

CUIEET

Gijón

Gijón,
25, 26 y 27 de
junio 2018

XXVI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas

Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón

LIBRO DE ACTAS



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo



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

© Universidad de Oviedo, 2018

ISBN: 978-84-17445-02-7

DL: AS 1893-2018

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

Índice de ponencias

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

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

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

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

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

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

Aplicación interactiva <i>online</i> para el aprendizaje del fenómeno del pandeo en elementos metálicos sometidos a compresión simple	1152
Evaluación continua, compartida y progresiva aplicada al Grado de Ingeniería. Caso de estudio	1157
Diseño e implantación sistemática de evocaciones y de evaluación por rúbricas en Ingeniería Gráfica por medio de herramientas TIC	1163
Asignaturas de nivelación en Master de Ingeniería Mecatrónica. Ejemplo de Electrónica	1171
La competencia de responsabilidad	1183
MediaLab: nueva formación tecnológica y humanística en la Universidad de Oviedo	1196
Mejora de la calidad de los TFG en grados de ingeniería	1200
Desarrollo de competencias profesionales en las prácticas de laboratorio/taller	1204
La enseñanza de Estadística Aplicada en el Grado de Ingeniería Forestal: para y por ingenieros	1214
La redacción de informes técnicos y periciales como formación transversal en ingeniería	1225
BEE A DOER – Empezando 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



Introduciendo la infraestructura verde y los sistemas de drenaje sostenible en los estudios de grado y postgrado en ingeniería

Luis Á. Sañudo Fontaneda^{a*}, Felipe P. Álvarez Rabanal^a, Mar Alonso Martínez^a, Ángel Martín Rodríguez^a, Zenaida A. Hernández Garrastacho^a y Juan J. del Coz Díaz^a

^a Escuela Politécnica de Mieres, Departamento de Construcción e Ingeniería de la Fabricación, Universidad de Oviedo, Calle Gonzalo Gutiérrez Quirós s/n, 33600 Mieres del Camino (Asturias). *Email: sanudoluis@uniovi.es

Resumen

Las soluciones basadas en la naturaleza son el núcleo central de los nuevos desarrollos y estrategias de modernización urbana de la Unión Europea. El objetivo principal de esta estrategia es garantizar que la infraestructura verde se convierta en parte de la planificación espacial y el desarrollo territorial, siendo una alternativa a los sistemas constructivos convencionales. A pesar de que la sociedad exige la implementación de estos sistemas, sigue sin haber una educación integral a nivel universitario, especialmente en estudios relacionados con el urbanismo y la planificación del territorio, tales como la ingeniería civil y la arquitectura. La Universidad de Oviedo es pionera en el desarrollo de un programa docente para responder a esta brecha de conocimiento mediante la introducción de infraestructura verde y Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) en ingeniería civil/caminos (grado y máster) y en programas de doctorado. El objetivo principal es el desarrollo de competencias reales para diseñar, construir y mantener SUDS y, por lo tanto, crear ingenieros que sean capaces de responder al desafío que nos lanza la sociedad. En este artículo se presenta la implantación de este nuevo programa, así como los resultados y los impactos positivos derivados de esta experiencia piloto en Europa.

Palabras clave: *aprendizaje cooperativo, educación interdisciplinar, soluciones basadas en la naturaleza, diseño sensible al agua.*

Abstract

Nature-based solutions are at the centre core of new urban developments and urban retrofitting strategies from the European Union. The main aim of this strategy is to ensure that Green Infrastructure becomes part of the spatial planning and territorial development, being an alternative to conventional grey systems. Despite the fact that the society demands the implementation of these systems, it still remains a lack of a comprehensive education at University level, especially in those studies related to urbanism and land-planning such as civil engineering and architecture. The University of Oviedo has pioneered the development of a programme to respond to this knowledge gap by introducing Green Infrastructure and Sustainable Urban Drainage Systems at Civil Engineering and Master Degrees, and Doctorate Programme. The main target was the development of real competences to design, construct and maintain nature-based solutions, and thus, creating engineers who are capable of responding to this societal challenge. This new programme, consisting on the introduction of the topic at several subjects is presented in this article as well as the results and positive impacts derived from this pilot experience in Europe.

Keywords: *cooperative learning, interdisciplinary education, nature-based solutions, water sensitive urban design.*

Introducción

La sociedad actual se enfrenta a una amplia gama de desafíos relacionados con el incremento de uso del suelo urbano y la pérdida de capital natural que esto supone. La degradación del medio afecta a los servicios urbanos y de ecosistema, aumentando los riesgos para la salud, la seguridad y el bienestar de los ciudadanos (Baccini et al., 2011). Los sistemas urbanos están cada vez más afectados por diferentes efectos, tales como el incremento de la temperatura ambiente (efecto Isla de Calor Urbana - ICU), la disminución de la calidad del aire, o la escasez de agua (Akbaria et al., 2016).

Las soluciones basadas en la naturaleza (*Nature-Based Solutions* – NBS, en su acrónimo anglosajón) surgen ante la demanda de la sociedad de un entorno más sostenible. Estas soluciones hacen hincapié en el uso de la naturaleza para enfrentarse a los desafíos ambientales, sociales y económicos, desarrollando infraestructura verde en entornos urbanos. Ejemplos de ello son las fachadas vegetales (Ahmet et al., 2018) y, en especial, los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) como pavimentos permeables, cubiertas y cunetas vegetadas, entre otros. Estos SUDS permiten replicar los servicios de ecosistema, mejorar la calidad del

aire, desarrollar una gestión sostenible del agua de lluvia mediante la reducción de la escorrentía y el tratamiento de los contaminantes presentes en ella, además de contribuir a la mejora de la calidad de vida de los residentes (Kabisch et al., 2016).

Dentro de la estrategia de la Unión Europea sobre la Biodiversidad (COM 244 final, 2011) ya se planteó en el año 2011 un plan para la mejora y restauración de ecosistemas urbanos degradados con un horizonte fijado en el año 2020. En el objetivo 2 de este documento se subrayaba la importancia de la infraestructura verde, fijando las prioridades para el fomento de su uso como herramienta para el control y gestión del agua de lluvia, así como para la regulación climática con la finalidad de mejorar la calidad del agua y de mitigar los efectos producidos por el efecto ICU. La Agencia Europea del Medio Ambiente ya ha definido el papel de la infraestructura verde como elemento articulador del sistema urbano, mostrando sus beneficios como elemento mitigador de los impactos de los peligros naturales relacionados con el clima y el cambio climático (AEMA, 2015).

Los SUDS, como elementos de la infraestructura verde para la gestión del agua, vienen siendo estudiados desde hace décadas, comenzando a implementarse mediante guías de buenas prácticas como fue el caso de los Estados Unidos de América y el Reino Unido (Jato-Espino et al., 2017), entre otros. Su impacto va más allá de la gestión sostenible de las aguas pluviales, alcanzando estrategias de desarrollo urbano y territorial, además de programas sociales para la mejora de las condiciones de vida en las ciudades (Woods Ballard et al., 2015).

En la actualidad, existe en España un consenso generalizado en los ámbitos académico, institucional y técnico acerca del importante papel que juegan los SUDS como elementos vertebradores y funcionales de la ciudad. De hecho, instituciones públicas de diversos ámbitos ya han comenzado a introducir el diseño y construcción de SUDS como elementos de buena práctica e, incluso, obligatorios como puede comprobarse en los Reales Decretos 314/2006, 903/2010, 1290/2012, 233/2013 y 1/2016. Por lo tanto, los SUDS se están convirtiendo en elementos clave para el urbanismo, siendo aplicables en diferentes ámbitos técnicos, tales como los de la ingeniería civil o la arquitectura.

Desde el Área de Ingeniería de la Construcción (IC), Departamento de Construcción e Ingeniería de Fabricación (DCIF), de la Universidad de Oviedo se detectó una reducida implementación de estas técnicas en los estudios más habitualmente ligados a las disciplinas de construcciones civiles, urbanismo y ordenación del territorio como son el grado en ingeniería civil y el máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos (máster en ICCP). Es por ello que se elaboró un plan de integración de las mismas en los planes docentes oficiales con el fin de formar profesionales con amplios conocimientos que les permitieran responder a los requerimientos de la sociedad, las empresas y las instituciones. Para ello se adoptó una estrategia de implantación a diferentes niveles, que abarcaba diferentes asignaturas en distintos cursos de los estudios de grado y máster, así como su continuidad con la inclusión como línea de investigación en un programa de doctorado de futura creación en la Universidad de

Oviedo, ligado a la ingeniería civil, además de la creación de cursos de extensión a profesionales. Para ello se estudió el caso de la implantación con gran éxito de técnicas de Desarrollo de Bajo Impacto en la Universidad de Guelph (Ontario, Canadá) en diferentes cursos de Grado y Máster (Bradford et al., 2010).

El objetivo principal del trabajo que se presenta en este artículo es el de crear un programa docente innovador a diferentes niveles que permita a los alumnos adquirir a lo largo de su periplo universitario los conocimientos necesarios para desarrollar competencias reales en el diseño, construcción y mantenimiento de infraestructuras basadas en la naturaleza, creando ingenieros que sean capaces de hacer frente a la demanda social y empresarial generada.

Antecedentes

Implantación de los estudios de grado y postgrado en ingeniería civil en la Escuela Politécnica de Mieres, Universidad de Oviedo

La Escuela Politécnica de Mieres (EPM), creada en el año 1855, es el resultado de la evolución histórica de diversos estudios relacionados con el ámbito de la ingeniería, especialmente con la gestión de los recursos naturales y el medio ambiente como las ingenierías de minas, forestales, geología y geomática (Sañudo-Fontaneda et al., 2017).

Dentro de su proceso de modernización y, en respuesta a las necesidades y retos de la sociedad y las empresas del Principado de Asturias, la EPM incluyó en su oferta de estudios el grado en ingeniería civil para el curso académico 2011/2012, habilitante para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Obras Públicas (ITOP) en España. La primera promoción finalizó sus estudios en el curso 2015/2016. La Escuela decidió aumentar las sinergias existentes entre la ingenierías de minas y civil mediante la creación del doble grado en ingeniería civil e ingeniería de los recursos mineros y energéticos, el cual se incorporó a la oferta académica de la EPM en el curso 2014/2015. Para completar el proceso de implementación de los estudios relativos al ámbito de la ingeniería civil en la Universidad de Oviedo, la EPM instauró el título académico de máximo nivel en ingeniería civil en España mediante el máster en ICCP en el curso 2016/2017. Estos estudios habilitan a la profesión de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (ICCP) en España. Durante el presente curso 2017/2018, las primeras promociones del doble grado y del máster terminarán sus estudios, habiéndose completado el proceso de inclusión de los estudios de ingeniería civil en la Universidad de Oviedo. La EPM se encuentra, además, en el proceso de desarrollo de un programa de doctorado en ingeniería de los recursos naturales, que permitirá a los estudiantes continuar su desarrollo académico hasta su máxima cota con el doctorado.

Contextualización del Área de Ingeniería de la Construcción, Universidad de Oviedo

El Área de IC en España ha sido, históricamente, un Área donde se han desarrollado tanto docencia como investigación aplicada a la industria en amplias y muy diversas áreas de conocimiento relacionadas con la ingeniería y la arquitectura, sin olvidar su influencia en la

historia, como Área aglomeradora de conocimiento. El Área de IC en la Universidad de Oviedo tuvo su origen en la Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón (EPI) en los años 80 del pasado siglo y, desde entonces, se ha convertido en un Área dinámica que ha servido como catalizadora de multitud de temáticas investigadoras y de apoyo a numerosas titulaciones de nueva creación, como fue el caso de las titulaciones que se imparten actualmente en la EPM. El Área de IC en la Universidad de Oviedo representa el patrón multidisciplinar y de transferencia del conocimiento al tejido empresarial de esta Área en España y el mundo. Esta Área imparte docencia en todos los grados de la EPM y en su máster en ICCP, además de en grados y másteres de la EPI relacionados con la ingeniería industrial.

La docencia que esta Área imparte en los títulos relacionados con la ingeniería civil en la EPM va desde el urbanismo y la ordenación del territorio, a la ingeniería de carreteras y puentes, pasando por los servicios urbanos, la edificación, prefabricados y procedimientos constructivos, entre otras. Por tanto, esta Área es ideal para la implantación de un programa docente innovador y multidisciplinar en SUDS que involucre a otras Áreas de Conocimiento, con el objetivo de crear ingenieros que respondan a los nuevos retos y necesidades de nuestra sociedad y de su industria.

Metodología

Esquema de desarrollo del programa docente

El programa docente desarrollado por el Área de IC consiste en el desarrollo de la temática de infraestructura verde y SUDS en 4 asignaturas de grado (Tabla 1) y 3 de máster (Tabla 2), desarrollando importantes sinergias con otras Áreas del Conocimiento. Con el objetivo de completar los estudios de grado y postgrado, se creó recientemente el curso de extensión titulado ‘Curso internacional en infraestructura verde y SUDS: Presente y futuro de la gestión del agua urbana’ en el que participa profesorado del Área de IC, de otras Áreas de la Universidad de Oviedo y de otras universidades españolas, americanas y británicas, suponiendo un atractivo para los profesionales de la empresa y la administración pública. Dicho curso va destinado también a profesionales, sirviendo de enlace con la realidad profesional y empresarial, y como transferencia de conocimiento a la sociedad.

Finalmente, el doctorado en ingeniería de los recursos naturales, de próxima implantación, completa la estrategia dentro de los estudios de postgrado. En él se marca como objetivo fundamental el desarrollo de tesis doctorales destinadas a resolver problemas reales de empresas y administraciones públicas. En la actualidad, miembros del programa codirigen tesis doctorales en Universidades del Reino Unido dentro de esta temática, dotando de un cariz internacional al programa docente.

Tabla 1. Temática del programa desarrollada en las siguientes asignaturas del grado en ingeniería civil y el doble grado

Asignatura / Curso	Objetivos	Temática del Programa	Áreas de Conocimiento
Servicios Urbanos y Medioambientales (3 ^{er} Curso)	Dar una capacitación a los alumnos en la construcción de una obra pública en ámbitos urbanos, tales como el sistema viario, electricidad e iluminación, redes de abastecimiento y saneamiento, así como de la gestión y tratamiento de residuos sólidos.	Toma de contacto con los SUDS y sus diferentes tipologías. Se aporta una visión global de los problemas asociados a la gestión del agua de lluvia en las ciudades y se proponen los SUDS como elementos necesarios para el control, la gestión y la recuperación de sus funciones hidrológicas.	IC, Tecnologías del Medio Ambiente y Explotación de Minas
Caminos (3 ^{er} Curso)	Desarrollo de la capacidad para el diseño, la construcción y conservación de carreteras, así como para el dimensionamiento, el proyecto y los elementos que componen las dotaciones viarias básicas.	Se abordan los firmes permeables, cunetas vegetadas y los drenes filtrantes (drenes franceses), aportando las últimas investigaciones realizadas en dichas técnicas SUDS para carreteras.	IC, Ingeniería e Infraestructura de los Transportes y Expresión Gráfica en la Ingeniería
Edificación (4 ^o Curso)	Capacitar al alumno en el ámbito del proyecto y construcción de las obras de edificación, y en la que algunos de los resultados de aprendizaje buscados son el de adquirir los conocimientos relativos al diseño y ejecución de fachadas y cubiertas aplicando principios de la Bioconstrucción.	Se realiza una descripción del problema de la Isla de Calor que se genera en las ciudades y se proponen soluciones basadas en infraestructura verde y SUDS, tales como las cubiertas y las fachadas vegetales, con el objetivo de minimizar su impacto.	IC
Trabajo Fin de Grado (TFG) (4 ^o Curso)	El objetivo de la asignatura TFG consiste en verificar si el alumno ha adquirido las competencias generales y específicas de la titulación de forma integrada.	En este punto se introducen aspectos de relevancia internacional para que el alumno se familiarice con la forma de trabajar de otros países y culturas. Se proponen diversas temáticas sobre Infraestructura Verde y SUDS en ambos Grados y que cubren ambas menciones en el Grado de Ingeniería Civil por la componente constructiva e hidráulica.	—

Tabla 2. Temática del Programa desarrollada en las siguientes asignaturas del máster en ICCP

Asignatura / Curso	Objetivos	Temática del Programa	Áreas de Conocimiento
Cartografía Digital, Urbanismo y Ordenación del Territorio (1 ^{er} Curso)	Aprendizaje de herramientas SIG y herramientas de ordenación y usos del suelo para la planificación territorial y urbana. La competencia específica que se desarrolla en estas asignatura consiste en la obtención de la capacidad para analizar y diagnosticar los condicionantes sociales, culturales, ambientales y económicos de un territorio, así como para realizar proyectos de ordenación territorial y planeamiento urbanístico.	La temática SUDS se introduce mediante el desarrollo de las filosofías de Diseño Urbano Sensible al Agua (Water Sensitive Urban Design – WSUD, en sus siglas en inglés) y el Desarrollo de Bajo Impacto (LID) y su impacto en la planificación y ordenación urbana.	Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría, e IC
Estructuras y Edificaciones de Obra Civil (1 ^{er} Curso)	Desarrollo del conocimiento de todo tipo de estructuras y sus materiales, y capacidad para diseñar, proyectar, ejecutar y mantener las estructuras y edificaciones de obra civil, centrada fundamentalmente en infraestructura verde.	Se estudian todas las técnicas SUDS en mayor detalle que en el Grado y se realiza un trabajo práctico grupal sobre un proyecto real. Dentro de esta asignatura se desarrolla el <i>Premio a la Innovación en SUDS</i> de la Universidad de Oviedo, el cual lleva realizadas 2 ediciones. Presenta el mayor enlace con la vida profesional mediante los tribunales externos compuestos por profesionales en SUDS.	IC
Trabajo Fin de Máster (TFM) (2 ^o Curso)	Verificar si el alumno ha adquirido las competencias generales y específicas de la profesión de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos de forma integrada.	Se proponen diversas temáticas con un mayor grado de complejidad y detalle que aquellas propuestas para los TFG de los Grados.	—

Formación y herramientas de estudio proporcionadas al estudiante

La formación recibida por los alumnos en SUDS durante los dos cursos desde el inicio de la implantación de este programa docente (cursos 2016-2017 y 2017/2018) es la siguiente:

- Docencia teórico-práctica en las asignaturas descritas en las tablas 1 y 2.
- Conferencias impartidas en la temática, destacando:
 - Conferencias de Aula Abierta de la Universidad de Oviedo, organizadas a

través del Vicerrectorado de Extensión Universitaria y Proyección Internacional. Los conferenciantes son ponentes de impacto internacional que aportan el conocimiento de las últimas técnicas SUDS en el mundo y las nuevas tendencias de desarrollo.

- Conferencia profesional. Ponencias impartidas por expertos profesionales en SUDS, procedentes de empresas y administraciones nacionales e internacionales. Los expertos van asociados a las distintas competencias a desarrollar en cada asignatura y al nivel de especialización requerido en función de los estudios (grado o postgrado).

Se han utilizado distintas herramientas docentes en todo el programa con el objetivo de dotar al estudiante de elementos de autoaprendizaje y comunicación, destacando las siguientes (Sañudo-Fontaneda et al., 2017):

- Formación/Autoaprendizaje: Moodle (campus virtual de las asignaturas), software de diseño y cálculo (AutoCAD Civil 3D, ISTRAM, Microsoft Excel y EPA SWMM 5.1, entre otros), ResearchGate y Scopus (documentos científicos), YouTube (vídeos demostrativos sobre la filosofía y la construcción de los SUDS).
- Disseminación/Comunicación: LinkedIn (red profesional), Red española de profesionales de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (RedSUDS 2017), CUIEET 2017 (presentación de los primeros resultados), UK SUDSnet Conference 2018 (presentación del impacto de la temática SUDS en estudios de ingeniería), y prensa local (El periódico La Nueva España en Asturias ha cubierto parte del desarrollo de los trabajos de este programa docente).

Resultados

Resultados académicos

Se produce un aumento de las peticiones de realización de TFG y TFM, destacando las siguientes temáticas relacionadas con las asignaturas mencionadas en las tablas 1 y 2:

- Firmes permeables. Estudio de las ventajas y limitaciones de los ensayos normalizados españoles, europeos y americanos para el cálculo de la permeabilidad en firmes permeables e influencia de la pendiente.
- Cunetas y cubiertas vegetadas actuando en combinación. Estudio de campo sobre el funcionamiento hidrológico de un tren de tratamiento SUDS formado por una cuneta y una cubierta vegetada en el Reino Unido. Se hace una comparativa de resultados con aquellos obtenidos en los Estados Unidos de América, fomentando la capacidad del estudiante de captar y entender el impacto real de su trabajo, no solamente desde una perspectiva académica, sino práctica y cercana a la empresa.
- Rehabilitación hidrológica y urbanística mediante SUDS. Propuesta y diseño de rehabilitación de zonas urbanas para mejorar la calidad de vida de las mismas

mediante la implementación de Infraestructuras Verde y técnicas SUDS. Se utilizan casos reales de Ayuntamientos en Asturias, España y Europa y se analizan las condiciones pre-existentes y posteriores a los procesos de urbanización y de posterior rehabilitación, aprendiendo a identificar los impactos producidos por las propuestas de soluciones basadas en la naturaleza.

- Automatización de cálculos hidrológicos e hidráulicos para el diseño de SUDS. En este trabajo se propone la automatización de todos los procesos y cálculos conducentes al diseño de SUDS mediante el uso de la Instrucción de Carreteras 5.2. Drenaje Superficial, teniendo un claro objetivo de optimización de recursos.
- Desarrollo de metodologías que combinan los Sistemas de Información Geográfica (SIG) con los programas de diseño de drenaje urbano como el U.S. EPA SWMM. Este TFG propone una nueva metodología basada en la adquisición de datos y el uso de programas libres mediante la cual se puedan analizar las cuencas urbanas de drenaje y el impacto de la implementación de SUDS en la gestión sostenible de las aguas pluviales. Representa una aplicación de interés para el mundo empresarial.
- Análisis del impacto hidrológico y térmico del uso de la arcilla expandida como posible material para ser usado en la estructura de un SUDS. TFM en el área de investigación aplicada donde se estudia la incorporación de nuevos materiales a la estructura de SUDS como firmes permeables, drenes filtrantes de autopista, cunetas y cubiertas vegetadas.
- Diseño, construcción y aplicación de SUDS en recintos deportivos. Esta temática innovadora es pionera en la aplicación de SUDS, siguiendo las últimas tendencias internacionales e intereses empresariales. El TFM desarrolla la aplicación de técnicas SUDS para la gestión sostenible de las aguas pluviales en estadios de fútbol, investigando la potencial reutilización del agua de lluvia para el riego del césped, entre otras opciones.

Tabla 3. Competencias desarrolladas en cada asignatura con la ayuda del programa

Asignatura	Título	Competencias generales (CG)	Competencias Específicas (CE)
Servicios Urbanos y Medioambientales	Ingeniería Civil y Doble Grado (EPM, 2018a,b)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	EH02, EH03, EC08
Caminos		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	EC04
Edificación		2	EC02
Catografía Digital, Urbanismo y Ordenación del Territorio	Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos (EPM, 2018c)	2, 3, 4, 5, 6, 10, 14	11
Estructuras y Edificaciones de Obra Civil		1, 4, 6, 11, 12, 18	2, 4, 5

Cabe destacar como otro impacto académico medible, que los alumnos del máster en ICCP han valorado las asignaturas en las que se imparte el programa sobre SUDS como las de mayor aplicabilidad al mundo empresarial por el constante contacto con la realidad técnica. Se produce así una sinergia de la temática del programa de innovación docente desarrollado en este artículo y el desarrollo de las competencias propias y específicas de las asignaturas de los grados y el máster, produciendo un impacto académico medible, como puede verse en la Tabla 3.

Impacto en la sociedad y diseminación

En los dos primeros años de desarrollo de este programa de innovación docente en infraestructura verde y SUDS, se han producido multitud de impactos medibles, que vienen a sumarse a los propiamente académicos, como se enumera a continuación:

- Premios de Innovación en Drenaje Sostenible de la Universidad de Oviedo. Estos premios entregados por la Comisión Académica del Máster en ICCP, suponen un incentivo importante en la relación empresa-universidad. Los estudiantes se agrupan simulando la estructura de un estudio de ingeniería/arquitectura y desarrollan propuestas de rehabilitación urbanística basadas en los SUDS.
- Concursos de Ideas Internacionales. Estudiantes del máster, ganadores del I Premio a la Innovación en Drenaje Sostenible formaron equipo con profesores del programa y participaron en competición con estudios de ingeniería/arquitectura en el Concurso de Ideas del Bulevar de Santuyano en Oviedo, realizando un gran papel, incluso superando a estudios internacionales.
- Seguimiento de la prensa regional. Se manifiesta un creciente interés en conocer el programa y cómo éste aporta resultados tangibles para la propia sociedad asturiana. El periódico La Nueva España viene siguiendo y publicando los resultados del programa, haciendo que la información llegue a la sociedad.
- Petición por parte de los profesionales de ingeniería de cursos de extensión universitaria sobre la temática de SUDS. El éxito del programa ha trascendido los límites de la Universidad y ha llegado a los ámbitos de ingeniería de la región, produciendo una ampliación del programa, generando un curso de extensión universitaria dirigido a los profesionales de la ingeniería y arquitectura.
- Participación en conferencias nacionales e internacionales. El programa ha despertado el interés de la comunidad internacional trabajando en SUDS, pidiéndose la presentación de este programa de innovación docente en la próxima conferencia de SUDS del Reino Unido.
- Lecturas y descargas de los libros de apuntes del programa. El libro de apuntes de SUDS se ha convertido en uno de los documentos más leídos y descargados de la Universidad de Oviedo, alcanzando un elevado número de descargas en la plataforma ResearchGate por parte de Universidades Hispanoamericanas.

Conclusiones

Las conclusiones que se desprenden de los dos primeros años de experiencia desarrollando este programa de innovación docente son las siguientes:

- El programa desarrollado de forma pionera a nivel internacional en infraestructura verde y SUDS ha demostrado mejorar el conocimiento del alumnado en los estudios asociados con la ingeniería civil en la Universidad de Oviedo, contribuyendo a desarrollar competencias generales y específicas de las titulaciones.
- La visión integradora y multidisciplinar de este programa, incluyendo estudios de grado y postgrado, permite preparar al estudiante bajo diferentes grados de especialización en función de los requerimientos de la sociedad y la industria.
- La introducción de cursos de extensión dentro del programa acerca a los profesionales y a las empresas al conocimiento práctico de las técnicas SUDS, manteniendo así una estrecha relación de transferencia del conocimiento entre universidad y empresa.
- El impacto de este Programa en el emprendimiento de los estudiantes es alto, habiendo generado un equipo de ingenieros que se ha presentado exitosamente a concursos de ideas internacionales organizados por administraciones públicas.
- La futura implementación de los estudios de doctorado contribuirá a completar el programa mediante la introducción de investigación aplicada de mayor profundidad que aquella desarrollada en el máster.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de Oviedo por la financiación del proyecto de apoyo a equipos emergentes, ref. PAPI-17-PEMERG-22, que ha permitido la formación del equipo UOStormwater, dentro del cual se ha desarrollado este programa. Extendemos nuestro agradecimiento al Máster en ICCP de la Universidad de Oviedo y a la EPM por la organización de los I y II PREMIOS A LA INNOVACIÓN EN DRENAJE SOSTENIBLE “GREEN STREETS”, los cuales sirvieron de apoyo para la realización de este trabajo. Así mismo, se hace extensivo este agradecimiento a las entidades colaboradoras: Centre for Agroecology, Water and Resilience (CAWR) de la Coventry University, Grupo de Investigación de Tecnología de la Construcción (GITECO) de la Universidad de Cantabria, y el Stormwater Engineering Group de la North Carolina State University (NCSSU).

Referencias

Agencia Europea De Medio Ambiente (AEMA) (2015): *Exploring nature-based solutions. The role of green infrastructure in mitigating the impacts of weather- and climate change-related natural hazards*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union. Disponible en: <http://www.eea.europa.eu/publications/exploring-nature-based-solutions-2014>.

Introducing Green Infrastructure and Sustainable Drainage Systems to Engineering Undergraduate and Postgraduate Studies

- Ahmet B. Besir, Erdem Cuce. (2018). Green roofs and facades: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 915–939.
- Akbaria H., Kolokotsa D. (2016) Three decades of urban heat islands and mitigation technologies research. *Energy and Buildings*, 133, 834–842.
- Baccini M, Kosatsky T, Analitis A, Anderson HR, D'Ovidio M, Menne B, Michelozzi P, Biggeri A. (2011). Impact of heat on mortality in 15 European cities: attributable deaths under different weather scenarios. *J Epidemiol Community Health*, 65(1), 64-70.
- Bradford A., Drake J. (2010). *LID Design Education for Undergraduate and Graduate Engineering Students*. Low Impact Development International Conference (LID 2010). April 11-14, San Francisco, California, United States.
- COM 244 final (2011). *Estrategia de la UE sobre la biodiversidad hasta 2020: nuestro seguro de vida y capital natural*. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, 13pp.
- EPM (2018a). Memoria de verificación de los estudios del Grado en Ingeniería Civil de la Universidad de Oviedo. Disponible en: https://epm.uniovi.es/infacademica/grados/detalle/-/asset_publisher/0042/content/grado-en-ingenieria-civil
- EPM (2018b). Memoria de verificación de los estudios del Doble Grado en Ingeniería Civil e Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos de la Universidad de Oviedo. Disponible en: https://epm.uniovi.es/infacademica/grados/detalle/-/asset_publisher/0042/content/doble-grado-de-ingenieria-civil-e-ingenieria-de-los-recursos-mineros-y-energeticos-1
- EPM (2018c). Memoria de verificación de los estudios del Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Oviedo. Disponible en: https://epm.uniovi.es/infacademica/postgrado/detalle/-/asset_publisher/Mrq6/content/master-universitario-en-ingenieria-de-caminos-canales-y-puertos
- Jato-Espino D., Sañudo-Fontaneda L.A., Andrés-Valeri V.C. (2017). *Green Infrastructure: Cost-Effective Nature-Based Solutions for Safeguarding the Environment and Protecting Human Health and Well-Being*. In *Handbook of Environmental Materials Management*, 1st ed.; Hussain C.; Springer, Cham, 2018; On-line ISBN: 78-3-319-58538-3.
- Kabisch N., Frantzeskaki N., Pauleit S., Naumann S., Davis M., Artmann M., Haase D., Knapp S., Korn H., Stadler J., Zaunberger K., and Bonn A. (2016). Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ecology and Society*, 21(2):39.
- Sañudo-Fontaneda L.A., Alvarez-Rabanal F.P., Alonso-Martinez M., Martin-Rodriguez A., del Coz-Diaz, J.J. (2017). *Impacto de tribunales externos multidisciplinares en el proceso de enseñanza-aprendizaje en estudios de Máster en Ingeniería*. Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas (CUIEET 2017). 5-8 septiembre, Badajoz, España.
- Woods Ballard B., Wilson S., Udale-Clarke H., Illman S., Scott T., Ashley R., Kellagher R. (2015). *The SuDS Manual*. CIRIA: London, UK, 2015. pp. 968. ISBN 979-0-86017-760-9.