

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 “ <i>engineers</i> ”. 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



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

R. Usamentiaga^a, F. J. Suarez^a, P. J. Tuya^a, M. J. Suárez-Cabal^a, V. Corcoba^a, J. García^a, J. C. Granda^a, J. Molleda^a, J. Puente^a

^aDepartamento de Informática, Universidad de Oviedo {rusamentiaga, fjsuarez, tuya, cabal, corcobavictor, javier, jcgranda, jmolleda, puente}@uniovi.es

Abstract

The Master in Computer Science offers the students an integral education that develops technological, methodological and also management skills. It is therefore fundamental that, during the degree, students are faced with the resolution of complex real-world projects that allow them to acquire the skills and competencies necessary for their profession. This article presents an experience of educational innovation based on project-based learning designed to improve the training of students through the completion of a complex project that presents a great challenge: the creation of a system for fire detection using drones. The project requires the use of knowledge and skills acquired in various subjects, and it is solved throughout the degree. The article presents the design, organization and results of the innovation experience, with particular emphasis on how to fit the project into subjects with specific competences, from distributed systems to embedded systems, also including intelligent systems.

Keywords: *Project-based learning, Coordinated project, CDIO model, Master in Computer Science.*

Resumen

El Máster Universitario en Ingeniería Informática tiene como objetivo proporcionar al alumnado una formación integral que desarrolle aspectos tec-

Desarrollo de un sistema de detección de incendios mediante drones: un caso de aprendizaje orientado a proyectos en el marco de un proyecto coordinado en el Máster Universitario en Ingeniería Informática

nológicos, metodológicos y también de dirección y gestión. Es por tanto fundamental que durante la titulación, el alumnado se enfrente a la resolución de proyectos complejos del mundo real que les permitan adquirir las habilidades, destrezas y competencias necesarias para el desarrollo de su profesión. En este artículo se presenta una experiencia de innovación educativa fundamentada en el aprendizaje basado en proyectos que persigue mejorar la formación de los alumnos mediante la realización de un proyecto complejo que presente un gran reto: la creación de un sistema de detección de incendios mediante drones. El proyecto exige la utilización de conocimientos y competencias adquiridas en varias asignaturas de la titulación y se desarrolla a lo largo de toda la titulación. En el artículo se presenta el diseño, organización y resultados de la experiencia de innovación, con particular énfasis en la forma de encajar el proyecto en asignaturas con competencias concretas, desde la programación del dron, hasta la planificación inteligente de rutas, pasando por el diseño y desarrollo de la arquitectura hardware y software.

Palabras clave: *Aprendizaje basado en proyectos, Proyecto coordinado, Modelo CDIO, Máster Universitario en Ingeniería Informática.*

Introducción

La formación universitaria debe proporcionar a los ingenieros un conjunto de habilidades, tanto técnicas como sociales y de comunicación, para que puedan afrontar con éxito su desarrollo profesional en un entorno cada vez de mayor complejidad y competitividad (Crawley, 2007). En este contexto resulta fundamental que los estudiantes adquieran competencias que les permitan analizar y diseñar sistemas de elevada complejidad en un entorno de trabajo en equipo. Una estrategia de enseñanza-aprendizaje que encaja con estos objetivos es el aprendizaje basado en proyectos (PBL, *Project-based learning*) (Krajcik, 2006). El PBL es un modelo de enseñanza-aprendizaje que se organiza mediante proyectos donde los estudiantes realizan su análisis, planificación y desarrollo. Los proyectos incluyen tareas complejas que presentan retos a los estudiantes, cuya solución requiere estudio y planificación, proporcionando a los estudiantes la oportunidad de introducirse en la investigación y en la toma de decisiones autónoma.

En el Máster Universitario en Ingeniería Informática impartido en la Universidad de Oviedo uno de los grandes objetivos es proporcionar al alumnado una formación integral que desarrolle nuevas competencias tecnológicas, metodológicas y también de dirección y gestión en empresas o departamentos de Informática (Suárez, 2015). De esta forma, se persigue que los estudiantes adquieran unas habilidades que les capaciten para analizar necesidades,

concebir estrategias, planificar recursos y dirigir proyectos. Es por tanto necesario que, durante su formación, el alumnado se enfrente a la resolución de proyectos complejos del mundo real que les permitan adquirir las habilidades, destrezas y competencias necesarias para el desarrollo de su profesión.

Este trabajo presenta el diseño, organización y resultados de una experiencia de innovación docente fundamentada en la estrategia de aprendizaje basado en proyectos en el marco de un Máster Universitario en Ingeniería Informática. El objetivo que se persigue es la realización de un proyecto coordinado entre varias asignaturas del Máster que, partiendo de los principios descritos, permita al alumnado trabajar sobre un ejemplo de sistema real más complejo que el que se pueda abordar en una única asignatura y que exija la utilización de conocimientos y competencias adquiridas en varias asignaturas de la titulación. Se plantea la realización de un proyecto real y complejo, que involucra a 7 de las 16 asignaturas que se imparten en la titulación. Como trabajo para la realización del proyecto coordinado, y teniendo en cuenta el reducido número de alumnos en las titulaciones de Máster, se plantea la realización de un único proyecto para todos los grupos de alumnos. El proyecto planteado trata sobre la realización de un sistema de detección de incendios mediante drones. Se trata de un proyecto complejo que trata de resolver un problema real y de mucha importancia. Existen ya en la actualidad algunos sistemas con similares objetivos que se están enfrentando a este gran reto. Además, es un proyecto que exige un alto grado de soluciones multidisciplinares.

El desarrollo del proyecto se realiza de forma coordinada entre varias asignaturas del Máster. En cada una de ellas, los grupos de alumnos se enfrentan a la resolución de tareas relacionadas con la temática de la asignatura, siempre con la vista puesta en la consecución de los objetivos globales del proyecto. Entre las tareas a desarrollar se encuentra la definición de requisitos y servicios, el diseño de la infraestructura hardware, el diseño de la infraestructura software y la implementación de los servicios necesarios, la evaluación de la calidad de los productos mediante pruebas, la programación de los drones, la visualización de la información, y la planificación óptima de las rutas de inspección.

Trabajos Relacionados

En las últimas décadas se ha generado abundante literatura sobre el aprendizaje basado en proyectos (PBL). En (Barron, 1998) y (Bell, 2010) se pueden encontrar profundas revisiones sobre la metodología y ejemplos de utilización en diversos ámbitos. En estos trabajos se subraya la diversidad tanto en las definiciones de PBL como en los enfoques sobre su utilización. En general, se identifican cinco aspectos como clave dentro de la metodología: (1) la utilización de PBL como aspecto central del currículo, no periférico, (2) la utilización de proyectos que enfrenten a los alumnos con problemas que permitan encontrar los conceptos centrales de la disciplina, (3) la utilización de proyectos que involucren a los alumnos en la investigación, en la construcción de conocimiento, en la toma de decisiones y en la resolu-

Desarrollo de un sistema de detección de incendios mediante drones: un caso de aprendizaje orientado a proyectos en el marco de un proyecto coordinado en el Máster Universitario en Ingeniería Informática

ción de problemas, (4) la utilización de proyectos que se centren en el alumno, y eviten guiones o trabajo dirigido por el profesor, y (5) la utilización de proyectos realistas, que proporcionen a los alumnos una sensación de autenticidad. La metodología de aprendizaje PBL tiene sus bases en el constructivismo (Gergen, 2007), una metodología basada en la construcción de significado y la resolución de problemas, donde los alumnos abstraen el conocimiento y lo extrapolan a otros ámbitos de forma dinámica, es decir, los alumnos aprenden mientras crean.

La metodología PBL ha sido desarrollada de manera detallada para un marco global dentro del modelo CDIO (Crawley, 2007), cuyas iniciales enfatizan los principios del modelo de aprendizaje que se propone: *Concebir, Diseñar, Implementar, y Operar*. En resumen, aprender pensando, haciendo y usando. Esta iniciativa pretende conseguir una transformación global en la formación que se proporciona en la ingeniería, exponiendo a los alumnos a situaciones reales que se encuentren en el ejercicio de su profesión y que tengan impacto en el desarrollo de habilidades y competencias significativas. Existen múltiples trabajos donde se analizan las claves para la aplicación de este modelo, como por ejemplo (Peihua, 2008) para la Universidad de Shantou o (Wang, 2008) para el MIT. En estos trabajos se resaltan los excelentes resultados obtenidos, donde los alumnos mejoran significativamente su capacidad de auto-aprendizaje y su habilidad para resolver problemas.

En (Chen, 2013) se propone la aplicación de un modelo CDIO para la enseñanza de titulaciones de informática, con aspectos concretos de aplicación a esta disciplina. Otros ejemplos de aplicación de este modelo al ámbito de la informática se pueden encontrar en (Zhang, 2009) y (Jingdong, 2011). En estos trabajos se describen con detalles ejemplos de proyectos desarrollados en colaboración entre varias asignaturas, como por ejemplo el desarrollo web con aspectos de procesamiento de imágenes y bases de datos. El desarrollo de estos proyectos rompe el enfoque tradicional de asignaturas independientes, para resolver un problema de mayor entidad donde el proyecto es la base para conseguir formar a los alumnos en la creación de diseños innovadores. A pesar de que el modelo CDIO se plantea de forma global, existen ejemplos de aplicación también en el ámbito de asignaturas concretas, como por ejemplo en el contexto de los sistemas empotrados (Li, 2010).

Metodología

El proyecto coordinado donde se plantea realizar la experiencia de PBL se enmarca en un Máster Universitario en Ingeniería Informática, en concreto el impartido en la Universidad de Oviedo. Este máster habilita para el ejercicio de la profesión de Ingeniería Informática conforme a las directrices nacionales e internacionales, y forma a profesionales altamente cualificados en la disciplina. El máster consta de 90 ECTS, que se imparten durante un curso académico de manera presencial (60 ECTS) y medio curso más de manera no presencial donde se realizan las prácticas en empresa y el trabajo fin de máster. El curso presencial se divide en 16 asignaturas (de 4 y 3 ECTS cada una) que se imparten simultáneamente

R. Usamentiaga, F. J. Suarez, P. J. Tuya, M. J. Suárez-Cabal, V. Corcoba, J. Garcia, J. C. Granda, J. Molleda, J. Puente

en grupos de cuatro, durante periodos de dos meses. Las asignaturas cubren diversos aspectos de la disciplina y desarrollan competencias variadas.

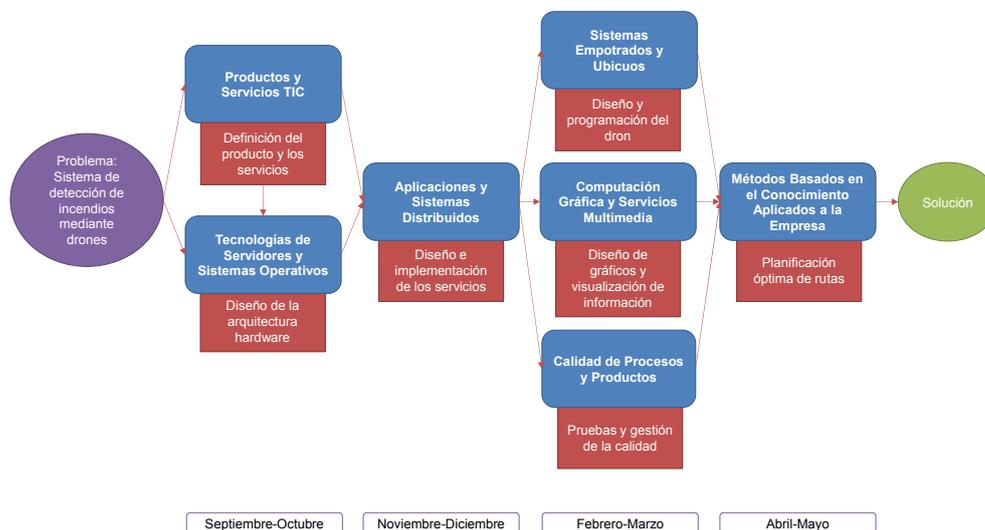
Para la realización del proyecto coordinado se ha realizado un estudio para determinar qué asignaturas y qué proyecto podrían encajar en los principios establecidos por el PBL y por el modelo CDIO. Como resultado, se han identificado, como paso inicial, 7 asignaturas para el desarrollo del proyecto que se llevará a cabo durante todo el curso. Cada una de estas asignaturas aborda una temática y desarrolla unas competencias que cada grupo de trabajo deberá aplicar al proyecto. La selección del proyecto ha perseguido realizar un proyecto real, complejo y que permita poner en prácticas habilidades y competencias de las asignaturas seleccionadas. Se ha considerado la realización de un proyecto sobre detección de incendios mediante drones, ya que cubre todos esos objetivos, al ser complejo, un caso real y de interés y cuya solución necesita la utilización de múltiples conocimientos que encajan con las asignaturas que lo desarrollan. Además, las características particulares de la titulación permiten el desarrollo de un único proyecto para todos los alumnos. El número de alumnos se sitúa entre 10 y 20, lo que permite crear entre 2 y 4 equipos de trabajo de 5 alumnos. La asistencia de los alumnos a clase y el seguimiento de las asignaturas son muy estables a lo largo de todo el curso académico, lo que permite que la configuración de los grupos se mantenga inalterada en las diversas asignaturas. De esta forma, el mismo grupo de alumnos puede ir elaborando su proyecto a medida que se imparten las asignaturas durante el curso.

El proyecto sobre detección de incendios mediante drones se considera un reto para los alumnos donde, a lo largo de todo un curso académico, deben trabajar para ir construyendo una solución. Durante el curso, y en el contexto de cada asignatura irán realizando parte de las tareas que permitan obtener el sistema final, cubriendo diversos aspectos. Es precisamente durante la construcción de la solución del problema donde se pretende que los alumnos construyan conocimiento y desarrollen competencias, no solo tecnológicas sino también de comunicación y sociales, al trabajar en grupo.

La Figura 1 muestra de forma resumida la organización temporal del proyecto junto con las asignaturas de la titulación que participan en el proyecto coordinado. Inicialmente los alumnos definen el producto, sus servicios y sus requisitos. Esta fase dentro del modelo CDIO sería la fase de *Concebir*. A lo largo del curso, el sistema es diseñado e implementado, haciendo énfasis a lo largo de las asignaturas en diversos aspectos, como la distribución de información, la visualización, la programación de los drones, o la toma de decisiones inteligente. Estas serían las fases de *Diseñar* e *Implementar* del modelo CDIO. Además, hay asignaturas que se encargan de evaluar la calidad, enlazando con la fase *Operar* del modelo CDIO. A continuación se resumen, para cada asignatura, las actividades llevadas a cabo para la realización del proyecto.

Desarrollo de un sistema de detección de incendios mediante drones: un caso de aprendizaje orientado a proyectos en el marco de un proyecto coordinado en el Máster Universitario en Ingeniería Informática

Figura 1. Organización del proyecto por asignaturas y desarrollo temporal



La asignatura Productos y Servicios TIC tiene como objetivo diseñar, implantar, operar, mantener y auditar productos y servicios en el ámbito de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC). Para ello, la asignatura se centra en las metodologías, estándares y marcos de trabajo para el gobierno y la gestión de productos y servicios proporcionados tanto por empresas del ámbito TIC como por departamentos de informática en cualquier tipo de empresa. En el contexto del proyecto coordinado, como esta es la primera asignatura que se imparte, se presenta el servicio a desarrollar y se muestra cómo se coordinan las asignaturas involucradas para llevarlo a cabo. El servicio tiene como clientes objetivo a las administraciones públicas, encargadas de gestionar los parques naturales, y proporciona ayuda para la detección y extinción de incendios mediante el uso de drones.

La arquitectura básica del servicio se muestra en la Figura 2. El sistema consta de un conjunto de drones asociados a múltiples estaciones de control que interactúan con una estación central que se encarga de gestionar y controlar el sistema. El sistema básico incluye un conjunto de funcionalidades mínimas que servirán de base para trabajos del proyecto coordinado en sucesivas asignaturas: establecimiento de rutas de vuelo para los drones, control manual del vuelo de los drones, visualización normal y térmica de la zona, captura y almacenamiento de datos (geoposición, condiciones atmosféricas e imágenes) y transmisión de la información en tiempo real hacia el sistema central a través de las estaciones locales.

Figura 2. Arquitectura básica del servicio de detección de incendios mediante drones



La asignatura Tecnología de Servidores y Sistemas Operativos se circunscribe al ámbito de la infraestructura informática, y más concretamente, al concepto de infraestructura virtual, que implica la gestión de recursos hardware (servidores, sistemas de almacenamiento y redes) como bancos de recursos que pueden ser usados de forma flexible por las cargas de trabajo virtualizadas. El encuadre de la asignatura en el trabajo coordinado se sustancia en el análisis y definición de la infraestructura informática requerida para dar soporte al sistema central del servicio de extinción de incendios. Se analizan dos alternativas: (1) implementación en las instalaciones del proveedor del servicio de detección de incendios, y (2) implementación en las instalaciones de un proveedor de Cloud Computing. La alternativa (1) se plantea con un ejercicio de dimensionamiento de infraestructura informática (servidores, redes y almacenamiento) para dar soporte a un cloud privado, que a su vez dé soporte al servicio de detección de incendios. La alternativa (2) exige al alumno la exploración de los recursos ofrecidos por un proveedor de servicios en la nube, con el fin de elegir un conjunto de recursos adecuados para dar soporte al de detección de incendios.

La asignatura Aplicaciones y Sistemas Distribuidos pretende que el alumno adquiera las competencias necesarias para diseñar, evaluar y decidir soluciones distribuidas en el entorno empresarial. Para ello se estudian arquitecturas distribuidas para la empresa, así como las técnicas de integración que permitan el ensamblado de sistemas previamente existentes. Esta asignatura encaja en el diseño del sistema distribuido donde los alumnos implementan los servicios necesarios para el sistema de detección de incendios. En primer lugar, se propone a los alumnos que identifiquen las necesidades de almacenamiento de información, y que diseñen un modelo relacional para dar una solución a esas necesidades. También se hace hincapié en la descomposición del sistema en componentes distribuidos desacoplados que se comuniquen a través de la red. Además, dentro del proyecto los alumnos deben proporcionar solución a los tipos de comunicaciones, síncronas o asíncronas, a los protocolos y metodologías a utilizar, junto con las herramientas de integración que deben de utilizar, incluyendo por ejemplo colas de mensajes y cachés. Otro aspecto que se considera de gran importancia es el despliegue de la aplicación, donde a los alumnos les surge la necesi-

Desarrollo de un sistema de detección de incendios mediante drones: un caso de aprendizaje orientado a proyectos en el marco de un proyecto coordinado en el Máster Universitario en Ingeniería Informática

dad de tomar decisiones sobre la forma de automatizar el desarrollo, las pruebas y la transición del sistema desarrollado a un entorno de producción. Estos aspectos se enlazan con la asignatura de Calidad de Procesos y Productos, donde se abordan las actividades de evaluación encaminadas a mejorar la calidad del software, fundamentalmente mediante la realización y gestión de las pruebas. Para ello se estudian los procesos y técnicas de prueba, junto con la mejora del proceso, estándares y herramientas aplicables. Todo ello se aplica al sistema desarrollado, utilizando las herramientas más usuales en la industria para su automatización y realizando actividades que incluyen: pruebas funcionales, pruebas estáticas y gestión de planes de pruebas.

Tanto en la asignatura Computación Gráfica y Servicios Multimedia como en la asignatura Sistemas Empotrados y Ubicuos se resuelven problemas tecnológicos relacionados con el sistema. En la asignatura Computación Gráfica y Servicios Multimedia se busca que el alumno conozca los fundamentos básicos de los sistemas gráficos, los procesos de renderizado y los tipos de sistemas, aplicaciones y servicios multimedia, así como las tecnologías involucradas en los mismos. El encaje de esta asignatura en el proyecto coordinado se traduce en el desarrollo de una parte del *frontend* para la visualización en 3D del dron de forma geolocalizada y la reproducción del vídeo que transmite en directo si el dron incorpora esta posibilidad. De esta forma, se ofrece al usuario una perspectiva aproximada del campo de trabajo de cada dron. Para la parte de la vista 3D los alumnos deben analizar y diseñar un entorno gráfico en el que se combinen ortofotos o fotos satelitales obtenidas de servicios públicos de mapas con un modelo 3D del dron. En la asignatura Sistemas Empotrados y Ubicuos los estudiantes adquieren competencias relacionadas con la integración de tecnologías y plataformas propias de sistemas empotrados y ubicuos. Estos entornos tecnológicos, junto con Internet, han dado lugar a lo que se conviene en llamar Internet de las Cosas (Internet of Things, IoT). Las tareas relacionadas con el proyecto coordinado del Máster en Sistemas Empotrados y Ubicuos comienzan con una toma de contacto con un sistema empotrado complejo como es un dron, a través del cual los estudiantes son capaces de observar diferentes áreas de trabajo involucradas en el diseño de sistemas empotrados: microprocesadores y microcontroladores, sensores, fusión de sensores, actuadores, reguladores, comunicaciones inalámbricas, posicionamiento, gestión de energía, sistemas operativos para sistemas empotrados, etc. En primer lugar, se muestran las características de un sistema comercial de este tipo y, a continuación, se trabaja con un sistema desarrollado específicamente para adquirir las competencias propias de la asignatura. La tarea principal consiste en el desarrollo de módulos que implementen las interfaces de control de vuelo definidas en asignaturas previas y que, actuando directamente sobre las funciones proporcionadas por el controlador de vuelo del sistema empotrado, permitan ejecutar acciones de vuelo autónomo. En concreto, deben ser capaces de seguir una ruta definida por una serie de puntos de referencia (waypoints) especificados a con el protocolo de comunicación MAVLink (para pequeños vehículos no tripulados).

La asignatura de Métodos Basados en el Conocimiento Aplicados a la Empresa plantea como objetivo dotar a los estudiantes de un espectro heterogéneo de técnicas y herramientas de Ingeniería del Conocimiento para explotar los Sistemas de Información disponibles en cada caso. Esta asignatura se ubica temporalmente en el bloque final de asignaturas del máster, lo que permite disponer de un sistema de información prácticamente completo del proyecto coordinado. En ella los estudiantes deberán dar el salto entre el diseño y desarrollo de un sistema flexible aplicable a diferentes escenarios, a enfrentarse a su implantación en una ubicación real, concretamente un bosque de montaña, ofreciendo una solución técnicamente factible y con los niveles de calidad acordados con el cliente, y a la vez dentro de los márgenes económicos pertinentes. El sistema desarrollado hasta el momento no solo les aporta un modelo de información sino también los módulos de simulación necesarios para ser integrados con las herramientas de Inteligencia Artificial utilizadas en la búsqueda de soluciones factibles y su posterior análisis y comprensión como expertos del dominio del problema, concretamente algoritmos genéticos multi-objetivo. Cada grupo deberá modelar su solución como un problema multi-objetivo en el que no solo van a identificar las mejores rutas de vuelo, sino que también actuarán como expertos al tener que aprender en qué medida afectan las diversas variables y restricciones, no solo económicas o tecnológicas, sino también orográficas y medioambientales que suponen interactuar con un sistema vivo como es una reserva natural.

En cada asignatura el rol del profesor será el de asesor que guía a los alumnos en la aplicación de las técnicas presentadas y en la elicitación y comprensión de las variables más relevantes para solucionar cada parte del problema.

Resultados

A lo largo del curso académico, los alumnos construyen partes de la solución del problema en el contexto de cada asignatura. Esto les permite a los alumnos afrontar el reto de solucionar un problema complejo aplicando descomposición. De esta forma, la solución va completándose a medida que avanza la titulación y los alumnos incorporan soluciones concretas a los diversos problemas que les surgen. Los resultados son a la vez parciales, en el contexto de cada asignatura, y globales al obtener a lo largo del tiempo un sistema cada vez más complejo y con mayores funcionalidades. Además, los resultados de una asignatura son necesarios para realizar el trabajo en las siguientes, lo que hace a los alumnos ser mucho más responsables de su trabajo, y ser conscientes de las consecuencias en la toma de decisiones.

Como resultado en la asignatura Productos y Servicios TIC, los alumnos realizan una especificación funcional del producto, identificando las partes interesadas y usuarios, estableciendo y jerarquizando los requisitos funcionales y no funcionales, estableciendo la arquitectura del sistema, determinando sistemas habilitadores, diseñando las interfaces del producto entre los diferentes subsistemas y con sistemas habilitadores y especificando de

Desarrollo de un sistema de detección de incendios mediante drones: un caso de aprendizaje orientado a proyectos en el marco de un proyecto coordinado en el Máster Universitario en Ingeniería Informática

forma detallada los requisitos del servicio básicos necesarios para las demás asignaturas. También definen la gestión del servicio, especificando los niveles de servicio ofertados, concretados en uno o más SLAs (*Service Level Agreements*), elaborando planes de capacidad, disponibilidad y continuidad para el servicio, y calculando tanto el coste de provisión del servicio como el precio al que se oferta. Los resultados de esta asignatura se complementan con los de la asignatura Tecnología de Servidores y Sistemas Operativos, donde los alumnos elaboran una memoria técnica sobre las dos alternativas de diseño para el sistema central: la implementación en las instalaciones del proveedor del servicio de detección de incendios, y la implementación en las instalaciones de un proveedor de cloud computing. Cada versión incluye la arquitectura de componentes, los cálculos de capacidad (para determinar una dimensión apropiada de la infraestructura), el catálogo de componentes elegidos y el presupuesto. La memoria concluye con un análisis comparativo de las dos alternativas de diseño, indicando las ventajas e inconvenientes de cada una y justificando la opción elegida. El resultado de las dos asignaturas permite obtener una especificación detallada del sistema.

En el contexto de la asignatura Aplicaciones y Sistemas Distribuidos, los alumnos desarrollan un sistema distribuido para gestionar los drones, incluyendo una interfaz de usuario para su control y monitorización. Además, dotan al sistema de mecanismos de consulta para acceder al estado de los drones y del sistema en tiempo real. Dentro del sistema desarrollado, se incluyen herramientas de integración como servidores web o *brokers* de paso de mensajes. Durante el despliegue de la aplicación, todos los componentes se ejecutan sobre contenedores en un entorno virtualizado, valorando que el proceso de puesta en marcha del sistema esté completamente automatizado a partir del repositorio de control de versiones del código fuente. El sistema desarrollado se prueba y evalúa en la asignatura Calidad de Procesos y Productos. Las pruebas se ejecutan en un entorno estándar de integración continua (Jenkins) que automatiza el proceso de generación, despliegue en pruebas y ejecución de las pruebas dinámicas y estáticas (automatizadas con XUnit y JMeter y SonarQube) para cada cambio realizado en el repositorio Git maestro, obteniendo adicionalmente informes sobre la cobertura de las pruebas. Durante las pruebas, los alumnos refuerzan la motivación de su importancia, descubren problemas de diseño e implementación que habían pasado inadvertidos, problemas de diseño para la testeabilidad que dificultan la prueba unitaria de los diferentes componentes y mejoran el estilo de programación en base a los resultados del análisis estático, incluyendo la detección de código duplicado o escasez de documentación.

El resultado del trabajo realizado en la asignatura Computación Gráfica y Servicios Multimedia es una nueva versión del *frontend* en la que se ubican en tiempo real en un mapa de la zona de interés los drones activos junto con sus rutas. El usuario podrá acceder a una vista 3D de cada dron en la que se visualiza un modelo 3D del dron junto con las fotos del terreno en el que está sobrevolando. Para facilitar su desarrollo, se les propone a los alumnos el uso de bibliotecas y servicios de mapas. Además, en la misma vista 3D aparecerá

superpuesto el vídeo recibido desde el dron. Para incorporar esta funcionalidad, es necesario desplegar un servicio de vídeo en directo a partir del flujo de vídeo transmitido por el dron.

En la asignatura Métodos Basados en el Conocimiento Aplicados a la Empresa el resultado produce un módulo software que se integra con el sistema de información previamente desarrollado que, implementando técnicas metaheurísticas multi-objetivo, diseña los distintos planes de vuelo de los drones necesarios para la supervisión de las áreas geográficas definidas en el sistema de información.

El resultado general del proyecto es un sistema que, a partir de las competencias desarrolladas en múltiples asignaturas, proporciona una solución a un problema complejo y real. Además, trasciende a los aspectos formativos impartidos en asignaturas individuales, desarrollando competencias transversales con enorme importancia desde el punto de vista de la titulación. El proyecto coordinado se ha realizado en los dos últimos cursos académicos del máster con una buena respuesta y recepción. Los alumnos consideran que el trabajo realizado les requiere un esfuerzo significativamente superior que el modelo anterior, pero también muestran su conformidad en la necesidad de abordar este tipo de tareas para enfrentarse a problemas reales que les preparen para el mundo profesional. Desde el punto de vista del profesorado, en general la respuesta también es positiva. Sin embargo, supone un incremento de la carga de trabajo en comparación al enfoque tradicional que se seguía para impartir los contenidos, ya que asumía que cada asignatura era un aspecto particular e independiente dentro la titulación. La necesaria coordinación y dedicación al proyecto obliga a reformar los contenidos que se imparten en las asignaturas y también hace necesario reuniones periódicas de coordinación. Se considera que esta carga adicional de trabajo se compensa con los resultados que el proyecto coordinado aporta.

Conclusiones

El aprendizaje basado en proyectos permite desarrollar competencias de enorme importancia para que los alumnos se integren en el mundo profesional con garantías de éxito. En este artículo se propone una experiencia de innovación educativa que, bajo este enfoque, desarrolla un proyecto coordinado entre múltiples asignaturas en el marco de un máster en Ingeniería Informática. El proyecto seleccionado, un servicio de detección de incendios mediante drones, exige la aplicación de un alto grado de soluciones multidisciplinarias, desde la programación del dron, hasta la planificación inteligente de rutas, pasando por el diseño y desarrollo de la arquitectura hardware y software. Esto permite que diversas asignaturas aborden diversos aspectos relacionados con el servicio, y que los alumnos realicen su trabajo de forma coordinada a lo largo del curso, finalizando con una solución a un problema real y complejo que les obliga a plantear soluciones a problemas prácticos y motivadores en el contexto de la disciplina.

Desarrollo de un sistema de detección de incendios mediante drones: un caso de aprendizaje orientado a proyectos en el marco de un proyecto coordinado en el Máster Universitario en Ingeniería Informática

La valoración del proyecto coordinado es positiva, tanto desde el punto de vista de los alumnos como de los profesores. Además, el proyecto permite que los alumnos se enfrenten a un problema de gran complejidad, trascendiendo a las asignaturas concretas, tal y como ocurre en los proyectos reales. Por otro lado, la realización del proyecto exige un esfuerzo adicional a los alumnos, que son responsables de su trabajo a lo largo de todo el curso, siendo conscientes de las consecuencias en la toma de decisiones. Este tipo de experiencias también exige un esfuerzo adicional a los profesores, modificando la forma de impartir la materia y obligando a una mayor coordinación entre asignaturas. En este sentido la realización del proyecto se ve facilitada por el bajo número de alumnos, que permite reducir aspectos de gestión que en otros ámbitos serían más difíciles de resolver.

Referencias

- Barron, B.J., Schwartz, D.L., Vye, N.J., Moore, A., Petrosino, A., Zech, L., Bransford, J.D. (1998). Doing with understanding: Lessons from research on problem-and project-based learning. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3-4), pp. 271-311.
- Bell, S. (2010). Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The Clearing House*, 83(2), pp. 39-43.
- Crawley, E., Malmqvist, J., Ostlund, S., Brodeur, D. (2007). Rethinking engineering education. *The CDIO Approach*, 302, pp. 60-62.
- Chen, X., Qiu, Y. (2013). The Reform for Software Engineering Majors Based on CDIO. In *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 380, pp. 2464-2467. Trans Tech Publications.
- Gergen, K. J., Ferráns, S. D., Mesa, A. M. E. (2007). *Construccionismo social: aportes para el debate y la práctica*. Universidad de los Andes. Ediciones Uniandes.
- Jingdong, S., Zhengbin, W., Yan, Z., Yao, W. (2011). Computer engineering education reform based on CDIO. *International Conference on Computer Science & Education*, pp. 1286-1290. IEEE.
- Krajcik, J.S., Blumenfeld, P.C. (2006). Project-based learning, pp. 317-34.
- Li, J.Q., Wang, Z.Q., Xue, L.P. (2010). Research of Embedded System Teaching Based on CDIO Mode. *Computer*, 12, 035.
- Peihua, G., Minfen, S., Shengping, L., Zhemin, Z., Xiaohua, L., Guangjing, X. (2008). From CDIO to EIP-CDIO: A Probe into the Mode of Talent Cultivation in Shantou University. *Research in Higher Education of Engineering*, 1(1), pp. 2-20.
- Suárez, F.J., Tuya, P.J., García, D.F., Garcia, R., Montequín, V., De la Cal, A.E., Alguero, A. (2015). Diseño, Implantación y Desarrollo de un Máster en Ingeniería Informática. *ReVision*, 8, pp. 67-76.
- Wang, S.W., Hong, C.W. (2009). CDIO: the Classic Mode of Engineering Education in MIT-An Unscrambling on the CDIO Syllabus. *Journal of Higher Education in Science & Technology*, 4.
- Zhang, Y.F., Liu, J. (2009). An experiment of computer curriculum reform based on CDIO in engineering education. *Int. Conference on Computer Science & Education*, pp. 1629-1632. IEEE.