

El desarrollo de la competencia Sostenibilidad y Compromiso Social en la *Facultat d'Informàtica de Barcelona*

Fermín Sánchez, David López, Jordi García
Facultat d'Informàtica de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya
{ fermin | david | jordig }@ac.upc.edu

Resumen

En este artículo se presenta una propuesta para desarrollar la competencia “Sostenibilidad y Compromiso Social” (SyCS) en estudios superiores de informática. La propuesta se basa en proporcionar al profesorado formación general en SyCS (y en particular en la relación entre ésta y la informática), material relacionado con SyCS para cada materia y métodos de evaluación de la competencia. Los autores defienden introducir esta competencia en una gran mayoría de las asignaturas, frente a otras propuestas que defienden asignaturas específicas dentro del plan de estudios. Se propone también la existencia de un mecanismo global de coordinación y evaluación de la competencia. Finalmente, se detalla la introducción de SyCS en el Grado en Ingeniería Informática de la *Facultat d'Informàtica de Barcelona* (FIB) y se muestran algunos ejemplos de cómo tratar SyCS en las asignaturas.

1. Introducción.

Desarrollar la competencia Sostenibilidad y Compromiso Social (SyCS) requiere un cambio en nuestra manera de pensar, dado que se busca la equidad y la solidaridad inter e intrageneracional de los recursos naturales [1] y la preservación de la diversidad cultural [2], y estos no son temas que se hayan relacionado tradicionalmente con la educación en ingeniería. Sin embargo, la universidad debe asumir nuevos roles y retos que tengan por objetivo afrontar las actuales crisis (energética, ecológica, alimentaria, financiera, etc.) [10]. Dentro de estos roles, destaca el de formar estudiantes que participen y se comprometan con los retos del entorno local, regional e internacional para asumir un papel activo en la solución de la problemática.

La sostenibilidad ha sido identificada como un aspecto crítico que debe incluirse en los cursos de ingeniería [15], y una parte muy importante del futuro en la educación de los ingenieros [14]. El aprendizaje de la sostenibilidad requiere nuevas maneras de pensar, además de nuevas maneras de enseñar. El desarrollo intelectual, el pensamiento crítico y las aproximaciones sistémicas son necesarias para progresar desde una “certeza ignorante” a una “confusión inteligente” [7]. Un estudio de 2007 [11] demuestra que, pese a que muchas universidades estadounidenses incorporaban temas de sostenibilidad en sus estudios, se requerían nuevos métodos de aprendizaje para alcanzar los requerimientos de los estudios de ingeniería del siglo XXI.

Dado que el sistema tradicional de enseñanza aún consiste básicamente en asistir presencialmente a cursos, en algunas escuelas y facultades los principios de la sostenibilidad se enseñan en una única asignatura. Hay algunas ideas muy interesantes, como el trabajo en grupos multidisciplinares de la Universidad de Windsor en Canadá [16], o el uso de actividades de aprendizaje activo, incluyendo *role-playing*, debates y construcción de escenarios usado en la Universidad Tecnológica de Sydney [13]. Algunas propuestas utilizan complementos, como la Universidad de Bremen [9], que complementa el curso teórico con actividades de campo, charlas invitadas y proyectos interdisciplinarios en cooperación con otras facultades. En Berkeley [3] promueven los proyectos de diseño con una parte social usando métodos de aprendizaje basado en proyectos.

Algunas iniciativas utilizan el aprendizaje basado en el servicio social (*social learning*) [12], que es “una forma de educación experimental en la cual los estudiantes se involucran en actividades dirigidas hacia las necesidades humanas y comunitarias, junto con oportunidades intencionadamente diseñadas para promover el

aprendizaje y desarrollo del estudiante”. Este tipo de aprendizaje ha sido profusamente estudiado en su relación con la ingeniería [6], y aplicado en ciertos programas como por ejemplo el de la Universidad de Purdue [5]. Aprender los problemas reales del mundo ayuda a los estudiantes a desarrollar la competencia SyCS, dotándoles de nuevas perspectivas. Pero, además, permite aprender mejor las técnicas asociadas a la práctica de la ingeniería [17].

Finalmente, Colby y Sullivan [4] presentan cinco recomendaciones básicas para la enseñanza de la competencia SyCS:

1. Definir la responsabilidad profesional y la ética de manera que sea ampliamente reconocida.
2. Integrar la competencia con otros objetivos académicos.
3. Utilizar pedagogías activas para su enseñanza.
4. Implicar a los profesores.
5. Incrementar la implicación institucional.

El resto del artículo se organiza del siguiente modo. La sección 2 describe diferentes propuestas para incluir la competencia SyCS en unos estudios superiores, y detalla cómo se ha incluido en la *Facultat d'Informàtica de Barcelona* (FIB) de la *Universitat Politècnica de Catalunya* (UPC). La sección 3 explica el programa STEP 2015, diseñado en la UPC para incluir esta competencia en los diferentes estudios que se imparten. En la sección 4 se presentan algunos de los resultados del proyecto STEP 2015 en la FIB. En particular, algunas ideas para incluir SyCS en las diferentes asignaturas de una titulación superior de informática. Finalmente, la sección 5 presenta las conclusiones de este trabajo.

2. La competencia “Sostenibilidad y Compromiso Social” en el plan de estudios

Las competencias transversales (o genéricas) y, en particular, la competencia SyCS, pueden trabajarse en el plan de estudios básicamente de dos formas:

- Usando asignaturas específicas dedicadas a estas competencias, impartidas por profesorado especializado o por el mismo profesorado que el resto de asignaturas.

- Incorporando a las asignaturas que trabajan competencias técnicas (o específicas) actividades que, además, permitan trabajar las competencias transversales.

Pensamos que es un error tratar de separar las competencias técnicas de las transversales, ya que esto provoca que los profesores de las asignaturas técnicas se despreocupen de tratar las competencias transversales en sus asignaturas, confiando en que ya se están trabajando en asignaturas específicas. Además, en cualquier asignatura pueden diseñarse actividades que permitan trabajar simultáneamente ambos tipos de competencias.

En el caso de SyCS y las TIC este hecho es más obvio si cabe. No se trata de una competencia transversal más, sino de una forma de usar y pensar la tecnología. La sociedad es cada vez más consciente de la importancia de vivir en un mundo sostenible y las empresas procuran vender como parte de su marca una imagen “sostenible”. Campañas como la “*guide to greener electronics*” de Greenpeace [19], que clasifica a las empresas TIC según su grado de compromiso con la sostenibilidad, o la lista Green 500 [18], que clasifica a los 500 supercomputadores más potentes del mundo según su coeficiente de rendimiento por vatio, contribuyen a extender esta filosofía que cada vez está más asentada en el mundo empresarial (aunque en muchos casos sea más por una cuestión de marketing que por convicción de las propias empresas). Por lo tanto, parece apropiado dotar de una componente SyCS a todas las asignaturas (o al menos a una gran mayoría), frente a la opción de dedicar una o varias asignaturas específicas (que pueden formar o no un itinerario dentro de los estudios).

Además de incluir SyCS en todas las asignaturas, se puede plantear el definir un itinerario donde esta competencia se trabaje de una forma más profunda. Este itinerario es interesante porque, además de trabajar la competencia, es preciso evaluarla, y no parece lógico hacerlo en todas las asignaturas (este argumento es válido para cualquier competencia transversal). Por lo tanto, parece razonable dedicar un conjunto organizado de asignaturas a trabajar con detenimiento esta competencia y a realizar su evaluación.

Esta ha sido la propuesta que se ha aprobado en la FIB. El Grado en Ingeniería Informática tiene 132 créditos obligatorios, 48 de tecnología específica (con varias especialidades), 42 optativos y 18 de Trabajo de Final de Grado. Se han definido 9 competencias transversales (una de ellas es SyCS) que se han distribuido entre todas las asignaturas del grado. En general, a cada asignatura se le ha asignado una única competencia transversal. Para cada competencia transversal se han definido 3 niveles de profundidad. Se ha tratado que el nivel 1 de las 9 competencias se trabaje en el primer curso, y el nivel 2 en el segundo curso. Algunas de las competencias se trabajan en el nivel 3 en el tercer curso, en función de la especialidad que escoja el estudiante. El resto siguen trabajándose en el nivel 2.

En el caso de SyCS, tanto el nivel 1 como el 2 han sido asignados a asignaturas relacionadas con la estructura y tecnología de los computadores en el segundo y cuarto semestre respectivamente. Esta asignación implica que la competencia debe ser evaluada en ambas asignaturas. Además, SyCS debe ser evaluada también en asignaturas de cada especialidad y en el Trabajo Final de Grado. Consideramos que este hecho es clave para que el ingeniero/a informático/a asuma que la competencia SyCS es básica en su profesión.

Aquellos estudiantes que deseen profundizar en SyCS disponen de un itinerario de optatividad que consta de tres asignaturas muy relacionadas con la competencia. No obstante, los alumnos pueden matricular libremente cualquier asignatura de este itinerario, sin necesidad de seguirlo completamente.

Respecto a másteres y doctorado, probablemente es más difícil (aunque no imposible) disponer de itinerarios optativos que trabajen SyCS en profundidad, pero es perfectamente factible trabajar SyCS en todas las asignaturas y diseñar un itinerario de asignaturas técnicas en el que la competencia se trabaje y evalúe de forma más profunda.

Para que la estructura definida anteriormente funcione es preciso disponer de mecanismos de coordinación adecuados. A tal efecto, nuestro centro ha nombrado a un coordinador para cada una de las nueve competencias transversales. El coordinador de SyCS debe trabajar de forma conjunta con los coordinadores de todas las

asignaturas que tienen la misión de evaluar la competencia (las dos asignaturas relacionadas con la estructura y tecnología de los computadores de los dos primeros cursos, las asignaturas de las especialidades del tercer curso que tienen asignada esta competencia y las asignaturas del itinerario optativo SyCS del cuarto curso) además de colaborar en la definición de la formación y evaluación de los estudiantes en su Trabajo Final de Grado. El objetivo es definir actividades en las asignaturas que permitan conseguir el nivel 1 de la competencia en el primer curso, el nivel 2 en el segundo curso y el nivel 3 (o profundizar en el nivel 2) en aquellas asignaturas de las especialidades que tienen asignada la competencia. Además de definir las actividades para trabajar la competencia se han de definir las actividades que permitan evaluar si el estudiante ha conseguido el nivel esperado.

Consideramos que es apropiado incluir una observación al respecto en el suplemento al título de aquellos estudiantes que hayan obtenido una buena calificación en SyCS. Esto mismo debe hacerse para el resto de competencias transversales. Incluir esta información en el suplemento al título aporta al empleador una información muy valiosa a la hora de decidir la contratación de su personal.

Respecto a que todas las asignaturas tengan una “pincelada” SyCS, la FIB participa en el proyecto STEP 2015, diseñado por la UPC. Los autores del presente artículo son los responsables del proyecto en la FIB. Nuestro objetivo es conseguir que la mayoría de las asignaturas del grado incorporen la competencia SyCS en mayor o menor medida. En la siguiente sección se detallan los pasos definidos para conseguirlo.

3. El proyecto STEP 2015

Nuestra universidad dispone de una cátedra en sostenibilidad y gestión de residuos [22]. Entre los objetivos de la cátedra se encuentra la promoción de la investigación en sostenibilidad dentro de la universidad. Para ello trabaja en las siguientes líneas de actuación:

- Planificación de la investigación en sostenibilidad en el ámbito universitario y de nuestra comunidad autónoma.
- Evaluación de la investigación en sostenibilidad.

- Coordinación de grupos de investigación ambiental de la universidad.
- Promoción de la ambientalización curricular.
- Promoción de la conexión de la UPC con empresas y otras instituciones.
- Prospectiva sobre las prioridades de investigación e innovación en sostenibilidad.

Para conseguir estos objetivos se trabaja en varios proyectos. Uno de los proyectos, denominado STEP 2015, tiene como objetivo dotar de la competencia SyCS a todos los titulados de nuestra universidad. Para ello, se ha diseñado un programa para introducir la competencia en todas las titulaciones. En el curso 2009-2010 se empezó la fase 1 con cuatro centros piloto, entre los cuales se encontraba el nuestro. En el presente curso 2010-2011 se han añadido seis centros más a la fase 1, mientras que los cuatro centros piloto han pasado a la fase 2. La fase 1 es una fase de introducción, mientras la fase 2 es de consolidación. El proyecto STEP 2015 dota a los centros participantes de financiación para llevar a cabo sus objetivos. Teniendo en cuenta el entorno de crisis económica en que nos encontramos, la financiación no es muy elevada, pero es suficiente para llevar a cabo algunas acciones que de otro modo sería muy difícil realizar.

La participación de nuestro centro en el proyecto STEP 2015 pretende fomentar el conocimiento de SyCS entre el profesorado y, como consecuencia directa, promover la inclusión de SyCS en los objetivos y contenidos de las asignaturas. Para ello, hemos tomado como punto de partida los cinco puntos básicos de Colby y Sullivan [4] presentados en la introducción de este artículo. Además, queremos posicionarnos como centro impulsor en sostenibilidad. Pretendemos crear una estructura institucional que agrupe, coordine y gestione las diferentes acciones, tal como se propone en [8]. Esto permitirá que los profesores que puedan tener algún interés en incluir SyCS en sus asignaturas dispongan de un interlocutor claro en el centro.

A corto plazo, nuestro principal objetivo es integrar SyCS en las asignaturas. Para ello, en la primera fase definimos seis objetivos básicos:

- Crear un equipo de trabajo en el centro que dinamice internamente el programa STEP 2015 e interactúe con el resto de centros involucrados en el programa.

- Crear una red interna de profesorado (masa crítica) implicada en la incorporación de SyCS en las titulaciones de grado del centro (personas y departamentos).
- Identificar experiencias en el ámbito SyCS, realizadas en otras universidades, que estén relacionadas con las diferentes áreas de conocimiento de las titulaciones de grado del centro.
- Proponer un conjunto de nuevos objetivos relacionados con SyCS que se pueden conseguir en las áreas de conocimiento de las titulaciones de grado del centro.
- Disponer de un conjunto de actuaciones a realizar en diferentes asignaturas de cada una de las áreas temáticas para saber cómo enseñar y evaluar SyCS en cada asignatura.
- Identificar las necesidades y prioridades del centro en cuanto a recursos necesarios para el soporte a la docencia en el ámbito SyCS.

Todos estos objetivos fueron conseguidos satisfactoriamente. Una de las claves fue utilizar una wiki a la que teníamos acceso los profesores responsables del proyecto y un becario de soporte. En la wiki fuimos añadiendo y organizando las diferentes experiencias que conocíamos o íbamos encontrando sobre cómo incorporar SyCS a las diferentes áreas de conocimiento. Realizamos reuniones semanales de seguimiento para discutir sobre el material recientemente incluido en la wiki y decidir la dirección del trabajo de la siguiente semana. El resultado fue una gran recopilación de información, bien organizada, que nos permitió clasificar SyCS en tres grandes temas, tal como se explica en la siguiente sección. Para cada uno de los temas se definieron ejemplos explícitos de cómo trabajarlo en cada una de las áreas temáticas.

A continuación, montamos una reunión de todos los profesores interesados en trabajar en SyCS e incorporarla a sus asignaturas. Una cuarentena de profesores se mostraron interesados y una treintena asistieron a la reunión, en la que aprovechamos para iniciar su formación en SyCS y en discutir cómo incorporar la competencia a las diferentes asignaturas. Esta formación consistió básicamente en una charla de una hora más otra hora de discusión.

Más adelante organizamos un taller al que asistieron 16 profesores de diferentes áreas

temáticas. En el taller los profesores trabajaron, por grupos, en incluir actividades que permitieran incorporar SyCS a sus asignaturas (de diferentes áreas temáticas). El taller tuvo mucho éxito y ha sido exportado a otras universidades interesadas en el tema. Durante el presente curso está previsto realizarlo con los profesores que no pudieron asistir a la primera edición.

En la fase 2 del proyecto nos hemos marcado los siguientes objetivos:

- Incrementar el profesorado interesado en incorporar SyCS a sus asignaturas.
- Desarrollar las bases conceptuales generales e identificar los modelos de referencia para desarrollar SyCS en nuestras titulaciones.
- Realizar talleres de formación a profesores que no han asistido a ellos, tanto en nuestra universidad como en otras universidades.
- Completar la base de conocimiento de investigación y enseñanza en SyCS en las áreas de conocimiento propias de los estudios impartidos en el centro. Esta base de conocimiento será fundamental para la elaboración del material de cada asignatura, así como para interesar a los profesores en la investigación y transferencia de tecnología incorporando SyCS a su trabajo diario.
- Dotar a las asignaturas de las titulaciones del centro de material adecuado para la adquisición de la competencia SyCS por parte de los estudiantes.
- Reutilizar todos los ordenadores del Campus de forma que, cuando un ordenador sea renovado, el substituido sea puesto a punto y donado para proyectos de cooperación. Actualmente ya lo hacemos con los ordenadores de nuestro centro [21].
- Publicar los resultados del proyecto, tanto a nivel nacional como internacional.

El objetivo final del proyecto STEP 2015 en la FIB es escribir un libro en el año 2011 que compile todo el trabajo realizado, de forma que pueda ser aprovechado por profesores de otras universidades.

4. Sostenibilidad y Compromiso Social en las TIC

En esta sección se resumen algunas ideas para incluir la competencia SyCS en las asignaturas de estudios superiores de informática.

4.1. El desarrollo sostenible

Nuestra universidad define la aptitud que desea de sus estudiantes en la competencia SyCS en tres líneas:

- Conocer y comprender la complejidad de los fenómenos económicos y sociales típicos de la sociedad del bienestar.
- Ser capaces de relacionar el bienestar con la globalización y la sostenibilidad.
- Poseer habilidad para utilizar de forma equilibrada y compatible la técnica, la tecnología, la economía y la sostenibilidad.

El concepto de SyCS está muy relacionado con el de desarrollo sostenible. Se denomina desarrollo sostenible al desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades [1]. El desarrollo sostenible incluye dos conceptos fundamentales:

- El concepto de “necesidades”, en particular las necesidades esenciales de los pobres, a las que se debería otorgar prioridad preponderante.
- La idea de limitaciones impuestas por el estado de la tecnología y la organización social entre (o “sobre”) la capacidad del medio ambiente para satisfacer las necesidades presentes y futuras.

Para tener un desarrollo sostenible es fundamental contener la huella ecológica [20]. La huella ecológica, enunciada por Rees & Wackernagel en 1995, puede definirse como el área de territorio ecológicamente productivo (cultivos, pastos, bosques o ecosistema acuático) necesaria para generar los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población definida con un nivel de vida específico, indefinidamente, donde sea que se encuentre esta área.

No debe caerse en el error de simplificar e identificar SyCS con *green computing*. La *green computing* es la disciplina que estudia la manera más eficiente de utilizar los recursos TIC, a la vez que busca minimizar el impacto medioambiental. SyCS es mucho más que eso.

El reto de la sostenibilidad y el compromiso social pasa por cuestionar qué demandas responden realmente a una necesidad y qué

necesidades aún no se han constituido en demanda. SyCS implica una visión global. Aunque a menudo se reduce a cuestiones relacionadas con el medio ambiente (ecología), una solución sostenible tiene tres componentes, que son medio ambiente, economía y sociedad. Cualquier solución “sostenible” de un problema debe tener en cuenta los tres componentes. La Figura 1 muestra los tres componentes de SyCS y clasifica las soluciones según el número de componentes que satisfagan. Según el número de intersecciones de una solución, ésta puede ser soportable, viable o equitativa, pero sólo es sostenible si considera los tres componentes.

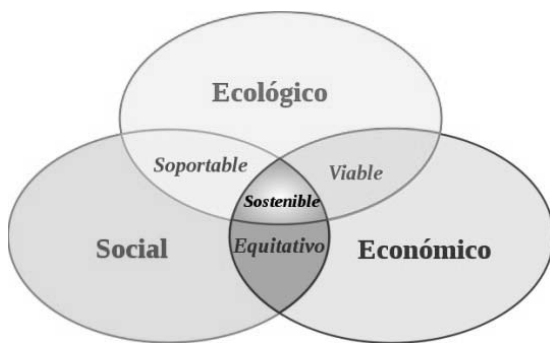


Figura 1. Componentes del desarrollo sostenible.

Como profesores debemos hacer hincapié en que los productos de nuestros estudiantes (futuros/as ingenieros/as) sean adecuados, robustos, económicamente viables, tengan en cuenta a los usuarios (accesibilidad) y tengan un coste ambiental sostenible.

Lo que los alumnos deben aprender no es que existen problemas de los que deben ser conscientes, ni que han de ser solidarios, comprometidos o ecológicos, sino la relación de la profesión de ingeniero/a informático/a con la ética profesional, el coste social y ambiental de las soluciones utilizadas y, sobre todo, el impacto del trabajo del ingeniero.

4.2. Cultura SyCS en las TIC

Uno de los primeros trabajos que realizamos durante la fase 1 del proyecto STEP 2015 fue identificar diferentes aspectos de las TIC que podían relacionarse con cada una de las tres componentes de SyCS. A continuación estudiamos dónde aplicar cada uno de los aspectos y, en particular, qué áreas temáticas (y asignaturas) de

los estudios de nuestro centro son más apropiadas para cada uno de ellos.

Dentro del ámbito medioambiental identificamos los siguientes aspectos:

- Consumo eléctrico.
- Consumo de papel.
- Contaminación ambiental.
- Residuos.

En el ámbito social identificamos:

- Sociedad de la información.
- Redes sociales.
- Cooperación y desarrollo.

Finalmente, en el ámbito económico identificamos:

- E-business.
- Banca online.
- Teletrabajo.

La lista anterior no pretende ser exhaustiva, sino un punto de partida para introducir SyCS en las asignaturas de nuestros grados.

4.3. Otra posible clasificación

Dado que aparentemente cualquier área temática y cualquier asignatura podían incidir de diversas formas sobre muchos de los aspectos señalados en la sección anterior, decidimos particularizar la clasificación a partir de los ejemplos que habíamos encontrado.

De este modo, establecimos una clasificación de tres categorías en que las asignaturas podían realizar sus aportaciones. Las categorías son las siguientes:

- Ciclo de vida de los productos.
- Usabilidad de las soluciones.
- Aspectos sociales.

Para cada una de estas categorías propusimos diferentes puntos sobre los que incidir, de forma que cada profesor pudiese tener un punto de partida para encontrar una forma de trabajar alguno de los aspectos citados en su asignatura. Con este material se han organizado varios talleres que han facilitado a sus asistentes incluir actividades en sus asignaturas para desarrollar y evaluar la competencia SyCS.

Dentro del ciclo de vida de los productos definimos, además, dos partes bien diferenciadas:

- Creación y destrucción de material de alta tecnología.
- Utilización del material de alta tecnología (se realiza entre la creación y la destrucción del mismo).

Las siguientes secciones describen algunos aspectos sobre los que las asignaturas pueden plantearse incidir para cada categoría.

4.4. Ciclo de vida

Dentro de la creación y destrucción de material de alta tecnología, las asignaturas pueden trabajar en alguno de los siguientes campos:

- Huella ambiental.
- Costes de fabricación.
- Consumo de energía.
- Materiales.
- Residuos de elaboración.
- E-waste.
- Reutilización y reducción.
- Impactos sociales y ambientales.
- Falsa obsolescencia.

En cuanto a la utilización del material de alta tecnología, destacamos los siguientes aspectos:

- Reducción de recursos directos.
 - Hardware (consumo, adecuación).
 - Software consciente del consumo.
- Reducción recursos indirectos.
 - Transporte de elementos.
 - Refrigeración, papel, tóner, etc.
- Impacto ambiental de las soluciones.
- Huella ambiental (normas de eficiencia).
- Coste, alternativas.

4.5. Usabilidad

Dentro de la usabilidad, las asignaturas pueden plantearse trabajar en algunas de las siguientes líneas:

- Ergonomía.
- Impacto sobre la salud: Radiaciones, ruido, enfermedades, etc.
- Impacto sobre el usuario: Interacción Persona - Ordenador.
- Soluciones para personas con discapacidades.
- Software libre vs. software propietario.

4.6. Aspectos sociales

Finalmente, en cuanto a aspectos sociales pueden considerarse los siguientes puntos para comenzar a trabajar:

- Impacto social de las soluciones informáticas.
- Ética y deontología de la profesión.
- Aspectos legales.
- Ayuda al desarrollo.
- Culturas y lenguas minoritarias.
- e-Democracia.
- Disminución de la brecha digital.
- Igualdad de oportunidades.

5. Conclusiones

En este artículo se han presentado algunas ideas para incluir la competencia SyCS en estudios superiores de informática, tanto a nivel de grado como de máster y doctorado, y se ha descrito la forma en que esto se está realizando en la FIB.

Para conseguir este propósito no es suficiente con la buena voluntad de los profesores. Es necesaria una implicación institucional profunda por parte tanto del centro como de la universidad. Es fundamental que los ingenieros tengan una visión sostenible del mundo en que van a vivir, porque ellos van a ser piezas fundamentales en la evolución de dicho mundo.

En el caso de SyCS, es más válida que nunca la famosa frase pronunciada por Alan Kay en el seminario *Creative Think* el 20 de julio de 1982: “La mejor forma de predecir el futuro es inventarlo”.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado con el apoyo del programa STEP 2015 de la UPC, y de la *Facultat d'Informàtica de Barcelona*.

Referencias

- [1] Brundtland, G.H. “Nuestro Futuro Común”. Madrid: Alianza Editorial. 1992
- [2] Cendra, J., W. Stahel, A. “Hacia una construcción social del desarrollo sostenible basada en la definición de sus dimensiones y principios, articulados a partir de la ecuación IPAT”. *Revista Internacional Sostenibilidad*,

- Tecnología y Humanismo, Vol. 1, Núm 1, 2006
- [3] Cobb, C.L., Agogino, A.M., Beckman, S.L. and Speer, L.. "Enabling and Characterizing Twenty-First Century Skills in New Product Development Teams". *Int'l J. of Engin. Educ.* 24(2) 2008, pp. 420-433.
- [4] Colby A. and Sullivan, W.M. "Ethics Teaching in Undergraduate Engineering Education". *Journal of Engineering Education*, 97 (3) July, 2008, pp 327-338.
- [5] Coyle, E.J., Jamieson, L.H. and Oakes, W.C. "EPICS: Engineering Projects in Community Service". *Int'l J. of Engin. Educ* 21(1) 2005, pp. 139-150.
- [6] Duffy, J., Tsang, E. and Lord, S. "Service-Learning in Engineering: What, Why and How?" *Proc. of the ASEE 2000 Annual Conference*, St. Louis, Missouri. June 2000.
- [7] Felder, R.M. and Brent, R. "The intellectual development of science and engineering students". Part 1: Models and challenges. *J. of Engin. Educ.* 93(4) 2004, pp. 269-277.
- [8] Franquesa D., Cruz J-Ll., Álvarez C., Sánchez F., Fernández A., López D. "Cómo formar Ingenieros en Informática en la competencia Sostenibilidad y Compromiso Social", JENUI 2008
- [9] Gößling-Reisemann, S. and Von Gleich, A. "Training Engineers for Sustainability at the University of Bremen". *Int'l J. of Engin. Educ.* 23(2) 2007, pp. 301-308.
- [10] GUNI (2008). *Global University Network for Innovation Report*. "Higher Education in the World". Vol III. "New Challenges and Emerging Roles for Human and Social Development". Houndmills: Palgrave Macmillan.
- [11] Huntzinger, D.N., Hutchins, M.J. Gierke J.S. and Sutherland, J.W.. "Enabling sustainable thinking in undergraduate engineering education". *Int'l J. of Engin. Educ.* 23(2) 2007, pp. 218-230.
- [12] Jacoby, B. "Service-Learning in Higher Education: Concepts and Practice". Jossey-Bass (1996).
- [13] McLaughlan, R.G. "Instructional Strategies to Educate for Sustainability in Technology Assessment". *Int'l J. of Engin. Educ.* 23(2) 2007, pp. 201-208.
- [14] National Academy of Engineering. "The Engineer of 2020. Visions of Engineering in the New Century". National Academy Press (2004).
- [15] Siller, T.J.. "Sustainability and critical thinking in civil engineering curriculum". *J. of Prof. Issues in Engineering Education and Practice*, 127(3), 2001, pp. 104-108.
- [16] Tam, E. "Developing a Sustainability Course for Graduate Engineering Students and Professionals". *Int'l J. of Engin. Educ.* 23(6) 2007, pp. 1133-1140.
- [17] Vanasupa, L., Stolk, J. and Herter, R.J. "The Four-Domain Development Diagram: A Guide for Holistic Design of Effective Learning Experiences for the Twenty-first Century Engineer". *Journal of Engineering Education*, 98 (1) Jan 2009, pp 67-82.
- [18] <http://www.green500.org/> Última consulta, febrero 2010
- [19] <http://www.greenpeace.org/international/news/green-electronics-guide-ewaste250806> Última consulta, febrero 2010
- [20] http://portalsostenibilidad.upc.edu/detall_01.php?numapartat=2&id=41 Última consulta, febrero 2010
- [21] http://www.txt.upc.es/index.php?option=com_content&task=view&id=23&Itemid=35 Última consulta, febrero 2010
- [22] <http://www.upc.edu/web/CatedraMediAmbient/pages-CAST/investigacion.php> Última consulta, febrero 2010.