

CUIEET

Gijón

Gijón,
25, 26 y 27 de
junio 2018

XXVI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas

Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón

LIBRO DE ACTAS



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo



LIBRO DE ACTAS DEL
XXVI Congreso Universitario de Innovación Educativa
En las Enseñanzas Técnicas
25-27 de junio de 2018
Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón
UNIVERSIDAD DE OVIEDO

© Universidad de Oviedo, 2018

ISBN: 978-84-17445-02-7

DL: AS 1893-2018

La importancia de las empresas como patrocinadores de los laboratorios de fabricación (Fab Labs)	1
La formación dual universitaria en el Grado en Ingeniería en Automoción de la IUE-EUI de Vitoria-Gasteiz. Requisitos de calidad	12
Prácticas formativas en la UPV: objetivo estratégico	24
Elaboración de <i>audioslides</i> para apoyo a la enseñanza en inglés en los grados bilingües	36
<i>Effect of Industry 4.0 on education systems: an outlook</i>	43
Uso de simuladores y herramientas de programación para facilitar la comprensión de la operación de los sistemas eléctricos	55
Aplicación de ejercicios resueltos de ingeniería del terreno con recursos de acceso libre para teléfonos móviles y tabletas electrónicas	67
<i>Proposal to determine learning styles in the classroom</i>	77
La soledad de los Millennials ricos en la EPI de Gijón	84
Mejora de la calidad de la formación postgraduada en ortodoncia de la Universidad de Oviedo	96
El plagio entre el alumnado universitario: un caso exploratorio	106
Competencias necesarias en el ejercicio de la profesión de Ingeniería Informática: experimento sobre la percepción de los estudiantes	116
El proyecto <i>Flying Challenge</i> , una experiencia de interconexión universidad-empresa utilizando mentoría entre iguales	127
Formación en ingeniería con la colaboración activa del entorno universitario	134
“Emprende en verde”. Proyecto de innovación docente de fomento del emprendimiento en el ámbito de las Ingenierías Agrarias	146
Competencia transversal de trabajo en equipo: evaluación en las enseñanzas técnicas	158
<i>Introducing sustainability in a software engineering curriculum through requirements engineering</i>	167

Índice de ponencias

Percepción de las competencias transversales de los alumnos con docencia en el área de producción vegetal	176
Experiencia de aprendizaje basado en proyectos con alumnos Erasmus	186
Elaboración de un juego de mesa para la adquisición de habilidades directivas en logística	198
Proyecto IMAI - innovación en la materia de acondicionamiento e instalaciones. Plan BIM	210
<i>BIM development of an industrial project in the context of a collaborative End of Degree Project</i>	221
Desarrollo de un sistema de detección de incendios mediante drones: un caso de aprendizaje basado en proyectos en el marco de un proyecto coordinado en un Máster Universitario en Ingeniería Informática	231
Algunas propuestas metodológicas para el aprendizaje de competencias matemáticas en ingeniería	243
Riesgos psicosociales del docente universitario	255
<i>Face2Face</i> una actividad para la orientación profesional	267
Trabajo fin de grado. Una visión crítica	276
Gamificaci en el aula: “ <i>Escape Room</i> ” en tutorías grupales	284
Una evolución natural hacia la aplicación del aprendizaje basado en diseños en las asignaturas de la mención de sistemas electrónicos del Grado en Ingeniería en Tecnologías y Servicios de Telecomunicación. Una experiencia docente desde la EPI de Gijón	296
Propuesta para compartir escenarios docentes a través de <i>visual thinking</i> . Bases de la termografía, equipos electromédicos termo-gráficos y su aplicación en salud	308
EMC: aspectos prácticos en el ámbito docente	316
Habilidades sociales en la ingeniería	327
Aprendizaje orientado a proyectos integradores y perfeccionamiento del trabajo en equipo caso - Máster Erasmus Mundus en Ingeniería Mecatrónica	339

Tendencias en la innovación docente en enseñanzas técnicas: análisis y propuesta de mejoras para la asignatura Mecánica de Fluidos	349
Diseño y puesta en marcha de una práctica docente basada en recuperación de energía térmica mediante dispositivos termoeléctricos	361
Caso de estudio en el procedimiento de un grupo de estudiantes cuando se aplica Evaluación Formativa en diferentes materias de un Grado de Ingeniería	373
Visionado de vídeos como actividad formativa alternativa a los experimentos reales	385
Utilización de vídeos <i>screencast</i> para la mejora del aprendizaje de teoría de circuitos en grados de ingeniería	394
La invasión de los garbanzos	406
Evolución del sistema de gestión de prácticas eTUTOR entre los años 2010 y 2017	418
Implementación de juegos educativos en la enseñanza de química en los grados de ingeniería	430
Trabajando interactivamente con series de Fourier y trigonométricas	439
Aproximación de las inteligencias múltiples en ingeniería industrial hacia una ingeniería inteligente	450
Cooperando mayor satisfacción. Experiencias de dinámicas cooperativas en 1 ^{er} curso de ingeniería en el área de expresión gráfica.	461
Cognición a través de casos en el área de Acondicionamiento e Instalaciones de la E.T.S. de Arquitectura de Valladolid	473
Un instrumento para explorar las actitudes hacia la informática en estudiantes de matemáticas	482
La metodología <i>contest-based approach</i> en STEM: modelización de datos meteorológicos	493
Técnicas de gamificación en ingeniería electrónica	505
El reto del aprendizaje basado en proyectos para trabajar en competencias transversales. aplicación a asignaturas de electrónica en la ETSID de la UPV	521

Dibujo asistido por ordenador, sí, pero con conocimiento de geometría	534
Introduciendo la infraestructura verde y los sistemas de drenaje sostenible en los estudios de grado y postgrado en ingeniería	547
Aprendizaje colaborativo en Teoría de Estructuras	559
Modelo de evaluación y seguimiento de los trabajos fin de grado (TFG) y trabajos fin de máster (TFM) tutorizados en el área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación	567
El Taller de Diseño como núcleo de innovación docente y eje de adquisición de competencias en la formación del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	579
Diseño y evaluación de un laboratorio virtual para visualizar en 3D el gradiente y la derivada direccional en un campo escalar bidimensional	588
La ludificación como herramienta de motivación en la asignatura bilingüe <i>Waves and Electromagnetism</i>	600
Gamificación en la impartición de Cálculo de Estructuras	612
Análisis de las actitudes visuales y verbales de alumnos noveles de Grado de Ingeniería en la Universidad Politécnica de Cartagena	621
Diseño curricular del Programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín, Colombia	633
Evaluación significativa de prácticas de laboratorio: portfolios <i>versus</i> prueba final objetiva	644
Introducción de la Cultura Científica en Grados de Ingeniería	658
Detección de errores conceptuales en Matemáticas de los alumnos del grado en Ingeniería Informática del Software en su primer año de carrera.	665
Rúbrica de evaluación en un laboratorio de Ingeniería Química	676
Factores explicativos de la elección de grados en el área agroalimentaria	686
Diseño de una actividad para el desarrollo y evaluación de competencias transversales en el ámbito de la Teoría de Máquinas y Mecanismos	696

Necesitamos “engineers”. Programa para el desarrollo de las competencias de una ingeniera	708
Estudio de la Implantación de Competencias dentro del marco europeo: revisión prospectiva en las enseñanzas técnicas de la Universidad de Oviedo	718
Sostenibilidad e Ingeniería Industrial: estrategias para integrar la ética en los programas de formación	730
Una experiencia en proyectos europeos de ambito educativo	743
Modelos didácticos de Goma-EVA para visualizar conceptos y detalles en la enseñanza de estructuras metálicas	750
<i>Introduction to the Fluid Dynamics of Biological Flows. Innovation project using the CFD simulation of the lung air flow.</i>	762
Aprendizaje activo y cooperativo en el Area de Informática Industrial	772
Aprender en el contexto de la empresa	784
Valoración por las empresas de las competencias en las prácticas realizadas por alumnos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	792
Sinergia bidireccional universidad-empresa. Caso de estudio: Aula Universitaria de Arquitectura	804
Nuevas técnicas metodologías para el fomento de habilidades transversales y transferencia del conocimiento en universitarios	815
Formación en competencias socialmente responsables en la Universidad de Oviedo	823
Competencias transversales en la asignatura Tecnología Medioambiental	833
Actividad sobre la competencia emprendedora introduciendo <i>Lean Startup</i> en un grado de ingeniería	842
Evaluación de la competencia transversal ‘Comunicación Efectiva’ mediante presentaciones en vídeo	854
Dinamización del aprendizaje de VHDL a través del aprendizaje basado en proyectos en una asignatura de máster	863
Proyecto Solar-F. Desarrollo de un prototipo de seguidor solar	875

Definición de tareas de aprendizaje basado en proyecto colaborativo para Ingeniería Mecatrónica	883
La investigación-acción participativa como herramienta de responsabilidad social universitaria	895
Implantación del Programa de Mentorías entre iguales MENTOR EPIGIJON	907
De Orienta a Mentor	919
Sello RIME de calidad de la función orientadora. Poniendo en valor la acción tutorial	931
Establecimiento de una relación productiva doctorando/supervisor: expectativas, roles y relación	943
Análisis de singularidades en transformaciones trifásicas, empleando una plataforma educativa para ingeniería	953
El cuadro de mandos como entorno educacional	961
DIBUTECH: plataforma web interactiva para la resolución de ejercicios gráficos en Ingeniería	975
Alumnos más participativos con el uso de herramientas de gamificación y colaboración	985
Utilización de prensa <i>online</i> , Campus Virtual y dispositivos móviles para el aprendizaje y aplicación de conceptos económico-empresariales en estudiantes de ingeniería	997
El rol de la práctica de campo en la clase inversa. Caso práctico sobre el diseño de productos para la <i>smartcity</i> en el contexto del Jardín del Túria	1008
Desarrollo de competencias transversales en ingeniería con el inglés como lengua vehicular y mejora de la participación con aprovechamiento en clase.	1019
Experiencia de desarrollo y evaluación de prácticas utilizando TIC	1031
Diseño e implementación de una herramienta de coordinación de los títulos que se imparten en la Escuela de Ingenierías Industriales	1042
<i>Framework for the analysis of students association' interests & voices</i>	1054

Mejora continua en el proceso de internacionalización de la ETS de Ingeniería y Diseño Industrial (ETSIDI) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM)	1066
Calidad del empleo de la/os egresada/os de Arquitectura Técnica de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) en el período 2005-13: diferencias de género	1076
<i>Student's cognitive style towards innovation. A pilot study at ETSIDI-UPM</i>	1087
Optimización del proceso creativo en el aula: entrenamiento de la actitud creadora para reducir la complejidad multidimensional del pensamiento creativo en el equipo	1091
La formación específica en competencias transversales como contenido integrado en el plan docente	1096
Los alumnos deciden: Edublog de la asignatura Estadística	1102
La necesidad de la eficiencia energética en las infraestructuras universitarias	1106
<i>Learning by engineering: del Lean Manufacturing a la Industria 4.0</i>	1110
Prácticas de laboratorio avanzado en últimos cursos de grado	1114
Propuesta de actividad de aprendizaje colaborativo en una asignatura de máster universitario	1118
Mejora de la praxis docente mediante la inclusión de actividades para el desarrollo de las capacidades metacognitivas de los estudiantes	1122
Factores curriculares y evolución tecnológica que inciden en la resolución de sistemas de ecuaciones lineales	1126
Ética y sostenibilidad: buscando hueco en los planes de estudios	1130
Descripción de una experiencia con el uso de las TICs basada en el uso de videos explicativos y cuestionarios para una mejor comprensión de las prácticas de Física de Ingeniería Industrial	1134
Banco de ensayos para instalaciones de autoconsumo fotovoltaico aisladas y/o conectadas a red	1144
Diseño de mini-videos y mini-audios esenciales para el seguimiento óptimo de las asignaturas y la prevención de su abandono	1148

Aplicación interactiva <i>online</i> para el aprendizaje del fenómeno del pandeo en elementos metálicos sometidos a compresión simple	1152
Evaluación continua, compartida y progresiva aplicada al Grado de Ingeniería. Caso de estudio	1157
Diseño e implantación sistemática de evocaciones y de evaluación por rúbricas en Ingeniería Gráfica por medio de herramientas TIC	1163
Asignaturas de nivelación en Master de Ingeniería Mecatrónica. Ejemplo de Electrónica	1171
La competencia de responsabilidad	1183
MediaLab: nueva formación tecnológica y humanística en la Universidad de Oviedo	1196
Mejora de la calidad de los TFG en grados de ingeniería	1200
Desarrollo de competencias profesionales en las prácticas de laboratorio/taller	1204
La enseñanza de Estadística Aplicada en el Grado de Ingeniería Forestal: para y por ingenieros	1214
La redacción de informes técnicos y periciales como formación transversal en ingeniería	1225
BEE A DOER – Emprendiendo y aprendiendo impresión 3D	1230
Propuesta de curso NOOC: Iniciación a la química para titulaciones de ingeniería	1237
<i>Two-Storey building model for testing some vibration mitigation devices</i>	1241
Plataforma Web para el entrenamiento de las presentaciones orales del Trabajo Fin de Grado (TFG)	1245
Aprendizaje competencial efectivo mediante las prácticas del laboratorio de las asignaturas del área de Mecánica de Fluidos de los estudios de Grado y Máster de Ingeniería Industrial de la Escuela de Ingeniería de Bilbao	1249
Fabricación y caracterización de materiales compuestos. <i>Composite Materials: manufacturing and characterization</i>	1256

Desarrollo de competencias transversales en grados de ingeniería industrial mediante metodologías activas de enseñanza-aprendizaje basadas en el <i>mentoring</i> y ABP	1264
Planificación de prácticas de laboratorio basadas en un amplificador de radiofrecuencia de bajo coste orientadas a la enseñanza de asignaturas de Electrónica de Comunicaciones	1276
Orientación universitaria de estudiantes de ingeniería. Plan de acción tutorial de la Escuela Politécnica superior de Jaén (PAT-EPSJ)	1280
Experiencia innovadora en “las ciencias de la naturaleza de educación infantil”	1284
Actividad práctica de diseño para la fabricación asistida con CATIA: Doblado de chapa metálica	1290
La investigación como parte del proceso educativo de la enseñanza superior	1294
Aprendizaje Orientado a Proyectos en el diseño de sistemas mecánicos	1298
Evaluación del déficit de atención en niños mediante el análisis de tiempos de respuesta	1302
Desarrollo de proyectos didácticos para adquirir competencias transversales	1308
Competencias genéricas percibidas por los alumnos con formación en producción vegetal	1312
Enseñanza grupal. Estudio por casos de empresas Valencianas	1318
Implicación del alumnado en el proceso de aprendizaje mediante Trabajos Fin de Grado/Máster en Ingeniería de Telecomunicación	1322
<i>An example of company-university cooperation: Mathematical modeling and numerical simulation of heat dissipation in led bulbs</i>	1326
Aprendizaje centrado en el proyecto de estructuras adaptados a la enseñanza universitaria	1331
Nuevo enfoque pedagógico en la formación del perfil profesional para el desarrollo de proyectos de automatización industrial a través de un concepto de integración total	1335
Convenios de cooperación educativa en el ámbito náutico: universidad- empresa	1339

Índice de ponencias

Sinergia bidireccional universidad-empresa. Caso de estudio: proyecto de investigación ERGONUI-TME	1344
Estudio comparativo entre estudiantes de ingeniería de la Universidad de León mediante el <i>test Force Concept Inventory</i>	1350
Innovación para el desarrollo de nueva propuesta de máster semipresencial en prevención de riesgos laborales	1354
El círculo de Mohr y la innovación docente en educación superior	1359



Introducing sustainability in a Software Engineering curriculum through Requirements Engineering

José Antonio García-Díaz, Begoña Moros Valle, Joaquín Nicolás Ros y Ambrosio Toval Álvarez

Departamento de Informática y Sistemas. Facultad de Informática. Universidad de Murcia. (joseantonio.garcia | bmoros | jnr | atoval@um.es)

Abstract

There is a worldwide concern in relation to the environment and sustainability. Research programs at national, European and international levels, as well as new public policies, are pursuing their objectives to solve these problems. The awareness and education on this problem is a necessary and transversal activity to all disciplines. Besides, Information and Communication Technologies (ICTs) are one of the pillars of our society. The educational curriculum related to this sector should be the entry point to learn about sustainable development. Our proposal is the introduction of sustainability in an undergraduate computer science curriculum, specifically in the field of Software Engineering. In this work, the proposal is articulated around a critical discipline within Software Engineering: Requirements Engineering. Therefore, sustainability will acquire a leading role in the development process and will be part of the requirements of the system. This action will also transfer awareness of sustainability to customers and end-users of these products. Our proposal is compatible with the so-called Karlskrona Manifesto on sustainable development, which defines the key aspects related to sustainability and ICT.

Keywords: *Sustainable Development, Requirement Engineering, Sustainability Awareness, Teaching Sustainability.*

Resumen

Existe una preocupación a nivel mundial en relación al medioambiente y a la sostenibilidad. Los programas de investigación nacionales, europeos e inter-

nacionales, así como las nuevas políticas gubernamentales, están encaminando sus objetivos en pos de solventar estos problemas. La concienciación y educación sobre esta problemática es una actividad necesaria y transversal a todas las disciplinas. Las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (TIC) constituyen uno de los pilares de nuestra sociedad, por lo que los currículos educativos relacionados con este sector deben de ser la piedra angular sobre la que cimentar la educación acerca del desarrollo sostenible. Nuestra propuesta es la inclusión de la sostenibilidad en un currículo de enseñanza universitaria de Informática, dirigida especialmente al ámbito de la Ingeniería de Software. La propuesta se articula en torno a una subdisciplina crítica dentro de la Ingeniería de Software, la Ingeniería de Requisitos. Así, la sostenibilidad adquiere protagonismo de primer orden para los alumnos, mostrándoles cómo puede formar parte de los requisitos a tener en cuenta en la construcción de sistemas, trasladando además esta concienciación sobre sostenibilidad a los clientes y usuarios de estos productos. Nuestra propuesta es compatible con el Manifiesto de Karlskrona sobre desarrollo sostenible, que define los aspectos clave relacionados con la sostenibilidad y las TIC.

Palabras clave: *desarrollo sostenible, ingeniería de requisitos, concienciación en sostenibilidad, enseñanza de la sostenibilidad.*

Introduction

Sustainability can be defined as “the capacity to endure and preserve the function of a system over an extended period of time” (Lago, 2015). Sustainability is nowadays a paramount concern for society (Becker, 2015) although it is not present in the majority of Software Engineering (SE) higher education curricula (Torre, 2017).

Information and Communications Technologies (ICT) contribute about 2% of global CO₂ emissions, and they are responsible for approximately 8% of the EU’s electricity use (Calero, 2015). Electricity consumption of the ICT sector could increase by almost 60% between 2007 and 2020. As the ICT industry becomes aware of sustainability, the SE research community has begun paying attention to sustainability (Lago, 2015).

Environmental sustainability is currently not supported explicitly in requirements engineering (RE) (Penzenstadler, 2012). This leads to the issue that (i) environmental sustainability is not given sufficiently important in ICT yet; and (ii) environmental sustainability is difficult to be specified in requirements and design and consequently hard to evaluate.

This paper presents an educational initiative to create a complete, holistic view of system and software requirements to be used for effectively teaching key issues, goals, values and principles of sustainability for software intensive systems. This proposal is thought to be put into practice in an undergraduate SE course at the Faculty of Computer Science at the University of Murcia.

The structure of the remainder of the paper is as follows: In Section “Academic context” we identify previous studies about sustainability and university computer science curricula. In Section “Sustainable Software Engineering and Green IT” we describe the state of the art related to Green IT. In Section “A method for introducing sustainability in a Software Engineering curriculum” we propose how the methodologies and the software artifacts will be combined in order to introduce sustainability in a Software Development Project Management (SDPM) course. In Section “Description of the sustainability catalogs” we show the sustainability catalogs. Finally, the results will be discussed at the end of this paper in the Section “Conclusions and future work”.

Academic context

Regarding Computer Science education, sustainability was first proposed in the ACM/IEEE Computer Science Curriculum in 2008 (Cassel, 2008), and then it was included as a knowledge unit in the Social Issues and Professional Practice knowledge area in the latest Computer Science Curriculum (ACM/IEEE, 2013), where it is considered transversally in both Software Evolution and Human-Computer Interface. On the other hand, the Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in SE (ACM/IEEE, 2015) does not include any mention to sustainability, while SWEBOK v3 (IEEE, 2014) only mention sustainability once, in relation to SE economics.

A relevant objective is to enable requirements engineers to manage sustainability as a goal or first-class quality (Penzenstadler, 2012) but none of the quality models such as ISO 25000 considers sustainability or the ecological aspects of software products (Calero, 2014). While sustainability is a standardized practice in many engineering disciplines there is currently no such awareness within the SE community (Penzenstadler, 2012). Misperceptions among practitioners and research communities persist, rooted in a lack of coherent understanding of sustainability, and how it relates to software systems research and practice (Becker, 2015).

(Torre, 2017) conduct a survey that shows that sustainability is underrepresented in higher education curricula. (Lago, 2017) claim that from the perspective of former initiatives such as the Millennium Development Goals (MDGs) and the Sustainable Development Goals (SDGs) to the business perspective of the UN Global Compact study to the Smarter 2020 and 2030 future scenarios, all the solutions involve large amounts of software systems and services. Thus ICT can work as an enabler—if software engineers know how to design for sustainability. Therefore SE comes into play as a critical facilitator.

Sustainable Software Engineering and Green IT

Sustainable Software is software whose direct and indirect negative impacts on economy, society, human beings, and environment that result from development, deployment, and usage of the software are minimal and/or which have a positive effect on sustainable development (Dick, 2010). A sustainable system should (i) be technically sound and adaptable; (ii) positively contribute to its natural environment, or, at least, actively minimize its negative impact (environmental sustainability); (iii) positively contribute to the personal well-being and sense of worth of its users; (iv) positively contribute to cohesion and trust in the community of its users; and (v) support continued economic prosperity of its situated business (Chitchyan, 2015).

Green IT refers to the study and practice of the design, development and deployment of hardware, software and communication systems with a positive impact on the environment (Calero, 2015). When the goal pursued is to reduce the energy consumption and the resources used by IT development, we are talking about Green in IT. When the focus is on using the IT to achieve more environmentally-friendly systems in other domains, then it is called Green by IT.

The Karlskrona Manifesto for sustainability design (Becker, 2015) states the key aspects related to sustainability and remarks the importance of SE in current society. The key-aspects of the manifesto can be summarized as follows: i) sustainability is not an isolated property, ii) sustainability is multidimensional, iii) sustainability is multidisciplinary, iv) sustainability is timescaled and v) sustainability transcends the purpose of the system.

The dimensions defined in the Manifesto are described in Table 1.

A method for introducing sustainability in a Software Engineering curriculum

We propose to introduce sustainability concepts in the compulsory subject of third course “Software Development Project Management (SDPM)” in the Degree in Computer Science at University of Murcia. This subject is rated in 6 ECTS credits (European Credit Transfer System) which is estimated to be about 150 hours of student work. It consists of 15 weeks of lectures in the 6th semester with around 120 students enrolled. The sustainability issues will be included within the lesson IV of the block III of this course which is about Requirements Engineering (RE) methods.

Among the specific competences that students must acquire during their studies of this degree (BOE No. 187, of August 4, 2009), we have identified two specific competences related to sustainability: i) CEIII1. Ability to analyze and assess the social and environmental impact of technical solutions, understanding the ethical and professional responsibility of the activity of the Technical Engineer in Computing”, which correspond to Specific Degree Competences and ii) CR1 Ability to design, develop, select and evaluate applications and computer

systems, ensuring its reliability, safety and quality, in accordance with ethical principles and current legislation and regulations, related to specific competences of the common module to the computer science branch. None of the learning results of the course are directly related to these competences. Thus, adding sustainable development theoretical concepts and practises to the SDPM course will help to achieve these competences. A full list of the competences can be found at the web page of the Degree of Computer Engineering of the University of Murcia

Table 1. Sustainability dimensions of the Karlskrona Manifesto

Dimension	Description
Individual	Concerned with the long term effects of human activities on natural systems. This dimension includes ecosystems, raw resources, climate change, food production, water, pollution, waste, etc.
Social	Concerned with societal communities (groups of people, organizations) and the factors that erode trust in society. This dimension includes social equity, justice, employment, democracy, etc.
Economic	Focused on assets, capital and added value. This includes wealth creation, prosperity, profitability, capital investment, income, etc.
Technical	Refers to longevity of information, systems, and infrastructure and their adequate evolution with changing surrounding conditions. It includes maintenance, innovation, obsolescence, data integrity, etc
Environmental	Refers to the well-being of humans as individuals. This includes mental and physical well-being, education, self-respect, skills, mobility, etc.

The proposal for the inclusion of Sustainability from the RE stage consists in using the SIREN methodology (Toval, 2002; Toval, 2002; Toval, 2008). SIREN promotes the definition and use of reusable requirements catalogs and it is also introduced in SDPM in block III, lesson IV. The SIREN methodology promotes the creation and use of reusable requirements catalogs. These catalogs are collections of requirements related to specific domains such as security, usability, etc. The requirements of these catalogs can be easily adapted and reused to specific use cases using boilerplates.

In this vein, regarding sustainability, two reusable requirements catalogs are proposed: i) CAT-S1 which compiles good practices for Sustainable Software Development, including programming good-habits and practices for a sustainable life-cycle development process and ii) CAT-S2 which collects sustainable software requirements that software products should

adopt in order to be sustainable. These catalogs are based on the generic model for sustainability proposed by (Penzenstadler, 2013) and the Karlskrona Manifesto.

The two reusable requirements sustainability catalogs would be described within the 4 hours of classroom teaching scheduled for the block III, lesson IV. Within this time we will introduce Green IT to the students. The description of the CAT-S1 catalog will help to give an overall description about the Green in IT approach and how engineers can incorporate sustainability to their software development process. The description of the CAT-S2 catalog will help to introduce sustainability requirements within the software requirements specification documents. Both catalogs will be available to download via the Aula Virtual of the University of Murcia, an online educational platform based on the open source platform Sakai. We will request the students to perform a practical task to introduce sustainable requirements in a case study by reusing the requirements from the CAT-S2 catalog. With this practical work we hope the overall quality of the systems developed by future IT programmers will increase their quality, durability and contribute to the environment. As RE is studied in the majority of SE curricula, this proposal could be easily adapted to them.

This proposal fits in a Green by IT approach since it is focused on achieving sustainability through the creation of more environment friendly software applications. There are other ways to introduce sustainability in a SE curriculum such as introducing sustainability concepts in software development methods which correspond to the Green in IT perspective. This is explored in other related paper (Sanchez, 2017).

Description of the sustainability catalogs

The sustainability catalogs have been developed on the basis of the generic model for sustainability proposed by (Penzenstadler, 2013). These authors define a meta-model that takes sustainability as a cross-cutting goal, including the concept of goal that can be linked to dimensions, values, indicators, regulation and activities.

The sustainability catalogs are structured according to the five dimensions of sustainability defined in the Karlskrona Manifesto. For this proposal, the requirements to be taught are mostly included in CAT-S2. In Table 2 we show a brief list of some of the activities identified from the CAT-S2 catalog classified by dimension. These activities could help the software engineers to define the non-functional requirements related to sustainability during the requirements elicitation stage.

Table 2. Examples of activities which promotes sustainability in Green by IT perspective

Individual Sustainability
Allow users to provide feedback of the system to communicate failures and suggestions.
Allow customization of the Graphic User Interface (GUI)
Promote Internationalization requirements which support cultural issues.
Collect statistics to understand your audience behavior
Social Sustainability
Preserve and manage the knowledge of the company
Design backup-policies related to the risk mitigation policies of the company
Focus the GUI in the social acceptance of the technology.
Technical Sustainability
Propose open source solutions for third party solutions and libraries
Design for cross-platforms
Use development and automation tools
Economic Sustainability
Specify a sustainable business model
Leverage Internet presence
Leverage automation of tasks and teleworking
Environmental Sustainability
Reduce paper waste
Minimize energy consumption in the GUIs (reduce animations, etc)
Create command line interfaces to automatize tasks
Individual Sustainability
Allow users to provide feedback of the system to communicate failures and suggestions.
Allow customization of the Graphic User Interface (GUI)

Conclusions and future work

With this proposal we will educate our computer science students in the sustainable development. With the application of Green IT techniques they would create better environmentally-friendly systems because they will acquire competences related to sustainability.

The results of including sustainable development concepts in the early stages of the system only will be tangible in long-term. To validate our proposal we are planning to conduct a survey to measure the importance that students give to sustainable development. In the University of Murcia, the SDPM course in the Degree of Computer Science is taught in the same semester that in the program of Simultaneous Studies of Degree in Computer Engineering and Degree in Mathematics in the fourth course. So, if we conduct the same survey to students who learned concepts about sustainable development (Degree in Computer Engineering, third course) and students who did not (Degree in Computer Engineering and Degree in Mathematics in the fourth course), we can measure the effectivity of this proposal.

Acknowledgments

This work is part of the GINSENG-UMU (TIN2015-70259- C2-2- R) project, supported by the Spanish Ministry of Economy, Industry and Competitiveness and European FEDER funds.

References

- ACM/IEEE (2013). *Computer Science Curricula 2013. Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Science*. ACM and the IEEE Computer Society. https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/cs2013_web_final.pdf
- ACM/IEEE (2015). *Software Engineering 2014 Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering. A Volume of the Computing Curricula Series*. ACM and the IEEE Computer Society. <https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/se2014.pdf>
- Becker, C., Chitchyan, R., Duboc, L., Easterbrook, S., Penzenstadler, B., Seyff, N., Venters, C. C. (2015). *Sustainability Design and Software: The Karlskrona Manifesto*. 2015 IEEE/ACM 37th IEEE International Conference on Software Engineering.
- Calero, C., Moraga, M., Bertoa, M. F., others (2014). Quality in Use and Software Greenability. *RE4SuSy@ RE*: 28-36.
- Calero, C., Piattini, M. (2015). *Green in Software Engineering*, Springer Publishing Company, Incorporated.
- Cassel, L., Clements, A., Davies, G., Guzdial, M., McCauley, R., McGettrick, A., Sloan, B., Snyder, L., Tymann, P., Weide, B. W. (2008). *Computer Science Curriculum 2008: An Interim Revision of CS 2001*.
- Chitchyan, R., Betz, S., Duboc, L., Penzenstadler, B., others (2015). Evidencing sustainability design through examples. *Fourth International Workshop on Requirements Engineering for Sustainable Systems (RE4SuSy)*.
- Dick, M., Naumann, S., Kuhn, N. (2010). What Kind of Information Society? Governance, Virtuality, Surveillance, Sustainability, Resilience. *9th IFIP TC 9 International Conference, HCC9 2010 and 1st IFIP TC 11 International Conference, CIP 2010, Held as Part of WCC 2010*.

- IEEE (2014). *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK), Version 3.0*. IEEE Computer Society. <https://www.computer.org/web/swebok/v3>
- Lago, P., Koçak, S. A., Crnkovic, I., Penzenstadler, B. (2015). Framing Sustainability As a Property of Software Quality. *Commun. ACM* 58(10): 70-78.
- Lago, P., Penzenstadler, B. (2017). Editorial: Reality check for software engineering for sustainability—pragmatism required. *J Softw Evol Proc* 29(2).
- Penzenstadler, B., Femmer, H. (2013). *A Generic Model for Sustainability with Process- and Product-specific Instances*. Proceedings of the 2013 Workshop on Green in/by Software Engineering, ACM.
- Penzenstadler, B., Tomlinson, B., others (2012). Re4es: Support environmental sustainability by requirements engineering. *on Requirements ...*
- Sanchez, M. C., Ros, J. N., Aleman, J. L. F., Alvarez, A. T. (2017). *Contenidos para la competencia de sostenibilidad en un currículo de Ingeniería del Software*. III Int. Conf. on Educational Innovation (III CHID).
- Torre, D., Procaccianti, G., Fucci, D., Lutovac, S., Scanniello, G. (2017). *On the Presence of Green and Sustainable Software Engineering in Higher Education Curricula*. Proceedings of the 1st International Workshop on Software Engineering Curricula for Millennials, IEEE Press.
- Toval, A., Moros, B., Nicolás, J., Lasheras, J. (2008). Eight key issues for an effective reuse-based requirements process. *Computer Systems Science and Engineering* 23(6): 373.
- Toval, A., Nicolás, J., Moros, B., García, F. (2002). Requirements reuse for improving information systems security: a practitioner's approach. *Requirements Engineering*.
- Toval, A., Olmos, A., Piattini, M. (2002). *Legal requirements reuse: a critical success factor for requirements quality and personal data protection*. Proceedings IEEE Joint International Conference on Requirements Engineering.