el “para qué” del proyecto, y “para quiénes”.</li> <li>• Describir el ámbito organizativo en el que se enmarca el proyecto: habrá que tener en cuenta si el proyecto se enmarca en un programa o actividad más amplia, qué papel juega en la misma (investigación básica, desarrollo de un producto, aplicación de productos ya desarrollados,...), ámbitos de responsabilidad y margen para la toma de decisiones, fases del ciclo de vida del producto en las que participa el proyecto.</li> </ul>

<p><b>1.1. Determinación del alcance del análisis</b></p> <p>Para clarificar la identificación de impactos y problemáticas conviene definir previamente el <b>escenario de análisis</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar cuál es la <b>frontera del sistema</b>, en términos de etapas del ciclo de vida y definición del marco espacial y temporal en el que se van a identificar (y cuantificar, en la medida de lo posible) las entradas y salidas (materias primas, energía, efluentes gaseosos, líquidos y residuos) relevantes para las categorías de impacto consideradas (1).</li> <li>• En qué <b>contexto</b> socio-económico, territorial y cultural se enmarca el proyecto, así como el alcance que se quiere dar al estudio de los impactos sociales. Lo que puede ser un valor social positivo en una región del mundo (por ejemplo educación básica), es una conquista consolidada en otro. Lo que es bueno para un ciudadano en un país, puede ser negativo para el de otro con un contexto religioso y cultural muy diferente.</li> <li>• En qué <b>sector</b> se enmarca la actividad que se está analizando, por ejemplo sector eléctrico, bioingeniería, servicios básicos a la población, alimentación, etc. En cada sector hay una serie de impactos socioeconómicos o ambientales inherentes al sector (2); por otra parte, lo que es un avance tecnológico en un sector de actividad, puede estar plenamente integrado en otro.</li> <li>• En qué <b>ámbito organizativo</b> se enmarca la actividad que se está analizando: ámbitos de responsabilidad y margen para la toma de decisiones, previsible grupos de interés afectados, amplitud de los tramos de cadena de valor afectados por el análisis, madurez del ámbito de análisis, etc.</li> <li>• En qué <b>ámbito estratégico</b> se enmarca la actividad que se está analizando: fases de diseño de productos y servicios, fases de investigación básica, relación con agenda política y regulatoria o con pilares estratégicos institucionales, niveles de operación, etc. Pensar en términos de marcos de referencia y amplias relaciones, así como en planes de largo plazo.</li> </ul>	<p><b>1.2. Identificación de impactos o problemáticas a lo largo del ciclo de vida</b></p> <p>Para identificar impactos se pide hacer algo similar a lo que ya se hizo en la dinámica grupal de la sesión del 29 de septiembre, completando el siguiente cuadro:</p> <table border="1" data-bbox="1168 1131 1407 2119"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Impactos y problemáticas</th> <th colspan="4">Ciclo de vida</th> <th rowspan="2">Fin de vida</th> </tr> <tr> <th>Diseño</th> <th>Producción</th> <th>Distribución</th> <th>Uso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ambientales (1)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sociales (2)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Económicos (3)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Éticos (4)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Impactos y problemáticas	Ciclo de vida				Fin de vida	Diseño	Producción	Distribución	Uso	Ambientales (1)						Sociales (2)						Económicos (3)						Éticos (4)					
Impactos y problemáticas	Ciclo de vida				Fin de vida																														
	Diseño	Producción	Distribución	Uso																															
Ambientales (1)																																			
Sociales (2)																																			
Económicos (3)																																			
Éticos (4)																																			

<p>etc.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar el sector tecnológico en el que se enmarca el proyecto, como por ejemplo sector eléctrico, automatización, bioingeniería, etc., considerando la relevancia y la aportación del sector en la sociedad actual.</li> <li>• En qué contexto socio-económico, territorial y cultural se enmarca el proyecto.</li> </ul>	<p>En función de ello, se pide:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la perspectiva desde la que se quiere realizar el análisis: producto, proyecto, organización, empresa, política,....)</li> <li>• Identificar los grupos de interés a lo largo de las fases del ciclo de vida que se haya elegido considerar.</li> <li>• Identificar los ámbitos de sostenibilidad del sector y del proyecto concreto en las diferentes dimensiones. Se pueden considerar: <ul style="list-style-type: none"> <li>o Posibles riesgos y daños que se puedan producir a lo largo del ciclo de vida</li> <li>o Posibles mejoras del valor del producto (calidad, intereses y demandas de los grupos de interés, beneficios ambientales,...)</li> <li>o Contexto regulatorio</li> <li>o Aspectos controvertidos: éticos, legales, sociales, ambientales,....</li> </ul> </li> </ul> <p>El objetivo es que los aspectos identificados ayuden a identificar las oportunidades de creación de valor compartido, buscar el espacio común entre los intereses propios del sector y los intereses de la sociedad, de forma que se pueda alinear la actividad con las demandas sociales y ambientales, y generar una dinámica de “ganar-ganar” ya sea mitigando daños o potenciando beneficios.</p> <p><b>FASE 1: Descripción del ciclo de vida completo e identificación de los principales factores relacionados con la sostenibilidad.</b></p> <p>Teniendo en cuenta el escenario global y particular del proyecto, visto en la fase previa, se trata de recoger todas las ideas sobre posibles problemáticas e impactos (tanto positivos como negativos) que puedan tener relación con el proyecto, sabiendo que es muy difícil garantizar un listado exhaustivo.</p> <p>El objetivo es que no pasen desapercibidos riesgos o impactos negativos relevantes para el proyecto, que sea necesario evitar o minimizar, ni impactos positivos que representen una oportunidad de creación de valor para el proyecto.</p> <p>Se propone hacer “recorridos” en 3 dimensiones: ciclo de vida, los distintos ámbitos de la sostenibilidad (ambiental, social, económico, ético y estratégico) y tener en cuenta a todos los grupos de interés identificados en la fase anterior.</p> <p>Para la identificación de los impactos ambientales, se propone la metodología del Análisis del Ciclo de Vida (ACV), que se basa en:</p>
---	---

(1) Considerar las categorías de impactos ambientales vistas en la presentación del 6 de octubre (en moodle: [Módulo C / DOCUMENTOS / DIAPOSITIVAS / ACV Y Aspectos ambientales](#); <http://eplca.jrc.ec.europa.eu>; <http://www.iso.org/iso/ES/iso14000> )

(2) Como referencia pueden tomarse las categorías de impactos socioeconómicos vistas en la presentación del 6 de octubre (en moodle: [Módulo C / DOCUMENTOS / DIAPOSITIVAS / Aspectos sociales y Éticos](#) ; <http://www.iso.org/home/standards/iso26000.htm> ; <http://www.wbcsd.org/social-impact.aspx> )

(3) El análisis de impactos estratégicos depende de la etapa de definición del escenario (1.1), y se aborda relacionando el proyecto con el contexto, el sector y la organización. La cadena de valor de Porter (ver en moodle [Strategy&Society-Porter](#)), y el modelo de relación con grupos de interés de Freeman (ver en moodle [10PrinciplesForStakeholders-Freeman](#)) son las bases conceptuales para ampliar el marco de análisis.

(4) Una metodología usual para identificar aspectos éticos relevantes en una situación es utilizar una lista de principios y responder a algunas preguntas relacionadas con ellos. Proponemos la del ANEXO 7.1.1.

En esta fase de identificación se trata de recoger todas las ideas que parezcan relevantes, sabiendo que es muy difícil garantizar un listado exhaustivo sin distintos estudios técnicos detallados de cada área de conocimiento. La clave en este momento es que no pasen desapercibidos impactos relevantes.

- Diagrama de flujo que describa todas las etapas del ciclo de vida
- Justificación de la orientación de la valoración y las fronteras del estudio
- Entradas y salidas del sistema y mecanismos relevantes
- Identificación de las categorías de impacto más relevantes

El ámbito estratégico viene dado por el contexto y los ámbitos de sostenibilidad identificados en la fase anterior, así como por los objetivos que se hayan fijado para el proyecto.

Para identificar cuestiones del ámbito ético, puede ayudar plantearse preguntas basadas en los principios fundamentales de la ética profesional (ver Anexo 7.1.1).

Una forma de identificar impactos sociales es considerar las denominadas categorías de impacto de dichos ámbitos (ver Anexo 7.1.2).

Por último, es importante considerar las implicaciones económicas de los impactos anteriores.

En todos los ámbitos se tendrán en cuenta los grupos de interés que puedan verse afectados.

Se proponen un par de posibles formatos para tener una visión general de los principales impactos y factores relativos a la sostenibilidad que están asociados al proyecto. Cada grupo podrá elegir el que le facilite más su trabajo o buscar algún otro alternativo.

Impactos y problemáticas	Ciclo de vida		
	Diseño	Producción	Uso
Estratégicos			
Éticos			
Sociales			
Ambientales			
Económicos			

Impactos y problemáticas	Ciclo de vida		
	Diseño	Producción	Uso
Grupo Interés 1			
Grupo Interés 2			
...			
Grupo Interés n			

## FASE 2: Descripción de impactos y aspectos relevantes

Objetivo: Describir los principales impactos (positivos y negativos), problemáticas o aspectos relacionados con el proyecto, identificando los grupos de interés afectados por los mismos, las normativas, leyes, códigos éticos relacionados con ellos, así como las posibilidades de una evaluación o valoración cuantitativa de los mismos.

Se propone completar un cuadro como el siguiente, seleccionando sólo los aspectos que se consideren más relevantes de los identificados en la fase 1 (seleccionar entre 3 y 6).

Aspectos más relevantes	Descripción (1)	Grupos / sectores afectados (2)	Normativas, leyes, estándares, códigos éticos de referencia (3)	Posibilidades de evaluación (4)
Impacto 1				
Impacto 2				
...				
Aspecto n				

**(1) Descripción:** Se pide describir los cambios que se producirían como consecuencia del proyecto (impacto), en qué momento del ciclo de vida se darían, en qué categoría de impacto social o ambiental se enmarcaría, sus causas, posibles consecuencias, si es intencionado o accidental, si es temporal o se mantendría en el tiempo, etc. En el caso de problemáticas, describir brevemente los conflictos que se plantean, de intereses, valores, cuestiones éticas relacionadas, etc.

**(2) Grupos / sectores afectados:** Se pide identificar y describir a los grupos sociales (usuarios, empresas productoras o distribuidoras, empleados, infancia o tercera edad, población rural o urbana, minorías, etc.) afectados por dichos cambios, explicando cómo les afecta (a modo de beneficio o perjuicio), directa o indirectamente.

**(3) Normativas, leyes, estándares, códigos éticos de referencia:** En función del sector tecnológico o el ámbito o categoría del impacto, pueden existir normas, leyes, estándares, etc. que aportan restricciones u orientaciones que pueden afectar al trabajo. Identificarlas.

## FASE 2: Selección y descripción de los impactos más relevantes

De todos los impactos identificados, se seleccionan aquellos que se consideran más relevantes para su análisis y/o su integración en el proyecto. El objetivo es que, a partir del análisis detallado de esos impactos, se revisen los criterios de diseño y desarrollo del producto para maximizar impactos positivos, minimizar los negativos, y de forma que el proyecto sea coherente con la ética profesional, y respetuoso con la legislación y normativa vigente.

Como criterios para dicha selección, se propone considerar:

- o La importancia/magnitud de dichos impactos en algún/os GGII
- o La oportunidad que representa para crear "valor compartido"
- o la capacidad para poder incidir en ellos dentro del proyecto
- o la facilidad de profundizar en su análisis, ya sea cuantitativo o cualitativo
- o ...

Se propone seleccionar, siempre que sea posible:

- o entre 2 y 6 impactos
- o al menos uno relativo a aspectos sociales y otro a aspectos ambientales
- o deseablemente, al menos uno negativo y otro positivo
- o al menos uno que se integre de forma efectiva en el proyecto o justificación de la no inclusión de ninguno.

Para la justificación de dicha selección, que hay que incluir en el documento final, se proponen algunas pistas para la reflexión:

- Describir los cambios que se producirían como consecuencia del proyecto (beneficios, perjuicios, riesgos,...), en qué momento del ciclo de vida se darían, en qué categoría de impacto social o ambiental se enmarcaría, sus causas, posibles consecuencias, si es intencionado o accidental, si es temporal o se mantendría en el tiempo, etc. En el caso de problemáticas, describir brevemente los conflictos que se plantean, de intereses, valores, cuestiones éticas relacionadas, etc.
- Describir a los grupos de interés afectados por dichos cambios, explicando cómo les afecta (a modo de beneficio o perjuicio), directa o indirectamente.
- Identificar normas, leyes, estándares, etc., que aportan restricciones u orientaciones que pueden afectar al trabajo.
- Valorar las posibilidades de evaluación. No siempre será posible realizar una valoración completa del impacto, pero como mínimo deberían proponerse algunos indicadores relevantes para evaluar dichos impactos, mecanismos de análisis, fuentes de información accesibles, etc. Diálogo con grupos de interés.

<p><b>(4) Posibilidades de evaluación:</b> en el contexto de INGENIA no siempre será posible realizar una valoración completa del impacto, pero como mínimo deberán proponerse algunos indicadores relevantes para evaluar dichos impactos en los distintos medios (agua, aire, residuos/suelo, biodiversidad) o sectores sociales, variables consensuadas sobre los conceptos de estudio, mecanismos de análisis, fuentes de información accesibles para ver la evolución de las variables, etc.</p> <p>Al final de este análisis, habrá que establecer un orden de prioridad entre ellos, justificando los criterios en los que se base dicha priorización.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valorar las posibilidades de integración efectiva en el proyecto, bien minimizando los efectos negativos o potenciando los positivos. Describir las distintas opciones y posibles efectos.</li> <li>- Valorar sus implicaciones económicas.</li> </ul>
<p><b>FASE 3: Técnica</b></p> <p>Objetivo: Cuantificación y valoración de impactos basándose en las metodologías relevantes para los aspectos sociales y ambientales (ver materiales sesión 6 de Octubre de 2014). El enfoque e implementación de esta etapa (comparación de alternativas, esquema general de los impactos globales, análisis detallado de alguna etapa o impacto crítico, etc.) se discutirá a lo largo del desarrollo del trabajo con cada grupo.</p>	<p><b>FASE 3 social: Investigación de algún impacto del ámbito social</b></p> <p>En función de los impactos seleccionados y del INGENIA específico, se pueden elegir distintas opciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Investigación en profundidad sobre alguno de los impactos seleccionados.</li> <li>o Documentar el diálogo directo con grupos de interés, al menos uno “tradicional” y al menos uno “no tradicional”.</li> <li>o Documentar la evaluación directa del producto con grupos de interés.</li> <li>o Trabajo en profundidad sobre algún dilema ético relacionado con el proyecto.</li> <li>o Preparación de un debate sobre algún aspecto controvertido relacionado con el proyecto.</li> <li>o ...</li> </ul> <p>Es un trabajo fundamentalmente cualitativo, y habrá que justificar la elección del trabajo a realizar en función de su relevancia para el proyecto, su impacto y/o su asequibilidad en el contexto del proyecto concreto que se está desarrollando en el Ingenia.</p> <p>Es fundamental la orientación del profesorado que tutela el módulo de sostenibilidad.</p> <p><b>FASE 3 ambiental: Evaluación ambiental</b></p> <p>Una vez analizado el diagrama de flujo del ciclo de vida en su totalidad, se justificará la selección de alguna etapa del proceso en base a los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Relevancia de las entradas y salidas identificadas en base a las categorías de impacto</li> <li>- Especificidad de la actividad de los alumnos en dicho grupo</li> <li>- Necesidad de generar información adicional o ahondar en algún tema específico</li> <li>- Intereses estratégicos del producto/servicio</li> </ul> <p>El alcance del trabajo en esta fase se consensuará con cada grupo durante las sesiones específicas con el profesorado del módulo C. Dada la variabilidad de cada actividad y los posibles intereses y objetivos de cada grupo, se pondrán contemplar varias alternativas</p>

	<p>metodológicas, desde la cuantificación detallada de algún aspecto del perfil ambiental basado en los factores de caracterización asociados a cada categoría de impacto hasta la valoración semi-cuantitativa del perfil ambiental de forma comparativa del producto/servicio respecto a otro tomado como referencia o para valorar posibles soluciones constructivas alternativas. En esta etapa será fundamental referenciar los cálculos en base a las fuentes de información fiables y representativas para cada caso de estudio.</p>
<p><b>FASE 4: Empírica (opcional)</b></p> <p>Sólo se realizaría cuando fuera posible en el contexto del INGENIA. Consistiría en experimentar con el prototipo analizando la interacción con el posible usuario / grupos afectados y estudiando si se confirman los impactos identificados o se identifican otros nuevos.</p>	<p><b>Integración en el Ingenia</b></p> <p>En función de cada Ingenia específico, se acordará con los coordinadores los tiempos y las formas en que se desarrollará este trabajo de forma que los frutos de la identificación de impactos y el análisis de los mismos pueda reflejarse en la concepción, diseño, implementación y operación del proyecto.</p> <p>Si se puede, en la fase de Diseño se deberían tener en cuenta los impactos identificados, en especial si se ha de elegir entre varios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ¿Qué aspectos positivos potencia el diseño elegido?</li> <li>○ ¿Qué aspectos negativos evita el diseño elegido?</li> <li>○ ¿Qué beneficios aporta a los grupos de interés?</li> <li>○ ¿Qué perjuicios comporta a los grupos de interés?</li> <li>○ ¿Qué valores promueve/disminuye el diseño elegido?</li> </ul> <p>Si se da el caso de tener que realizar una elección entre diversos diseños, habría que considerar criterios de sostenibilidad a la hora de valorar las distintas opciones.</p> <p>A la hora de valorar y analizar el resultado final, se propone considerar los asuntos relevantes identificados y valorar el desempeño del proyecto en cada uno de ellos. Reflexionar si la integración de algunos criterios de sostenibilidad ha aportado valor al proyecto y describirlo.</p>
<p><b>FASE 5: Reflexión final</b></p> <p>Como se explicó en la introducción, para la evaluación del módulo C se pedirá entregar un documento sobre aspectos ambientales, éticos y sociales relacionados con el trabajo, similar a la que se pedirá para el TFM, según se detalla en el documento específico (del que este es un anexo).</p>	<p><b>Elaboración del documento de sostenibilidad del proyecto</b></p> <p>Todo este proceso se reflejará en un documento final, que servirá para la evaluación de este módulo (12,5% de la calificación final), tal y como se explica en el apartado de Evaluación de la Guía Docente. En el Anexo 2 se propone una estructura para dicho documento. De todas formas, en función del Ingenia específico, se puede acordar otra diferente o bien integrar este documento en los documentos que se tengan que realizar en el desarrollo general del Ingenia.</p>

### **Anexo 7.1.1: Identificación de aspectos éticos relevantes relacionados con el proyecto**

Para hacer una identificación más o menos sistemática, e integrar la comprensión de la responsabilidad profesional, se ha simplificado una metodología utilizada en evaluación de tecnologías, que consiste en plantear una serie de preguntas asociadas a los principios fundamentales de la ética profesional.

Las preguntas son orientativas, no hay que responder a todas exhaustivamente, el fin es propiciar la reflexión y facilitar la identificación de problemáticas relacionadas con el proyecto.

- **Principio de no maleficencia: evitar causar daño a otros**

Seguridad y riesgos: ¿Qué posibles daños podría provocar?, ¿qué riesgos pueden aparecer?, ¿de qué tipo?, ¿en qué momentos del ciclo de vida del producto?, ¿a quiénes afectan directa o indirectamente (individuos, grupos, entorno natural, medioambiente)?, ¿qué medidas/instrumentos se podrían utilizar para evaluar con rigor, prevenir, paliar los riesgos?, ¿conocen los riesgos los afectados por los mismos?, ¿aceptan dichos riesgos?, ...

Uso dual: ¿podría la tecnología desarrollada ser utilizada de forma que cause daño o perjuicios a personas o el entorno? ¿se pueden tomar medidas para prevenir dichos usos?

- **Principio de beneficencia: contribuir al bienestar social**

¿Cuál es el fin del trabajo?, ¿qué beneficios se pretenden conseguir?, ¿qué problemas resuelve?, ¿qué aporta?, ¿a quiénes beneficia, tanto directa como indirectamente? (individuos, grupos, sociedad en general, entorno natural, medioambiente), ¿qué valores promueve en los usuarios la tecnología desarrollada?, ¿el proyecto contribuye a empoderar de alguna forma a los usuarios?, ¿se ha contado con la opinión de los beneficiarios a la hora de diseñar el proyecto?

- **Principio de justicia**

No discriminación: ¿el proyecto puede discriminar a algún grupo en la obtención de los beneficios que comporta? ¿hay grupos que puedan tener más dificultades que otros en acceder a dichos beneficios? ¿los costes son justos para todos los posibles beneficiarios? ¿el uso requiere capacidades específicas que lo haga inaccesible a determinados grupos? ¿qué medidas podrían ser tomadas para evitar estas situaciones o compensar a los grupos desfavorecidos?

Acceso universal, accesibilidad: ¿el proyecto potencia el acceso de más personas a determinados servicios?

Derechos humanos: ¿el proyecto contribuye a la realización efectiva de algún derecho de las personas? ¿respeto los derechos fundamentales de las personas?, ¿respeto los derechos de privacidad, propiedad intelectual, protección de datos?

- **Principio de autonomía**

Honestidad, integridad: ¿En el proyecto podrían plantearse conflictos de intereses o de valores?, ¿cómo afecta al trabajo?, ¿cómo podría gestionarse? ¿En el proyecto podrían plantearse situaciones de algún tipo de corrupción? ¿Qué medidas podrían tomarse para prevenirlas?

Competencia: ¿el grupo está capacitado para desarrollar el proyecto con garantías? ¿qué medidas se pueden tomar para garantizar el rigor y la calidad del mismo?

## ANEXO 7.1.2: CATEGORÍAS DE IMPACTOS SOCIALES (Cursos 16-17 y 17-18)

Las categorías de stakeholders y las subcategorías de impacto sugeridas por las Líneas Directrices de UNEP/SETAC: Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products. United Nations Environment Program, Paris, 2009.

Categorías de stakeholder	Subcategorías de impacto
Trabajador	<ul style="list-style-type: none"> <li>Libertad sindical y negociación colectiva</li> <li>Trabajo infantil</li> <li>Salario justo</li> <li>Horas de trabajo</li> <li>Trabajo forzoso</li> <li>Igualdad de oportunidades/discriminación</li> <li>Salud y seguridad</li> <li>Beneficios sociales/seguridad social</li> <li>Salud y seguridad</li> <li>Mecanismo de realimentación (<i>feedback</i>)</li> <li>Privacidad del consumidor</li> <li>Transparencia</li> <li>Responsabilidad del fin del ciclo de vida</li> <li>Acceso a los recursos materiales</li> <li>Acceso a los recursos inmateriales</li> <li>Deslocalización y migración</li> <li>Patrimonio cultural</li> <li>Condiciones de vida seguras y sanas</li> <li>Respeto de los derechos indígenas</li> <li>Participación de la comunidad</li> <li>Empleo local</li> <li>Asegurar condiciones de vida</li> </ul>
Consumidor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compromiso público sobre sostenibilidad</li> <li>Contribución al desarrollo económico</li> <li>Prevención y mitigación de conflictos armados</li> <li>Desarrollo tecnológico</li> <li>Corrupción</li> <li>Competencia leal</li> <li>Promoción de la sostenibilidad social</li> <li>Relación con proveedores</li> <li>Respeto de los derechos de propiedad intelectual</li> </ul>
Comunidad local	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compromiso público sobre sostenibilidad</li> <li>Contribución al desarrollo económico</li> <li>Prevención y mitigación de conflictos armados</li> <li>Desarrollo tecnológico</li> <li>Corrupción</li> <li>Competencia leal</li> <li>Promoción de la sostenibilidad social</li> <li>Relación con proveedores</li> <li>Respeto de los derechos de propiedad intelectual</li> </ul>
Sociedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compromiso público sobre sostenibilidad</li> <li>Contribución al desarrollo económico</li> <li>Prevención y mitigación de conflictos armados</li> <li>Desarrollo tecnológico</li> <li>Corrupción</li> <li>Competencia leal</li> <li>Promoción de la sostenibilidad social</li> <li>Relación con proveedores</li> <li>Respeto de los derechos de propiedad intelectual</li> </ul>
Actores de la cadena de valor, aparte de los consumidores	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compromiso público sobre sostenibilidad</li> <li>Contribución al desarrollo económico</li> <li>Prevención y mitigación de conflictos armados</li> <li>Desarrollo tecnológico</li> <li>Corrupción</li> <li>Competencia leal</li> <li>Promoción de la sostenibilidad social</li> <li>Relación con proveedores</li> <li>Respeto de los derechos de propiedad intelectual</li> </ul>

Indicadores del Global Reporting Initiative GR4, del WBCSD y la ISO 26000 de Responsabilidad Social Corporativa:

### Atención de necesidades y acceso a servicios básicos para el bienestar social

- Salud
- Seguridad y prevención de riesgos
- Servicios de agua y saneamiento
- Servicios energéticos
- Vivienda
- Alimentación
- Comunicaciones
- Acceso a la información
- Educación

### Respeto a los derechos humanos

- Equidad
- No discriminación y atención a la diversidad
- Accesibilidad, "diseño para todos"
- Derecho a la privacidad, protección de datos
- Informe consentido
- Propiedad intelectual
- Participación ciudadana

### Respeto a los derechos laborales y Responsabilidad Social Interna

- Respeto a los derechos laborales, en la propia empresa y en las redes de suministro
- Mejora de las condiciones laborales, internamente y en las redes de suministro
- Buen gobierno interno
- Ética en la toma de decisiones (corrupción, conflictos de interés,...)

### Aspectos socioeconómicos (externos)

- Reducción de la pobreza y la desigualdad
- Crecimiento económico
- Desarrollo empresarial
- Generación de empleo
- Mejoras de ingresos

### Sostenibilidad tecnológica y aspectos socioeconómicos (internos)

- Viabilidad económica
- Mejoras de productividad
- Asequibilidad
- Mantenimiento, robustez
- Obsolescencia programada
- Generación de capacidades (trabajadores, usuarios,...)
- Integración y aceptación social de la innovación

### Anexo 3.3. Evolución del formato del documento de sostenibilidad

Cursos 14-15 y 15-16	Cursos 16-17 y 17-18
<p><b>Formato del documento a entregar en relación al módulo C de INGENIA</b></p> <p>La extensión del documento que incluya las consideraciones sociales, ambientales y éticas será de <u>12 páginas como máximo</u>, incluyendo figuras, gráficos o esquemas que fuesen oportunos. El tipo y tamaño de fuente, disposición general del texto y márgenes se corresponderán con las de este documento.</p> <p><b>Estructura y contenido</b></p> <p>El documento tendrá los siguientes 4 apartados:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introducción: presentación y contexto del INGENIA</li> <li>2. Evaluación de impactos sociales             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Identificación y descripción de impactos y problemáticas</li> <li>b. Resultados del análisis técnico y búsqueda de alternativas a los impactos identificados</li> <li>c. Resultados integrados en el Ingenia</li> </ol> </li> <li>3. Evaluación de impactos ambientales             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Diagrama de flujo que describa todas las etapas</li> <li>b. Justificación de la orientación de la valoración y las fronteras del estudio</li> <li>c. Identificación y justificación de las categorías de impacto más relevantes</li> <li>d. Entradas y salidas del sistema y mecanismos relevantes</li> <li>e. Naturaleza y cuantificación de los impactos (relación entre los flujos del sistema y los efectos) indicando los mecanismos relevantes</li> </ol> </li> <li>4. Demostración o justificación de cómo el resultado de este análisis se ve reflejado en el INGENIA (diseño del producto / proceso final) y reflexiones globales</li> </ol>	<p><b>ESTRUCTURA DEL TRABAJO FINAL A ENTREGAR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción <i>Contexto del proyecto, objetivos, necesidades que pretende cubrir o problemas que pretende resolver, justificación del alcance del análisis realizado,...</i></li> <li>• Asuntos relevantes y grupos de interés. <i>Síntesis del trabajo realizado en las fases 1 y 2, de identificación y descripción de impactos. Presentar y justificar las conclusiones a las que se haya llegado sobre cuáles son los asuntos más relevantes relacionados con la sostenibilidad, así como los principales grupos de interés identificados y que se han considerado en los análisis posteriores. Los detalles del trabajo realizado en la fase inicial y la fase 1 para la identificación y selección de los asuntos relevantes y grupos de interés, se incluirán en el apartado de Anexos.</i></li> <li>• Investigación de impactos sociales <i>Lo realizado en la Fase 3 social</i></li> <li>• Evaluación ambiental <i>Lo realizado en la Fase 3 ambiental</i></li> <li>• Integración en el Ingenia <i>Descripción de cómo se han integrado en el proyecto los resultados de los análisis anteriores.</i></li> <li>• Conclusiones <i>Valorar el proyecto desde la perspectiva de la sostenibilidad y justificar si el uso de criterios de sostenibilidad ha aportado valor añadido al proyecto.</i></li> <li>• Referencias</li> <li>• Anexos</li> </ul> <p>El documento tendrá un carácter sintético, con una longitud máxima recomendada de 12 páginas, exceptuando Anexos. Si se justificase la necesidad de desarrollar algún aspecto o detallar algún cálculo, se podrá acordar con los profesores del módulo incluir tantos anexos como sea necesario.</p>



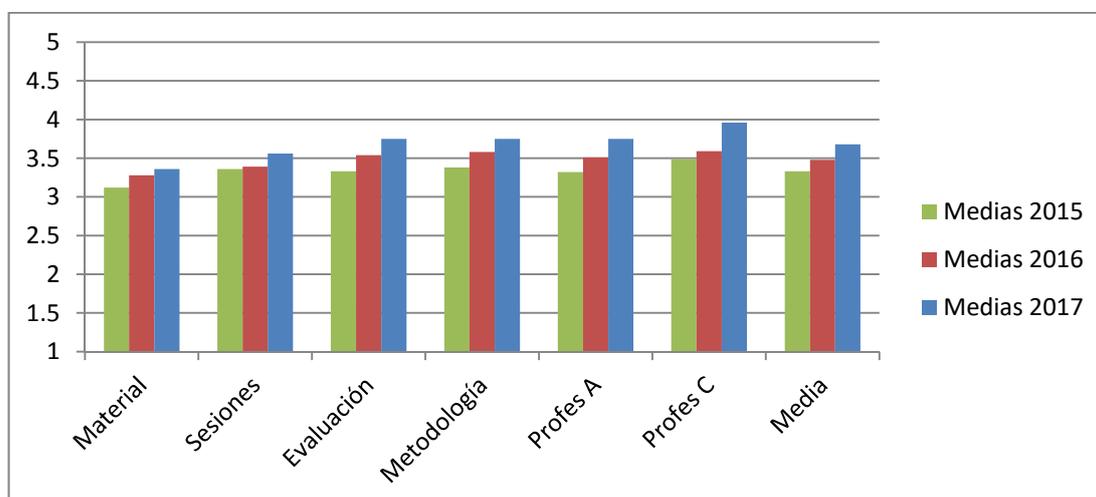
	<p>Otros aspectos a tener en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La selección del tema a investigar es <i>razonada</i> y el tema es <i>relevante</i> para ese Ingeniería.</li> <li>- Identifica y describe a los distintos grupos afectados en la temática elegida, <i>analizando la situación desde distintos puntos de vista y perspectivas</i>.</li> <li>- Analiza y estudia con rigor la temática elegida, utilizando <i>fuentes de información diversas y fiables</i>.</li> <li>- Capacidad de <i>reflexión y argumentación crítica</i>: no se limitan a volcar información, sino que incluyen su propia visión sobre el tema y lo hacen de forma razonada.</li> </ul>	
	<p><b>Evaluación ambiental</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 12. El alumno <b>analiza y evalúa las problemáticas e impactos</b> (positivos y negativos) relacionadas con el trabajo en el ámbito ambiental.</li> <li>• 13. El alumno <b>utiliza correctamente las metodologías de ACV</b> propuestas para el estudio de las implicaciones ambientales del ámbito de su trabajo.</li> </ul> <p>Otros aspectos a tener en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La selección del impacto a investigar es <i>razonada</i> y es <i>relevante</i> para ese Ingeniería.</li> </ul>	<p><b>2-3,5</b></p>
	<p><b>Integración en el Ingeniería y Conclusiones</b></p> <p><i>Descripción de cómo se han integrado en el proyecto los resultados de los análisis anteriores.</i></p> <p><i>Valorar el proyecto desde la perspectiva de la sostenibilidad y justificar si el uso de criterios de sostenibilidad ha aportado valor añadido al proyecto.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 14. El alumno <b>integra criterios de sostenibilidad en su trabajo</b>. Establece criterios adecuados para prevenir, corregir, paliar y/o compensar los efectos negativos. Elige diseños que potencian impactos positivos y aportan valor al proyecto. El resultado del trabajo es coherente con los principios fundamentales de la ética profesional.</li> <li>• 15. El alumno tiene una <b>actitud positiva</b> hacia la integración de los criterios de sostenibilidad en el trabajo y valora su importancia.</li> </ul>	<p><b>1</b></p>

<p>Otros aspectos a tener en cuenta:</p> <p>En cada Ingeniería se podrán seleccionar algunos aspectos/impactos específicos para valorar cómo se han tenido en cuenta en el desarrollo del proyecto.</p>	<p><b>Calidad general del trabajo y aspectos formales</b></p> <p>Posibles aspectos a tener en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Originalidad y contribuciones personales: el enfoque del trabajo, la forma en que abordan o presentan los contenidos,... no es rutinaria o mecánica.</li> <li>- La estructura del trabajo respeta las directrices dadas y/o es coherente y adecuada a los objetivos del mismo. Se percibe que hay un trabajo en equipo coordinado frente al mero reparto de tareas y posterior acoplamiento.</li> <li>- Las fuentes de información están adecuadamente referenciadas a lo largo del trabajo y en el apartado correspondiente.</li> <li>- La comunicación escrita es clara y fluida.</li> </ul>	<p><b>1</b></p>
<p><b>Total</b></p>		<p><b>10</b></p>

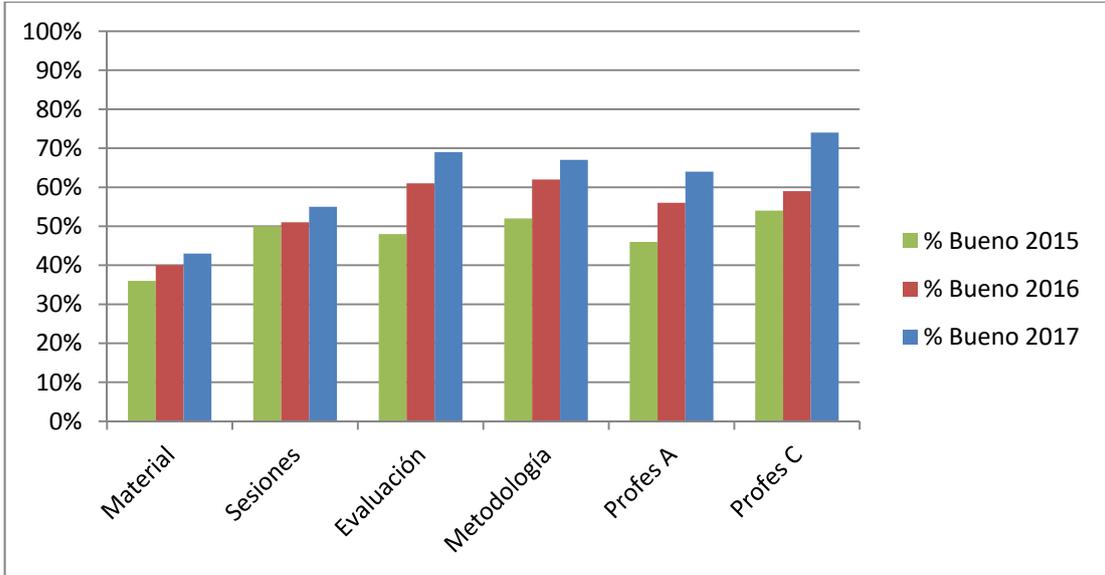
### Anexo 3.4. Resultados del cuestionario de evaluación del proceso docente de todas las asignaturas ingeniería

Resultados obtenidos de **todas** las respuestas recibidas a los cuestionarios sobre el proceso docente del módulo de sostenibilidad.

Todos	N	Material	Sesiones	Evaluación	Metodología	Profes A	Profes C	Media
Medias 2017	144	3,36	3,56	3,75	3,75	3,75	3,96	3,68
Medias 2016	219	3,28	3,39	3,54	3,58	3,51	3,59	3,48
Medias 2015	113	3,12	3,36	3,33	3,38	3,32	3,49	3,33



Todos	N	Material	Sesiones	Evaluación	Metodología	Profes A	Profes C
% Bueno 2017	144	43%	55%	69%	67%	64%	74%
% Bueno 2016	219	40%	51%	61%	62%	56%	59%
% Bueno 2015	113	36%	50%	48%	52%	46%	54%





## Anexo 4. Grupos de discusión y entrevistas

### G1: Encuentro de profesorado de asignaturas de *Humanidades* en titulaciones de ingenierías.

**Fecha y lugar:** 7 de julio de 2017. ETSI Sistemas Informáticos UPM.

**Objetivo:** Analizar la contribución de asignaturas específicas de humanidades para el desarrollo de competencias de responsabilidad social, sostenibilidad y ética profesional en los grados de ingeniería.

#### Guion:

- Presentación personal, asignaturas, contexto académico
- Para llegar a una visión compartida de las CRSE a desarrollar en nuestros estudiantes, ¿cuáles serían los “mínimos esenciales” en nuestros contextos docentes de grados de ingeniería?
- ¿Cómo contribuyen las asignaturas de Humanidades al desarrollo de las competencias RSSE en los grados de ingeniería? Aspectos destacables, limitaciones (intrínsecas), dificultades (externas).
  - Cuando hay asignaturas obligatorias de Humanidades, ¿existe el riesgo de que las competencias RSSE no se trabajen en otras asignaturas, o sólo se haga de forma muy técnica sin potenciar la reflexión, la visión sistémica o el trabajo con la complejidad?
  - La cuestión del profesorado, ¿cuál es su rol? ¿cuál es el perfil adecuado? ¿cómo gestionar la convivencia entre los “motivados” y los “opositores”? ¿cómo gestionar la integración y formación de nuevo profesorado?
  - La cuestión de la evaluación, ¿cuál es el método apropiado? ¿riesgo de ser las “marías”?
- ¿Debería de haber asignaturas obligatorias de Humanidades en todos los grados de ingeniería? ¿Cómo podrían contribuir a que se trabajen las competencias RSSE en otros momentos del plan de estudios?

**Modera:** Rafael Miñano Rubio (UPM)

#### Participantes:

Xavier Alamán (Universidad Autónoma de Madrid)  
Celia Fernández Aller (Universidad Politécnica de Madrid)  
Esther Gago (Universidad Politécnica de Madrid)  
Gonzalo Génova (Universidad Carlos III de Madrid)  
Silvia Lavado (Universidad Europea de Madrid)  
Eloy Portillo (Universidad Politécnica de Madrid)  
Sara Román Navarro (Universidad Complutense de Madrid)

## **G2: XI Seminario de Investigación en Educación Ambiental y Educación para el Desarrollo Sostenible.**

**Fecha y lugar:** 3 de Junio de 2017. CENEAM, Valsain, Segovia.

### **A. Competencias para la sostenibilidad**

**Objetivo:** Actualizar el marco de las competencias en sostenibilidad curricular

**Guion:**

- De los marcos de referencia... ¿qué competencias consideran esenciales para el desarrollo sostenible en educación superior?
- En tu práctica docente... ¿Cuál o cuáles tienen mayor peso para dar respuesta a la EDS?
- ¿Cómo las priorizarías?
- Las competencias en sostenibilidad... ¿cómo las recogéis en las fichas/guías/programas docentes en vuestra práctica?
- Desde tu práctica docente... ¿Incorporas las competencias en DS exclusivamente desde lo disciplinar o para el fortalecimiento del perfil profesional?
- Considerando los tres tipos de competencias: genéricas, específicas, transversales. ¿En cuál/es de ellas encuadrarías las competencias en sostenibilidad?

**Moderador:** Belén Sáenz-Rico de Santiago (Universidad Complutense de Madrid, UCM)

**Participantes:**

David Alba Hidalgo (Universidad Autónoma de Madrid, UAM)

Jose Albelda (Universidad Politécnica de Valencia, UPV)

Pilar Aznar Minguet (Universidad de Valencia, UV)

Olga Bernaldos (Universidad Europea de Madrid, UEM)

Laura Galván Pérez (Universidad de Granada, UGR)

Esther García González (Universidad de Cádiz, UCA)

Anna Maria Geli de Ciurana (Universitat de Girona, UdG)

Silvana Longueira Matos (Universidade de Santiago de Compostela, USC)

M Ángeles Murga Menoyo (UNED)

Hector de Prado Herrero (UdG)

Manuel Quirós Galdón (Universidad Politécnica de Madrid, UPM)

Carmen Sabán Vera (UCM)

Daniel Sánchez Mata (UCM)

Jordi Segalàs Corral (Universitat Politècnica de Catalunya, UPC)

Ángel Uruburu Colsa (UPM)

### **B. Metodologías activas y participativas para la sostenibilización curricular en las aulas universitarias**

**Objetivo:** Identificar las metodologías más adecuadas para la sostenibilidad curricular

**Guion:**

- Tenéis experiencia en el uso de algún tipo de metodología activa y participativa orientada a la sostenibilidad curricular, ¿cuáles? ¿cómo?
- Desde tu práctica docente... ¿qué fortalezas destacas para la sostenibilidad curricular?
- Desde tu práctica docente... ¿qué debilidades destacas para la sostenibilidad curricular?
- ¿Qué metodologías son las más efectivas para la sostenibilidad curricular en cada dimensión? (conceptual, procedimental, actitudinal, de cambio y transformación)

**Moderador:** Rafael Miñano Rubio (UPM)

**Participantes:**

Lorena Balseca Córdova (UCM)  
María Josefa Bautista (UNED)  
Gisela Cebrián Bernat (Universidad Camilo José Cela, UCJC)  
Leslie Collado Expósito (UdG)  
Adriana Correa Guimaraes (Universidad de Valladolid, UVA)  
José Ramón Díez López (Universidad del País Vasco, UPV-EHU)  
Ricard Horta Bernús (UPC)  
Rocío Jiménez Fontana (UCA)  
Olga Mayoral García-Berlanga (UV)  
Oscar Mercado Muñoz (Universidad Tecnológica Metropolitana, Chile)  
Ingrid Mulá Pons de Vall (UdG)  
Unai Ortega Lasuen (UPV-EHU)  
Angels Ull Solís (UV)  
Rocío Valderrama Hernández (Universidad de Sevilla, US)  
Amparo Vilches Peña (UV)

**C. Obstáculos, posibilidades y retos para la sostenibilidad curricular**

**Objetivo: Identificar Obstáculos, posibilidades y retos para la sostenibilidad curricular**  
**Guion:**

- ¿Qué obstáculos encuentras para la implementación de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS)? Desde la docencia, la investigación, la gestión.
- ¿Qué posibilidades emergen para la implementación de la EDS? Desde la docencia, la investigación, la gestión.
- ¿Qué retos planteas para la implementación de la EDS? Desde la docencia, la investigación, la gestión.
- ¿Consideráis necesario incluir las competencias para el desarrollo sostenible en los sistemas de evaluación de calidad?

**Moderadora:** Bienvenida Sánchez Alba (UCM)

**Participantes:**

José Albelda (UPV)  
Pilar Aznar Minguet (UV)  
Lorena Balseca Córdova (UCM)  
Javier Benayas (UAM)  
María Josefa Bautista (UNED)  
Adriana Correa Guimaraes (UVA)  
José Ramón Díez López (UPV-EHU)  
Anna María Geli de Ciurana (UdG)  
Ricard Horta Bernús (UPC)  
Silvana Longueira Matos (USC)  
Olga Mayoral García-Berlanga (UV)  
Rafael Miñano Rubio (UPM)  
M Ángeles Murga Menoyo (UNED)  
Unai Ortega Lasuen (UPV-EHU)  
Daniel Sánchez Mata (UCM)  
Jordi Segalàs Corral (UPC)  
Angels Ull Solís (UV)  
Amparo Vilches Peña (UV)

### **G3: Competencias de sostenibilidad en el Trabajo Fin de Grado en ingenierías.**

**Fecha y lugar:** 16 de enero de 2018. ETSI Ingeniería Civil de la UPM.

**Objetivo:** Conocimiento recíproco de las experiencias que se estaban desarrollando en los centros de los distintos participantes y reflexión sobre posibles líneas de colaboración.

**Guion:**

- Presentación personal, iniciativas en cada contexto académico en relación a la integración de competencias de sostenibilidad en el TFG.
- Implicaciones docentes
- Implicación institucional
- Líneas de trabajo y colaboración a nivel de universidad

**Modera:** Rafael Miñano Rubio (UPM)

**Participantes:**

Sergio Álvarez Gallego (ETSI Caminos, Canales y Puertos, UPM))

M<sup>a</sup> del Mar de la Fuente (ETSI Industriales, UPM. Miembro de la comisión de competencias, dependiente de la subdirección de calidad)

César Domínguez Domínguez (ETS Ingeniería y Diseño Industrial, UPM. Miembro de la Comisión Académica de TFG)

Celia Fernández Aller (ETSI Sistemas Informáticos, UPM)

Beatriz González Rodrigo (ETS Ingeniería Civil, UPM)

Isabel Más López (ETS Ingeniería Civil, UPM)

Juan Manuel Montero Martínez (ETSI Telecomunicación, UPM. Adjunto a la subdirección de calidad)

Rosalía Pacheco Torres (ETS Ingeniería Civil, UPM)

Agustín Rubio Sánchez (ETSI Montes, Forestal y Medio Natural, UPM)

José Ramón Sánchez Lavín (ETS Ingeniería Civil. Adjunto a la Subdirección de Ordenación Académica, UPM)

## **G4: Proyecto EDINSOST. Grupo focal de profesorado UPM.**

**Fecha y lugar:** 17 de mayo de 2018. Rectorado UPM.

**Objetivo:** Identificar necesidades de formación del profesorado para el trabajo de competencias de sostenibilidad en grados universitarios.

### **Guion:**

- ¿Qué entiendo por sostenibilidad?
- ¿Es pertinente/necesario el trabajo de competencias de sostenibilidad en la formación universitaria?
- Sobre estrategias didácticas y prácticas en aula:
  - Vuestra experiencia
  - ¿Qué estrategias docentes consideras adecuadas para formar a los alumnos en sostenibilidad?
  - ¿Cómo crees que la práctica en el aula/laboratorio puede mejorar el aprendizaje de competencias de sostenibilidad?
  - ¿Qué consideras que ha de tener en cuenta una metodología docente para permitir el aprendizaje de competencias en sostenibilidad?
  - ¿Qué procedimientos y recursos conoces para introducir la perspectiva de la sostenibilidad en las asignaturas?
  - ¿Qué opinas de los resultados del cuestionario?
- Sobre competencias
  - ¿Cuáles consideras que son los aspectos esenciales de la educación para la sostenibilidad, y hasta qué punto éstos se ven reflejados en los estudios de Ingeniería?
  - ¿Creéis que el profesorado dispone de suficientes recursos (de calidad) y formación para formar al alumnado en sostenibilidad?
  - ¿Qué propuestas podrían motivar al profesorado y ayudarle a mejorar sus competencias en sostenibilidad?
  - ¿Qué competencias debería tener el profesorado para trabajar estos aspectos de forma efectiva?
  - Estos son los resultados del cuestionario que se pasó al profesorado en Ingeniería. ¿Qué opináis de los resultados? ¿Hay algún dato que os haya sorprendido?
  - ¿Qué oportunidades y limitaciones se encuentra el profesorado para trabajar la sostenibilidad en los estudios de Ingeniería Industrial? ¿Cómo podrían aprovecharse las oportunidades y superar las limitaciones?

**Modera:** Rafael Miñano Rubio (UPM)

### **Participantes:**

Angélica de Antonio (ETSI Informáticos, UPM)

Jesús Fraile (ETSI Telecomunicación, UPM)

Pilar Manzano (ETSI Sistemas Informáticos, UPM)

Eloy Portillo (ETSI Sistemas de Telecomunicación, UPM)

Agustín Rubio (ETSI Montes, Forestal y Medio Natural, UPM)

Manuel Sierra (ETSI Telecomunicación, UPM)

## **G5: Proyecto EDINSOST. Grupo focal de alumnado UPM.**

**Fecha y lugar:** 18 de julio de 2018. ETSI Sistemas Informáticos UPM.

**Objetivo:** Analizar la visión del alumnado recién egresado sobre la formación universitaria en competencias de sostenibilidad y aspectos facilitadores de dicha formación. Identificar necesidades y medios de formación en ingenierías.

### **Guion:**

- ¿Qué entiendo por sostenibilidad?
- El trabajo de competencias de sostenibilidad en la formación universitaria:
  - ¿es pertinente/necesario/importante?
  - ¿qué sabía antes de la U?
  - ¿me ha aportado algo la U?
  - ¿participo en algún proyecto/actividad/grupo/...?
  - ¿las necesitaré en mi actividad profesional?
- Aspectos facilitadores de la formación en competencias de sostenibilidad en la universidad
  - ¿qué asignaturas me han aportado algo?
  - ¿qué metodologías/actividades/recursos docentes me parecen adecuadas/eficaces?
  - ¿se pueden/deben evaluar este tipo de competencias?
  - ¿actitudes/rol del profesorado o del alumnado?
  - ¿clima/cultura de la escuela/universidad?
  - ¿otros?

**Moderador:** Rafael Miñano Rubio (UPM)

### **Participantes :**

(Alumnado de grado, 4º curso, de la ETSI Sistemas Informáticos)

Rubén Almaraz Arranz

Félix Leal Ramírez

Rafael Martín-Cuevas

Borja Morata López

Carmen Rosa Priede Torres

José Antonio Quevedo Muñoz

## E1: Fermín Sánchez Carracedo

**Perfil:** Coordinador de competencias transversales de la Facultat d'Informàtica de Barcelona (Universitat Politècnica de Catalunya).

**Fecha y lugar:** 11 de julio y 31 de agosto de 2017. Skype.

**Objetivo:** Conocer su visión sobre los aspectos críticos que se han identificado en la investigación, en relación a la metodología docente, el profesorado y la organización de la docencia (planes de estudio, apoyo institucional). Conocer la experiencia de la FIB-UPC en el trabajo de competencias RSSE.

### Guion:

- Experiencia de la FIB-UPM en el trabajo de competencias RSSE
- Ámbito docente: competencias, contenidos, metodologías

P1. Para llegar a una visión compartida de las competencias a desarrollar en nuestros estudiantes, en relación al desarrollo sostenible, la responsabilidad social y la ética profesional, ¿cuáles consideras que serían los “mínimos esenciales” en un contexto docente de grados de ingeniería?

P2. ¿Qué tipo de metodologías consideras más adecuadas para potenciar la reflexión, la visión sistémica, el trabajo con la complejidad en unos planes de estudios muy cargados de contenidos y actividades, y en asignaturas obligatorias con un elevado número de estudiantes? Si puedes, intenta concretar con ejemplos de tu experiencia docente.

P3. ¿Conoces o tienes experiencia con metodologías para integrar criterios de sostenibilidad y responsabilidad en el desarrollo de proyectos de ingeniería, evitando que los temas de sostenibilidad (impacto ambiental, seguridad, uso dual,...) sean un “trámite legal o normativo” más que hay que cumplir? ¿Cuáles son sus características más relevantes?

P4. ¿Qué aspectos consideras clave para que una evaluación específica de estas competencias sea formativa, válida y coherente, y contribuya a que los temas relacionados con el desarrollo sostenible/responsabilidad social dejen de ser marginales?

- Profesorado

P5. La complejidad intrínseca a las CDS plantea un reto sobre el rol del profesorado y el perfil adecuado del mismo para trabajarlas. A partir de tu experiencia docente, ¿cuál consideras que es el rol más adecuado del docente para promover el desarrollo de las CDS en su alumnado? ¿qué perfil académico o formación sería la más adecuada?

P6. ¿Has encontrado en tu práctica docente un exceso de voluntarismo en el profesorado que trabaja las CDS? ¿Cómo consideras que podría evitarse? ¿Cómo gestionar un exceso de carga de trabajo?

P7. En asignaturas obligatorias en las que se trabajan CDS, no todo el profesorado tiene la motivación y/o la formación apropiada, ¿cómo consideras que debería gestionarse dicha situación?

P8. Si consideras que es necesaria la formación del profesorado universitario para trabajar las CDS, ¿cuál consideras que sería la mejor estrategia (cursos externos, profesores mentores,...)?

- Aspectos institucionales y organizativos  
Si aspiramos a una formación en CDS con un enfoque holístico y de forma sistemática, el modelo que se propone es el siguiente:

Trabajo de conceptos fundamentales en alguna asignatura de *Humanidades*  
(desarrollo sostenible, aspectos éticos y legales, tecnología y sociedad)

+

Trabajo transversal en asignaturas técnicas relacionadas con las dimensiones del DS  
(Social-Seguridad, Economía-Organización, Tecnologías Ambientales)

que suelen ser obligatorias en los planes de estudio  
u otras asignaturas técnicas propicias

+

Aplicación e integración de criterios de DS en asignaturas de *Proyectos* y *TFG*.

P9. ¿Consideras que es deseable tender hacia dicho modelo?, ¿lo ves factible?, ¿cuáles serían los factores clave para evolucionar de forma que se complete el modelo en tu contexto académico?

P10. ¿Qué apoyo o iniciativas institucionales consideras que podrían ser más efectivas para una mayor presencia del trabajo de las CDS en los grados de ingeniería?  
(algunos ejemplos: recomendaciones de competencias en BOE; evaluaciones externas por ANECA, ABET, EURACE, EUR-INF,...; planes de calidad, tanto de centro como de universidad; cambio de orientación de la empleabilidad hacia el compromiso de la universidad con los retos sociales actuales o la formación integral del alumnado; ...)

## **E2: Antonio Vallecillo Moreno**

**Perfil:** Presidente de la Sociedad de Ingeniería de Software y Tecnologías de Desarrollo de Software (SISTEDES). Universidad de Málaga. ETSI Informática.

**Fecha y lugar:** 6 de octubre de 2017. Skype.

**Objetivo:** Conocer su visión sobre los aspectos críticos que se han identificado en la investigación, en relación a la metodología docente, el profesorado y la organización de la docencia (planes de estudio, apoyo institucional).

**Guion:**

El mismo que en E1.

### **E3: Alberto Fernández Gil y Gabriel Morales Sánchez**

**Perfil:** Miembros de los equipos directivos de la ES Ciencias Experimentales y Tecnología y ESTI Informática respectivamente. Universidad Rey Juan Carlos de Madrid.

**Fecha y lugar:** 6 de octubre de 2017. Universidad Rey Juan Carlos de Madrid.

**Objetivo:** Contraste de resultados de la investigación desde la perspectiva de equipos directivos de centros en los que se ha identificado un trabajo sistemático de las competencias RSSE. Identificar factores de éxito en relación al apoyo institucional a la integración de competencias de responsabilidad social, sostenibilidad y ética profesional en grados de ingeniería

#### **Guion:**

P1. Dentro de la estrategia y plan de calidad de la universidad, ¿hay alguna línea de acción relativa a la integración de las competencias transversales (o en particular las competencias RSSE) o para el seguimiento de la misma? ¿Cómo afecta a tu grado en concreto? ¿Cómo lo valoras?

P2. Dentro de la estrategia y plan de calidad del **centro**, ¿hay alguna línea de acción relativa a la integración de las competencias transversales (o en particular las competencias RSSE) o mecanismos para el seguimiento de la misma? ¿Cuáles son las líneas de acción? ¿Cómo lo valoras?

P3. ¿Hay algún tipo de seguimiento o valoración de las competencias RSSE en el **TFG**? ¿Lo considerarías necesario/positivo?

P4. El proceso de renovación de la acreditación, ¿valoró la integración de competencias RSSE en los planes de estudio? ¿hubo propuestas de mejora?

P5. ¿Consideras que puede ser un instrumento útil para revisar y mejorar la calidad de los planes de estudio en relación a la integración más efectiva de las competencias transversales?

P6. ¿Hay cierta flexibilidad en tu centro para facilitar la existencia de asignaturas o actividades docentes interdisciplinarias, con profesorado de distintas áreas, departamentos, centros,...? ¿Lo consideras útil o necesario?

P7. ¿Qué tipo de interrelación o coordinación hay con las asignaturas de Deontología profesional?

P8. ¿Hay iniciativas de formación de profesorado relacionadas con las competencias RSSE?

P9. ¿La integración concreta de temáticas RSSE en las asignaturas o TFG es una opción personal del profesorado o hay una apuesta institucional? ¿Existe algún grupo de profesorado que sirva de referencia en estas temáticas?

P10. ¿Consideras que la inclusión de las temáticas RSSE en los planes de estudio se valora en tu centro o es algo marginal?

#### **E4: Joan Climent Vilaró**

**Perfil:** Coordinador de la competencia de “Sostenibilidad y Compromiso Social” (SCS) en la Facultat d’Informàtica de Barcelona (Universitat Politècnica de Catalunya).

**Fecha y lugar:** 4 de julio de 2018. Campus Nord de la Universitat Politècnica de Catalunya.

**Objetivo:** Identificar factores de éxito en relación al apoyo institucional a la integración de competencias de responsabilidad social, sostenibilidad y ética profesional en grados de ingeniería

**Guion:**

- Organización del trabajo de coordinación de competencias transversales
- Papel de los responsables de la coordinación de la competencias transversal SCS en la FIB-UPC
- Enfoque del trabajo de la competencia SCS
- Acciones institucionales de apoyo al profesorado
- Valoración del apoyo y organización institucional, aspectos clave



## ANEXO 5. Informe de méritos

- ✓ Sobre los resultados obtenidos en la intervención realizada para el desarrollo de competencias éticas en las asignaturas de aspectos sociales, legales éticos y profesionales de la ETSI Sistemas Informáticos de la UPM:

Artículo en revista indexada JCR (Q1 en History & Philosophy of Science, Q2 en Engineering Multidisciplinary y en Multidisciplinary Science ; índice de impacto 1,454):

Miñano, R., Moreno-Romero, A., Uruburu, A., y Pérez-López, D. (2017) Strategies for teaching professional ethics to IT engineering degree students and evaluating the result. *Science and Engineering Ethics* 23(1), 263-286. DOI: 10.1007/s11948-015-9746-x. Accesible en: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11948-015-9746-x>

- ✓ Sobre la experiencia global en la ETSI Sistemas Informáticos de la UPM:

Artículo en revista indexada en Scopus:

Miñano, R., Fernández Aller, C., Anguera, A., y Portillo, E. (2015). Introducing ethical, social and environmental issues in ICT engineering degrees. *Journal of Technology and Science Education*, 5(4), 272-285. <http://dx.doi.org/10.3926/jotse.203>. Accesible en: <http://www.jotse.org/index.php/jotse/article/view/203>

Comunicación en Congreso (Octubre de 2015):

Miñano, R., Fernández Aller, C. y Anguera, A. (2015). Implementation of Competences of Social and Environmental Responsibility in IT Engineering Degrees. *Proceedings of the 3rd International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM Conference 2015)*, October 07 - 09, 2015, Porto, Portugal. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2808580.2808663>

Monografía:

Miñano, R. y Fernandez Aller, C. (2015). *Guía para trabajar la competencia de responsabilidad social y ambiental*. Disponible en: <http://oa.upm.es/35542/>

- ✓ Sobre la experiencia en las asignaturas *Ingenia* del Máster en Ingeniería Industrial de la ETSI Industriales de la UPM:

Comunicaciones en congresos internacionales:

Miñano, R., Uruburu, A., Moreno-Romero, A., Lumberras, J., Carrasco-Gallego, R. y Borge, R. (2016). Designing a Comprehensive Methodology to Integrate Sustainability Issues in CDIO Projects. *Proceedings of the 12th International CDIO Conference*, pp 710-721. Turku University of Applied Sciences, Turku, Finland, June 12-16, 2016.

Borge, R., Muñoz-Guijosa, J.M., Moreno-Romero, A., Miñano, R., Chacón Tanarro, E., Fernández Ferreras, F.J. y Lumbreras, J. (2017). Integrating Sustainability as a Critical Skill in a CDIO "Product Development" Course. *Proceedings of the 13th International CDIO Conference*, pp 519-535. Calgary, Canada, June 18-22, 2017.

Uruburu, A., Miñano, R., Moreno-Romero, A., Lumbreras, J., y Carrasco-Gallego, R. (2018). Integrating sustainability in academic CDIO subjects: a review after three years of experience. *Proceedings of the 14th International CDIO Conference* (in process). Kanazawa (Japan), June 28-July 2, 2018.

#### Presentación en seminario de investigación:

Uruburu, A., y Miñano, R. (2017). Metodología docente para la integración de criterios de sostenibilidad en proyectos de ingeniería. Presentado en: *XI Seminario de Investigación en Educación Ambiental y Educación para el Desarrollo Sostenible: Avances para la sostenibilidad en la educación superior*, CENEAM, Valsain, Segovia, 2-4 Junio, 2017. (Pendiente de publicación).

- ✓ Sobre los resultados de la investigación exploratoria sobre la integración de las competencias RSSE en los grados de ingeniería en España:

Publicación de la comunicación presentada en el Simposio "Sostenibilidad y curriculum en los estudios superiores". 4th International Congress of Educational Sciences and Development. 23-25 Junio 2016. Santiago de Compostela (España):

Miñano, R. (2016). Estudio de la integración de la sostenibilidad en grados de ingeniería industrial. En: *Avances en Ciencias de la Educación y del Desarrollo, 2016*. Ramiro-Sánchez, T. y Ramiro, M. T. (Coords.). ISBN: 978-84-617-6294-1, pp 35-42. Disponible en:

[http://congresoeducacion.es/edu\\_web5/DOC/LIBROCAPITULOS2016.pdf](http://congresoeducacion.es/edu_web5/DOC/LIBROCAPITULOS2016.pdf)

#### Comunicaciones en congresos:

Miñano, R. (2017). Integración de competencias de responsabilidad social, sostenibilidad y ética profesional en los grados de ingeniería informática. *Actas de las XXIII Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática*, pp 11-18. Cáceres, 5-7 Julio 2017. Disponible en: [http://jenui2017.unex.es/actas\\_jenui2017.pdf](http://jenui2017.unex.es/actas_jenui2017.pdf)

#### Presentaciones en seminarios de investigación:

Miñano, R. (2016). Sostenibilidad curricular en grados de ingeniería industrial. En: *X Seminario de Investigación en Educación Ambiental y Educación para el Desarrollo Sostenible: Nuevos escenarios, retos y propuestas para el reequilibrio sustentable*. Limón, D. (Dir.) y Lugo, M. (Coord.). Ministerio de Medio Ambiente. Organismo Autónomo Parques Nacionales. ISBN: 978-84-8014-909-9, pp 29-41. Disponible en:

[http://www.mapama.gob.es/es/ceneam/recursos/documentos/publicacion-seminario-investigacion\\_tcm30-441626.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/ceneam/recursos/documentos/publicacion-seminario-investigacion_tcm30-441626.pdf)

Miñano, R. (2017). Integración de la sostenibilidad en los estudios de ingeniería industrial e ingeniería informática en universidades españolas. Presentado en: *XI Seminario de Investigación en Educación Ambiental y Educación para el Desarrollo Sostenible: Avances para la sostenibilidad en la educación superior*, CENEAM, Valsaín, Segovia, 2-4 Junio, 2017. (Pendiente de publicación).

- ✓ Sobre los resultados de grupos de discusión:

Comunicación en congreso nacional:

Miñano, R., Génova, G., Román, S. y Portillo, E. (2018). Reflexión sobre el papel de las asignaturas relativas a aspectos éticos, sociales, legales y profesionales en los grados de ingenierías informáticas. *Actas de las XXIV Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática*, pp 271-278. Barcelona, 4-6 Julio, 2018. Disponible en: <http://actasjenui.aenui.net/>

Artículo en proceso de revisión revistas indexadas (Educación XX1, JCR Q3, 1.323)

Valderrama-Hernández, R., Alcántara Rubio, L., Sánchez Carracedo, F., Caballero, D. Gil-Domènech, M.D., Miñano, R., Serrate, S., y Vidal, S. ¿Forma en sostenibilidad el sistema universitario español? Visión del alumnado de cuatro universidades.

- ✓ Sobre los resultados generales y aportaciones de la tesis:

Presentación en seminario de investigación:

Miñano, R. (2018). Cómo integrar en los planes de estudio de ingeniería competencias de sostenibilidad, responsabilidad social y ética profesional. Algunas propuestas. Presentado en: *XII Seminario de Investigación en Educación Ambiental y Educación para el Desarrollo Sostenible: Agenda 2030, educación superior y buenas prácticas para la acción*. CENEAM, Valsaín, Segovia. 1-3 Junio, 2018. (Pendiente de publicación).

