

El informe de sostenibilidad del Trabajo de Fin de Grado del área de las ingenierías

The sustainability report of the Engineering Final Year Project

Climent, J.
Cabré, J.
Sánchez, F.
Martín, C.
Vidal, E.
López, D.

Universitat Politècnica de Catalunya (España)

Climent, J.
Cabré, J.
Sánchez, F.
Martín, C.
Vidal, E.
López, D.

Universitat Politècnica de Catalunya (España)

Resumen

La elaboración del informe de sostenibilidad de un proyecto de ingeniería es ya una práctica habitual en todas las empresas importantes del sector TIC. Los ingenieros que formamos ahora en las universidades deberán, sin duda, incluir informes de sostenibilidad en sus proyectos cuando ejerzan profesionalmente. La enseñanza necesaria para elaborar un buen informe de sostenibilidad de un Trabajo de Fin de Grado ya no es una opción, es una necesidad si quere-

Abstract

The preparation of the sustainability report of an engineering project is, nowadays, a common practice in all important companies in the ICT sector. The engineers that we form today in the universities should, definitely, include sustainability reports in their projects throughout their professional life. Teaching how to prepare a good sustainability report for a Final Degree Project is no longer an option, it is a must if we want to train high-quality

mos formar ingenieros de calidad. Desgraciadamente, no todos los profesores han tenido la experiencia necesaria para poder orientar a los estudiantes en la elaboración de un informe de sostenibilidad de un proyecto. Esto provoca que, a menudo, los estudiantes se encuentren perdidos al elaborar dicho informe, y acaben realizándolo sin hacer ninguna reflexión profunda sobre la sostenibilidad de su proyecto. Con el fin de orientar al estudiante en la valoración de la sostenibilidad de su Trabajo de Fin de Grado, en la *Facultat de Informàtica de Barcelona*, se ha diseñado una guía para la elaboración del informe de sostenibilidad de un Trabajo de Fin de Grado. En este artículo se presenta con detalle esta herramienta. La guía para elaborar el informe de sostenibilidad no sólo es de utilidad para los estudiantes, sino que también es una referencia para los directores y miembros de tribunal de los Trabajos de Fin de Grado.

Palabras clave: Sostenibilidad, informe de sostenibilidad, Trabajo de Fin de Grado, matriz de sostenibilidad, impacto ambiental, impacto social, viabilidad económica.

engineers. Unfortunately, not all teachers have the necessary knowledge to be able to guide students in the preparation of a sustainability report of a project. For this reason, often, the students find themselves lost in the elaboration of this report, and end up doing it without making any deep reflection about the sustainability of their project. In order to guide the students in the assessment of the sustainability of their Final Degree Project, in the *Facultat de Informàtica de Barcelona*, we have designed a guide for the preparation of the sustainability report of a Final Degree Project. In this article, we present this tool in detail. The guide for preparing the sustainability report is not only useful for the students, but it is also a reference for the directors and members of the board of the Final Degree Projects.

Key words: Sustainability, Sustainability report, Final Degree Project, Sustainability matrix, Environmental footprint, social footprint, Economic viability.

I. Introducción

En el año 2010 se puso en marcha la nueva titulación del Grado en Ingeniería Informática en la *Facultat d'Informàtica de Barcelona* (FIB), incorporando las competencias transversales en las asignaturas. Entre estas competencias está la sostenibilidad. La sostenibilidad es una de las competencias profesionales requeridas por el sistema de acreditación ABET¹, introducido en la formación de ingenieros en Estados Unidos durante la década de 1990-2000. ABET introdujo un cambio significativo en los criterios necesarios para acreditar un programa de ingeniería. Entre estos criterios está el tener una comprensión de la responsabilidad ética y profesional y un amplio conocimiento del impacto que tienen las soluciones de ingeniería sobre el contexto global, económico, ambiental y social.

A día de hoy, la competencia de sostenibilidad se ha introducido con éxito en las asignaturas del plan de estudios del Grado en Ingeniería Informática de la FIB. El estudiante trabaja la competencia en varias asignaturas, y debe demostrar que la ha

¹ Accreditation Criteria. Accreditation Board for Engineering and Technology, Inc. <http://www.abet.org>. Última consulta, mayo 2018.

adquirido durante la realización de su Trabajo de Fin de Grado (TFG). Para tal fin, el TFG se evalúa en tres hitos, tal como recomienda la “Guía de Evaluación de los Trabajos de Final de Grado y de Master de las Ingenierías²”: Inicial, de Seguimiento y Final.

Todos los TFG presentados en la FIB deben incluir en su memoria final un capítulo titulado “Informe de sostenibilidad”. Una parte del informe debe, además, presentarse en la asignatura “Gestión de Proyectos (GEP)”. El informe de sostenibilidad es un requisito habitual, hoy en día casi exigible, a las empresas informáticas y a sus proyectos. Según datos del *KPMG Survey of Corporate Responsibility Reporting*³, en el año 2017 el 93% de las principales compañías del mundo elaboraron los correspondientes informes de sostenibilidad en los ámbitos ecológico, económico y social.

Sin embargo, los estudiantes se encuentran con problemas cuando se les pide que analicen y elaboren un informe de la sostenibilidad de su TFG. Ni los estudiantes ni los profesores están acostumbrados a elaborar (ni evaluar) un informe de sostenibilidad de un proyecto. Sin una pauta clara, los estudiantes acaban escribiendo un informe desorganizado e irreal, sin realizar ninguna reflexión profunda sobre la sostenibilidad del proyecto. De hecho, los primeros informes presentados diferían tanto unos de otros que se hizo evidente la necesidad de unificar un criterio sobre lo que tenía que ser el informe de sostenibilidad de un TFG.

En este artículo se presenta una guía para estudiantes y directores que sirve de herramienta para homogenizar los informes de sostenibilidad y da las pautas básicas para su elaboración. Esta herramienta también ayuda a los miembros del tribunal a evaluar la sostenibilidad del proyecto.

2. Antecedentes

Hacer un informe de sostenibilidad es hoy una práctica habitual, exigible a las empresas informáticas y a sus proyectos. Prestigiosas organizaciones como *Global Reporting Initiative (GRI)*⁴, *UN Sustainable development Knowledge Platform*⁵ o *Electronics Watch*⁶ miden el impacto en términos de sostenibilidad de los productos y servicios de las empresas informáticas. Así, por ejemplo, la organización GRI define unos estándares para elaborar informes del impacto de un proyecto sobre el cambio climático, los derechos humanos, la transparencia o la calidad de vida, entre otros aspectos.

Sin embargo, no es fácil encontrar en la literatura metodologías que permitan introducir de una forma práctica un informe de sostenibilidad en proyectos de educación superior. Rao, Pawley, Hoffmann, Ohland, y Cardella (2010) señalan estas carencias, y afirman que los actuales estudiantes trabajarán en un mundo donde la sostenibilidad será vital para la práctica de la ingeniería. Sin embargo, indican que no existe un consenso sobre un conjunto de conceptos de sostenibilidad sobre los que basar un plan de estudios de ingeniería, ni un mecanismo estandarizado para evaluar el aprendizaje de los estudiantes.

² http://www.aqu.cat/doc/doc_21214293_1.pdf. Última consulta, mayo 2018

³ <https://home.kpmg.com/xx/en/home/campaigns/2017/10/survey-of-corporate-responsibility-reporting-2017.html>. Última consulta, mayo 2018

⁴ <https://www.globalreporting.org/>. Última consulta, mayo 2018

⁵ <https://sustainabledevelopment.un.org/>. Última consulta, mayo 2018

⁶ <http://electronicswatch.org/es>. Última consulta, mayo 2018

Ciampi y Brito (2009) señalan que la ingeniería se halla inmersa en el entorno de un nuevo escenario global, donde la sostenibilidad plantea desafíos que los ingenieros pueden no estar preparados para afrontar. Aunque las universidades actualmente producen buenos ingenieros, el sistema para educar a los futuros profesionales está destinado a cambiar. Prins, Kander, Moore, Pappas, y Pierrakos (2008) plantean la mejor manera, a su parecer, de incorporar la sostenibilidad a la educación de ingeniería. No obstante, han sido criticados debido al hecho que algunos autores opinan que la sostenibilidad es un tema político que excede las responsabilidades de los ingenieros. Según Miller (2014), la naturaleza perpetua de la sostenibilidad conduce a restricciones severas y quizás irracionales en la ingeniería. Por otro lado, Diehl, Boks, y Silvester (2005) estudian los retos derivados de la integración de temas sobre sostenibilidad en la educación superior. Estos autores proponen una discusión sobre la cuestión de si la educación para la sostenibilidad debería ofrecerse en asignaturas separadas o integrada en cursos regulares.

Con el fin de introducir la sostenibilidad en los estudios de ingeniería, Lee, Okamoto, Chung, y Anagnos (2011), así como Pahwa *et al.* (2011) presentan propuestas que tratan solo el aspecto ambiental de la sostenibilidad. Desde un punto de vista diferente, Pappas, Pierrakos, y Nagel (2012) utilizan la taxonomía de Bloom (Bloom, Engelhart, Furst, Hill y Krathwohl, 1956) para desarrollar una metodología que integra cuatro ejes de sostenibilidad (ambiental, social, económico y técnico) en el diseño de un plan de estudios de ingeniería.

Northrup (2009) presenta unos proyectos de laboratorio innovadores para mejorar el aprendizaje de la sostenibilidad de estudiantes de ingeniería eléctrica. Los proyectos en el laboratorio están diseñados para mejorar la capacidad de los estudiantes para lograr los resultados *ABET C* (diseño de restricciones realistas) *eI* (aprendizaje permanente). En el proyecto y en los informes de laboratorio, los estudiantes deben abordar los aspectos de coste, sostenibilidad, producción, impacto ambiental y seguridad. La evaluación de estos ítems se simplificó mediante la inclusión de secciones de informes separadas para abordar cada ítem.

Hasna (2010) valora las dificultades de evaluar la sostenibilidad de un proyecto: “A diferencia de las evaluaciones técnicas o financieras, donde las medidas son estimaciones empíricas o numéricas, la mayoría de las evaluaciones de sostenibilidad se miden con criterios inmateriales”. Para valorar la sostenibilidad en los proyectos de diseño de ingeniería final, el autor propone la aplicación de un marco social, económico, ecológico, tecnológico y de tiempo (SEET).

Coincidimos con Sánchez, González, y Alayon (2011), en que el TFG brinda la mejor oportunidad para poner en práctica competencias profesionales como la sostenibilidad. Evidentemente, trabajar en el concepto de sostenibilidad a través de diferentes materias del plan de estudios es esencial. Sin embargo, el lugar más adecuado para obtener una visión holística de la sostenibilidad está en el TFG, ya que representa la tarea principal del futuro de los graduados: los proyectos de ingeniería en los que van a trabajar.

Debido a la dificultad que supone para los estudiantes la elaboración de un informe donde evalúen la sostenibilidad de su TFG, hemos desarrollado una guía para ayudarlos en esta tarea. Esta guía también puede ser utilizada por los directores para supervisar que el TFG sea desarrollado usando criterios de sostenibilidad, y se describe

en las siguientes secciones. El tribunal que evalúa los TFG en la FIB usa una rúbrica para realizar dicha evaluación⁷. El estudiante tiene acceso a dicha rúbrica, y por tanto, debe asegurarse de que la organización del capítulo “Informe de sostenibilidad” de la memoria de su TFG cumple con los criterios especificados en ella.

3. El Informe de Sostenibilidad del TFG

El objetivo de la guía es presentar un conjunto de recomendaciones para orientar al estudiante a enfocar el análisis de sostenibilidad de su proyecto y a redactar el informe de sostenibilidad. Estas recomendaciones podrá aplicarlas posteriormente durante toda su vida profesional como ingeniero/a.

El informe de sostenibilidad estará basado en la aplicación al TFG de la matriz de sostenibilidad presentada en la Figura 1. La primera parte del ciclo de vida de un proyecto está constituida por el proyecto puesto en producción, que termina cuando comienza su vida útil (fase de explotación). Un proyecto de ingeniería, sin embargo, puede acabar mucho antes, ya que está limitado por su alcance (pese a que el alcance de muchos proyectos es el propio proyecto puesto en producción). Lo mismo sucede con un TFG, cuyo alcance puede no llegar hasta la implantación al estar limitado a un semestre de duración.

Así pues, el análisis de la sostenibilidad de un proyecto se divide en tres partes, identificadas por las columnas de la matriz:

- El **proyecto puesto en producción (PPP)**, que incluye la planificación, el desarrollo y la implantación del proyecto.
- La **vida útil** del proyecto, que empieza una vez es implantado y acaba con su desmantelamiento.
- Los **riesgos** inherentes al propio proyecto durante toda su construcción, vida útil y desmantelamiento.

Etapa / Dimensión	Proyecto Puesto en Producción	Vida Útil	Riesgos
Ambiental	Consumo de diseño	Huella ecológica	Ambientales
Económico	Factura	Plan de viabilidad	Económicos
Social	Impacto personal	Impacto social	Sociales

Figura1. Matriz de Sostenibilidad del TFG.

Cada una de las columnas se ha de analizar desde tres puntos de vista: **ambiental**, **económico** y **social**, que constituyen las tres dimensiones de la sostenibilidad.

El significado de cada una de las celdas de la matriz es el siguiente:

- Celda Ambiental/Proyecto puesto en producción: representa el impacto del proyecto desarrollado en el TFG sobre el medio ambiente a lo largo de su realización (consumo energético y generación de residuos). La huella ecológica se

⁷ La rúbrica es pública y puede encontrarse en la página web de la FIB.
<http://www.fib.upc.edu/es/estudiar-enginyeria-informatica/treball-final-grau/indicadors.html>

puede medir, por ejemplo, en kWh y toneladas de emisiones de CO₂ que provoca la elaboración del TFG.

- Celda Ambiental/Vida útil: representa la huella ecológica que tendrá el proyecto durante toda su vida útil. Se puede medir, por ejemplo, con los mismos parámetros que la celda anterior.
- Celda Ambiental/Riesgos: representa el conjunto de eventualidades que podrían causar que el impacto ambiental del proyecto sea más negativo del previsto en la memoria del proyecto.
- Celda Económico/Proyecto puesto en producción: representa los recursos (materiales y humanos) consumidos durante la realización de todo el proyecto y el coste de dichos recursos. Sería el equivalente a la factura que se cobraría a un potencial cliente del proyecto y requiere la elaboración de una planificación temporal detallada del TFG.
- Celda Económico/Vida útil: representa el plan de viabilidad del proyecto. En el caso de un TFG, este plan se planteará de una forma muy simplificada.
- Celda Económico/Riesgos: representa el conjunto de eventualidades que podrían causar que el proyecto tardase más tiempo del previsto en alcanzar la viabilidad, o incluso que no llegase nunca a ser rentable.
- Celda Social/Proyecto puesto en producción: representa el impacto que la realización del proyecto ha tenido sobre las personas que han trabajado en él.
- Celda Social/Vida útil: representa el impacto que la puesta en marcha del proyecto tendrá sobre los distintos colectivos relacionados, ya sea de forma directa o indirecta, con el proyecto.
- Celda Social/Riesgos: representa el conjunto de eventualidades que podrían causar que el impacto social del proyecto sobre alguno de los colectivos relacionados con él sea más negativo del previsto en la memoria del proyecto.

En principio, el alcance de un TFG será menor que el de un proyecto de ingeniería, como se muestra en la Figura 2. En cualquier caso, el máximo alcance de un proyecto de ingeniería y el de un TFG acaba con su implantación. No obstante, el TFG debe recoger una serie de reflexiones relativas a su vida útil y a los riesgos asociados, ya que el reto que supone el esfuerzo de intentar prever lo que puede llegar a pasar favorece la adquisición de una visión estratégica.

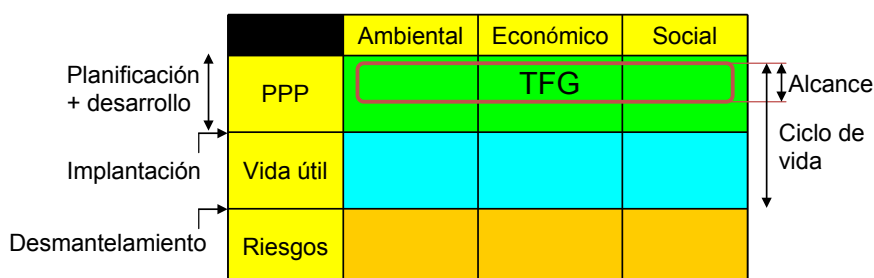


Figura 2. Alcance del TFG en la matriz de sostenibilidad.

El informe de sostenibilidad está estructurado en 3 apartados: estudio de impacto ambiental, estudio de impacto económico y estudio de impacto social.

4. Metodología para auto-valorar la sostenibilidad del TFG

Para elaborar el informe de sostenibilidad del TFG, se propone al estudiante que conteste a un conjunto de preguntas en el capítulo correspondiente de la memoria. La Figura 3 muestra dichas preguntas.

- La fila “I” de cada dimensión de la sostenibilidad corresponde a las preguntas que el estudiante debe plantearse mientras cursa la asignatura GEP (Hito Inicial del TFG),
- La fila “F” contiene las preguntas que debe plantearse mientras está realizando el proyecto, y cuya respuesta debe incluir en el “informe de sostenibilidad” de la memoria del proyecto (Hito Final del TFG).

No todas las preguntas tienen sentido para todos los tipos de TFG, por lo que el estudiante debe plantearse, para su TFG en concreto, cuáles son relevantes y cuáles no pueden aplicarse. También debe plantearse (y discutir en el informe de sostenibilidad), qué preguntas adicionales (no incluidas en la guía) serían relevantes para su TFG.

Una reflexión exhaustiva sobre la sostenibilidad de un TFG mostrará, seguramente, consecuencias positivas y también negativas. En ningún caso las consecuencias negativas sobre la sostenibilidad de un proyecto se usan en la FIB para evaluar negativamente un TFG.

	PPP	Vida Útil	Riesgos
Ambiental	I ¿Has estimado el impacto ambiental que tendrá la realización del proyecto? ¿Te has planteado minimizar el impacto, por ejemplo, reutilizando recursos?	¿Cómo se resuelve actualmente el problema que quieres abordar (estado del arte)? ¿En qué mejorará ambientalmente tu solución a las existentes?	
	F ¿Has cuantificado el impacto ambiental de la realización del proyecto? ¿Qué medidas has tomado para reducir el impacto? ¿Has cuantificado esta reducción? Si hicieras de nuevo el proyecto, ¿podrías realizarlo con menos recursos?	¿Qué recursos estimas que se usarán durante la vida útil del proyecto? ¿Cuál será el impacto ambiental de estos recursos? ¿El proyecto permitirá reducir el uso de otros recursos? ¿Globalmente, el uso del proyecto mejorará o empeorará la huella ecológica?	¿Podrían producirse escenarios que hiciesen aumentar la huella ecológica del proyecto?
Económico	I ¿Has estimado el coste de la realización del proyecto (recursos humanos y materiales)?	¿Cómo se resuelve actualmente el problema que quieres abordar (estado del arte)? ¿En qué mejorará económicamente tu solución a las existentes?	
	F ¿Has cuantificado el coste (recursos humanos y materiales) de la realización del proyecto? ¿Qué decisiones has tomado para reducir el coste? ¿Has cuantificado este ahorro? ¿Se ha ajustado el coste previsto al coste final? ¿Has justificado las diferencias (lecciones aprendidas)?	¿Qué coste estimas que tendrá el proyecto durante su vida útil? ¿Se podría reducir este coste para hacerlo más viable? ¿Se ha tenido en cuenta el coste de los ajustes/actualizaciones/reparaciones durante la vida útil del proyecto?	¿Podrían producirse escenarios que perjudicasen la viabilidad del proyecto?
Social	I ¿Qué crees que te va a aportar a nivel personal la realización de este proyecto?	¿Cómo se resuelve actualmente el problema que quieres abordar (estado del arte)? ¿En qué mejorará socialmente (calidad de vida) tu solución a las existentes? ¿Existe una necesidad real del proyecto?	
	F ¿La realización de este proyecto ha implicado reflexiones significativas a nivel personal, profesional o ético de las personas que han intervenido?	¿Quién se beneficiará del uso del proyecto? ¿Hay algún colectivo que puede verse perjudicado por el proyecto? ¿En qué medida? ¿En qué medida soluciona el proyecto el problema planteado inicialmente?	¿Podrían producirse escenarios que hiciesen que el proyecto fuese perjudicial para algún segmento particular de la población? ¿Podría crear el proyecto algún tipo de dependencia que dejase a los usuarios en posición de debilidad?

Figura 3. Preguntas de la matriz de Sostenibilidad del TFG (I: Hito Inicial, F: Hito Final).

4.1. Estudio de Impacto Ambiental

En este apartado, el estudiante debe estimar los recursos ambientales que consume su proyecto. En el Hito Inicial (GEP) se deben estimar los recursos ambientales que consumirá el diseño de su proyecto, mientras que en el Hito Final (Informe de Sostenibilidad) deben plantearse los recursos ambientales –huella ecológica– que consumirá el proyecto durante su vida útil.

También se le pide al estudiante que responda a cómo se resuelve actualmente el problema que quiere abordar (estado del arte). Es decir, que explique qué soluciones se plantean actualmente y, desde un punto de vista ambiental, el problema/necesidad que se pretende abordar. También debe estimar en qué mejorará ambientalmente la solución planteada a las ya existentes.

En el Hito Final, el estudiante debe estimar los “riesgos ambientales”, valorando si hipotéticos escenarios podrían modificar la huella ecológica del proyecto.

4.2. Estudio de Impacto Económico

En esta sección se presentan las preguntas que el estudiante debe plantearse respecto a la viabilidad económica de su proyecto. Al tratarse de un TFG, no se pide un análisis exhaustivo de viabilidad, retorno de inversión, financiación ni otros temas que, sin embargo, sí debería contemplar una tesis de master.

En el Hito Inicial (GEP), el estudiante debe presentar una estimación del coste del proyecto/Factura (que incluirá una planificación detallada). En concreto, durante el Hito Inicial se le pide responder a las preguntas correspondientes a las dos filas de la matriz etiquetadas como “factura del proyecto” y “plan de viabilidad”. En el Hito Final (Informe de Sostenibilidad) debe presentar, además del cálculo económico de la factura del diseño del proyecto, el análisis de las desviaciones respecto al planteamiento inicial, si es que éstas se han producido. En concreto, debe responder a las preguntas correspondientes a las celdas de la matriz etiquetadas como “factura del proyecto” y “plan de viabilidad”.

En el Hito Final también se les exige reflexionar sobre los “riesgos económicos”. Es decir, valorar si podría verse afectada la viabilidad del proyecto dependiendo de distintos posibles escenarios.

4.3. Estudio de Impacto Social

En esta sección se presentan al estudiante ciertas preguntas que puede plantearse respecto al impacto social del proyecto. El estudiante debe considerar las implicaciones sociales, tanto sobre el colectivo al que se dirige el proyecto como sobre otros colectivos. Por ejemplo, si se crea un sistema de reciclaje se hace una mejora social, pero también se complica inicialmente el día a día de los usuarios al cambiar sus costumbres.

En concreto, el estudiante debe responder a las preguntas de las distintas columnas de la matriz de sostenibilidad. La columna etiquetada como “PPP” hace referencia al impacto personal del TFG sobre el estudiante, la columna “vida útil” tiene más relación con el impacto social del TFG y, finalmente, el estudiante deberá valorar los riesgos sociales de su proyecto.

Las preguntas referentes al **impacto personal** deben describir en qué ha afectado al estudiante, y a su entorno cercano, la realización del proyecto: En qué le ha cambiado la vida, si es que lo ha hecho, o si ha cambiado su visión sobre la misma, ¿Le ha hecho darse cuenta de situaciones que antes ignoraba? En el Hito Inicial se verá obligado, probablemente, a hacer proyecciones de futuro, mientras que en el Hito Final tendrá que hacer reflexiones de acuerdo con las preguntas de la Figura 3.

Las preguntas referentes al **impacto social** deben estar orientadas a razonar sobre las implicaciones que la realización del proyecto puede tener sobre la sociedad. Para responder a las preguntas del Hito Inicial y del Hito Final que se plantean en la matriz, el estudiante debe identificar al colectivo de afectados ante el problema/necesidad que pretende abordar. Los colectivos relacionados con un proyecto pueden ser: Propietarios/gestores del proyecto, trabajadores, proveedores, consumidores (usuarios directos) o terceros (usuarios indirectos o pasivos).

Las implicaciones sociales de un TFG son muy diversas dependiendo del tipo de proyecto, y generalmente son difíciles de prever y cuantificar. Se invita al estudiante a comprobar esta enorme diversidad visitando indicadores reales de sostenibilidad social en los estándares GRI⁸.

A modo orientativo, se facilitan al estudiante una serie de consideraciones que suelen tener cabida en la tipología de TFGs realizados en la FIB. Éstas pueden orientarle y servirle de ayuda para responder las cuestiones planteadas en la matriz de sostenibilidad:

- ¿Quién hacía el trabajo que ahora va a realizar tu producto? ¿Hay puestos de trabajo en juego? ¿Era un puesto de trabajo digno? ¿Era un trabajo rutinario? ¿Se ganará calidad laboral?
- ¿Has tenido en cuenta la usabilidad de tu producto para personas con necesidades especiales (gente mayor, visibilidad reducida, minusválías...)? ¿Existen barreras para el uso?
- ¿Has valorado las implicaciones del proyecto en cuanto a privacidad de datos de los usuarios, derechos de imagen, etc.? ¿Puede poner tu TFG a alguien en situación de vulnerabilidad?
- ¿En qué grado estimas que tú proyecto aumentará o disminuirá la desigualdad social?
- ¿El proyecto tiene aplicación directa en la administración pública? ¿Podría aportar algún servicio al ciudadano? ¿Has considerado las implicaciones de usar software libre vs. Propietario? ¿El resultado final está concebido como un producto de propiedad, o un producto de uso compartido?

⁸ <https://www.globalreporting.org/standards/gri-standards-download-center/>. Última consulta, mayo 2018

5. Conclusiones

El futuro será sostenible o no será. Por ello, es imprescindible que los estudiantes de ingeniería consideren la sostenibilidad como una de las competencias fundamentales en su futuro trabajo como ingenieros.

Pese a que las empresas y los colegios profesionales están concienciados de este problema y consideran la sostenibilidad un elemento importante de cualquier proyecto, en la universidad los profesores tienen en general muy poca formación sobre esta competencia y, lo que es peor, hay aún muchos profesores que ven la sostenibilidad como una opción personal y no una obligación profesional.

En este trabajo se presenta una metodología para incluir la sostenibilidad en un Trabajo de Fin de Grado de ingeniería y elaborar el informe de sostenibilidad de la memoria del proyecto. La metodología se ha implantado con éxito en el Grado en Ingeniería informática de la *Facultat d'Informàtica de Barcelona*, donde desde 2014 los estudiantes realizan el informe de sostenibilidad de su Trabajo de Fin de Grado.

La metodología ha evolucionado desde su primera implantación para adaptarse a las capacidades demostradas por los alumnos en la realización del informe de sostenibilidad. En este artículo se describe su estado actual.

La matriz de sostenibilidad ha sido diseñada para ser utilizada en ingenierías TIC, pero puede adaptarse muy fácilmente a cualquier otra rama de la ingeniería. Las ideas de este trabajo son también aplicables a otras disciplinas distintas de las ingenierías, pero se requiere algún trabajo adicional para adaptarlas a las características específicas de cada formación.

Referencias bibliográficas

- Bloom B.S., Engelhart M.D., Furst E.J., Hill W.H., Krathwohl D.R. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: Handbook I, The Cognitive Domain*. New York: David McKay.
- Ciampi M. M., Brito C. d. R. (2009). Professional engineering education program. *39th IEEE Frontiers in Education Conference (FIE 2009)*. San Antonio. pp. 1-3. <https://doi.org/10.1109/FIE.2009.5350776>
- Diehl J. C., Boks C., Silvester S. (2005) The Evolution of Design for Sustainability Courses. *Fourth International Symposium on Eco Design. Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing. IEEE Conference Publications*. Tokyo. pp. 78-85. <https://doi.org/10.1109/ECODIM.2005.1619171>
- Hasna A. M. (2010). Embedding sustainability in capstone engineering design projects. Published in *Education Engineering (EDUCON), IEEE*. Madrid. pp. 1601-1610. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2010.5493062>
- Lee J., Okamoto N., Chung R., Anagnos T. (2011). Introducing sustainability concepts in lower division engineering core courses. *41th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. (FIE 2011). IEEE Conference Publications*. Rapid City. pp. F4J-1 - F4J-6. <https://doi.org/10.1109/FIE.2011.6143123>

- Miller, G. (2014). Exploring Engineering and Sustainability: Concepts, Practices, Politics, and Consequences. *Engineering Studies*. Vol. 6, Iss. 1. pp. 23-43. <https://doi.org/10.1080/19378629.2014.902951>
- Northrup S. G. (2009). Innovative lab experiences for introductory electrical engineering students. *39th IEEE Frontiers in Education Conference (FIE 2009)*. *IEEE Conference Publications*. San Antonio. pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/FIE.2009.5350545>
- Pahwa A., Kuhn W. B., Miller R. D., Rys A., Eldridge C., Geier S., Schuler J., Morley M., Sobering I., Stacks J. (2011). Activities to infuse sustainability and renewable energy concepts in electrical and computer engineering. *41th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference (FIE 2011)*. *IEEE Conference Publications*. Rapid City. pp. F4J-1 - F4J-6. <https://doi.org/10.1109/FIE.2011.6142790>
- Pappas E., Pierrakos O., Nagel R. (2012). Integrating developmental instruction in four sustainability contexts into an undergraduate engineering design curriculum: Level three. *42th IEEE Frontiers in Education Conference (FIE 2012)*. *IEEE Conference Publications*. Seattle. pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/FIE.2012.6462212>
- Prins R., Kander R., Moore T., Pappas E., Pierrakos O. (2008). Special Session – Engineering for a sustainable world: How do we incorporate sustainability in undergraduate engineering education?. *38th IEEE Frontiers in Education Conference (FIE 2008)*. Saratoga Springs. pp. S2J-1 – S2J-2. <https://doi.org/10.1109/FIE.2008.4720521>
- Rao R., Pawley A. L., Hoffmann S. R., Ohland M. W., Cardella M. E. (2010). Development of a framework to Assess Sustainability Knowledge (ASK) in engineering undergraduate students. *40th IEEE Frontiers in Education Conference (FIE 2010)*. Washington, DC. pp. F1J-1 – F1J-3. <https://doi.org/10.1109/FIE.2010.5673618>
- Sánchez J.L., González C. S., Alayon S. (2011). Evaluation of transversal competences in the final year project in engineering. *Proceedings of the 22nd EAEEIE Annual Conference*. Maribor, Slovenia. pp. 1-5.

Artículo concluido el 18 de Mayo de 2018

Climent, J., Cabré, J., Sánchez, F., Martín, C., Vidal, E., López, D. (2018). El informe de sostenibilidad del Trabajo de Fin de Grado del área de las ingenierías. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 16(2), 75-86.

<https://doi.org/10.4995/redu.2018.10092>

Joan Climent

Universitat Politècnica de Catalunya

Juan.Climent@upc.edu

Licenciado en Informática y Doctor en Informática, ambos por la UPC en 1990 y 1997 respectivamente. Profesor de la Facultat d'Informàtica de Barcelona desde 1990. Actualmente, es co-coordinador de la competencia de Sostenibilidad en la Facultat d'Informàtica de Barcelona

José Cabré

Universitat Politècnica de Catalunya

jose.cabre@upc.edu

Licenciado en Económicas por la UB desde 1982 y Doctor en Organización y Administración de Empresas por la UPC desde 1996. Desde 1988 trabaja como profesor en el Departamento de Organización de Empresas, del que es profesor Titular de Universidad. Actualmente, es co-coordinador de la competencia de Sostenibilidad en la Facultat d'Informàtica de Barcelona.

Fermín Sánchez

Universitat Politècnica de Catalunya

fermin@ac.upc.edu

Licenciado en Informática desde 1987 y Doctor en Informática desde 1996, es profesor Titular de Universidad en el Departamento de Arquitectura de Computadores de la UPC. Ha sido consultor de la UOC (1997-2010) y Vicedecano de innovación de la Facultat d'Informàtica de Barcelona-FIB (2007 -2013). Desde julio de 2013 ocupa el cargo de Adjunto de Innovación en la FIB.

Carme Martín

Universitat Politècnica de Catalunya

martin@essi.upc.edu

Licenciada (1991) i Doctora (2005) en Informática por la UPC-BarcelonaTech. Pertenece al departamento de Ingeniería de Servicios y Sistemas de Información (ESSI) y al centro de Tecnologías y Aplicaciones del Lenguaje y del Habla, ambos de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC-BarcelonaTech).

Eva Vidal

Universitat Politècnica de Catalunya

Eva.Vidal@upc.edu

Ingeniera Superior en Telecomunicaciones y Doctora Ingeniera en Telecomunicaciones por la UPC. Es Profesora Titular de Universidad desde 1998 en el Departamento de Ingeniería Electrónica de la UPC con adscripción a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicaciones. Actualmente es la directora del Centro de Cooperación para el Desarrollo de la UPC.

David López

Universitat Politècnica de Catalunya

David@ac.upc.edu

Licenciado y Doctor en Informática (Universidad Politècnica de Catalunya 1991 y 1998, respectivamente), es Profesor Titular del Departamento de Arquitectura de Computadores de la UPC. Desde 2015 es Director del Instituto de Ciencias de la Educación de la UPC.