

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

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



Dinamización del aprendizaje de VHDL a través del Aprendizaje Basado en Proyectos en una asignatura de Máster

Manuel Arias, Ignacio Castro, Kevin Martín, Daniel García, Mariam Saeed

Universidad de Oviedo. Calle Pedro Puig Adam, Edificio Departamental 3, Campus de Viesques.

Abstract

In VHDL, instructions are not executed in a sequential way, as in traditional programming languages, but in a concurrent and continuous way. This represents the biggest problem for the students' learning as they have to completely change the way they design the programs.

Besides, in certain aspects there is a gap between the skills the students acquire in the university and the skills demanded by companies. Initiative, independency and autonomous learning are three of those demanded skills.

This paper describes the planning and content of the practical sessions of a Master's degree course focused on VHDL and FPGAs aiming at two targets:

- *Making the students acquiring the required skills in order to be able to efficiently construct concurrent programs.*
- *Boosting the autonomous work capacity and initiative of the students.*

To achieve these two targets, the Project Based Learning (PBL) is used in practical sessions, being organized in such a way that each project is more challenging than the previous one. In this way, a completely new programming technique can be totally acquired by the students without the initial blockage in the learning process derived from wrongly planning the VHDL programs as a sequential set of instructions. At the same time, the sessions are designed and organized trying to boost the independency and initiative of the students, simulating the conditions they will face in their future jobs.

Keywords: *FPGA, VHDL, PBL, Project Based Learning, independency, Master.*

Resumen

En el lenguaje de programación VHDL (Very High Speed Hardware Description Language), los programas no son ejecutados instrucción a instrucción de forma secuencial, como ocurre en los lenguajes de programación tradicionales. Realmente, son descripciones de cómo se debe configurar el hardware de la FPGA (Field Programmable Gate Arrays) para llevar a cabo las tareas deseadas. Las instrucciones son, por tanto, de ejecución continua y concurrente. Esto implica un cambio de paradigma importante para el alumno en cuanto a metodología y forma de pensar, siendo el principal escollo para su aprendizaje.

Por otro lado, es bien conocido que existe una brecha, en ciertos aspectos, entre las competencias del alumno recién egresado y lo que demanda la industria. Tres de esos aspectos son la capacidad de trabajo autónomo, la iniciativa y la independencia.

En este artículo se describe el planteamiento de unas prácticas centradas en el aprendizaje de VHDL y FPGAs con dos objetivos claros:

- *Asentar las competencias para una técnica eficiente de diseño de programas concurrentes.*
- *Fomentar el trabajo autónomo y la iniciativa.*

Para lograr estos objetivos se plantea una organización de prácticas basadas en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), donde de forma gradual los alumnos se embarquen en proyectos cada vez más complejos. De esta forma, se facilita el aprendizaje de la programación concurrente sin el escollo inicial que supone la errónea tendencia de los alumnos a desarrollar este tipo de programas desde el prisma de la ejecución secuencial. Del mismo modo, también se busca emular, hasta cierto punto, la forma en la que desarrollarán los proyectos en su futura vida laboral.

Palabras clave: *FPGA, VHDL, ABP, Aprendizaje basado en proyectos, autónomo, Máster.*

Introducción y trabajos relacionados

En los lenguajes de programación tradicionales, tanto a nivel ensamblador como a más alto nivel, los programas escritos son una sucesión de instrucciones que se almacenan en una memoria. Un microprocesador es el encargado de ejecutar dichas instrucciones cumpliendo la norma fundamental de que las instrucciones se ejecutan una a una de forma secuencial (considerando sistemas con un único microprocesador), por lo que el resultado de una instrucción está disponible para las instrucciones que se ejecuten a continuación.

La programación de una FPGA también se realiza mediante la escritura de un programa basado en un conjunto de instrucciones. Sin embargo, existe una diferencia fundamental, y es que este programa describe cómo debe configurarse el *hardware* interno de la FPGA para realizar la/s tarea/s descritas a través del programa. Dicho de otro modo, no existe un elemento que vaya ejecutando las instrucciones del programa una a una. Por lo tanto, cuando se analiza o desarrolla un programa de este tipo, se debe suponer que las instrucciones que lo definen se ejecutan de forma concurrente, en paralelo, y de forma ininterrumpida.

Los estudiantes de Grado en Ingeniería de Telecomunicación estudian diversos lenguajes a lo largo de la carrera (C, Python, *Scripts* de MatLab, ensamblador) aplicados a diversas plataformas (microcontroladores, microprocesadores) y fabricantes (Microchip, AMD, Texas Instruments, etc.). Como denominador común tienen (en la mayor parte de los casos) que durante los primeros cursos todos ellos son lenguajes de programación secuenciales. Como resultado, los alumnos llegan al último curso de Grado, y por defecto, al Máster, con una gran preparación y unas competencias perfectamente adquiridas para el desarrollo, optimización e interpretación de programas desde el prisma de la ejecución secuencial. Sin embargo, esto supone un escollo importante al aprendizaje de lenguajes concurrentes de descripción de *hardware*, como el VHDL, que suelen impartirse en el último curso del Grado o incluso ya en el Máster. El problema es que de forma inconsciente, los alumnos tienden a diseñar e interpretar los códigos como si se ejecutarán de forma secuencial, llevando a códigos erróneos o, en el mejor de los casos, ineficientes.

En este artículo se plantea la metodología, contenido y organización de unas prácticas basadas en el Aprendizaje Basado en Proyecto (ABP) para la asignatura Diseño Digital Avanzado, del Máster en Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad de Oviedo. La asignatura se centra en la programación de FPGAs mediante el lenguaje de descripción de *hardware* VHDL. El Máster es generalista, habilitante, y en él confluyen estudiantes de tres especialidades del Grado (Electrónica, Teoría de la Señal y Telemática).

Dadas las circunstancias especiales antes comentadas en relación al aprendizaje de lenguajes concurrentes, el ABP puede no parecer la mejor opción. A pesar de ser una asignatura impartida a estudiantes del primer curso de Máster, con mucha experiencia acumulada en comparación a un estudiante de primer curso de Grado, su familiaridad con el tipo de programación concurrente es nula, haciendo más difícil la aplicación del ABP. Esto puede hacer preferibles unas prácticas basadas en un guion en el que se detallen todos los pasos para elaborar diversos programas, siempre desde la perspectiva de ir cubriendo lo que se acaba de ver en clase, y dejando como parte no guiada la realización de uno o dos ejercicios sencillos. La metodología de prácticas aquí planteada logra evitar este escollo planteando los pequeños proyectos con una dificultad gradual, de forma que el primero de los proyectos tiene por objetivo hacer ver a los alumnos la necesidad de cambiar la forma de plantear y desarrollar los programas concurrentes (en relación a los secuenciales), mientras que los

proyectos siguientes logran asentar y mejorar todas las competencias específicas ligadas a este tipo de programación.

Otro problema bastante común es que ciertas competencias transversales demandadas por el mercado laboral no se ven del todo potenciadas durante los estudios. Estas competencias varían dependiendo de los planteamientos particulares de cada asignatura y de cada grado, pero en ciertos casos puede asegurarse que las competencias relativas al trabajo autónomo y la iniciativa forman parte de dicho grupo, entre otros motivos por las limitaciones existentes debido a la cantidad de contenido en relación al tiempo lectivo disponible. Aprovechando que las prácticas se han planteado desde la perspectiva del ABP, y que son estudiantes de Máster, se ha tratado de fomentar estas dos competencias mediante el planteamiento de los proyectos de un modo similar a como se haría en una empresa y, además, dejando libertad a los alumnos en cuanto a las mejoras y añadidos a realizar sobre una especificación básica de condiciones a cumplir en cada proyecto.

El ABP tiene una larga y sólida implantación en asignaturas de Ingeniería [Kumar], [Rad]. Por un lado, la dinámica de trabajo del ABP, su metodología y su elemento principal del trabajo (el proyecto) encajan perfectamente con los contenidos de muchas de las asignaturas de ingeniería [Martinez-Rodrigo], [Iturregi], [Alonso-Arce], [Krithivasan] y, lo que es más importante, con el trabajo que deberá desarrollar el egresado en su futura vida laboral [Alves]. Por otro lado, el ABP permite desarrollar no sólo las competencias específicas de cada una de las asignaturas, sino competencias transversales de diversa índole (trabajo en equipo, carácter emprendedor, etc.) [Juan], [Johnson], [Martin-Gutierrez], [Soler].

Cabe destacar que el ABP tiende a una deslocalización del lugar y del tiempo de trabajo de los alumnos [Wandel], [Yamamoto], [Kim]. Por un lado, ya no es necesario (en muchas ocasiones) que los alumnos trabajen en un laboratorio o aula determinados. Pueden trabajar en sus casas, en salas de trabajo genéricas, etc. Esto tiende a fomentar el trabajo y aprendizaje autónomo, entre otros aspectos. Por otro lado, la práctica ya no está limitada a las horas presenciales. Pueden plantearse trabajos (proyectos) que impliquen una mayor inversión de horas, lo que además de ahondar en las ventajas antes dichas, permite plantear tareas más complejas con un nivel de aprendizaje mayor, multidisciplinarios, etc.

Desde el punto de vista de los alumnos, el ABP tiene un carácter motivador innegable, especialmente en el ámbito de la ingeniería [Masek], [Yajima], [Martinez-Rodrigo]. Además, la evaluación se hace sobre un trabajo para el que los alumnos han tenido tiempo suficiente para profundizar en él, detectar posibles errores, realizar ensayos, etc. [Moldovan]. Esto supone una notable ventaja frente a las pruebas basadas en un único examen o conjunto de exámenes escritos con un tiempo limitado. No por la presión o la limitación en tiempo de la prueba, ya que son dos aspectos muy presentes en el trabajo de un ingeniero y que también pueden darse en el ABP, sino por la limitación en la complejidad de lo evaluado. Con un examen tradicional, la detección de errores, su resolución, el análisis crítico de

soluciones, el aprendizaje autónomo, etc. son aspectos que quedan eliminados o limitados. Con el ABP, estos aspectos se ven, por el contrario, potenciados y reforzados.

Respecto a asignaturas centradas en desarrollo de *software*, el ABP resulta una herramienta excelente por diversos motivos [Straub], [Oliveira].

Primeramente, fomentar el trabajo en grupo [Washizaki] resulta sencillo. La división del trabajo y el reparto de tareas se basan, de forma simplificada, en dividir el programa a desarrollar en distintas secciones y asignar cada una de ellas. Esta simplicidad no representa una pérdida para el trabajo en grupo, ya que, por un lado, es preciso juntar dichas secciones al final, hacer que sean compatibles unas con otras, etc. Por otro lado, hay más tareas al margen de desarrollar el código: plantear el esquema general del programa o programas, analizar la dificultad para lograr un reparto equitativo, coordinar el desarrollo de las tareas, etc.

Además, el ABP en asignaturas de desarrollo de *software* permite, en muchos casos, desarrollar o participar en proyectos multidisciplinares [Calvo], [López-Randulfe].

Por último, el ABP en asignaturas centradas en el aprendizaje de la programación de FPGAs [Kiray] es un tema asentado y bien conocido, en el que las ventajas antes mencionadas se hacen aún más patentes dadas las particularidades de su programación.

Metodología

Las prácticas se han organizado en tres fases, estando las dos últimas basadas en el ABP. En este apartado se detallarán las prácticas, se justificará su planteamiento y se explicarán los objetivos perseguidos desde una perspectiva lo más general posible, para intentar ampliar el margen de aplicabilidad de la metodología presentada.

Fase I.

Los alumnos, mediante dos tutoriales redactados por los profesores, se familiarizan con el entorno de programación. El primer tutorial se centra en el manejo del entorno de programación basándose en la programación gráfica de FPGAs, ya que aún no han visto contenido suficiente como para programarlas con VHDL. El segundo tutorial se centra en el entorno de simulación (el propio de Quartus y el de Modelsim), explicando también la metodología para una depuración eficiente de errores. Esta fase es voluntaria y constituye un trabajo autónomo a realizar por los alumnos antes de comenzar con las sesiones de prácticas. Antes de comenzar la segunda fase, los alumnos pueden asistir a un seminario donde se resolverán todas las dudas surgidas y donde los profesores comentarán ciertos aspectos más específicos (programación del *hardware* de prácticas, etc.).

Debe tenerse en cuenta que en el Máster confluyen alumnos de distintas especialidades dentro del Grado de Ingeniería de Telecomunicaciones. Por lo tanto, algunos están familiarizados con dicho programa (solamente para programación gráfica de FPGAs, no para VHDL) y otros no. Se trata por tanto de un sistema que busca equalizar niveles y ese es el

motivo de que sea voluntario (no obstante, se recomienda a todos, unos para aprender y otros para recordar y asentar conocimientos).

Por otro lado, no es un objetivo final de la asignatura enseñar el manejo de una herramienta de programación específica (i.e. Quartus) empleada para programar las FPGAs de un determinado fabricante (las disponibles en prácticas). Se trata sólo de un medio para lograr el objetivo real de aprender a desarrollar programas concurrentes eficientes para cualquier plataforma (e.g. Xilinx o Altera) y con cualquier herramienta de compilación y programación disponible (e.g. ISE o Quartus). Por lo tanto, no seguir la metodología del ABP en esta fase no supone un escollo real para la metodología planteada y los objetivos perseguidos.

De hecho, el plantear la primera sesión de prácticas como un seminario también responde a otro motivo organizativo. Al tratarse de un lenguaje de programación completamente nuevo para el alumno, y con un cambio de paradigma importante, es necesario un cierto número de clases expositivas para que los alumnos lleguen a un nivel mínimo de conocimiento (instrucciones, metodologías, reglas, etc.) que les permita programar y realizar las prácticas de forma provechosa. Convertir la primera sesión en un seminario sobre el manejo del programa permite ampliar el número de clases expositivas antes de la primera sesión de prácticas en la que los alumnos deben programar empleando el VHDL (Fase II).

Fase II.

Cada entregable o proyecto (en total 3) se compone de una descripción de un producto a desarrollar (juego electrónico, pasarela de comunicación I2C, filtro *Finite Impulse Response*, sistema de *Direct Digital Synthesis*, etc.). Dicha descripción es similar a la que haría un posible cliente (rol representado por el profesor). No obstante, en la realización de cada uno de los entregables los alumnos se tienen que circunscribir a una serie de condiciones de carácter docente. El motivo no es otro que lograr que pongan en práctica ciertos aspectos de lo explicado en clase (programación concurrente, empleo de jerarquías, etc.).

En la primera práctica se plantea, como condicionantes docentes, la realización de un pequeño tutorial de carácter previo y guiado por el profesor y, adicionalmente, la obligatoriedad de emplear instrucciones concurrentes en el desarrollo del producto solicitado. El tutorial busca que los alumnos vean, de forma directa, la necesidad de cambiar la forma de plantear los programas y se centra en los errores típicos de principiante que se suelen cometer en el desarrollo de programas concurrentes al plantearlos desde el prisma de la programación secuencial (obviar el efecto de los retrasos en las señales, realizar asignaciones múltiples sobre señal, no considerar el paralelismo de ejecución con independencia de ubicación dentro de código, etc.). La condición de emplear instrucciones concurrentes fuerza a poner en práctica la nueva forma de plantear programas y evita que se empleen exclusivamente las instrucciones secuenciales de VHDL. Esta práctica tiene asignada dos sesiones presenciales y una duración de tres semanas antes de su entrega (durante las cuales los

alumnos deben trabajar de forma autónoma en el desarrollo del proyecto al margen de las horas presenciales de prácticas).

En la segunda práctica, el condicionante docente es el empleo de máquinas de estado para resolver, al menos, una parte del código. El motivo es fomentar el desarrollo de códigos ordenados y el aprovechamiento de la ejecución concurrente (en este caso, de los distintos bloques empleados para implementar la máquina de estados). Las instrucciones a emplear ya no están limitadas. De nuevo, la asignación de tiempo es de dos sesiones presenciales y de tres semanas antes de la entrega.

En la última práctica, el condicionante es realizarla mediante simulación, no siendo necesario el testeo del programa en placa. Al disponer de ella, en los proyectos anteriores los alumnos tienden a realizar la depuración de errores directamente sobre dicha placa, ya que la simulación puede resultar más engorrosa en un principio. El objetivo es que los alumnos vean que, a pesar de ser algo más tedioso que programar la FPGA de la placa de prácticas directamente, el empleo de simuladores permite una mayor visibilidad de señales internas, de la interacción entre procesos, etc. Se trata de una práctica breve de una semana de duración. Ha de decirse que en la Fase I los alumnos ya han practicado con los entornos de simulación (segundo tutorial). El objetivo es que los vuelvan a usar ahora que ya tienen más experiencia con la programación concurrente, los errores típicos, etc. y puedan ser conscientes de su utilidad de una forma más clara.

Fase III.

Un único proyecto en el que los alumnos deben desarrollar un producto más complejo (piano, analizador de frecuencias, etc.). En este caso, tienen total libertad en la programación y las únicas restricciones son las impuestas por el “cliente” (tonos a reproducir, rango de trabajo, etc.), no habiendo limitaciones docentes.

Evaluación de las prácticas

Un aspecto común a los proyectos de las dos últimas fases es que incluyen unos requisitos mínimos de cada producto, los cuales permiten obtener una nota de 5.0 en el proyecto correspondiente. Existen también una serie de requisitos opcionales (entre las que se incluyen mejoras o añadidos pensados por los propios alumnos), los cuales permiten obtener la nota de 10. Para la evaluación de cada práctica, los alumnos deben presentar su proyecto ante el profesor, explicar sus ventajas, las soluciones adoptadas, etc. Al margen de esta defensa del producto, los alumnos también deberán explicar técnicamente el programa desarrollado.

La defensa de cada proyecto por parte de cada alumno lleva unos 15 minutos. Esto permite que pueda ser realizada durante las horas presenciales de prácticas de forma individual. El profesor va llamando a los alumnos uno a uno y procede a la evaluación, de forma que el resto de alumnos puede seguir trabajando en sus proyectos. De esta forma, no es preciso buscar un día específico para la evaluación (no causando alteraciones de agenda a los

alumnos) ni ésta supone una pérdida de tiempo sustancial en el total de horas presenciales que el alumno tiene a la semana.

Resultados

Los indicadores que se plantan para evaluar la idoneidad de la metodología de prácticas propuesta son fundamentalmente tres:

Evolución de las notas de prácticas

Las prácticas son el objeto principal de esta propuesta. Por lo tanto, el análisis de la evolución de las notas obtenidas por los alumnos en las mismas constituye la evaluación fundamental a realizar. Para ello, se calcula la nota media del conjunto de alumnos en las prácticas (tanto convocatoria ordinaria como extraordinarias):

Curso	Nota media	2015-2016	2016-2017
2014-2015	7,76	8,91	8,57

Como se puede apreciar, la mejora con respecto al planteamiento inicial llevado a cabo durante el primer curso académico es notable. Por lo tanto, puede concluirse que el nuevo planteamiento de prácticas parece ayudar a que los alumnos interioricen los conocimientos prácticos, realicen más tareas adicionales voluntarias (aquellas que ayudan a alcanzar notas superiores al 5,0) y participen más en la dinámica de las mismas. No obstante, los resultados no muestran una mejora estadísticamente clara (dejando al margen la puntualización realizada al final del siguiente apartado pero aplicable a este también).

Evolución de las notas de teoría

Si bien las prácticas son el objetivo fundamental, éstas no pueden desarrollarse satisfactoriamente sin los conocimientos (y competencias) impartidos en las clases expositivas, pues en ellas se explican las instrucciones del nuevo lenguaje de programación, cómo éstas se traducen o cómo configuran el *hardware* de la FPGA, técnicas de programación eficiente en VHDL, aspectos avanzados de la programación, etc. Por lo tanto, resulta también interesante analizar cómo los alumnos han interiorizado dichos conocimientos y cómo son capaces de resolver los problemas de pequeña envergadura planteados en el examen teórico (no como los planteados en prácticas, que son mucho más complejos). La nota media de teoría en los tres cursos académicos en los que se ha impartido el Máster son las siguientes:

Curso	Nota media	2015-2016	2016-2017
2014-2015	6,41	6,02	6,57

En este aspecto, tampoco existen resultados concluyentes. Los resultados obtenidos se encuentran en una horquilla demasiado estrecha como para poder evaluar las ventajas e inconvenientes del método propuesto.

Cabe comentar un matiz respecto a las dos evaluaciones de la metodología propuesta. Debe tenerse en cuenta que durante los dos primeros años (especialmente el primero), el curso de Máster estaba formado por alumnos que habían aprobado todos los cursos del Grado de Ingeniería de Telecomunicación “año a año”. Es decir, se trata de estudiantes con una aptitud y actitud por encima de la media. Por lo tanto, sus resultados pueden considerarse como superiores a lo que obtendría un grupo de estudiantes estándar. En el caso del grupo de estudiantes del curso 2016-2017, el porcentaje de estudiantes del tipo “curso por año” es menor, aunque todavía por encima del valor medio. Por lo tanto, con esto en mente puede considerarse que mantener más o menos constante la nota media en prácticas y en teoría a lo largo de los tres cursos académicos, cuando el número de estudiantes “brillantes” baja, puede considerarse como un logro o mejora propiciada por la metodología propuesta.

Análisis de los resultados de la encuesta

Los profesores desarrollaron una encuesta propia con preguntas orientadas a valorar diversos aspectos de la asignatura. Las preguntas centradas en valorar el planteamiento de las prácticas son (se ha respetado la numeración original del cuestionario):

7-Las prácticas se complementan bien con el temario teórico en contenido (i.e., he podido poner en práctica, si así he querido, gran parte de lo visto en clase).

8- Las prácticas se complementan bien con el temario teórico en tiempo (i.e., lo necesario para hacerlas se ha explicado previamente).

9-Los entregables resultan de temática interesante (teniendo en cuenta las limitaciones en cuanto a la duración del curso y el número de prácticas).

10- El planteamiento de dificultad creciente en los entregables es adecuado y está bien estructurado.

11- Los guiones (no los entregables) de las primeras prácticas son fáciles de seguir y resultan útiles (IMPORTANTE: desde la perspectiva de prácticas autónomas con apoyo de tutorías más una sesión de prácticas para dudas)

12- El número de entregables resulta [0-Muy bajo, 1-Bajo, 2-Adecuado, 3-Alto, 4-Muy alto].

Las notas obtenidas en estas preguntas son las siguientes:

Pregunta	7	8	9	10	11	12
Nota	8,38	8,23	8,38	8,15	9,15	2,16

Como se puede apreciar, los alumnos valoran positivamente el nuevo planteamiento de prácticas, tanto en su coordinación con las clases expositivas como en la dificultad gradual de las mismas. Asimismo, los tutoriales iniciales de la Fase I resultan útiles y son seguidos fácilmente por los alumnos.

Conclusiones

Los profesores involucrados han constatado que el planteamiento actual de las prácticas resulta adecuado y útil, especialmente según la opinión de los alumnos. Por otro lado, los profesores también han sido conscientes de los siguientes aspectos:

Instaurar una nueva metodología depende enormemente de los alumnos destinatarios. Como se comentó, existe una diferencia de actitud y aptitud media entre el grupo de estudiantes empleado para diseñar la metodología y el grupo de estudiantes que finalmente realizó las prácticas según la nueva metodología. Esto afecta sustancialmente al análisis de resultados, como ya se ha comentado, además de que debe tenerse en cuenta para las futuras modificaciones de la asignatura, tanto en sus contenidos, como en su metodología y plazos.

Los alumnos se involucran más cuando se les da libertad en las prácticas para poder llevar a cabo sus propias ideas o diseños. La parte voluntaria de las prácticas, necesaria para llegar al 10, no estaba totalmente definida, eran añadidos que los alumnos podían hacer y de cuya complejidad, calidad y buen funcionamiento dependía la nota final que obtuvieran. Prácticamente todos los alumnos llevaron a cabo mejoras y trabajos adicionales en cada práctica para poder alcanzar la nota máxima. Cada alumno realizó también trabajos adicionales propios, diferentes de los del resto de sus compañeros, reflejo de sus propios intereses y motivaciones. Al tener esta libertad y no tener un catálogo fijo de trabajos adicionales a escoger, la motivación e implicación resultaron mayores.

El hecho de poder hacer sus propios añadidos no incluidos en el guion de la práctica parece potenciar, en cierto modo, la gamificación dentro de las prácticas. Los profesores observaron que algunos alumnos tenían una especie de competición por ver quién hacía los diseños adicionales más vistosos, originales o complejos.

Referencias

- [Alonso-Arce] M. Alonso-Arce, J. Añorga, S. Arrizabalaga and P. Bustamante, "A wireless sensor network PBL lab for the master in telecommunications engineering," *2016 Technologies Applied to Electronics Teaching (TAEE)*, Seville, 2016, pp. 1-8. doi: 10.1109/TAEE.2016.7528251
- [Alves] J. L. Alves, B. R. Carvalho, V. Canavarro and D. Monteiro, "Transforming waste in industrial design products for social vulnerable groups: Teaching industrial design based on real projects, a project based learning experience in Faculty of Engineering of University of Porto," *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Athens, 2017, pp. 831-837. doi: 10.1109/EDUCON.2017.7942943
- [Calvo] I. Calvo, I. Cabanes, J. Quesada and O. Barambones, "A Multidisciplinary PBL Approach for Teaching Industrial Informatics and Robotics in Engineering," in *IEEE Transactions on Education*, vol. PP, no. 99, pp. 1-8. doi: 10.1109/TE.2017.2721907

- [Iturregi] A. Iturregi, E. Mate, D. M. Larruskain, O. Abarategui and A. Etxegarai, "Work in progress: Project-based learning for electrical engineering," *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Athens, 2017, pp. 464-467. doi: 10.1109/EDUCON.2017.7942888
- [Johnson] B. Johnson and R. Ulseth, "Development of professional competency through professional identity formation in a PBL curriculum," *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, Erie, PA, USA, 2016, pp. 1-9. doi: 10.1109/FIE.2016.7757387
- [Juan] S. Juan and Z. Lingling, "An analysis of the development of student entrepreneurship abilities based on PBL mode of instruction," *2013 6th International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering*, Xi'an, 2013, pp. 392-396. doi: 10.1109/ICIM.2013.6703168
- [Kim] J. Kim, "An Ill-Structured PBL-Based Microprocessor Course Without Formal Laboratory," in *IEEE Transactions on Education*, vol. 55, no. 1, pp. 145-153, Feb. 2012. doi: 10.1109/TE.2011.2156797
- [Kiray] V. Kiray, S. Demir and M. Zhaparov, "Improving Digital Electronics Education with FPGA technology, PBL and Micro Learning methods," *Proceedings of 2013 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE)*, Bali, 2013, pp. 445-448. doi: 10.1109/TALE.2013.6654479
- [Krithivasan] S. Krithivasan, S. Shandilya, S. Shakya, K. Arya and K. Lala, "Building Inclusiveness in a PBL Based Online Robotics Competition: Challenges and Outcomes," *2016 International Conference on Learning and Teaching in Computing and Engineering (LaTICE)*, Mumbai, 2016, pp. 9-13.
- [Kumar] D. Kumar and P. Radcliffe, "Problem Based Learning for engineering," *2017 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, Seogwipo, 2017, pp. 25-29. doi: 10.1109/EMBC.2017.8036754.
- [López-Randulfe] J. López-Randulfe, J. J. Rodríguez-Andina and J. Fariña, "UviSpace — A multidisciplinary PBL system based on mobile robots," *IECON 2017 - 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, Beijing, China, 2017, pp. 3595-3600. doi: 10.1109/IECON.2017.8216609
- [Martin-Gutierrez] J. Martin-Gutierrez *et al.*, "Managing first PBL experiences: Cross competences in a traditional environment," *2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, El Paso, TX, 2015, pp. 1-8 doi: 10.1109/FIE.2015.7344233
- [Martinez-Rodrigo] F. Martinez-Rodrigo, L. C. Herrero-De Lucas, S. de Pablo and A. B. Rey-Boue, "Using PBL to Improve Educational Outcomes and Student Satisfaction in the Teaching of DC/DC and DC/AC Converters," in *IEEE Transactions on Education*, vol. 60, no. 3, pp. 229-237, Aug. 2017. doi: 10.1109/TE.2016.2643623
- [Masek] A. Masek, N. A. Ahmad and A. Ismail, "A comparative study of problem based learning (PBL) on students' intrinsic motivation in polytechnic," *2016 IEEE 8th International Conference on Engineering Education (ICEED)*, Kuala Lumpur, 2016, pp. 265-269. doi: 10.1109/ICEED.2016.7856085

Dinamización del aprendizaje de VHDL a través del Aprendizaje Basado en Proyectos en una asignatura de Máster

- [Moldovan] R. Moldovan, B. Orza, C. Porumb and S. Meza, "Blended Assessment Concepts for Formal and Informal Engineering Education," *2017 IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, Timisoara, 2017, pp. 248-250. doi: 10.1109/ICALT.2017.112
- [Oliveira] A. M. C. A. Oliveira, S. C. dos Santos and V. C. Garcia, "PBL in teaching computing: An overview of the last 15 years," *2013 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, Oklahoma City, OK, 2013, pp. 267-272. doi: 10.1109/FIE.2013.6684830.
- [Rad] A. M. Rad, T. H. Popa, V. D. Mihon and B. Iancu, "Problem-based learning and project-based learning concepts and their applications to engineering education," *2017 16th RoEduNet Conference: Networking in Education and Research (RoEduNet)*, Tg. Mures, Romania, 2017, pp. 1-6. doi: 10.1109/ROEDUNET.2017.8123746
- [Soler] J. Soler and P. H. Andersson, "Introducing process competences in a PBL-based engineering course," *2013 IEEE 5th Conference on Engineering Education (ICEED)*, Kuala Lumpur, 2013, pp. 53-56. doi: 10.1109/ICEED.2013.6908302
- [Straub] J. Straub, S. Kerlin and D. Whalen, "Teaching software project management using project based learning (PBL) and group projects," *2017 IEEE International Conference on Electro Information Technology (EIT)*, Lincoln, NE, 2017, pp. 016-021. doi: 10.1109/EIT.2017.8053323
- [Wandel] A. P. Wandel, "Team formation by region to improve outcomes for distance-education students in a PBL course," *2011 Frontiers in Education Conference (FIE)*, Rapid City, SD, 2011, pp. T4C-1-T4C-6. doi: 10.1109/FIE.2011.6142727
- [Washizaki] H. Washizaki *et al.*, "Combinations of Personal Characteristic Types and Learning Effectiveness of Teams," *2017 IEEE 41st Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)*, Turin, 2017, pp. 456-457. doi: 10.1109/COMPSAC.2017.288
- [Yajima] K. Yajima, A. Takahashi, Y. Kashiwaba and Y. Hayakawa, "The promotion of the Active Learning -DIY and student PBL at Hirose Campus," *2016 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)*, Bangkok, 2016, pp. 176-180. doi: 10.1109/TALE.2016.7851790
- [Yamamoto] T. Yamamoto, M. Okunuki, K. Manabe, Wen-Chi, V. Wu and A. Y. H. Liao, "The incubator course for the global learning environment from the KU campus to Asian universities — Active learning in action: A Team-Based PBL ONLINE INTERACTIVE course proposal for Asian universities: Bridging societies and universities," *2017 10th International Conference on Ubi-media Computing and Workshops (Ubi-Media)*, Pattaya, 2017, pp. 1-4. doi: 10.1109/UMEDIA.2017.8074124