



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

V JORNADAS INTERNACIONALES
SOBRE INNOVACIÓN DOCENTE
EN LAS TITULACIONES TÉCNICAS

LIBRO DE ACTAS

GRANADA, 19 Y 20 DE OCTUBRE DE 2017



Grupo Docente Interdisciplinar de la ETSICCP

Actas de las V Jornadas Internacionales sobre Innovación Docente en las Titulaciones Técnicas (INDOTEC 2017),
Granada 2017

ISBN: 978-84-17293-04-8

Depósito Legal: GR 1384-2017

Editorial: Godel Impresiones Digitales, S.L.

Editores: Comité de Dirección, Comité Científico, Comité Técnico

Comité de Dirección: Mónica López Alonso, José Manuel Poyatos Capilla, María José Martínez-Echevarría Romero,
María Esther Puertas García

Comité Científico: María José Martínez-Echevarría Romero, Francisco Javier Alegre Bayo, Francisco Javier Calvo Poyo,
Javier Camacho Torregrosa, Manuel Carpio Martínez, Rocío De Oña López, Fernando Delgado Ramos, Saioa Etxebarria
Berrizbeitia, María Paz Fernández Oliveras, Laura Garach Morcillo, Luisa María Gil, Aymeric Girard ,Clemente Irigaray
Fernández ,Eulalia Jadraque Gago, Carlos Alberto León Robles, Griselda López Maldonado, Alejandro Martínez Castro,
Germán Martínez Montes, María Begoña Moreno Escobar, Randa O. Mujali, Tariq Nuneer Napier, Marc Ouellet, Roberto
Palma Guerrero, Miguel Pasadas Fernández, Ana María Pérez Zuriaga, Ángel Fermín Ramos Ridao, Gracia Rodríguez
Jerónimo, María Isabel Rodríguez Rojas, Fernandino Salata, Francisco Serrano Bernardo, Montserrat Zamorano Toro

Comité Técnico: María Esther Puertas García, Jesús Garrido Manrique, Daniel Gómez Lorente, Jorge David Jiménez
Perálvarez, Juan Carlos Leyva, Juan Carlos López López, Jaime Martín Pascual, Jesús Mataix Sanjuán, Antonio Manuel
Peña García, Ovidio Rabaza Castillo, Miguel Luis Rodríguez González

Índice

Creatividad y Emprendimiento

Los programas de fomento de vocaciones científicas y las actitudes hacia las clases de ciencias de estudiantes preuniversitarios: ¿son efectivos?
Fernández-Cézar, Raquel; Muñoz, Marta; Solano-Pinto, Natalia. 3

Proposal for the foster of degree and master dissertations in professional environments to enhance the employability of future engineers.
Peña-García, Antonio; Rabaza, Ovidio; Aznar, Fernando; Molina-Moreno, Valentín; López, Juan Carlos; Gómez-Lorente, Daniel. 9

Introducción de nuevas aplicaciones TIC como técnicas de aprendizaje en las titulaciones universitarias.
Navarro López, Elvira; Rondet, Thomas Eric Antoine. 13

Docencia Virtual y Semipresencial

Clases grabadas en video: un material docente complementario.
Gil-Martín, Luisa María. Hernández-Montes, Enrique. 119

Virtualización de prácticas de laboratorio de Ingeniería Química: hacia la flipped classroom. Fase I – Preproducción y Planificación.
Martín-Lara, María Ángeles; Blázquez, Gabriel; Calero, Mónica; Iáñez, Irene; Pérez, Antonio. 25

Laboratorio remoto de Automática. Una solución de bajo coste basada en Raspberry PI y Arduino.
Arevalo, Vicente; Garcia-Morales, Isabel; Cano, Juan. 31

Modelos de Realidad Virtual para el aprendizaje de motores eléctricos en los Grados de Ingeniería Industrial.

Rabaza, Ovidio; Mertani, Lina; Cano-Olivares, Pedro; Torres-Cantero, Juan Carlos; Aznar, Fernando; Mora-García, Antonio; Alameda, Enrique; Muñoz-Beltrán, Rafael; Gómez-Lorente, Daniel; Peña-García, Antonio. 37

Experiencias Docentes

Usos docentes de las tabletas gráficas en escuelas técnicas: una visión personal basada en la experiencia de tres años.

Museros Romero, Pedro; Benlloch-Dualde, José V. 45

Aplicación de las TIC a la evaluación colaborativa de prácticas de laboratorio en la asignatura de Microestructura y Transformaciones de Fase.

Multigner Domínguez, Marta; Escalera Rodríguez, M^a Dolores. 53

Introducción de contenidos multimedia como parte de adquisición de competencias y demostración de éstas en el ámbito de la ingeniería de fabricación.

López, Antonio Julio; Muñoz, Marta. 59

Evaluación final de la ejecución del proyecto de innovación docente “Diseño, cálculo y ejecución en la construcción: Sinergias interdisciplinarias para la mejora del aprendizaje”.

Carpio, Manuel; Osorio, Emil; Oyarzún, Pablo. 65

Creación de videotutoriales como refuerzo del aprendizaje presencial en el Área de Ingeniería de Sistemas y Automática.

Arévalo, Vicente; Vicente del Rey, Jesús María; Rodríguez, Hugo. 71

Experiencia docente en Automática empleando un robot móvil como elemento motivador de metodologías activas.

Muñoz-Ramírez, Antonio J.; Gómez-de-Gabriel, Jesús M. 77

Modelado Frente a Programación, en la enseñanza de Robótica.

Gomez de Gabriel, Jesús Manuel; Muñoz Ramírez, Antonio José. 83

Aprendiendo conceptos estructurales a través de puentes proyectados en la ciudad de Granada

Lavado Rodríguez, José; Museros Romero, Pedro; Puertas García, María Esther. 89

Aprendizaje basado en proyectos competitivos para Tecnología electrónica.

Orihuela, Luis; Tajadura-Jiménez, Ana. 95

UCOVib-1DOF: Laboratorio de Análisis Computacional de sistemas mecánicos discretos vibratorios.

Blanco-Rodríguez, Francisco J.; Ruz-Ruiz, Mario L.; Aguilar-Porro, Cristina. 101

El Máster en Técnicas y Ciencias de la Calidad del Agua (IdeA): una apuesta por la formación especializada multidisciplinar para abordar los retos de la Directiva Marco del Agua.

Sánchez-Badorrey, Elena; González López, Jesús; Pozo, Clementina; Rueda, Francisco; Carrillo, Presentación. 107

Desarrollo de software para la implementación en Moodle de ejercicios prácticos de Análisis de Estructuras con enunciado personalizado para cada alumno.

Rodríguez Jerónimo, Gracia; Suárez Medina, Francisco Javier; Granados Romera, Juan José; Vallecillo Capilla, Ángel; Vallecillo Zorrilla, Ángel. 113

Comparación de dos experiencias docentes en la evaluación continua de la asignatura de Elasticidad y Resistencia de Materiales.

Palma, Roberto; Moliner, Emma; Martínez-Rodrigo, Lola; Doménech, Alejandro; Cepriá Bernat, Javier; Albert Esteve, Ángel María. ??

Mentorización y formación del profesorado de nueva incorporación en la asignatura Estructuras 3 del Grado de Arquitectura.

Fernández Ruíz, Manuel Alejandro; Gil Martín, Luisa María; Bravo Pareja, Rafael. 123

Propuesta para la mejora de la evaluación de competencias estructurales en el trabajo fin de máster (TFM) del máster habilitante en Arquitectura.

Bravo Pareja, Rafael; Fernández Ruíz, Manuel Alejandro. 129

Incorporación de videos en TWITTER como metodología activa en la docencia en el máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. El proyecto ResCoBa.

Martín-Pascual, Jaime; Zamorano, Montserrat. 135

Utilización de la aplicación móvil Plickers en la evaluación continua

Garrido, Jesús; Garach, Laura. 141

Aprendizaje mediante experiencias prácticas en el área de la ingeniería sanitaria.

García-Ruiz, Andrés; García-Ruiz, Pablo; Carpio, Manuel. 147

Diagnóstico de las habilidades espaciales en las carreras de ingeniería y experiencia con el uso de realidad aumentada para una mejora en la docencia.

Olvera García, Elena; Marín Granados, Manuel Damián; Ortíz Zamora, Francisco José. 153

Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) para Resistencia de Materiales: Ingeniería Electrónica Industrial en los cursos entre 2015 y 2017.

Melchor, Juan; Callejas, Antonio; Rus, Guillermo. 159

La docencia de asignaturas aplicadas en los Grados de Ingeniería Industrial: el caso de Instalaciones Industriales en la Universidad de Almería.

Garrido-Jiménez, Francisco Javier. 165

III Taller Internacional RIGPAC. Renovación y Patrimonio Paisajes Culturales, el Valle del Draa - Marruecos 2017 una mirada transdisciplinar.

Líndez, Bernardino; Serrano, Estefanía. 171

Aprendizaje motivacional del concepto de Economía Circular en Ingeniería.

Leyva-Díaz, Juan Carlos; Molina-Moreno, Valentín. 177

Librería Audiovisual como soporte didáctico multimedia para la completa formación del alumno.

Calvo, Francisco J.; Díez-Mesa, Francisco; de Oña, Rocio. 181

Procedimientos de construcción en obras de ingeniería civil. Aprendizaje a través de proyectos.

Sol-Sánchez, Miguel; Moreno-Navarro, Fernando; Castillo-Mesa, Miguel A.; Rubio-Gámez, M^a Carmen. 187

Kahoot! como instrumento para reducir los prejuicios y sus consecuencias negativas en la asignatura Técnicas Cuantitativas II.

Fernández-Sánchez, M. Pilar; Marín Jiménez, Ana Eugenia. 193

Laboratorios virtuales en Ingeniería Civil.

López Maldonado, Griselda; Camacho Torregrosa, Francisco Javier; Pérez Zuriaga, Ana María; García García, Alfredo. 205

Internacionalización

enviEU. A Jean Monnet Module about the environmental framework for a sustainable Europe.

Martín-Pascual, Jaime; Gómez-Lorente, Daniel; Poyatos, José Manuel; Ramos, Ángel; Ruiz, Diego Pablo; Serrano, Francisco; Zamorano, Montserrat. 213

Internacionalización del diseño curricular de los alumnos de primero del Grado en Ingeniería Civil de la UGR.

Clifford Guzmán, Pablo; Fortes Escalona, Miguel Ángel; López Alonso, Mónica; Martín Pascual, Jaime; Martínez-Echevarría Romero, María José; Mellado Moreno, Miguel; Puertas García, Esther; Rodríguez Rojas, María Isabel. 219

Métodos de Evaluación

Estrategias para autoevaluar la docencia universitaria en materias del Área de Ciencias Sociales y Jurídicas en titulaciones técnicas.

Rodríguez Martín, José Antonio. Añaños Bedriñana, Karen Giovanna. 225

Influence of training in academic performance: Comparison between Chemical Engineering and Environmental Sciences.

Leyva-Díaz, Juan Carlos; Álvarez-Arroyo, Rocío; Gómez-Nieto, Miguel Ángel; Poyatos, José Manuel. 231

Evaluación automática de problemas: experiencias en Resistencia de Materiales.

Carbonell Márquez, Juan Francisco. 237

Kahoot!: herramienta docente para la evaluación continua.

Diez-Mesa, Francisco; de Oña, Rocío; de Oña, Juan. 243

Exámenes con corrección automática para la mejora de los sistemas de evaluación.

Martínez-Castro, Alejandro E. 249

Automatización de la generación de enunciados y de la evaluación en asignaturas de CAD en grados de ingeniería.

Salmerón Medina, Francisco; Gómez-Estern Aguilar, Fabio; Valderrama Gual, Francisco; Carbonell Márquez, Juan Francisco. 255

General. Temática Abierta

Solver como herramienta para la resolución de problemas de optimización de redes de cambiadores de calor en Ingeniería Química.

Escola, José María; Briones, Laura. 263

iSprinkle: when education, innovation and application meet.

Gomez, Carlos Adrian; Soltys, Michael; Sędziwy, Adam. 269

Acercamiento del alumno al comportamiento real de las estructuras mediante el uso de una estructura modular de barras.

Suárez, Fernando; García Torres, Diego. 275

Los dispositivos de Realidad Aumentada: innovaciones en la educación.

García Lorenzo, Marina; Fernández Oliveras, Paz. 281

Visualización de las zonas anódicas y catódicas para el aprendizaje de los procesos de corrosión metálica.

Martínez-Echevarría Romero, María José; López Alonso, Mónica; Rodríguez Montero, José; Fernández Ruiz, José Antonio; Castillo Mingorance, Juan Manuel; Guerrero Vélchez, Isabel María; Días Osuna, Santiago. 287

Creatividad y Emprendimiento

Los programas de fomento de vocaciones científicas y las actitudes hacia las clases de ciencias de estudiantes preuniversitarios: ¿son efectivos?

Fernández-Cézar, Raquel ⁽¹⁾; Muñoz, Marta ⁽²⁾; Solano-Pinto, Natalia ⁽³⁾

(1) Departamento de Matemáticas, área de Didáctica, Facultad de Educación de Toledo, Universidad de Castilla la Mancha, raquel.fcezar@uclm.es (1);

(2) Departamento de Matemática Aplicada, Ciencia e Ingeniería de Materiales y Tecnología Electrónica, Universidad Rey Juan Carlos, marta.munoz@urjc.es (2);

(3) Departamento de Psicología, área de Psicología Evolutiva, Facultad de Educación de Toledo, Universidad de Castilla la Mancha, natalia.solano@uclm.es (3)

Resumen

Se estudia la actitud hacia la clase de ciencias en alumnado de distintas etapas educativas. Se analiza si la actitud varía por la acción de un programa de fomento de vocaciones científicas. Se concluye que: la actitud más baja se detecta en educación secundaria y la más alta en educación primaria; la acción estudiada influye positivamente en educación primaria.

Palabras clave: actitud ciencias, etapa educativa, fomento de vocaciones científicas.

I. Introducción

Este estudio está motivado por el descenso de estudiantes en carreras científicas que se viene observando en los últimos años (VÁZQUEZ et al, 2011). En el campo de la didáctica de las ciencias no ha existido una tradición de desarrollo de modelos de las actitudes, aunque recientemente se realizan esfuerzos en esa dirección (VÁZQUEZ et al, 2016). Más bien se han realizado medidas de las mismas con diversos instrumentos revisados (OSBORNE et al, 2003; POTVIN et al, 2014) en el ámbito anglosajón, y (MELLADO et al. 2013) en el ámbito hispanoamericano. No obstante, toda la bibliografía encontrada se circunscribe principalmente al mundo occidental. En todos los estudios se reconoce, dentro de la taxonomía de la actitud hacia las ciencias, la categoría asignada a la ciencia en la escuela o las clases de ciencias. Por lo tanto, los expertos consideran que una parte de la actitud que los alumnos tienen sobre la ciencia se forma en sus clases de ciencias. Esta es la categoría que interesa en este estudio.

Se han usado como herramientas de estudio las entrevistas o el discurso en algunos trabajos sobre actitudes (DI MARTINO et al, 2010), mientras que en otros muchos se han empleado cuestionarios (CHEN, 2006; MARBÁ et al, 2010; KENNEDY et al, 2016). En estos últimos trabajos se reconocen expresamente los cuestionarios como los métodos más eficientes para obtener información en relación tiempo/resultados (VÁZQUEZ et al, 2006; KENNEDY et al, 2016). En este trabajo se emplea un cuestionario.

Sobre las edades de los alumnos, existen trabajos realizados con cuestionarios para medir la actitud hacia las ciencias con orientación CTS, como el COCTS (BENNÁSAR et al, 2010). También existen estudios posteriores de amplio espectro como el ROSE (SCHREINER et al, 2004), que se ha realizado a escala europea con alumnado de 15 a 17 años. Los datos de España para este último estudio han sido analizados en detalle por Alonso y Mas (ALONSO et al, 2007; ALONSO et al, 2009), habiéndolos extraído de los resultados globales publicados en ROSE (ROSE et al, 2005). Sin embargo, todos estos estudios emplean cuestionarios muy largos, con preguntas de formulación relativamente compleja, y de difícil comprensión, incluso para los estudiantes a los que van dirigidos, lo que puede provocar la confusión y el abandono de los mismos. En estudios más recientes orientados al análisis de las actitudes hacia las clases de ciencias en educación primaria (KENNEDY et al, 2016) se opta por reducir el número de preguntas y simplificar la formulación de las mismas para que puedan ser completados por los alumnos de manera autónoma. En estos cuestionarios se

mantiene lo que según, di Martino y Zan (MARTINO et al, 2010), son los tres componentes fundamentales de la actitud hacia una materia: me gustan / no me gustan (percepción), porque puedo / no puedo hacer (percepción de la propia competencia), porque las ciencias son / no son (visión de las ciencias). En este trabajo se emplea un cuestionario breve para la medida de la actitud hacia la ciencia en la escuela.

Dado que la actitud no es un rasgo permanente de la personalidad, sino modificable mediante acciones, este estudio considera que es posible actuar de diversas maneras, sobre la actitud hacia la ciencia en la escuela. Este trabajo contempla una acción consistente en el desarrollo de un proyecto de divulgación (www.nanomadrid.es), y valora su posible influencia sobre la actitud de los alumnos hacia la clase de ciencias mediante un cuestionario. También en otros trabajos se han empleado cuestionarios para cuantificar la actitud hacia las ciencias y estudiar la influencia de distintas acciones sobre la misma (CARDONA et al., 2012; BARMBY et al, 2008).

Por todo ello, en el presente proyecto se plantean los siguientes objetivos:

Explorar si hubiera algún efecto sobre la actitud hacia la ciencia en la escuela de la acción de un programa de fomento de vocaciones científicas desarrollado por científicos y científicas de primera línea de España, y si este posible efecto está asociado a la etapa educativa. Nuestra hipótesis de partida es que sí hay efecto y que este no es el mismo para todas las etapas educativas.

II. Metodología

La metodología empleada es cuantitativa: se mide la actitud hacia la ciencia en la escuela mediante un cuestionario que se pasa a estudiantes del último año de educación primaria, 3º de ESO y 1º de bachillerato. Es, por lo tanto, un estudio transversal que nos proporciona una instantánea de la situación existente. Se pasa una semana antes de la acción, y se vuelve a pasar una semana después de la misma.

La muestra es de conveniencia, pues está compuesta por alumnos y alumnas de los centros educativos que han solicitado participar en el proyecto de fomento de vocaciones científicas “Conocer la ciencia hoy abre las puertas del mañana” (Fernández y Muñoz) llevado a cabo en Madrid y Castilla La Mancha. Se han pasado 500 cuestionarios en los cursos 2013-2014 y 2014-2015. De ellos, se han devuelto rellenos 380. De este total, 227 son de último curso de educación primaria, 68 de 3º curso ESO, y 85 de 1º curso de bachillerato.

El cuestionario lo componen 8 ítems tomados del dominio *My science class* del cuestionario ROSE (SCHREINER et al, 2004), empleado en un estudio previo con alumnado de primaria de entre 10 y 12 años, (FERÁNDEZ-CÉZAR y SOLANO-PINTO, 2017). Las respuestas son tipo escala Likert de 1 a 5, donde 1 es totalmente en desacuerdo (TD) y 5 es totalmente de acuerdo (TA). Están formulados de manera que se evite la aquiescencia en las respuestas. Para cuantificar la actitud total, se hace coincidir en todos ellos el 5 con el máximo y el 1 con el mínimo. En la tabla 1 se muestran los ítems. La consistencia interna del cuestionario se midió mediante alfa de Cronbach, en ese estudio previo antes referido. No obstante, se ha vuelto a valorar con esta muestra obteniendo un valor de .810 con elementos estandarizados, y .739 con no estandarizados, lo que asegura la fiabilidad del instrumento utilizado.

Tabla1: Cuestionario empleado

Items
1.Las Ciencias naturales son una asignatura difícil/fácil
2.La clase de ciencias es interesante/aburrida
3.La clase de Ciencias ha abierto mis ojos a trabajos interesantes que podría hacer cuando sea adulto SI/NO
4. Me gustan las Ciencias naturales más que otras asignaturas SI/NO
5. Creo que todo el mundo debería estudiar Ciencias en la Escuela SI/NO
6.Las cosas que aprendo en la clase de Ciencias me será de ayuda en mi vida diaria SI/NO
7. La clase de ciencias me ha mostrado la importancia de la ciencia en nuestro estilo de vida SI/NO
8. Me gustaría tener cuanto más ciencia mejor en la Escuela SI/NO

II.1 Análisis Estadístico

Se realiza con el paquete informático Statistical Package for Social Sciences, SPSS, v22. Se suman los 8 ítems para obtener la actitud total (AT, en adelante). Justificamos el uso del valor total como el cómputo de la actitud, mediante los valores de la correlación ítem-total. Dicha correlación se midió con el coeficiente ρ de Spearman por ser variables ordinales, y en este caso presenta valores superiores a .5 en todos los ítems.

Para diferenciar la actitud total antes y después de la participación en el proyecto, se le añadió la letra A para indicar antes de la intervención, y D para indicar después de la misma, quedando ATA y ATD, respectivamente. Se analizó su asociación (o no) con la etapa educativa: primaria, secundaria obligatoria o bachillerato. Con el análisis de normalidad de las variables cuantitativas se determina el tipo de contraste a realizar. La comparación de la ATA y ATD se realizó mediante sus valores medios y se trataron como muestras independientes al no presentar correlación significativa entre ellas ($\rho_{\text{Pearson}} = .062, p = .286$).

III. Resultados y Discusión

Se analizó la correlación entre la ATA y ATD con la etapa, obteniendo una correlación débil con ATA ($\rho_{\text{Spearman}} = .142, p = .013$), y un poco más fuerte con ATD ($\rho_{\text{Spearman}} = .434, p = .000$).

Con el fin de estudiar las diferencias entre la actitud total, antes y después de la intervención, diferenciando la etapa educativa, se utilizó un ANOVA. Se justifica esta prueba por la normalidad de la distribución de ATA y ATD mediante un test de Kolmogorov-Smirnov ($p = .200$).

Tabla 2: Actitud hacia las clases de Ciencias antes y después de la acción para las etapas estudiadas.

*Casos válidos N=211 en primaria, 63 en ESO, y 23 en bachillerato.

ETAPA	ATA*			ATD*		
	Media	DS	Mediana	Media	DS	Mediana
Primaria	30.62	5.941	31	33.91	4.411	35
Secundaria	28.71	5.615	28	28.89	5.469	29
Bachillerato	29.91	3.554	30	29.96	4.374	31

Tanto antes como después de la participación en el proyecto, se observa una tendencia general: la actitud más positiva está en primaria y la menos positiva en secundaria obligatoria.

El ANOVA nos dice que existe diferencia con la etapa ($p = .048$) para la actitud antes, ATA, y se mantiene para la actitud después, ATD ($p = .000$), mostrándose en ambos casos la misma tendencia: actitud más positiva en primaria, y menos en secundaria obligatoria. Se observa una disminución de primaria a secundaria obligatoria de 1.91, y un ascenso de 1.20 de esta a bachillerato antes de la acción. Después de la misma, ATD, la disminución de primaria a secundaria obligatoria es mayor, siendo de 5.62, y el ascenso de secundaria obligatoria a bachillerato es de 1.07, menor que antes de la acción.

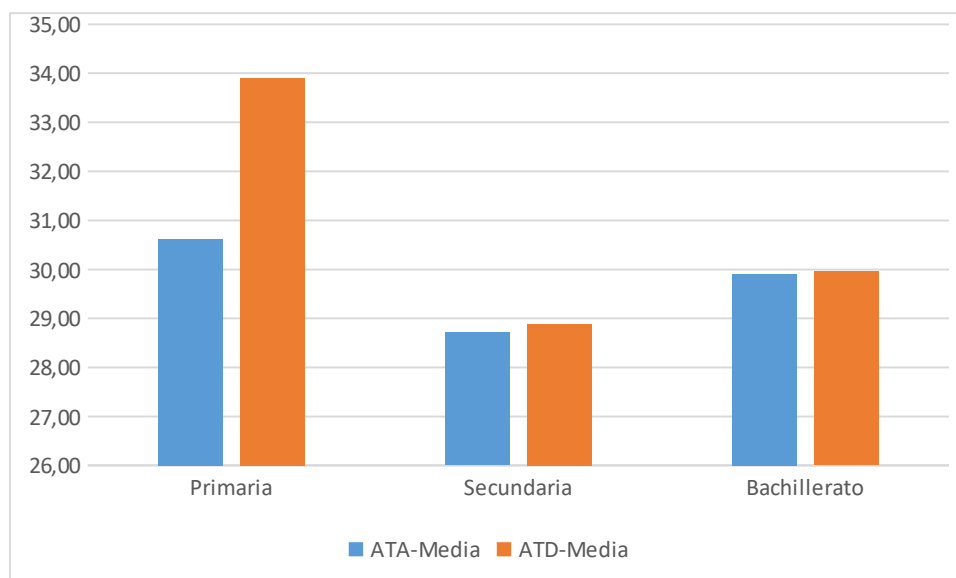


Figura 1: Actitud hacia la clase de ciencias antes y después del programa de fomento de vocaciones científicas para las distintas etapas educativas.

Al comparar la actitud antes y después de la acción de fomento de vocaciones científicas para la misma etapa, ATD-ATA, se emplea un contraste de hipótesis tipo test t-student. Se ha encontrado que existe diferencia de +3.29, significativa estadísticamente en la etapa de primaria, ($p=.000$). En las otras dos etapas la diferencia es casi despreciable y no tiene significación estadística ($p=.067$). Por tanto se puede afirmar que en la etapa de educación primaria, esta acción tiene un efecto positivo sobre la actitud de los alumnos, y que no existe un efecto similar para las etapas de educación secundaria obligatoria y bachillerato.

IV. Conclusiones

Con todo esto, se concluye que la valoración de actuaciones como la participación en proyectos de fomento de vocaciones científicas como el nuestro, es positiva para los alumnos expuestos a dicha acción. Se ha observado un comportamiento de la actitud total con la etapa educativa similar tanto antes como después de la acción, pues siguen la misma tendencia: valor más alto en educación primaria, y el mínimo en la educación secundaria obligatoria.

Esta acción tiene una influencia mayor en los estudiantes de la etapa de primaria, no pudiendo cuantificar con este cuestionario la que pudiera tener en los alumnos de ESO o Bachillerato, para los que quizá sería necesario plantear otras maneras de valorarla. Dado que hay un descenso grande al pasar de la educación primaria a la secundaria, se podría plantear que las acciones deberían intensificarse en esta primera etapa para evitar el declive que se produce en la segunda. En esa línea, hay algunos trabajos recientes que analizan las emociones tanto del profesorado como del alumnado de esta etapa secundaria (CORTÉS, 2015), recalando la influencia que tiene en los siguientes itinerarios seguidos por los estudiantes. Por eso consideramos que merece una atención especial el aspecto afectivo en la educación científica en educación primaria y secundaria obligatoria.

Agradecimientos

Este trabajo se ha podido realizar gracias a la financiación de la RSEQM para la divulgación, y a los proyectos FCT-12-4221 de la convocatoria 2012-2013, y FECYT-14-8844 de la convocatoria 2014-2015.

Referencias

ALONSO, Á.; MAS, M. (2009). La relevancia de la educación científica: actitudes y valores de los estudiantes relacionados con la ciencia y la tecnología. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 27(1): 33-48.

- ALONSO, Á.; MAS, M. (2007). *Los intereses curriculares en ciencia y tecnología de los estudiantes de secundaria*. Universitat Illes Balears, Servei de Publicacions i Intercanvi Científic.
- BARMBY, P.; KIND, P.; JONES, K. (2008). Examining changing attitudes in secondary school science. *International journal of science education*, 30(8): 1075-1093.
- BENNÁSSAR, A.; VÁZQUEZ, A.; MANASSERO, M.; GARCÍA-CARMONA, A.; (2010). *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*. Madrid, España: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).
- CARDONA, L.; ANGULO, F.; SOTO, C.; QUINTERO, S.; CEBALLOS, A.; Delgado, E.; CIFUENTES, L.; (2012). ¿Contribuyen los talleres en el Museo de Ciencias a fomentar actitudes hacia la conservación del ambiente? *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 30(3): 53-70.
- CHEN, S. (2006). Development of an instrument to assess views on nature of science and attitudes toward teaching science (VOSE). *Science Education*, 90(5): 803-819.
- CORTÉS, A. (2015). Las emociones en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en educación secundaria. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 33(3): 199-200.
- DI MARTINO, P.; ZAN, R. (2010). Me and maths: towards a definition of attitude grounded on students' narratives. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 13(1): 27-48.
- FERNÁNDEZ-CÉZAR, R.; SOLANO-PINTO, N (2017). Attitude towards School Science in Primary Education in Spain. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 19(4): (en prensa).
- KENNEDY, J.; QUINN, F.; TAYLOR, N. (2016). The school science attitude survey: a new instrument for measuring attitudes towards school science. *International Journal of Research & Method in Education*, 39(4):422-445. <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1743727X.2016.1160046?scroll=top&needAccess=true>
- MARBÁ-TALLADA, A.; MÁRQUEZ BARGALLÓ, C. (2010) ¿Qué opinan los estudiantes de las clases de ciencias? Un estudio transversal de sexto de Primaria a cuarto de ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 19–30.
- MELLADO, V.; BLANCO, L.; BORRACHERO, A.; CÁRDENAS, J. (2003). *Las emociones en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y las matemáticas*. Ed: DEPROFE. Badajoz, España.
- POTVIN, P.; HASNI, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: a systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50 (1): 85–129, <http://dx.doi.org/10.1080/03057267.2014.881626>
- OBSBORNE, J.; SIMON, S.; COLLINS, S. (2003). Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9): 1049 – 1079.
- ROSE, A. (2005). Proyecto ROSE: relevancia de la educación científica. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 2(3): 440-447
- SCHREINER, C.; SJOBERG, S. (2004). *Showing the seeds of ROSE. Background, Rationale, Questionnaire Development and Data Collection for ROSE (The Relevance of Science Education) - a comparative*

study of students' views of science and science education. Acta Didactica, (4/2004). Published: Dept. of Teacher Education and School Development, University of Oslo, Norway. Retrieved on 2/12/2014 from <http://www.ils.uio.no/forskning/rose/documents/AD0404.pdf>.

- VÁZQUEZ, Á.; ACEVEDO, J.; MANASSERO, M.; ACEVEDO, P. (2006). Actitudes del alumnado sobre ciencia, tecnología y sociedad, evaluadas con un modelo de respuesta múltiple. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 8(2): 1-37.
- VÁZQUEZ, A.; MANASSERO, M. (2011). El descenso de las actitudes en la educación obligatoria. *Ciência & Educaçao*, 17(2): 249-268.
- VÁZQUEZ, B.; JIMÉNEZ, R. (2016). Modelización de un constructo teórico sobre la percepción del alumnado en procesos de indagación en ciencias. *Revista de Psicodidáctica*, 21(1): 25-44.

Proposal for the foster of degree and master dissertations in professional environments to enhance the employability of future engineers

Peña-García, Antonio⁽¹⁾; Rabaza, Ovidio⁽¹⁾; Aznar, Fernando⁽¹⁾; Molina-Moreno, Valentín⁽²⁾; López, Juan Carlos⁽¹⁾; Gómez-Lorente, Daniel⁽¹⁾

(1) Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Granada, {pgarcia, ovidio, faznar, juancarloslopez, dglorrente}@ugr.es

(2) Department of Management, University of Granada, vmolina2@ugr.es

Abstract

The recent changes in the technical degrees and masters due to the decrease in activity and number of enterprises, has impaired students chances to guide their degree and master dissertations towards a professional environment. A proposal to foster employability departing from TFG and TFM in those environments is presented.

Keywords: Employability, Professional environment, Degree dissertation; Master dissertation.

I. Introducción

Desde hace años, las titulaciones técnicas se han hecho eco de la necesidad de formar a su profesorado (Fernández-Oliveras et al., 2010) y dar una orientación eminentemente práctica a sus asignaturas (Aznar-Dols et al., 2010; Alameda-Hernández et al., 2013; Fernández-Oliveras et al., 2011) e, incluso, en relacionarlas con la actividad profesional en la medida de lo posible (Alameda-Hernández et al., 2011; Fernández-Oliveras et al., 2014). Sin embargo, los TFG y TFM siguen constituyendo en general, y salvo algunas excepciones más orientadas hacia la investigación, (Gómez Guzmán et al., 2012), un terreno relativamente inexplorado en cuanto a su potencial en materia de empleabilidad.

Además, en los últimos tiempos se han producido dramáticos cambios en la concepción de los estudios técnicos. Debido al descenso de la actividad y número de empresas, el estudiantado ve significativamente mermadas las opciones de completar su formación con TFG y TFM aplicados y orientados hacia su salida profesional.

Este hecho ha causado cuatro importantes problemas:

- Muchos estudiantes intentan sin éxito realizar su TFG o TFM en una empresa o Administración Pública, lo cual es fuente de frustración.
- Los estudiantes que consiguen este objetivo han de adaptarse a metodologías de trabajo frecuentemente alejadas del proceso enseñanza-aprendizaje propugnado por el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).
- Existen importantes vacíos desde las perspectivas legal (responsabilidades civiles en proyectos de ingeniería, seguros en trabajo de campo...) y académica (desconocimiento del tutor/a de la empresa/organismo de las competencias a adquirir...). Esta situación no responde a un incumplimiento intencionado por parte del organismo, sino a su desconocimiento del mundo académico y a una falta de coordinación con los tutores universitarios.
- Las opciones de empleabilidad del estudiantado disminuyen considerablemente.

Si a la anterior problemática unimos la demanda histórica, tanto del profesorado de las titulaciones técnicas como de las empresas y Administraciones Públicas, de una mayor intensificación, regulación y potenciación de sinergias en lo tocante a los Trabajos Fin de Grado y Máster (TFG y TFM), la necesidad de acciones al respecto es evidente.

II. Propuesta

Las consideraciones anteriores nos llevan a plantear la necesidad de potenciar la realización de TFG y TFM en régimen de cotutela en el seno de empresas y Administraciones Públicas.

La conciencia de dicha necesidad es el fruto de un análisis colectivo de diversos sectores (profesorado de las titulaciones técnicas y profesionales de empresas y Administraciones Públicas) cuya cooperación es un valor añadido para toda Sociedad.

Más en detalle, las carencias que se ponen de manifiesto podrían englobarse en cinco puntos fundamentales:

- 1) Necesidad del estudiantado las titulaciones técnicas de una mayor orientación hacia la práctica profesional así como de TFG y TFM más orientados hacia dicha práctica.
- 2) Necesidad del profesorado de las titulaciones técnicas de una formación específica para la dirección de TFG y TFM cotutelados con empresas y Administraciones.
- 3) Necesidad de las empresas y Administraciones de una formación específica para poder orientar los TFG y TFM que se desarrollen en colaboración con las Universidades.
- 4) Necesidad de sinergias y transferencia mutua del conocimiento de las tres partes implicadas (estudiantado, profesorado y tejido productivo).
- 5) Necesidad de un marco normativo que asegure la dotación de competencias y las buenas prácticas en los TFG y TFM.

Con el objeto de paliar dichas carencias y responder a las necesidades de estudiantado, profesorado, tejido productivo y Sociedad, esta propuesta surge con los siguientes objetivos generales:

- A) Creación de una red de empresas y Administraciones Públicas para gestionar la oferta y la demanda de este tipo de TFG y TFM en tiempo real.
- B) Formación específica a estudiantes, cotutores UGR y cotutores empresa/Administración sobre las necesidades y particularidades recíprocas.
- C) Elaboración de un reglamento específico que se pondría a disposición de la UGR y de aquellas empresas y organismos de la red.
- D) Mejora de la empleabilidad del estudiantado.

Estos objetivos se concretan en una serie de objetivos particulares que abordan aspectos concretos de la problemática presentada:

- 1) Creación de una red de formación e innovación Universidad-Empresa-Administración para la coordinación y la potenciación de TFG y TFM en empresas y Administraciones.
- 2) Transformación de TFG y TFM en un vehículo para la transferencia del conocimiento en el triángulo Universidad-Empresa-Administración.
- 3) Elaboración de nuevos recursos didácticos y materiales docentes.
- 4) Potenciación de patentes y trabajos científicos compartidos entre Universidad, empresa y Administración como consecuencia de la realización de dichos TFG y TFM.
- 5) Implicación de los técnicos y empleados de empresas y Administraciones en la cotutela de TFG y TFM, potenciando así las sinergias con la Universidad.
- 6) Acercamiento de profesorado y estudiantado de las titulaciones técnicas a la dinámica de trabajo de empresas y Administraciones.
- 7) Elaboración de un reglamento que regule y normalice la realización de TFG y TFM en empresas y Administraciones, de manera que el carácter aplicado que se busca no derive en una menor atención a los requisitos académicos y a la adquisición de competencias.

Aunque no es un objetivo inmediato, esperamos que los cauces y líneas de trabajo establecidas constituyan un puente hacia la realización de tesis doctorales en empresas y Administraciones con cotutelas de técnicos de las mismas.

La factibilidad de estos objetivos pasa por una adecuación de tipo regulatorio, pues numerosas universidades carecen de una normativa exhaustiva que regule la realización de TFG y TFM en régimen de cotutela con empresas y Administraciones. Debido a los graves inconvenientes que pueden surgir desde la perspectiva de la propiedad intelectual y de las responsabilidades civiles, la propuesta de dicho marco normativo parece una condición indispensable.

En este sentido, los pocos estudiantes que actualmente tienen la oportunidad de llevar a cabo sus TFG y TFM en empresas o Administraciones, lo hacen bajo la cotutela de profesionales de dichos organismos. Pese a su buena voluntad y saber hacer profesional, dichos cotutores carecen en general de la formación psicopedagógica necesaria para dirigir un TFG o TFM orientado a las necesidades del alumnado desde la perspectiva del EEES. Por esta razón, uno de los principales objetivos de la presente propuesta es la formación de dichos profesionales.

III. Resultados esperados

La presente propuesta dará lugar a un reglamento sobre la realización de TFG y TFM en empresas y Administraciones. Dicho reglamento no solo tendrá utilidad para las titulaciones técnicas, sino que podrá ser una valiosa herramienta para otras áreas y Facultades (Derecho, Económicas y Empresariales, Ciencias de la Salud) en las que la inmersión del estudiantado en condiciones de trabajo reales es también una demanda acuciante.

Por otra parte, como fruto de esta propuesta se constituirá una red de transferencia del conocimiento a tres bandas: Universidad-Empresa-Administración. Dicha transferencia, además de importantes sinergias estratégicas para la Universidad y para el tejido productivo, dará lugar a la elaboración de manuales de buenas prácticas y material docente empleado en los seminarios y cursos de formación previstos en los objetivos anteriores.

Además, el esperado incremento en la dirección de TFG, TFM e incluso tesis doctorales en esta modalidad, facilitará la generación de patentes y la constitución de Spin-off que revertirán en la empleabilidad del estudiantado.

En definitiva, la utilidad y transferibilidad de los recursos generados a otros equipos y al tejido productivo justifican la presente propuesta cuyos primeros resultados se esperan en breve.

Referencias

- ALAMEDA-HERNÁNDEZ, P.M., PEÑA-GARCÍA, A., ESPÍN-ESTRELLA, A., CALERO DE HOCES, M., BLÁZQUEZ-GARCÍA, G., FERNÁNDEZ-SERRANO, M., MARTÍN-LARA, M.Á., AZNAR-DOLS, F., MERCADO-VARGAS, M.J., VIDA-MANZANO, J., GÓMEZ-LORENTE, D., FERNÁNDEZ-OLIVERAS, P., ALAMEDA-HERNÁNDEZ, Á., ALAMEDA-HERNÁNDEZ, E (2011). El Proyecto de Innovación Docente “Aplicando lo aprendido: actividades didácticas de interés social y empresarial”. Resultados iniciales. *Actas de las II Jornadas sobre Innovación Docente y Adaptación al EEES en las titulaciones técnicas*. (pp. 5-8). Granada: Godel Impresores Digitales S.L.
- ALAMEDA-HERNÁNDEZ, E., ESPÍN ESTRELLA, A., AZNAR DOLS, F, PEÑA GARCÍA, A.M., MERCADO VARGAS, M.J., PÉREZ MAÑAS, J.L., SÁEZ CALVO, J.A., RABAZA CASTILLO, O., MOLINA MORENO, V., JADRAQUE GAGO, E., MOLERO MESA, E., MEDINA MARTÍNEZ, A., MERINO ROSARIO, E.J (2013). Nuevas metodologías para la docencia práctica de la Luminotecnia y la Electrotecnia. *Innovación Docente y Buenas Prácticas Docentes en la Universidad de Granada, Vol. II*. (pp. 265 – 274). Granada: Ed. Universidad de Granada.
- AZNAR-DOLS, F., PEÑA-GARCÍA, A., SÁEZ-CALVO, J.A., ESPÍN-ESTRELLA, A (2010). Nuevo método para la evaluación de la asignatura de Electrotecnia en la titulación de Ingeniería de Caminos, Canales y

Puertos. *Actas de las I Jornadas sobre Innovación Docente y Adaptación al EEES en las titulaciones técnicas*. (pp. 17-21). Granada: Godel Impresores Digitales S.L.

FERNÁNDEZ-OLIVERAS, P., PEÑA-GARCÍA, A., POYATOS-CAPILLA, J.M (2011). Una propuesta de metodología mayéutica: el puente hacia el grado. *Actas de las II Jornadas sobre Innovación Docente y Adaptación al EEES en las titulaciones técnicas*. (pp. 129-133). Granada: Godel Impresores Digitales S.L.

FERNÁNDEZ-OLIVERAS, A., FERNANDEZ, P., PEÑA-GARCÍA, A., OLIVERAS, M. L (2014). Teaching methodologies to promote creativity in the professional skills related to optics knowledge. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. In 12th Education and Training in Optics and Photonics Conference*, Vol. 9289, Article number 928910.

FERNÁNDEZ-OLIVERAS, PAZ, PEÑA-GARCÍA, ANTONIO, POYATOS-CAPILLA, JOSÉ MANUEL. (2010). El papel de los mentores desde la perspectiva de los profesores mentorizados: una experiencia en la ETSICCP. *Actas de las I Jornadas sobre Innovación Docente y Adaptación al EEES en las titulaciones técnicas*. (pp. 83-89). Granada: Godel Impresores Digitales S.L.

GÓMEZ GUZMÁN, A., PARELLADA SERRANO, E., SÁNCHEZ MINGORANCE, P., GIL-MARTÍN, L.M., PEÑA-GARCÍA, A (2012). Potenciación de la aptitud investigadora de los ingenieros mediante un enfoque multidisciplinar del Proyecto Fin de Carrera / Enhancement of a research-aided skills in engineers through a multidisciplinary approach of the Degree Project. *Actas de las III Jornadas sobre Innovación Docente y Adaptación al EEES en las titulaciones técnicas*. (pp. 291-294). Granada: Godel Impresores Digitales S.L.

Introducción de nuevas aplicaciones TIC como técnicas de aprendizaje en las titulaciones universitarias

Navarro López, Elvira ⁽¹⁾; Rondet, Thomas Eric Antoine ⁽¹⁾

(1) Departamento de ingeniería, área de ingeniería química, Universidad de Almería, nle877@ual.es

Resumen

Desde la entrada en vigor del plan Bolonia, el sistema universitario está sufriendo una continua transformación con el fin de adaptarse al Espacio Europeo de Educación Superior. En esta adaptación las TIC jugarán un papel importante en la vida cotidiana universitaria y aplicaciones como *Kahoot!* se convertirán en una herramienta didáctica valiosa para mejorar la disposición del alumnado a aprender.

Palabras clave: TIC, Kahoot, innovación, motivación, universidad.

I. Introducción

En la actualidad, las universidades están repletas de alumnos faltos de motivación y por consiguiente de profesores frustrados al no ser capaces de hacer que los alumnos se interesen por las asignaturas que imparten. Hasta ahora, el modelo universitario se basaba únicamente en que los alumnos debían tomar unos buenos apuntes en clase y preparar un examen final que decidía por completo la nota de la asignatura. Con este modelo, no se hacía necesaria la asistencia a clase y el que asistía lo hacía casi con la única finalidad de copiar con claridad lo que el profesor “dictaba”.

Sin embargo, desde que entrara en vigor el plan Bolonia como consecuencia de la convergencia europea para la adaptación de las titulaciones universitarias al espacio europeo de educación superior (EEES), estas se encuentran en una constante modificación en la que se trata de adaptar las titulaciones a las nuevas tecnologías y metodologías de aprendizaje demandadas en estos nuevos tiempos. En este contexto, es importante no sólo la adquisición de los fundamentos teóricos, sino que también se requiere evaluar la consecución de diferentes capacidades, habilidades y actitudes relacionadas con el ámbito de la asignatura en cuestión.

Considerando, además, que vivimos en un mundo donde la tecnología forma parte de nuestra vida cotidiana y que ésta es cada vez más accesible para todos, resulta lógico pensar que es necesaria su inclusión en los modelos de enseñanza a todos los niveles, añadiendo un elemento conocido por todos los alumnos, que despierte su interés por asistir a clase con la motivación de aprender.

II. Propuesta de innovación docente

En este artículo se propone la introducción de las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación), a través de una de sus múltiples aplicaciones como método de aprendizaje.

Según Sevillano y Rodríguez (2013), las TIC permiten que los alumnos desarrollen determinados puntos clave que hacen que el estudiante pueda ser contemplado como coprotagonista de su propio aprendizaje, despertando el interés del mismo por aprender y comprender, permitiendo la transmisión y recepción de información de forma inmediata y aportando flexibilidad de ritmo y de aprendizaje.

Esta motivación del alumno que se trata de conseguir puede clasificarse en dos grandes grupos según Deci y Ryan (1985); la motivación intrínseca y la motivación extrínseca. A grandes rasgos, la motivación intrínseca es el interés propio del estudiante, es decir, cuando el mismo se interesa por leer, investigar y aprender, mientras que la motivación extrínseca es la que se le impone al alumno, es decir, cuando el alumno se ve obligado a realizar una determinada actividad. Hay que tener en cuenta que, para aumentar la motivación intrínseca del alumno, se necesita que la asignatura cumpla con dos requisitos fundamentales (Maggiolini, 2013):

- Que la actividad que desea realizarse no provoque aburrimiento o ansiedad entre el alumnado.
- Que los alumnos puedan realizarla con cierta autonomía.

Una aplicación que cumple con ambos requisitos es *Kahoot!*, un sistema de respuesta estudiantil basado en un juego donde el profesor es el anfitrión y los alumnos son los competidores. El ordenador del profesor se encontrará conectado a una pantalla donde se irán mostrando preguntas relacionadas con el temario visto en clase y las posibles respuestas, y los estudiantes deberán responder lo más rápido posible y de forma correcta desde sus propios dispositivos móviles. Después de cada pregunta, se muestra una gráfica de distribución de cómo han respondido los alumnos en general, lo cual es muy útil para el profesor ya que obtiene información del funcionamiento de la clase y le permite reforzar en el momento los conocimientos que a la vista de las respuestas no les han quedado claro a los alumnos. Entre cada pregunta, además, se muestra un gráfico con los apodos empleados por los alumnos y la puntuación de los cinco mejores estudiantes y al final del juego se anuncia un ganador. La aplicación *Kahoot!* utiliza gráficos y colores llamativos que hacen que los estudiantes maximicen su atención y su motivación por ser los mejores en clase (Wang, 2014).



Figura_ 1. Interfaz de la aplicación Kahoot!

III. Metodología docente

La metodología que se propone en este artículo se puede aplicar de manera rápida y sencilla. En este apartado se describirá con detalle los objetivos, el material necesario, la forma en la que se aplica en clase y finalmente la evaluación de los alumnos

III.1. Objetivos.

El principal objetivo de la metodología propuesta es fomentar la motivación de los alumnos de forma que acudan a clase con una actitud positiva que facilite el aprendizaje y la consecución de algunos objetivos específicos, entre los que caben destacar:

- Desarrollar la habilidad para sintetizar y razonar los aspectos más importantes del temario.
- Fomentar el trabajo autónomo y la capacidad de autoaprendizaje del alumno.
- Motivar al alumno a revisar el temario con anterioridad a la clase para ser capaces de contestar las preguntas con mayor rapidez al tener asimilados los conceptos básicos.
- Fomentar el trabajo en equipo mediante la participación en grupos en el concurso.

- Participar e involucrarse en clase.

III.2. Actividades a realizar

Tal y como se dedujo de la definición de las TIC, los alumnos pasan a ser coprotagonistas de su propio aprendizaje y deben desarrollar las siguientes actividades:

- Estudio del temario antes de las clases con el fin de ir asimilando los conceptos básicos de cada lección.
- Participación en clase a través del juego intentando contestar de forma rápida y correcta a la batería de preguntas planteadas por el profesor.

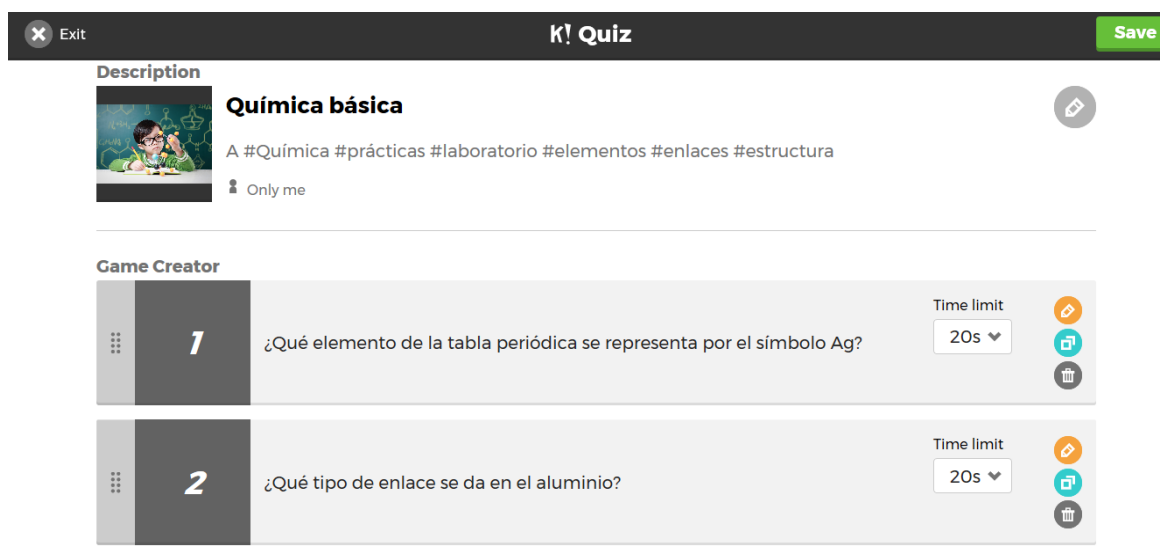
III.3 Material necesario

Como recursos para la aplicación de esta propuesta se utilizarán los apuntes y la bibliografía que el profesor estime oportuna para la adquisición de los fundamentos teóricos de la asignatura. Este material deberá estar disponible en el campus virtual para garantizar que sea totalmente accesible a los alumnos antes de cada clase. Además, para la utilización de *Kahoot!* como herramienta didáctica será necesario el uso de una pantalla o proyector acoplada al ordenador del profesor para que este vaya lanzando las preguntas y que sean vistas por toda la clase. Cada alumno responderá haciendo uso de sus dispositivos móviles.

III.4. Modo de aplicación

La metodología a seguir se puede resumir en los siguientes pasos:

- a) En primer lugar, el profesor se deberá abrir una cuenta gratuita en el portal de *Kahoot!* (<https://getkahoot.com/>)
- b) A continuación, el profesor deberá configurar el juego, añadiendo tantas preguntas como desee e indicando cuatro respuestas posibles entre la que se encuentre la respuesta correcta, tal y como se muestra en la figura siguiente (Fig. 2):



Figura_2. Configuración de Kahoot!

- c) Finalmente, los alumnos se deberán registrar en la aplicación a través del portal Kahoot.it. Cómo nombre de registro, que es el que luego aparecerá en pantalla, podrán utilizar tanto sus nombres de pila como el DNI de cada uno si se quiere mantener la privacidad de los que responden.
- d) Al final de cada clase o según las circunstancias del profesor lo requieran, se destinarán unos minutos al uso de esta aplicación, de forma que el profesor podrá obtener de forma inmediata información sobre el grado de adquisición de conocimientos por parte de los alumnos durante la clase con el fin de que se puedan reforzar aquellas partes de la temática que no hayan sido entendidas de forma inmediata o en la siguiente clase.

III.5 Evaluación

Kahoot! permite exportar la información obtenida a partir de las preguntas a una hoja excel, lo que facilita la evaluación de los alumnos de forma inmediata (Fig. 3)

PREGUNTAS											
STUDENT	CORRECT ANSWERS	INCORRECT ANSWERS	SCORE	<div> <div>Rección entre el puntaje y el Mecanismo general de la respuesta correcta</div> <div> <div>Producción en última hora</div> <div> <div>¿Cuánto es un mecanismo de evaluación de la respuesta correcta?</div> <div>¿Cuánto es un mecanismo patológico de los puntajes?</div> </div> </div> </div>							
7080841191	4	0	2048	100%	2000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
708384268	4	0	2751	100%	2000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
724120285	3	1	2581	75%	2000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
70801132	3	1	2021	75%	2000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
713396670	3	1	2688	75%	2000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
707232405	3	1	2407	75%	2000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
708336664	3	1	2654	75%	2000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
709202201	3	1	2287	75%	2000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
708130869	3	1	2382	75%	2000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
713383262	3	1	2258	75%	2000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
716277048	3	1	2382	75%	2000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
444439671	2	2	1758	66%	2000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
707202747	2	2	1728	66%	2000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
723216143	2	2	1857	66%	2000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
588434364	2	2	1647	66%	2000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
808895598	2	2	1810	66%	2000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
708395632	2	2	1522	66%	2000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
448177735	2	2	1547	66%	2000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
702817888	2	2	1475	66%	2000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
717232078	2	2	1281	66%	2000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
708889150	2	2	1281	66%	2000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
448881925	1	3	1831	33%	2000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
713396786	1	3	1287	33%	2000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000

Figura 3. Hoja de resultados en excel

Esta táctica permite realizar una evaluación continua de los alumnos de forma que no solo se tenga en cuenta la nota del examen final sino que también se puedan evaluar otras competencias como la capacidad de adquisición y asimilación de los conocimientos, la capacidad de responder rápidamente y de forma correcta a las preguntas estipuladas por el profesor, la motivación de los alumnos por mejorar y destacar durante el juego, etc..

IV. Conclusiones

Dado que las nuevas tecnologías forman parte de nuestra vida cotidiana y puesto que el modelo de enseñanza universitaria se ha sido modificando desde que entrara en vigor el plan Bolonia, es comprensible pensar que las TIC cada vez van ganando más importancia en nuestro día a día. Con ellas se pretende aumentar la motivación del alumno por aprender, y una buena manera de hacerlo es a través de la aplicación *Kahoot!*.

A través de un sencillo juego de preguntas y respuestas se consigue captar la atención de los alumnos que competirán entre sí y tratarán de ser los que más preguntas correctas contesten de forma rápida y eficaz. Además, y dada la facilidad con la que se puede configurar y acceder al juego se convertirá sin duda en una herramienta didáctica muy valiosa en los cursos venideros.

References

- Cano, E; Cabrera, N (2013). La evaluación formativa de competencias a través de blogs. La experiencia de seis universidades catalanas, *Digital education review*, 23: 46-58.
- Sevillano, M., Rodríguez, R. (2013). Integración de tecnologías de la información y comunicación en educación infantil en Navarra. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 42, pp. 75-87.
- Deci, E; Ryan, R (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York, Plenum.
- Maggiolini, L.M (2013). Estrategias de motivación en una era digital: Teléfonos móviles y Facebook en el aula. *Digital education review*, 24: 83-97.
- Wang (2014). The wear out effect of a game-based student response system. *Computers and education*, 82: 217-227.

Docencia Virtual y Semipresencial

Clases grabadas en video: un material docente complementario

Gil-Martín, Luisa María ⁽¹⁾ y Hernández-Montes, Enrique ⁽¹⁾

(1) Departamento de Mecánica de Estructuras e I.H., Universidad de Granada, e-mail: mlgil@ugr.es; emontes@ugr.es

Resumen

En este artículo se presentan los resultados de una experiencia docente puesta en marcha en la Universidad de Granada en la asignatura de Hormigón Armado. Además de las teóricas y prácticas presenciales tradicionales, el alumno ha tenido acceso a clases grabadas en video. Se analiza aquí el seguimiento de las clases virtuales así como su influencia en los resultados académicos.

Palabras clave: Docencia virtual, rendimiento académico.

I. Introducción

La educación no presencial o a distancia en España no es nueva y, de hecho, la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) nació en 1972 para permitir el acceso a la educación superior a personas de núcleos de población sin universidad. Sin embargo, este tipo de enseñanza era demandada principalmente por personas adultas que compaginaban su vida profesional con sus estudios universitarios bien para continuar con su formación o bien para hacerse con una primera titulación universitaria. Tradicionalmente en España, la educación a distancia había sido poco demandada por adolescentes que solían optar por desplazarse a las ciudades con universidades consolidadas para formarse.

En los últimos años el desarrollo de internet ha eliminado el handicap de la distancia poniendo todo al alcance de un “cliq” lo que ha supuesto un cambio en los modelos de educación y aprendizaje y, de hecho, en el siglo XXI la educación a distancia se ha convertido en una alternativa real a la tradicional. Es evidente el aumento tanto de la oferta como de la demanda de estudios universitarios a distancia por lo que, para mantener el nivel de matriculaciones, las universidades tradicionales se han visto obligadas a ampliar o reorientar su oferta educativa apoyándose en las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).

Actualmente son muchas las plataformas “on line” que ofrecen cursos de gran calidad. Algunas plataformas, como iTunes U, se basan en videos cortos denominados “píldoras de información” que permiten al usuario aprender o mejorar sus habilidades en todo tipo de actividades. En el ámbito de la educación universitaria, plataformas como Coursera han supuesto una revolución y han permitido la difusión de los MOOCs (Massive Open Online Course) o COMAs (curso online masivo abierto), cursos abiertos disponibles a través de Internet. Estas plataformas están por completo consolidadas y ofrecen contenidos en prácticamente todas las ramas de conocimiento, incluida la ingeniería, impartidos por prestigiosos profesores de las mejores universidades del mundo (Harvard, Stanford, Pensilvania, México, Illinois en Urbana-Champaign, ...).

En red el alumno dispone de textos interactivos, videos pregrabados y cuestionarios y, en general, de todo el material necesario para superar el curso y obtener el correspondiente certificado, que es reconocido a nivel mundial. Una gran ventaja de estas plataformas es de tipo económico ya que, en la mayoría de los casos, el alumno puede visionar las clases online sin necesidad de inscribirse en el curso y, por tanto, sin pagar ningún tipo de matrícula (salvo que esté interesado en obtener el correspondiente certificado).

Este nuevo tipo de educación, la virtual, tiene ventajas objetivas (FLORIDO BACALLAO, 2003). De entre ellas se pueden destacar las siguientes:

- es posible un seguimiento individualizado de cada alumno que realiza el curso;
- el alumno puede adaptar el estudio a su tiempo disponible, posibilitando un aprendizaje autorregulado;
- es posible repetir la actividad tantas veces como sea necesario hasta comprender el concepto, lo que permite seguir el ritmo del curso;
- el alumno puede estudiar desde casa, con el consiguiente ahorro para la familia.

Sin embargo, la educación puramente virtual presenta inconvenientes. Según (FIDALGO & SEIN-ECHALUCE, 2015), la tasa de abandono es muy alta (entre el 75 y el 95%), sobre todo en las primeras semanas. Otro gran inconveniente de los COMAs es que se centran en el contenido y en el proceso de aprendizaje más que en la evaluación o en la verificación de la adquisición de competencias por parte del alumnado. Además de que no todos los estudiantes son capaces de asimilar los conceptos exclusivamente a través de la pantalla del ordenador, el aprendizaje basado exclusivamente en COMAs tiene el peligro de

afectar negativamente al desarrollo social del individuo (LYNCH, www.educacionline.com) e incluso generar carencias en el campo de las habilidades sociales. Tradicionalmente durante la etapa universitaria el individuo se ha sociabilizado y estudiar desde casa puede llevar al individuo a un distanciamiento social consecuencia de no tener contacto directo con compañeros. Este último aspecto es muy importante ya que si se elimina el trato humano (tanto entre compañeros como entre alumno-profesor) el proceso de enseñanza en la etapa formativa universitaria se deshumaniza y, a medio-largo plazo, esto tendrá efectos negativos para la persona.

Una manera de aprovechar las ventajas de la docencia virtual y minorar o eliminar sus inconvenientes es emplear ésta como complemento de la docencia presencial tradicional. Una experiencia docente en esta línea se ha llevado a cabo en la Universidad de Granada en una asignatura tecnológica: el Hormigón Armado.

Ha quedado patente además que el alumno motivado tiende a recurrir a lo que se ha denominado aprendizaje invertido, en auge en la educación superior americana, que implica que antes de asistir a clase, el alumno ha visionado la clase pregrabada y aprovecha la clase para plantear cuestiones o dudas sobre la misma, aprovechando de esta manera al máximo la docencia presencial (WWW.CISCO.COM).

II. Experiencia docente en la asignatura de Hormigón Armado en el GIC y extinguido título de ICCP en la Universidad de Granada

Tradicionalmente, en los modelos educativos a distancia el material didáctico sustituye a la explicación del profesor siendo el alumno quien se auto-impone la obligación de estudiar en casa cada materia usando textos programados. Sin embargo, este modelo pasivo de aprendizaje presenta algunas desventajas (BARRANTES, 1998) que, en el caso de asignaturas tecnológicas pueden suponer gran escollo para el alumno.

En las asignaturas puramente tecnológicas el alumno ha de entender los conceptos fundamentales para ser capaz de abordar problemas particulares. En muchos casos estos conceptos implican tantas variables que son difíciles de aprender por uno mismo siendo, en estos casos, fundamental la misión del profesor en el aula. Asociado a lo anterior surge el problema de que, si un alumno no asiste a clase - o si asiste pero no atiende – es muy posible que no sea capaz de estudiar y comprender por sí mismo el tema.

El aprendizaje de las asignaturas tecnológicas suele ser continuo, es decir, los conceptos impartidos en unos temas son necesarios para abordar temas posteriores. Así pues, si un alumno no entiende determinados conceptos fundamentales es muy probable que quede descolgado del curso aún cuando disponga de un buen libro de texto como apoyo de las explicaciones que el profesor imparte durante la clase.

En la Figura 1 se resumen las estadísticas de alumnos No Presentados en la asignatura de Hormigón Armado en los últimos años. En la figura se puede ver cómo la media de alumnos que no siguieron la materia entre los cursos 09/10 y 14/15 fue del 21%.

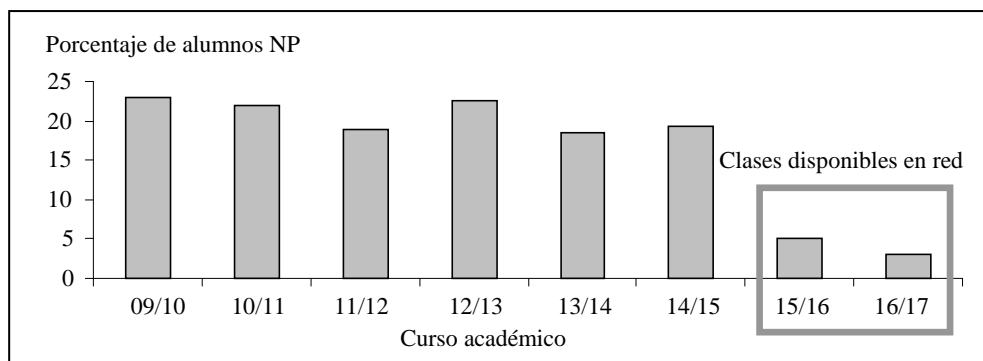


Figura 1. Porcentaje de alumnos No Presentados al examen de hormigón en los últimos años.

Las clases de hormigón armado impartidas por Enrique Hernández, segundo autor de esta ponencia, durante el curso 14/15 fueron grabadas por profesionales del Centro de Instrumentación Científica de la ugr, editadas y publicadas en red a medida que estaban listas. Teniendo en cuenta que el proceso de revisado de las grabaciones y de edición fue lento, las clases no estuvieron disponibles para ser visionadas en su totalidad hasta el curso siguiente, 15/16.

Durante los cursos 15/16 y 16/17, además de las clases presenciales, las prácticas y los libros de texto de la asignatura los alumnos tuvieron la posibilidad de visionar tantas veces como quisieran las clases grabadas. En este caso concreto, las clases están disponibles en la web de la ugr (<https://ga3.ugr.es>) y en youtube (<https://www.youtube.com>).

En la Fig. 1 se aprecia como durante los dos últimos cursos los alumnos que no han seguido la asignatura ha disminuido considerablemente (hasta un 5%) en relación con los años anteriores.

Como se puede ver en la tabla de la Fig. 2, prácticamente la totalidad de las clases teóricas están disponibles en red. En la tercera columna se indica el número de veces que han sido vistas y en la última columna se especifica la duración de cada una de ellas. Teniendo en cuenta que el material virtual ha sido subido a la red hace tan solo dos años, que el idioma es español y que el tema que aborda es muy específico, el número de visualizaciones ha sido muy significativo.

	Dirección	Visionado (a 17-07-17)	Duración
C_1. Introducción	https://ga3.ugr.es/video/169	2068 veces	14' 46'
C_2. Método de los Estados Límite	https://ga3.ugr.es/video/170	2578	76' 11"
C_3. Características Mecánicas del Hormigón I	https://ga3.ugr.es/video/171	1804	50' 34"
C_4. Características Mecánicas del Hormigón II	https://ga3.ugr.es/video/172	1310	14' 41"
C_5. Acero	https://ga3.ugr.es/video/173	1223	13' 18"
C_6. Bielas y Tirantes I	https://ga3.ugr.es/video/174	1512	22' 28"
C_7. Bielas y Tirantes II	https://ga3.ugr.es/video/175	1309	32' 27"
C_8. resolución de celosías por el método de las secciones	https://ga3.ugr.es/video/176	1335	34' 51"
C_9. Análisis de la sección en flexión I	https://ga3.ugr.es/video/177	1422	31' 11"
C_10. Análisis de la sección en flexión II	https://ga3.ugr.es/video/178	1234	38' 31"
C_11. Análisis de la sección en rotura por flexión I	https://ga3.ugr.es/video/179	1328	50' 09"
C_12. Análisis de la sección en rotura por flexión II	https://ga3.ugr.es/video/180	1194	56' 49"
C_13. Análisis de la sección en rotura por flexión III	https://ga3.ugr.es/video/234	908	39' 41"
C_14. Dimensionamiento de la sección transversal de una viga	https://ga3.ugr.es/video/235	1031	37' 37"
C_15. Dimensionamiento de la sección transversal de un pilar	https://ga3.ugr.es/video/236	1142	29' 18"
C_16. Introducción al Cortante	https://ga3.ugr.es/video/237	1001	25' 09"
C_17. Resistencia a cortante I	https://ga3.ugr.es/video/238	1053	43' 25"
C_18. Resistencia a cortante II	https://ga3.ugr.es/video/239	1019	46' 00"
C_19. Resistencia a cortante III	https://ga3.ugr.es/video/240	990	44' 04"
C_20. Resistencia a cortante IV	https://ga3.ugr.es/video/241	1094	35' 56"
C_21. Ejemplo de armado de una viga a Estado Límite Último de flexión y cortante	https://ga3.ugr.es/video/242	2091	61' 06"
TOTAL: 13 h 18' 12"			

Figura 2. Listado de clases virtuales disponibles.

A modo de ejemplo, en la Fig. 3 se muestra el resultado estadístico correspondiente a la Clase 21 obtenido de youtube. En la gráfica se observa cómo la mayoría de las personas que empiezan a ver el vídeo lo terminan, lo que es significativo. Los picos en la figura corresponden a los tramos del vídeo que han sido más visionados. Después de un análisis detallado de la clase se concluye que los picos corresponden a la presentación de conceptos fundamentales que el espectador ha re-visionado en varias ocasiones hasta estar seguro de haberlos comprendido bien. La misma tendencia se aprecia en el resto de las clases lo que hace pensar que existe un verdadero interés por este material docente.

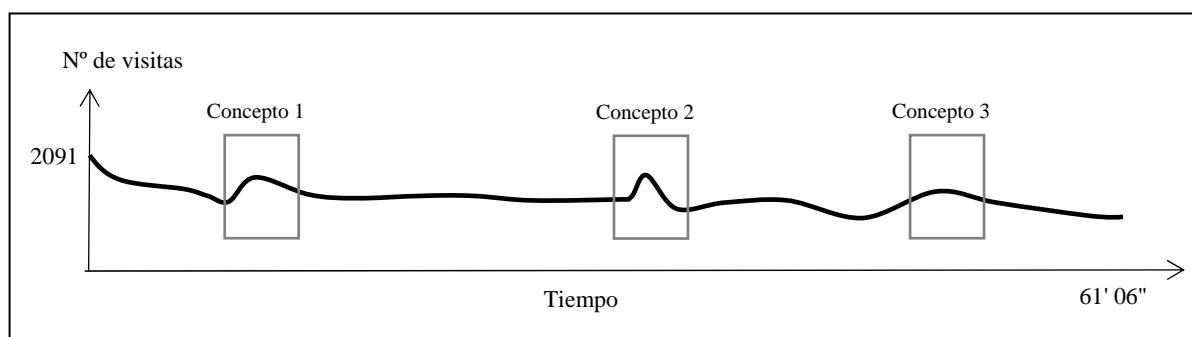


Figura 3. Esquema de visionado de la Clase 21 (obtenido a partir de las estadísticas de youtube).

A priori se pensó que la disponibilidad de las clases en internet iba a suponer una disminución del número de alumnos presenciales en el aula. Sin embargo la asistencia a las clases teóricas no se ha visto reducida y los alumnos han seguido usando los materiales didácticos tradicionales, tanto el libro de texto como la ficha de la asignatura.

Se ha comprobado que, aunque el ratio alumnos aprobados/presentados se ha mantenido prácticamente constante, han sido más los alumnos con buenas calificaciones (Not y Sobr), tal y como se aprecia en la Fig. 4, en la que se resume el porcentaje de notas por encima de 7 respecto del total de aprobados.

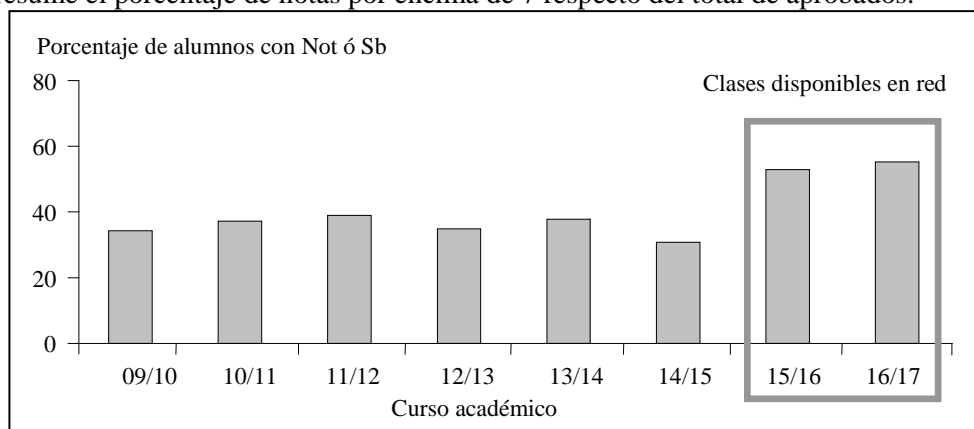


Figura 4. Porcentaje de alumnos con calificaciones superiores a 7 en relación a los aprobados en los últimos años.

Aunque la metodología docente que se ha presentado en este artículo no se corresponde con una educación a distancia, se ha comprobado que, al contrario de lo que sostienen algunos autores (SANGRÀ, 2002), la grabación o “copia” de las clases magistrales ha resultado ser de gran ayuda para el alumnado habiéndose logrado el objetivo para el cual fueron grabadas: facilitar el aprendizaje del futuro ingeniero o del ingeniero que necesite o quiera “refrescar” la disciplina del hormigón armado.

II. Conclusiones

En el aprendizaje de asignaturas puramente tecnológicas como el Hormigón Armado, la interacción entre estudiantes y profesores es muy importante y, de hecho, esta asignatura es difícil de aprobar si existe distancia física entre el estudiante y el docente. La labor del docente en este tipo de materias, en la que es preciso entender y asimilar conceptos fundamentales, es clave y difícil de sustituir ya que durante las clases el profesor ha de explicar en una hora conceptos que él mismo ha tardado meses e incluso años en comprender. Puesto que el aprendizaje de este tipo de asignaturas es progresivo es necesario asimilar unos conceptos antes de enfrentarse a los siguientes lo que, debido a la poca homogeneidad del alumnado, puede llevar más tiempo a unos estudiantes que a otros. La disponibilidad en red de las clases ha resultado un medio eficaz para el alumno, que puede visionar tantas veces como necesite las explicaciones hasta entender la materia. Se ha comprobado que el número de alumnos que sigue las clases ha aumentado y que las calificaciones han mejorado respecto de años anteriores.

Referencias

- BARRANTES ECHEVARRÍA, R. (1998). *Educación a distancia*: EUNED: San José de Costa Rica.
- FIDALGO, A; SEIN-ECHALUCE, M.L.; GARCÍA-PEÑALVO F.J. (2013). *MOOC cooperativo. Una integración entre cMOOC y xMOOC*. II Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC 2013).
- FLORIDO BACALLAO, R; FLORIDO BACALLAO, M. (2003). *La educación a distancia, sus retos y posibilidades*. *Etic@net*, 1: 1-9. ISSN: 1695-324X
- SANGRÀ MORER, A. (2002). Educación a distancia, educación presencial y usos de la tecnología: una tríada para el progreso educativo. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 15:1-8.
- LYNCH, K. The social impact of on-line learning.
<http://www.ascilite.org/conferences/brisbane99/papers/lynch.pdf>
https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/strategy/education/connection/pdfs/A2_Aprendizaje_invertido.pdf
<http://www.educacionline.com/blog/estudiar-online-vs-formacion-presencial-pros-y-contras/>

Virtualización de prácticas de laboratorio de Ingeniería Química: hacia la flipped classroom. Fase I – Preproducción y Planificación

Martín-Lara, María Ángeles; Blázquez, Gabriel; Calero, Mónica; Iáñez, Irene; Pérez, Antonio.

Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Granada, e-mail: marianml@ugr.es

Resumen

En este trabajo se presenta el material didáctico que se ha desarrollado durante la etapa de preproducción y planificación para la virtualización de prácticas de laboratorio de la asignatura “Ingeniería Química” del Grado en Química. El material incluye actividades, enlaces web de interés, infografías, presentaciones, listado de preguntas de exámenes, etc.

Palabras clave: Ingeniería Química; Innovación metodológica; Material didáctico; Prácticas de laboratorio; Virtualización.

I. Introducción

La necesidad de caminar hacia una metodología que potencie el aprendizaje autónomo y el desarrollo de las competencias en el alumno, se ha convertido en estos últimos años en un elemento clave en la enseñanza universitaria. Esta constante ha impulsado el auge de nuevas estrategias metodológicas que se han visto dinamizadas por el uso de las nuevas tecnologías. Dentro del progreso de estas metodologías, la elaboración de materiales didácticos que favorezcan estos objetivos ha sido y sigue siendo una pieza importante de trabajo entre los docentes universitarios (OLMOS et al., 2014). En esta línea, en tercer curso del Grado en Química nos encontramos con una asignatura denominada “Ingeniería Química” que, como muchas asignaturas de esta titulación, posee un carácter teórico – práctico y aplicado. Por lo tanto, las actividades presenciales en las que se exponen contenidos teóricos y problemas prácticos coexisten con la realización de experimentos en los laboratorios por parte del alumnado.

Por otra parte, la limitación temporal en lo que se refiere a actividades presenciales teóricas va acompañada por una limitación similar referente a actividades experimentales (prácticas de laboratorio). Entre los problemas adicionales que se encuentran para la realización de experimentos nos encontramos con: (i) la falta de medios instrumentales, disponiendo de uno o dos equipos para la realización de los experimentos relacionados con la temática de la asignatura; (ii) el excesivo número de alumnos; (iii) la imposibilidad de, una vez realizado el experimento, se pueda repetir o repasar. Como consecuencia de todo ello, algunos alumnos no escuchan durante las explicaciones del profesor (bien porque no entienden o bien porque no se escucha bien al profesor en el laboratorio). El profesor tiene que dedicar un tiempo importante a explicar la práctica y, durante la realización de la práctica, muchos grupos de trabajo preguntan aspectos que ya se habían explicado.

Por estos motivos y para que los alumnos del Grado en Química logren los objetivos planteados en las sesiones prácticas de laboratorio, los profesores implicados en la asignatura se plantearon el desarrollo de materiales audiovisuales en los que se lleven a cabo las prácticas de laboratorio de la asignatura. La estrategia consistió en el diseño de los experimentos y confección de los textos para posteriormente proceder a la realización y grabación de los mismos con una voz en off. Este material es proporcionado a los alumnos y les permite simular las diferentes sesiones prácticas de la asignatura. Está enfocado como un elemento real de trabajo de laboratorio, que contiene los instrumentos necesarios al igual que en el laboratorio y despliega visualmente todas las operaciones para realizar una determinada práctica y además dispone de elementos de cálculo para los resultados numéricos, los cuales son presentados en tiempo real durante la realización de la práctica. De este modo los alumnos que, de forma justificada, no pueden acudir al laboratorio, por ejemplo debido a alguna imposibilidad permanente o transitoria, pueden completar los guiones de prácticas y, así mismo, todos los alumnos pueden analizar las distintas prácticas de laboratorio antes de su realización. De esta manera los alumnos trabajan en un espacio virtual de forma individual y a su ritmo fuera del laboratorio, mientras que el aprendizaje dentro del laboratorio se vuelve mucho más dinámico e interactivo, donde los profesores guían y conducen a sus alumnos en dicho aprendizaje a través de la colaboración. Con este modelo de aprendizaje, conocido como flipped classroom o aula invertida (GARCÍA-BARRERA, 2013; VIDAL et al., 2016), los profesores tienen más tiempo para atender y resolver las dudas de sus alumnos, así como de

incidir en aquellos conceptos que les cuestan más o que no han quedado claros, consolidando mucho mejor el aprendizaje.

Finalmente, es interesante resaltar que el material generado también puede ser de interés para los estudiantes de la asignatura “Introducción a la Ingeniería Química” del Grado en Ingeniería Química y de la asignatura “Fundamentos de Ingeniería Bioquímica” del Grado en Biotecnología.

II. Justificación

El desarrollo de materiales virtuales es cada vez más necesario, debido a la escasez de horas presenciales de las que se dispone para la realización de las diferentes prácticas de laboratorio que componen la asignatura “Ingeniería Química”.

A esto se suma que el Área de Ingeniería Química engloba un gran número de asignaturas de diferentes titulaciones, que tienen una importante carga docente dedicada a prácticas en laboratorio. Debido a este hecho, las prácticas de la asignatura “Ingeniería Química” del Grado en Química se agrupan en un periodo breve de tiempo, en el que todos los alumnos de la asignatura deben desarrollarlas. Algunos de los alumnos no logran alcanzar las competencias fijadas y muchos de ellos se quejan de que, en un periodo de tiempo tan corto y con tan pocas horas asignadas, es imposible asimilar los conceptos y entender bien el funcionamiento de los equipos y montajes empleados durante las diferentes prácticas. Por este motivo, para que los alumnos del Grado en Química logren los objetivos planteados en las sesiones prácticas de laboratorio, los profesores implicados se han planteado proporcionar a los alumnos un material didáctico que les permita simular, en un entorno virtual e interactivo, las diferentes sesiones prácticas de la asignatura. Estos materiales proporcionan al estudiante un aprendizaje autónomo, además de llevar asociados hipervínculos que ayudan al alumno a entender y recordar los conceptos desarrollados durante la asignatura. Está enfocado como un elemento real de trabajo de laboratorio, que contenga los instrumentos necesarios al igual que en el laboratorio real y despliegue visualmente todas las operaciones para realizar una determinada práctica y además disponga de elementos de cálculo para los resultados numéricos, los cuales son presentados en tiempo real durante la realización de la práctica. De este modo los alumnos que, de forma justificada, no puedan acudir al laboratorio, por ejemplo debido a hospitalizaciones, enfermedades con largas convalecencias, imposibilidades transitorias para el desplazamiento, etc., puedan completar los guiones de prácticas y, así mismo, todos los alumnos puedan analizar las distintas prácticas de laboratorio antes de su realización, para así alcanzar de manera satisfactoria los objetivos y competencias marcadas en las mismas. Esto facilita a los docentes el desarrollo de las prácticas pues tienen más tiempo para atender y resolver las dudas de sus alumnos, así como para incidir en aquellos conceptos que les cuestan más o que no han quedado claros, consolidando mucho mejor el aprendizaje.

III. Objetivo

El objetivo principal del presente trabajo es la presentación de los materiales didácticos elaborados durante la fase pre-producción y planificación para ponerlos a disposición de los alumnos a través de la plataforma de Recursos de Apoyo Docente (PRADO, v2) de la Universidad de Granada para la asignatura “Ingeniería Química” de tercer curso del Grado en Química, como apoyo en la realización de las actividades prácticas de laboratorio establecidas en la misma.

El trabajo comprende desde el momento en el que nace la idea hasta que empieza la grabación, edición y montaje el material audiovisual. Esto es, incluye la concepción de la idea, la recolección y organización de la información y la redacción del guión técnico, principalmente.

IV. Metodología general

En el marco del Espacio Europeo de Educación Superior, el número de créditos ECTS asignados para las prácticas de laboratorio para la asignatura “Ingeniería Química” del Grado en Química es 1,6. Estos créditos se reparten en ocho sesiones prácticas de 120 minutos de duración cada una. En este trabajo se ha planteado un esquema de utilización de los recursos didácticos aplicados a las prácticas que se eligieron de acuerdo a criterios de utilidad y afinidad con los contenidos teóricos de la asignatura y que son las siguientes:

- Práctica 1. CIRCULACIÓN DE LÍQUIDOS POR CONDUCCIONES: MEDIDA DE CAUDALES Y PÉRDIDAS DE CARGA. Esta práctica tiene por objeto: a) el cálculo del factor de fricción a partir de la ecuación de Fanning. b) la determinación gráfica de la rugosidad relativa media en función de f y el número de Reynolds. c) el cálculo del coeficiente K para distintos accesorios.

- Práctica 2. CIRCULACIÓN DE FLUIDOS EN RÉGIMEN NO ESTACIONARIO. DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO DEL CAPILAR. Un sistema se encuentra en estado no estacionario cuando sus propiedades varían en función del tiempo. En mecánica de fluidos es la situación que se da, por ejemplo, cuando un se descarga un depósito, ya que la presión que ejerce el líquido contenido en el mismo disminuye a medida que se agota, por lo que también lo hace la velocidad de salida del líquido. En esta práctica se pretende aplicar el balance de energía mecánica (Ecuación de Bernouilli) a una situación como la antes descrita. Se trata de un tanque abierto a la atmósfera, que descarga al exterior a través de un capilar situado en su base.
- Práctica 3. RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS EN COLUMNAS DE PISOS. En esta práctica se pretende determinar la eficacia de una columna de rectificación, utilizando para ello una mezcla etanol-agua y determinando, cuando la columna se encuentra funcionando en régimen estacionario, el número de pisos teóricos de la misma por el método gráfico de McCabe-Thiele.
- Práctica 4. EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO. EQUILIBRIO DE REPARTO. Esta práctica tiene por objeto determinar el coeficiente de reparto de una sustancia que se encuentra en equilibrio entre dos fases inmiscibles. Como disolventes se pueden utilizar agua y cloruro de metileno y como soluto caféina, que es parcialmente miscible en ambos, siendo la temperatura de trabajo la ambiente.

El desarrollo del material didáctico durante la etapa de preproducción y planificación se efectuó por un grupo de personas compuesto por cuatro profesores permanentes y una estudiante de Doctorado y el procedimiento que se siguió viene detallado en la Tabla 1.

Tabla 1. Procedimiento seguido durante la etapa de preproducción y planificación.

Reunión	Objetivos
Reunión inicial de todo el grupo	Estudio detallado de la asignatura implicada en la propuesta, división de los diferentes componentes en dos subgrupos y planteamiento del cronograma de trabajo.
Primera reunión subgrupo 1 y subgrupo 2	Recopilación de material para la elaboración del contenido docente que debe tener cada una de las prácticas virtuales (contenido oral, diapositivas, esquemas gráficos, enlaces web, etc.).
Segunda reunión de todo el grupo	Revisión conjunta de los contenidos orales a incluir en el material audiovisual.
Segunda reunión subgrupo 1 y subgrupo 2	Preparación de la secuencia de vídeo y los materiales auxiliares (enlaces web, diapositivas, tablas con resultados para realizar cálculos, etc.).
Tercera reunión de todo el grupo	Revisión conjunta de las secuencias de video y de los materiales auxiliares.

Como se ha comentado en la Tabla 1, en la primera reunión se llevó a cabo un estudio detallado de la asignatura implicada en la propuesta y se dividieron los diferentes componentes en dos grupos. Una vez que cada subgrupo recopiló el material para la elaboración de material docente, decidió los contenidos orales que debe tener cada uno de los videos, los redactó y fueron objeto de examen por todo el grupo, el subgrupo preparó la secuencia de video y los materiales auxiliares a incluir entre las secuencias grabadas.

V. Resultados

1. Video introductorio

Mientras se ponen imágenes del laboratorio y del equipamiento necesario para la realización de la práctica, se enunciará el siguiente texto:

Durante el curso se realizarán una serie de prácticas diferentes que abarcan aspectos importantes de la Ingeniería Química y que permitirán al alumno hacerse una idea bastante aproximada de la operación de algunos procesos industriales.

En el siguiente vídeo se explicará, de forma clara y concisa, cómo se deben preparar y llevar a cabo la práctica n° X de esta asignatura. El desarrollo de la práctica implicará un trabajo de indagación previo del alumno que estará asistido en cada momento por un guión, que le irá dirigiendo tanto en su proceso de indagación como en su proceso de aprendizaje.

El guión constará de varios apartados, cuyo contenido se detalla a continuación:

— Objetivo que se persigue con la práctica y las áreas teóricas del temario de la asignatura relacionadas.

— Información sobre los contenidos teóricos donde se encuentran materiales (en formato audiovisual o de texto) relacionados con los conceptos teóricos que el alumno debe conocer antes de realizar la práctica. El

alumno tiene la responsabilidad de ver y trabajar con estos materiales, aunque puede buscar otros por su cuenta. Con este fin se aportan fuentes bibliográficas.

— Protocolo: se explica paso a paso cómo se debe realizar el trabajo práctico.

— Directrices para elaborar los resultados obtenidos: cómo procesar los datos, el análisis por realizar y el tiempo y la forma en que se deben presentar los resultados.

— Test de evaluación, para evaluar la calidad del material y el aprovechamiento de los alumnos.

2. Guión en formato PDF de cada práctica con los siguientes apartados:

- Cuestionario preparatorio sobre los conceptos teóricos de la práctica, que guiará al alumno en el proceso de indagación relativo a la búsqueda de información previa a la práctica.
- Base conceptual, que ponga en contexto la práctica dentro de los contenidos de la asignatura.
- Protocolo que se debe seguir para la realización de la práctica.
- Descripción audiovisual de cómo transcurre la práctica, cronología.
- Guía para presentar los resultados obtenidos por el alumno: tabulación de los resultados, realización de cálculos numéricos y diseño de gráficas.

3. Presentación en diapositivas con el contenido de los guiones, con el fin de que el alumno tenga una herramienta que refresque de forma rápida la información que se debe asimilar. Se incluyen vídeos científicos en los que se explica detalladamente los procedimientos prácticos que se van a realizar. En la Figura 1 se presenta, como ejemplo, unas imágenes de las diapositivas elaboradas para la práctica n°2.

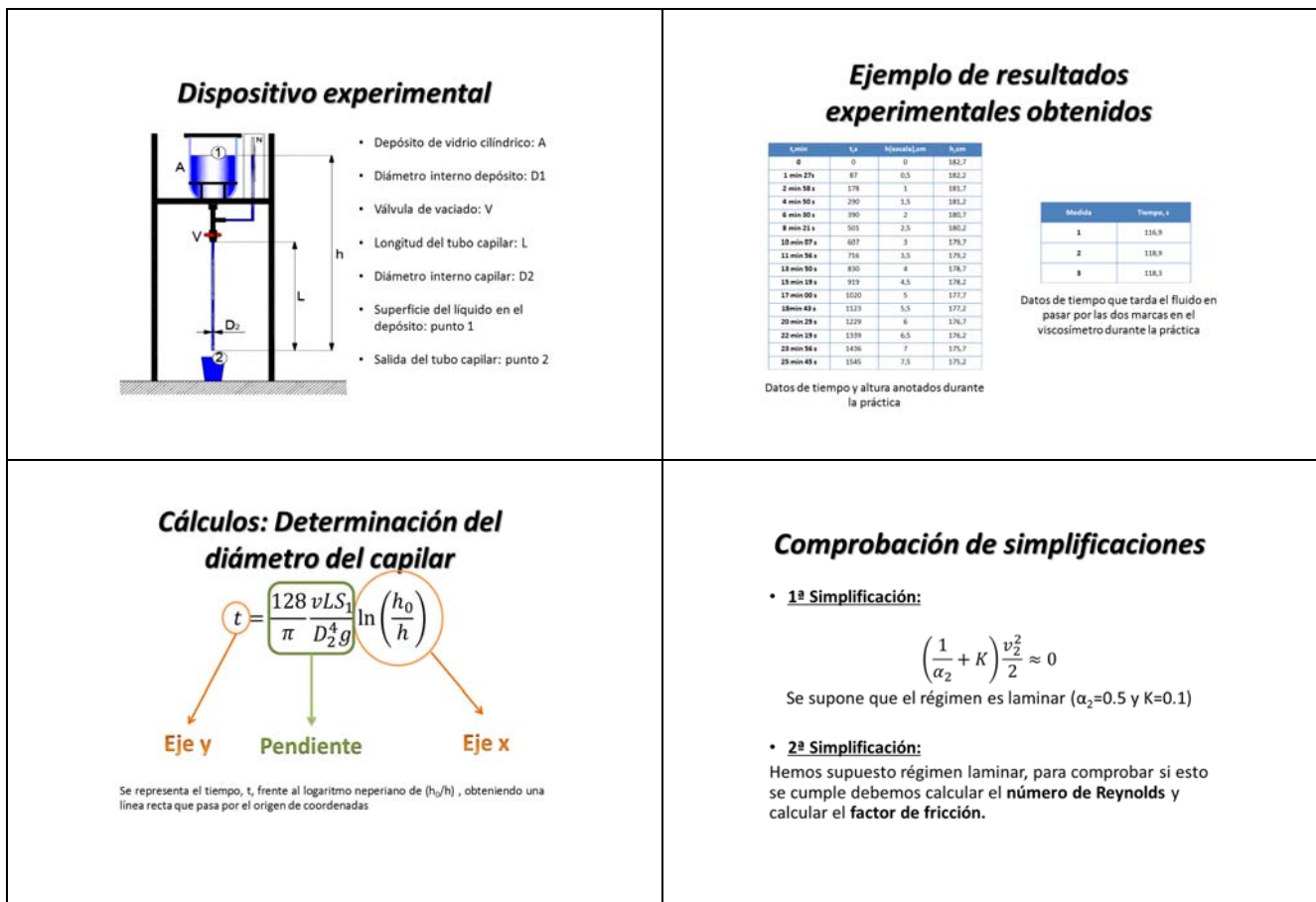


Figura 1. Algunas de las diapositivas elaboradas para la práctica n°2.

4. Enlaces a páginas web con contenidos científicos que pueden ser de utilidad para los estudiantes en la preparación de sus prácticas; su uso no es obligatorio. Para obtener estos enlaces se realizaron las siguientes actividades: a) búsqueda en fuentes de información oficiales y confiables (PubMed, Ebsco, Biblioteca, otras Universidades y Bibliotecas, redes de objetos virtuales de aprendizaje, etc.); b) filtro y selección del enlace adecuado para la práctica, realizado por un par académico; c) revisión, síntesis y «aporte de valor» del

material enlazado por parte del profesorado. El resultado de los enlaces a páginas web se resume en la Tabla 2.

Tabla 2. Enlaces a páginas webs de interés para la comprensión de las prácticas.

Práctica	Enlaces de interés
1	PRINCIPIO Y ECUACIÓN DE BERNOULLI https://es.khanacademy.org/science/physics/fluids/fluid-dynamics/a/what-is-bernoullis-equation http://www.upv.es/visor/media/4a4976d6-7244-694b-8f5a-9a9351a5f1e0/c https://mecanicadefluidosunah.wordpress.com/2016/03/12/simulador-interactivo-ecuacion-de-bernoulli/
2	MECÁNICA DE FLUIDOS http://www.ugr.es/~pittau/FISBIO/t4.pdf https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/1/tema1_Flujo%20interno.pdf MEDIDA DE LA VISCOSIDAD http://www.matematicasypoesia.com.es/metodos/melweb08_Cannon.htm https://www.youtube.com/watch?v=me63NlzL3U4 VACIADO DE UN DEPÓSITO ABIERTO http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/fluidos/vaciado/vaciado.html
3	RECTIFICACIÓN DE MEZCLAS BINARIAS http://iq.ua.es/McCabe-V2/ MÉTODO DE MCCABE THIELE https://www.youtube.com/watch?v=LAKnQ3g0c1s https://www.desmos.com/calculator/txqlfot3dt
4	EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO http://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/extraccio_tip.html https://rodas5.us.es/file/23a16560-123f-bec5-ec5b-44a3042a281d/2/laboratotoio_quimica_organica_SCORM.zip/pagina_16.htm ESPECTROSCOPIA http://repositorio.innovacionumh.es/Proyectos/P_22CursoMateriales/Miguel_Angel_Sogorb/Wimba/Espectroscopia_01.htm https://www.youtube.com/watch?v=xJZIOOkvTOo

Referencias

- GARCÍA-BARRERA, A. (2013). El aula inversa: Cambiando la respuesta a las necesidades de los estudiantes. *Avances en Supervisión Educativa*, 19: 1-8.
- OLMOS, G.; RUIZ-TORRES, M.P.; CALLEROS, L.; CORTÉS, M.A.; FRUTOS, S.; OSPINA, R.; RODRÍGUEZ-PUYOL, M. (2014). Elaboración y empleo de materiales didácticos para la mejora de la enseñanza práctica en la asignatura de Fisiología Humana en el Grado de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Evaluación de resultados. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 11: 108-128.
- VIDAL, M.; RIVERA, N.; NOLLA, N.; MORALES, I.; VIALART, M.N. (2016). Aula invertida, nueva estrategia didáctica. *Educación Médica Superior*, 30: 678-688.

Laboratorio remoto de Automática. Una solución de bajo coste basada en Raspberry PI y Arduino

Arévalo, Vicente ⁽¹⁾; García-Morales, Isabel ⁽¹⁾; Cano, Juan

(1) Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad de Málaga, {varevalo,isabelgm}@uma.es

Resumen

Este trabajo presenta un prototipo de laboratorio remoto construido a partir de componentes hardware de bajo coste y software *open-source*. El sistema propuesto tiene como objeto rebajar los costes necesarios para llevar a cabo prácticas de laboratorio en diversas asignaturas impartidas en el Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad de Málaga. El prototipo se ha utilizado con éxito en una experiencia piloto realizada en la asignatura de Automática del Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales.

Palabras clave: Laboratorio remoto; bajo coste; código abierto; control automático; automática.

I. Introducción

La crisis socio-económica que se está sufriendo en estos últimos años ha traído consigo importantes recortes, entre otras muchas áreas, en Educación. La falta de recursos ha impulsado a los docentes a suplir la falta de medios a través de la innovación en la metodología docente. Esto se manifiesta especialmente en los estudios de grado medio y superior con alto grado de experimentalidad como son las ingenierías (grados y másteres), ciclos formativos tecnológicos, etc. donde el coste de los medios materiales utilizados en las sesiones prácticas son más elevados.

En el ámbito universitario, donde los autores desarrollan su labor docente, y más concretamente, el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de Universidad de Málaga (el Dpto. en adelante), el coste de actualización y sustitución de equipos de laboratorio es muy importante. Dicho coste puede oscilar desde unos pocos cientos de euros (ordenadores, multímetros, osciloscopios, etc.) a varias decenas de miles de euros (robots manipuladores, autómatas programables, máquinas CNC, etc.).

Esta problemática relacionada con el coste de adquisición y renovación de los equipos, se acentúa por el elevado número de alumnos matriculados en carreras técnicas. Como consecuencia, en las sesiones de prácticas de los alumnos se evidencia la falta de equipos para todos ellos y, por tanto, una disminución de la calidad de la enseñanza.

Este es el caso, por ejemplo, de *Automática*, una asignatura que forma parte de los planes de estudio de diversas titulaciones de grado impartidas en la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Málaga y cuyo número de alumnos matriculados ha superado los 700 en el presente curso académico. El objetivo principal de dicha asignatura es lograr que el alumno conozca y aprenda los conceptos básicos de los sistemas de control automático. El estudio de este tipo de sistemas tiene su punto de partida en el conocimiento de un modelo matemático del proceso que se pretende controlar, continúa con el análisis de sus características temporales y frecuenciales, y finaliza con el aprendizaje de las técnicas clásicas de diseño de sistemas de control. Las prácticas de laboratorio que se realizan en esta asignatura involucran sistemas que, pese a su sencillez (circuitos RC o RLC, motores de corriente continua, etc.), son de vital importancia para que el alumnado comprenda la dinámica de los sistemas de primer y segundo orden ante la aplicación de diversas señales de prueba.

En este contexto, este trabajo presenta una solución hardware-software de bajo coste y *open-source* que tiene por objetivo rebajar los costes de inversión necesarios para llevar a cabo prácticas de laboratorio en diversas asignaturas impartidas en el Dpto. y maximizar la utilización de los recursos disponibles. La solución que se

propone eliminar los aparatos de medida y generación de señales mediante el uso de dispositivos de bajo coste y ofrece, además, un servicio web que permite la realización de las prácticas y el análisis de los resultados tanto en el laboratorio, como desde otras ubicaciones mediante acceso remoto.

La Fig. 1 muestra un diagrama funcional de la propuesta en la que se dispone de un conjunto de sistemas a estudiar cuya información es registrada por el bloque de *Adquisición de Datos*. Esta información es procesada por el *Interfaz de Datos* de manera que, a través de un *Servidor Web*, es accesible por los usuarios a través de dispositivos que pueden ser tanto locales como remotos.

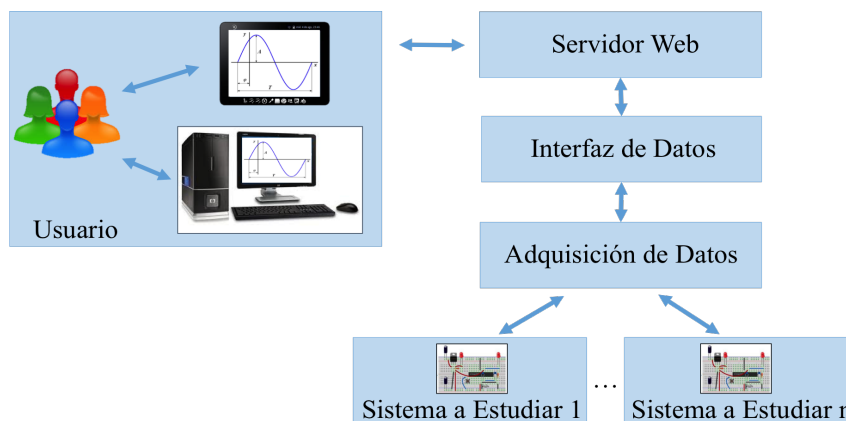


Figura 1. Diagrama funcional del sistema propuesto

Las ventajas de esta solución son evidentes: se abaratan los costes de adquisición y puesta en marcha de los sistemas involucrados en las prácticas; se maximiza la utilización de los recursos de prácticas disponibles, ya que los alumnos podrán acceder a la plataforma siempre que lo deseen (y haya recursos libres); permite la realización de pruebas automatizadas de evaluación en base a los resultados obtenidos por los alumnos; y por último, cada alumno posee un mayor control de su proceso de aprendizaje al poder elegir su propio ritmo en función de su capacidad y circunstancias personales.

De esta manera, el artículo se organiza de la siguiente forma: en la sección 2 se describe la plataforma de laboratorio remoto propuesta en el presente trabajo; en la sección 3 se muestra la implantación realizada en la asignatura *Automática* del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales de la Universidad de Málaga; la sección 4 muestra algunos resultados preliminares obtenidos a partir de encuestas de satisfacción de los alumnos. Por último, se presentan algunas conclusiones finales y se proponen algunas líneas de mejora.

II. Descripción del laboratorio remoto de prácticas

El diseño del laboratorio remoto de prácticas se centra fundamentalmente en la elección de los dispositivos de bajo coste que van a asumir la función de los bloques que aparecen en la Fig. 1 con los nombres de Servidor Web, Interfaz de Datos y Adquisición de Datos. Los dispositivos que asumen dicha función son *Raspberry PI* para los dos primeros bloques y *Arduino* para el tercero. Ambas plataformas son muy conocidas en la comunidad DIY (acrónimo de los términos en inglés, *Do It Yourself*) y poseen una excelente calidad/precio. Las características técnicas básicas de dichas plataformas son las siguientes:

- Raspberry PI, versión 2, modelo B (RASPBerryPI, 2017). Se trata de un microordenador que dispone de un SoC Broadcom BCM2836 con un chip ARM Cortex A7 a 900Mhz. Posee una salida HDMI de audio y vídeo, 17 pines GPIO, 4 puertos USB y sistema operativo Linux.
- Arduino, modelo MEGA (ARDUINO, 2017). Este dispositivo dispone un microcontrolador ATmega1280 a 16MHz, cuenta con 54 pines GPIO, 16 entradas analógicas y, a diferencia de Raspberry PI, no cuenta con sistema operativo, ni salida de audio/vídeo. Se ha optado por este modelo porque cuenta con un mayor número de pines GPIO y entradas analógicas.

En el sistema diseñado, el dispositivo Arduino, que como se ha mencionado, actúa como un sistema de adquisición de datos a través del envío y recepción de señales del sistema que se está analizando, se conecta a Raspberry PI mediante un puerto USB. La comunicación entre ambos dispositivos se realiza a través de una

conexión serie UART capaz de ofrecer, en el mejor de los casos, una velocidad máxima de 250 KBaudios. Este dato condiciona la forma en la que se realiza la presentación de datos al usuario que rara vez podrá analizar sistemas en tiempo real, salvo que se esté trabajando en modo local (no de forma remota) y el tiempo de respuesta del sistema que se esté analizando sea lo suficientemente lento.

En la plataforma Raspberry PI se llevan a cabo las funciones de Servidor Web y de Interfaz de Datos, de manera que este dispositivo es el encargado tanto de gestionar la información desde/hacia Arduino como de ofrecer al usuario un interfaz en el que se recoja toda la información relacionada con los recursos disponibles. Para ello, además, la Raspberry PI debe albergar la gestión de usuarios de la plataforma, la puesta en marcha de prácticas, la presentación de resultados (ya sea en tiempo real o en lotes) así como, opcionalmente, la gestión de pruebas de conocimiento relacionadas con las prácticas.

Como se ha mencionado anteriormente, Arduino no cuenta con las especificaciones técnicas necesarias para disponer de un sistema operativo propio. Esta característica tiene como ventaja que la ejecución del código es muy eficiente, pero como contrapartida dificulta su programación. El lenguaje que se utiliza para programar de forma nativa Arduino es C++, aunque cada vez hay más iniciativas destinadas a facilitar este proceso con lenguajes de más alto nivel, como es el caso, por ejemplo, de *Processing* (PROCESSING, 2017) o *Wiring* (WIRING, 2017). Las ventajas de estos lenguajes, no sólo radica en su facilidad de uso, sino que además disponen de librerías que amplían la capacidad de interconexión de Arduino con otras plataformas.

En este trabajo se aprovecha la capacidad de *Processing*, un lenguaje de programación y entorno de desarrollo integrado de código abierto basado en Java, para comunicarse, entre otras plataformas, con *Spacebrew* (SPACEBREW, 2017). *Spacebrew* es un servicio web que permite el intercambio dinámico de información entre soluciones Web generadoras/consumidoras de información. La aplicación *Processing*, apoyándose en las librerías proporcionadas por *Spacebrew*, permite comunicar de forma transparente Arduino con la aplicación Web que se ejecuta en el bloque Servidor Web.

El funcionamiento de la dupla *Processing-Spacebrew* es muy sencillo, *Spacebrew* implementa un mecanismo de “pizarra virtual” en el que se recogen “suscriptores” y “publicadores” de información. El programa que ejecuta Arduino, implementado en *Processing*, crea una serie de objetos “publicadores” que serán los encargados de recibir la información leída a través de las entradas digitales o analógicas de Arduino y transferirla a *Spacebrew*. De forma análoga, el programa crea una serie de objetos “suscriptores” que serán los encargados de recibir la información (señales y datos de configuración) de *Spacebrew* y escribirla en las salidas digitales de Arduino. La transferencia de información se puede realizar tanto en lotes como en tiempo real.

La ventaja más importante que ofrece de *Spacebrew* con respecto a otras alternativas es que el intercambio de datos a través de la “pizarra virtual” es reconfigurable de forma dinámica, es decir, en tiempo de ejecución. De este modo, el usuario puede acceder a todo tipo de montajes tan sólo seleccionando los “suscriptores” (entradas de Arduino disponibles) y “publicadores” (salidas de Arduino) asociados a la práctica que desea estudiar, o realizar sus propios montajes utilizando los “suscriptores”/“publicadores” como entradas/salidas virtuales de Arduino. En este proyecto no se explota, aún, esta interesante característica, por lo que el rol que desempeña *Spacebrew* en la actualidad es el de mero adaptador/intercambiador de información entre *Processing* y la aplicación Web.

La aplicación Web es la encargada de gestionar/presentar la información generada por los montajes de prácticas a los usuarios. El acceso a la misma no es libre y requiere de un usuario y clave que es suministrada por el profesor de prácticas. El usuario sólo tiene acceso a las prácticas disponibles según su perfil, también asignado por el profesor. Cada práctica cuenta con una página Web diseñada que incluye el enunciado de la misma, los parámetros necesarios para la ejecución, las preguntas que debe responder el alumno (si procede) y los resultados de la práctica (imagen de vídeo, gráficas, valores numéricos, etc.). La aplicación gestiona los recursos disponibles (el conjunto de montajes de prácticas) y los asigna de forma dinámica y transparente para el usuario.

Por último, mencionar que tanto *Processing* como *Spacebrew* se ejecutan en Raspberry PI, pero requieren de software adicional para su funcionamiento. En particular, el *runtime* de Java y el servidor de aplicaciones

Javascript Node.js (KIESSLING, 2017). Para desplegar la aplicación Web en Raspberry PI se requiere la instalación de LAMP (acrónimo de Linux, Apache, MySQL y PHP) (PARKER, 2015), una pila de servicios web ampliamente utilizada en el desarrollo web: el servidor web (Apache), el gestor de bases de datos relacionales (MySQL) y el lenguaje de programación web (PHP). Es importante mencionar que todo el software utilizado en el desarrollo de esta plataforma es gratuito.

La Fig. 2 muestra un esquema simplificado del laboratorio de prácticas remoto diseñado en el que se hace patente la posibilidad de escalar el sistema, ya que bastaría con disponer de distintos sistemas de Adquisición de Datos a través de la conexión de más dispositivos Arduino a la Raspberry PI a través de un concentrador USB. Cada uno de los dispositivos Arduino precisaría de una aplicación *Processing* de manera que los “publicadores”/“suscriptores” de cada Arduino estén disponibles en *Spacebrew* para su uso en la aplicación Web. Además cada Arduino sería capaz de gestionar más de un Sistema a Estudiar, en función de la complejidad de los mismos.

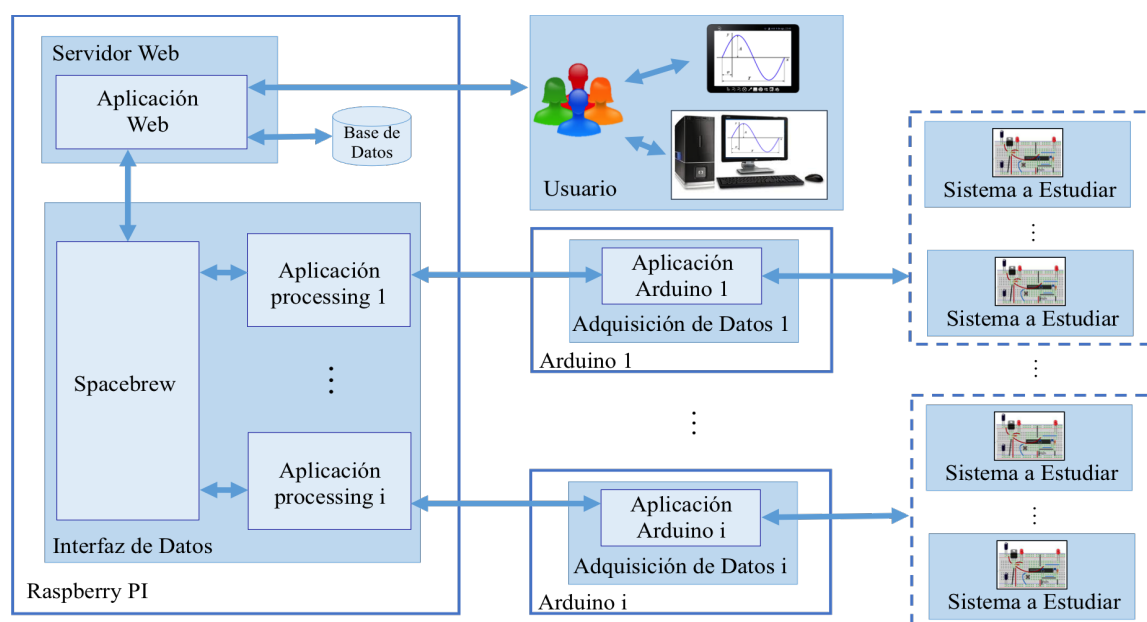


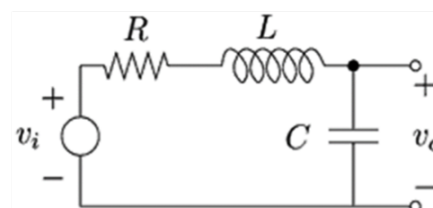
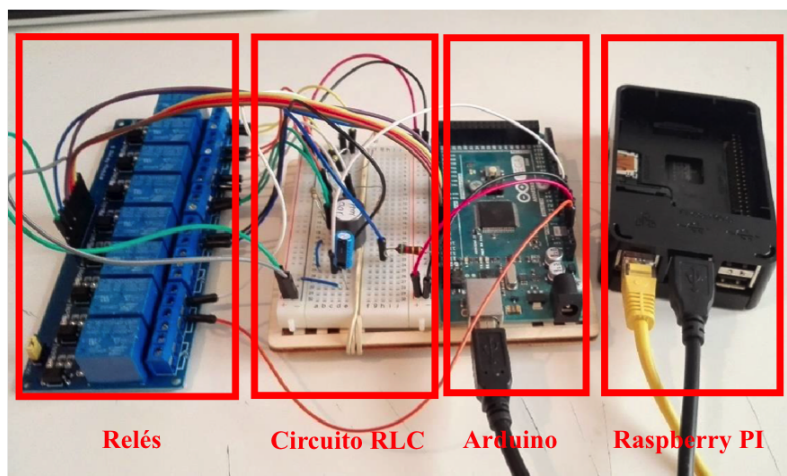
Figura 2. Esquema simplificado del sistema de prácticas remoto.

III. Estudio de la respuesta temporal de un circuito RLC

En esta sección se detalla una experiencia desarrollada durante el curso 2016-2017 en el que se ha empleado el prototipo de laboratorio de prácticas descrito en el apartado anterior con el objeto de llevar a cabo una práctica que permita el estudio de la respuesta temporal de un circuito RLC. El estudio de dicho sistema forma parte del bloque práctico de la asignatura *Automática*, que pertenece al Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales, impartido en la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Málaga. El montaje de la práctica se muestra en la Fig. 3. En dicha figura se muestra como el circuito RLC se ha implantado sobre una placa de prototipado, en el cual se permite establecer diferentes configuraciones en función de la activación y desactivación de distintas resistencias a través de relés. Arduino se conecta a este montaje, de manera que es capaz de suministrar la alimentación necesaria al circuito (v_i), activar y desactivar las distintas resistencias a través de los relés así como registrar la tensión de salida (v_o) que se pretende analizar. Finalmente, la plataforma Raspberry PI se conecta al Arduino de manera que le proporciona tanto la alimentación necesaria como los datos de configuración de la práctica y, por otro lado, obtiene los datos adquiridos del circuito.

El desarrollo de la práctica es muy sencillo: se genera una tensión de entrada v_i (un escalón de amplitud conocida), y se mide la tensión de salida en los terminales del condensador C , v_o . La constante de tiempo del sistema y, por tanto, la respuesta temporal depende del valor de la resistencia del circuito R . El valor de R se calcula a través de cuatro resistencias conectadas en serie que se activan o desactivan en función de la respuesta que se desea analizar y cuya selección se realiza a través de las opciones mostradas a la izquierda de la Fig. 4.a. La activación de las resistencias se realiza mediante un paquete de configuración que se envía a Arduino a través de un “suscriptor” (ver fig. 4.b). La salida del experimento se transfiere (en forma de array

de datos) a la aplicación web a través de un “publicador”. La información recibida es mostrada en una gráfica para que el alumno la analice, tal y como se muestra en la parte derecha de la Fig. 4.a.



$$R_1=100\ \Omega, R_2=330\ \Omega, R_3=470\ \Omega, R_4=690\ \Omega$$

$$R=R_1+R_2+R_3+R_4$$

$$L(\text{bobina})=100\text{mH}$$

$$C(\text{condensador})=100\mu\text{F}$$

a)

b)

Figura 3. a) Implantación del laboratorio de prácticas remoto para el estudio de un circuito RLC. b) Esquema del circuito RLC

La puesta en marcha del laboratorio se ha realizado con un conjunto inicial de 10 Arduinos conectados a otros tantos montajes de circuitos RLC y se ha puesto a disposición del alumnado durante un periodo de 2 semanas, 24h al día. Durante este periodo, la práctica sólo ha estado disponible mediante acceso remoto, esto es, el alumnado no tuvo acceso a los montajes de prácticas. En la siguiente sección se muestran algunos resultados preliminares obtenidos de esta primera experiencia llevada a cabo con el prototipo.

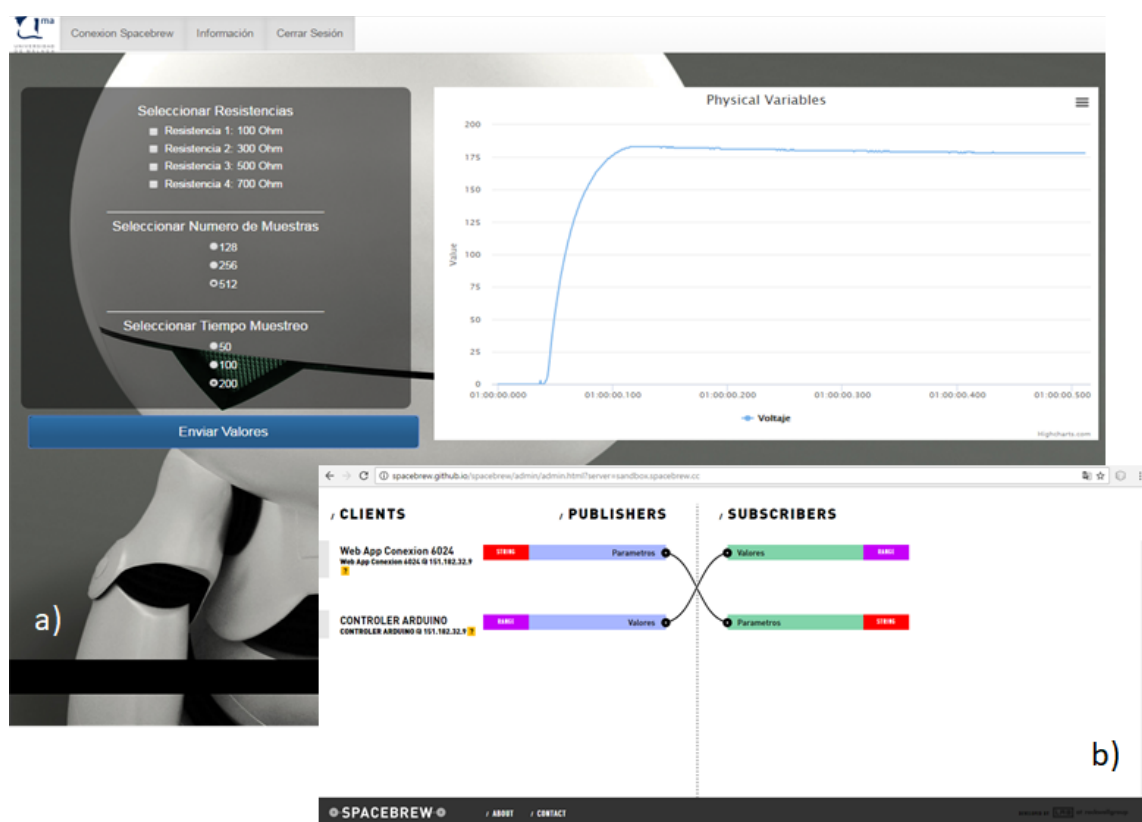


Figura 4. Capturas de (a) la página desarrollada para la realización de la práctica de análisis de respuesta temporal de un circuito RLC y (b) la interconexión de “suscriptores”/“publicadores” entre la aplicación Web y *Processing* realizada a través de *Spacebrew*.

IV. Resultados preliminares y discusión

El número de prácticas puestas a disposición del alumnado en la prueba del prototipo sólo ha sido una, por lo que es difícil cuantificar, por ahora, el beneficio obtenido por alumno en términos académicos. No obstante, durante el periodo que ha estado disponible el laboratorio remoto se han realizado encuestas para conocer el grado de satisfacción de los alumnos y su opinión sobre este nuevo enfoque.

Los resultados obtenidos han sido, en términos generales, muy prometedores. Todos los encuestados han valorado muy positivamente el hecho de que pudiesen realizar la práctica en cualquier momento y lugar; la libertad para poder elegir el dispositivo desde donde conectar (portátil, PC, tablet, etc.); y la facilidad de uso de la aplicación. Sin embargo, han manifestado que el diseño de la aplicación web no es muy atractivo y que no se adapta bien a algunos dispositivos (a los teléfonos móviles, fundamentalmente), esto es, no ofrece un comportamiento *responsive*. Asimismo, se han reportado ciertos problemas de disponibilidad de los montajes en algunos momentos, fundamentalmente en los últimos días del periodo en el que ha estado disponible. Es de valorar el hecho de que se ha solicitado la inclusión nuevos montajes en la aplicación.

En relación a estos comentarios, hay aspectos claramente mejorables en los que habría que trabajar. El diseño de la aplicación y el comportamiento *responsive* de la misma son dos cuestiones prioritarias que habría que abordar a corto plazo. No obstante, los problemas sobre la disponibilidad de montajes en los últimos días son claramente achacables a la costumbre, más que generalizada, de dejar para el último día la entrega de prácticas. No obstante, dado que el número de matriculados en la asignatura de *Automática* en el que se ha implantado la experiencia ronda los 80 alumnos, circunstancia que se repite otras asignaturas que imparte el Dpto, sería conveniente el poder contar con un mayor número de montajes, dado que el costo no es excesivamente importante. Otra estrategia que permitiría solventar esta problemática, sin costes adicionales, consistiría en habilitar la posibilidad de hacer las simulaciones por lotes. De esta forma, si el sistema no cuenta con circuitos libres, el alumno podría solicitar una simulación que es encolada hasta que haya un dispositivo disponible. Los resultados le serían enviados mediante un email que contendría un enlace a la página de resultados.

V. Conclusiones y futuras mejoras

En este artículo se presenta un prototipo de laboratorio de prácticas remoto construido a partir de elementos hardware de bajo coste y gestionado mediante una aplicación desarrollada con software de código abierto. El prototipo ha sido probado satisfactoriamente en la asignatura de *Automática* impartida en el Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales de la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Málaga. La arquitectura del sistema propuesto en este trabajo se caracteriza por flexibilidad y escalabilidad, ya que añadir nuevas placas Arduino es tan fácil como conectarlos a la Raspberry PI mediante un concentrador USB.

En cuanto al trabajo futuro, sería conveniente dotar al sistema de la funcionalidad necesaria para poder responder, con unos tiempos aceptables, a picos de utilización; mejorar la adaptación de la aplicación web a diferentes tamaños de pantalla (comportamiento *responsive*) mediante hojas de estilo y, por último, trabajar en el aspecto estético de la aplicación. Sería interesante, por otro lado, dada la buena acogida del laboratorio remoto adaptar nuevos montajes de prácticas para su utilización el próximo curso académico.

Referencias

- ARDUINO. Arduino Mega Specifications. <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega> (consultado 24/07/2017).
- RASPBERRYPI. Raspberry PI 2 Model B Specifications. <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/> (consultado 24/07/2017).
- PROCESSING. Processing webpage. <https://processing.org/> (consultado 24/07/2017).
- WIRING. Wiring webpage. <http://wiring.org.co/> (consultado 24/07/2017).
- SPACEBREW. Spacebrew webpage. <http://docs.spacebrew.cc/> (consultado 24/07/2017).
- PARKER, S. (2015). *How to Build a LAMP Server*. USA: CreateSpace Independent Publishing Platform.
- KIESSLING, M. (consultado 24/07/2017). *The Node Beginner Book*. online: <https://www.nodebeginner.org/>.

Modelos de Realidad Virtual para el aprendizaje de motores eléctricos en los Grados de Ingeniería Industrial

Rabaza, Ovidio⁽¹⁾; Mertani, Lina⁽²⁾; Cano-Olivares, Pedro⁽³⁾; Torres-Cantero, Juan Carlos⁽³⁾; Aznar, Fernando⁽¹⁾; Mora-García, Antonio⁽⁴⁾; Alameda, Enrique⁽¹⁾; Muñoz-Beltrán, Rafael⁽⁵⁾; Gómez-Lorente, Daniel⁽¹⁾; Peña-García, Antonio⁽¹⁾

(1) Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Granada, {ovidio, faznar, ealameda, dglorente, pgarcia}@ugr.es

(2) Ecole Nationale d'Ingénieurs de Saint-Etienne, lina.mertani@enise.fr

(3) Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universidad de Granada, {pcano, jctorres}@ugr.es

(4) Arquitectura y Tecnología de Computadores, Universidad de Granada, amorag@ugr.es

(5) Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, Universidad de Granada, rmb@ugr.es

Resumen

En este trabajo presentamos el desarrollo de un motor eléctrico en un entorno de realidad virtual inmersivo con el objetivo de que pueda ser manipulado por el estudiante manteniendo el mismo realismo que en prácticas tradicionales de laboratorio. Mediante dos ejemplos prácticos podemos conocer las propiedades electromecánicas de los motores eléctricos según variables eléctricas que permitan su funcionamiento. Antes del comienzo de la práctica, los principales parámetros del motor serían introducidos por el profesor y estos se mostrarían en la placa de la máquina, por lo tanto los estudiantes de acuerdo con lo que se ha aprendido en la clase de teoría tendrían que deducir las propiedades del motor mediante la manipulación del sistema.

Palabras clave: Realidad virtual, Motor eléctrico, Docencia inmersiva, Docencia en ingeniería.

I. Introducción

La realidad virtual es una tecnología que está revolucionando en los últimos años los procesos de fabricación y sectores de entretenimiento clave para la industria como son el de los videojuegos, el cine. Debido a estos resultados, expertos en pedagogía coinciden en que los beneficios de estos avances aplicados directamente al aprendizaje serían suficientemente notorios como para abrirle hueco en el sistema educativo (POTKONJAK et al, 2016). En el caso concreto de estudiantes de ingeniería esta tecnología podría ser de gran utilidad y su aplicación en laboratorios dedicados a prácticas docentes las haría extremadamente más baratas que las mismas en laboratorios tradicionales. Para mejorar notablemente el aprendizaje de futuros ingenieros no solo basta con impartir clases teóricas sino también clases prácticas, pero el inconveniente de ponerlos en situaciones prácticas resulta muy costoso en términos materiales ya que a veces no se cuenta con el equipamiento adecuado, el número de puestos trabajo o el número de elementos necesarios para que todos los estudiantes puedan realizar las prácticas simultáneamente en una única sesión. Todo ello vuelve infructuosos muchos esfuerzos de brindar por parte de las universidades o centros de investigación experiencias prácticas que resulten suficientes dentro de los laboratorios docentes o de investigación. Desde el punto de vista práctico, dicha tecnología permite involucrar a los estudiantes de manera multisensorial en ambientes virtuales, en donde pueden tener representaciones tridimensionales de los conceptos que se le enseñan en clases teóricas y, además, experimentar, elegir, tomar decisiones e iniciativas, fallar y volver a intentarlo tantas veces como sea necesario, hasta que se desarrollen las habilidades y destrezas necesarias que les permitan, por ejemplo, actuar y reaccionar en situaciones reales futuras ante accidentes, eventos fortuitos o fallas de funcionamiento.

Es por eso que surgió la idea de trabajar sobre un proyecto que permitiera realizar ensamblajes electromecánicos, obtener resultados de cálculos, manipular herramientas eléctricas y adentrarnos en los equipos para entender su funcionamiento así como las interacciones entre los diferentes materiales. En este caso concreto, el aprendizaje más efectivo será reproducir los protocolos y procesos que se realizarían en unas prácticas de laboratorio reales sobre máquinas eléctricas y entender del mismo modo las características electromecánicas de las mismas. Además, el desarrollar este tipo de experiencias a través de la realidad virtual captura la atención de los estudiantes y desarrolla e incrementa la curiosidad. Al final, el estudiante está muy motivado y entusiasmado con la idea de realizar estas experiencias, por tanto, dejando de existir el lado aburrido del aprendizaje.

Gracias a la realidad virtual, hay muchas posibilidades. En particular, la capacidad de recrear gestos como conectar cables de alimentación, botones de operación, mover el motor, abrirlo, ver los movimientos, montar las piezas sin tener que comprar equipos caros o exponerse a riesgos como cortocircuitos son un valor añadido en estas experiencias. Específicamente, un estudiante puede entrenar para realizar una instalación eléctrica con motores sin tener miedo de un cortocircuito, una explosión o de romper el equipo, mientras que permanece en una sala de trabajo. Aunque el presente proyecto está dentro del ámbito de conocimiento de la Ingeniería Eléctrica, éste podría ser adaptado a muchos otros ámbitos de conocimiento como la Mecánica, la Medicina o incluso la Historia permitiendo revivir eventos históricos importantes. La realidad virtual inmersiva permite que los estudiantes realmente se involucren en el aprendizaje convirtiéndose esta experiencia en un videojuego de realidad virtual.

Este es un desafío innovador porque nos permite reinventar la forma en que enseñamos.

II. Propuesta

El proyecto ha consistido en el desarrollo de un motor eléctrico (asíncrono) [FRAILE, 2015] virtual que pueda ser manipulado por el alumno, también de forma virtual, de modo que consiga conocer sus propiedades electromecánicas con la lectura de instrumentos de medida eléctricos y mecánicos en base a unas magnitudes eléctricas que permiten su funcionamiento (tensión nominal, potencia nominal, frecuencia de la red y número de pares de polos magnéticos). En la Figura 1 se puede observar un motor eléctrico asíncrono real y el diseño realizado en Solidworks [[HTTP://WWW.SOLIDWORKS.ES/](http://www.solidworks.es/)] para su implementación en UNITY [[HTTPS://UNITY3D.COM/ES](https://unity3d.com/es)] (plataforma de desarrollo virtual).

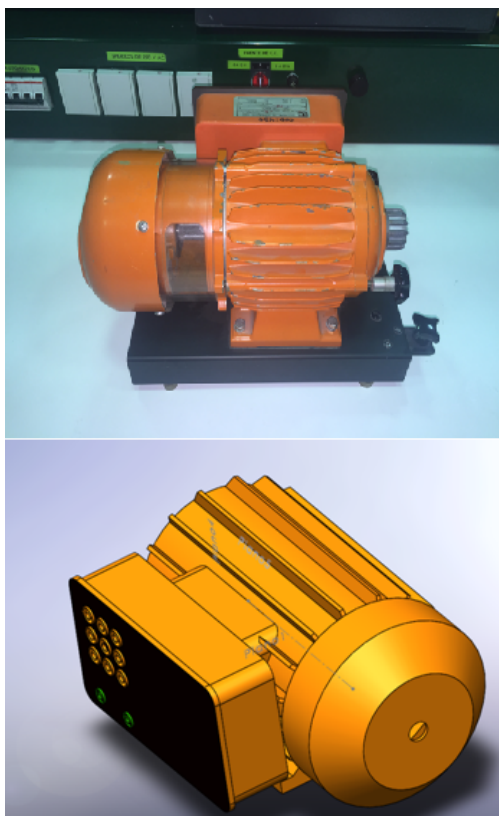


Figura 1. Imagen real y su diseño en Solidworks de un motor eléctrico asíncrono.

El modelo de motor asíncrono implementado en UNITY fue diseñado con el máximo detalle tal como se puede observar en la Figura 2 ya que es necesario que el alumno en su entorno virtual pueda manipularlo para distinguir cada una de las partes que lo componen.

Las variables de entrada serán las que se indican en la placa característica del motor eléctrico virtual y lo que el alumno tendrá que deducir en la simulación inmersiva mediante la lectura de los instrumentos de medida y los datos que muestra la placa, son la potencia de cortocircuito, tensión de cortocircuito, resistencia de cortocircuito, reactancia de cortocircuito y su curva Par-Velocidad.

Antes de que los alumnos procedan a realizar la práctica, el profesor tendrá que introducir en el modelo los parámetros que caracterizan al motor, como por ejemplo la potencia mecánica nominal (P_N) que en nuestro modelo puede ir desde 0.1 kW hasta 50 kW, tensión nominal (V_N), corriente nominal (I_N), número de pares de polos (2, 4, 6 y 8) y frecuencia de la red. Simplemente con estos parámetros, independientes entre sí, se podrían realizar infinidad de combinaciones y por tanto trabajar con cualquier motor asíncrono que deseemos.



Figura 2. Diseño en Solidworks (arriba) de un motor eléctrico asíncrono y su homólogo real (abajo) desmontado donde se puede distinguir el rotor de jaula de ardilla y el estator.

Después de introducir dichos parámetros en nuestro modelo estos quedan reflejados en la placa característica de la máquina tal como se puede observar en la Figura 3. Esta precisamente es la única información que necesita el estudiante para realizar sus prácticas.

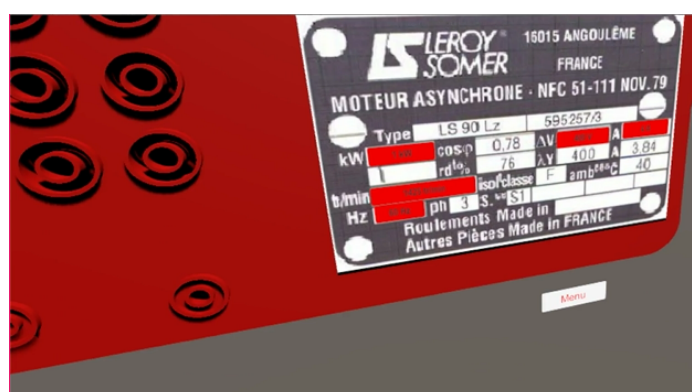


Figura 3. Placa característica del motor asíncrono virtual donde están los datos de la máquina.

La primera práctica propuesta es el ensayo de cortocircuito del motor de inducción. El objetivo de esta práctica será obtener la tensión de cortocircuito (V_{cc}), la potencia de cortocircuito (P_{cc}), resistencia de cortocircuito (R_{cc}) y reactancia de cortocircuito (X_{cc}). En las Figuras 4 y 5 podemos ver el montaje real en laboratorio y virtual en entorno 3D de la práctica de ensayo de cortocircuito.

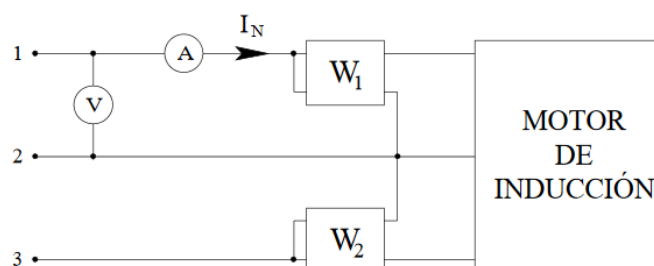
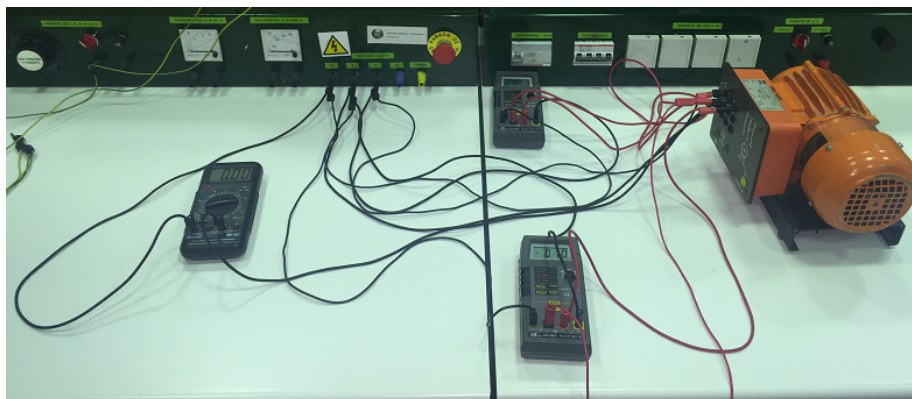


Figura 4. Montaje real de la práctica en el laboratorio y su esquema eléctrico con la conexión de los instrumentos de medida en el ensayo de cortocircuito.

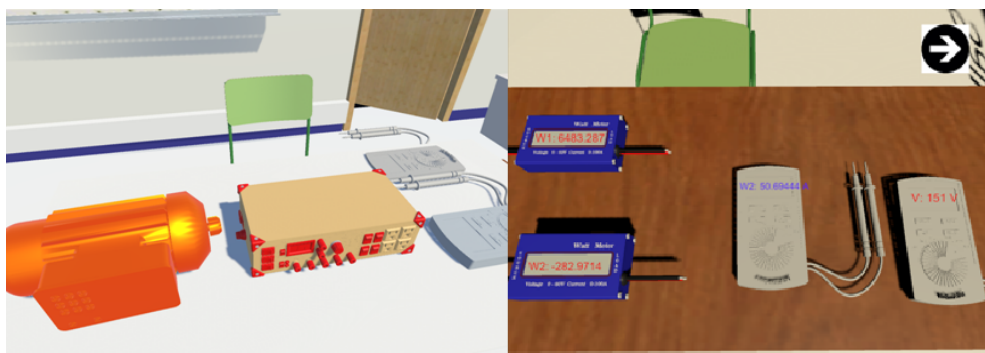


Figura 5. Montaje virtual de la práctica en el laboratorio con las lecturas de los instrumentos de medida en el ensayo de cortocircuito (voltímetro, amperímetro, y los dos vatímetros).

En esta práctica de laboratorio, de forma virtual, el estudiante aumenta poco a poco la tensión (de línea) mediante la fuente de tensión trifásica regulable. En cada instante podemos visualizar en tiempo real el valor de la tensión a través del voltímetro, la intensidad con el amperímetro y las potencias con los vatímetros conectados en modo Aron. En el momento que el estudiante observa en el amperímetro la corriente nominal I_N (introducida previamente como input por el profesor y visualizada en la placa característica), el voltímetro estará proporcionando la tensión de cortocircuito (V_{cc}) y con la suma de las lecturas de los vatímetros se obtiene la potencia de cortocircuito (P_{cc}).

Para la obtención de la resistencia y reactancia de cortocircuito del motor el alumno deberá usar los resultados obtenidos anteriormente en las lecturas y aplicar las fórmulas estudiadas en las clases teóricas de la asignatura (Fraile Mora, 2015).

La segunda práctica propuesta es la obtención de la curva Par-Velocidad del motor de inducción (Figura 6).

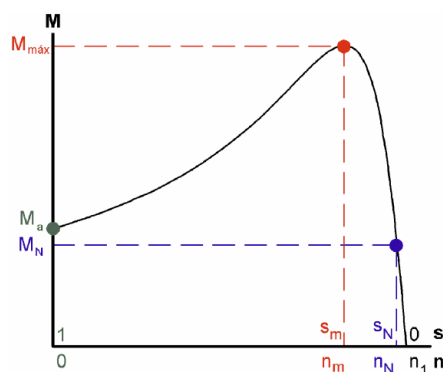


Figura 6. Curva Par-Velocidad.

El estudiante en entorno virtual conecta el motor a una tensión V_N (tensión nominal introducida previamente por el profesor y que es característica del motor) para que éste comience a girar. Cuando el rotor está girando a máxima velocidad en vacío aplicamos diferentes valores de par resistente con la ayuda del torque. Los valores del par resistente han de ser inferiores al Par Máximo (M_{max}) y estos, a medida que aumentan hacen disminuir la velocidad del rotor. En tiempo real el alumno obtendrá los diferentes pares de valores (n , M) en el que n es el número de revoluciones por minuto (rpm) y M es el par resistente (Nm) y así poder representar la curva objetivo de nuestra práctica. En las Figuras 7 y 8 podemos ver el montaje real y virtual de la práctica de obtención de la curva Par-Velocidad.

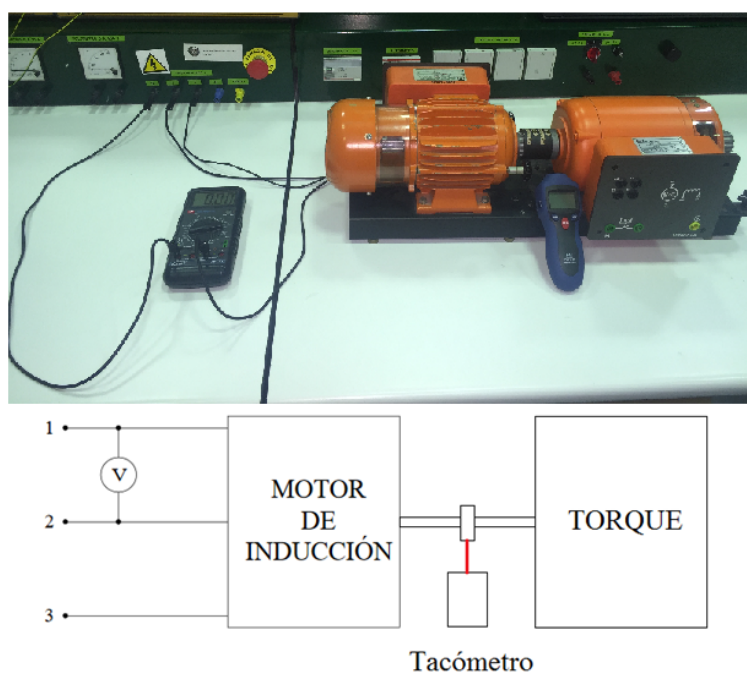


Figura 7. Montaje real de la práctica en el laboratorio y su esquema eléctrico con la conexión del instrumento de medida en la obtención de la curva Par-Velocidad.

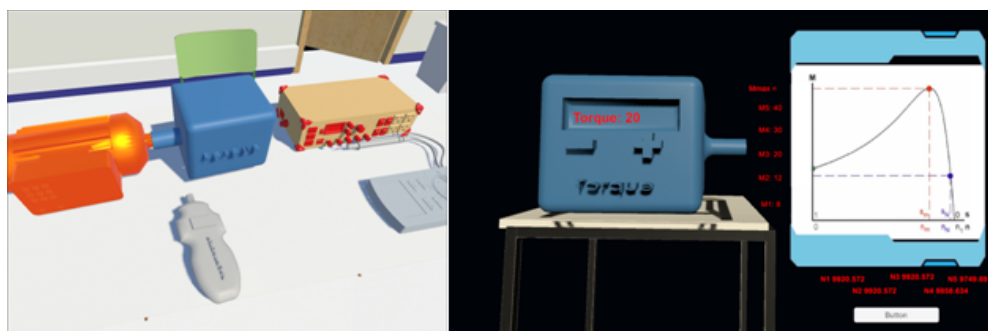


Figura 8. Montaje virtual de la práctica con las lecturas de los instrumentos de medida (torque y tacómetro) y la obtención de la curva Par-Velocidad.

III. Resultados esperados

La presente propuesta dará lugar a suplir la falta de recursos materiales, ayudaría en la enseñanza práctica de las asignaturas de Máquinas Eléctricas que se imparten las Escuelas Técnicas Industriales e implantarían nuevas estrategias didácticas innovadoras dentro del proceso formativo de los estudiantes de ingeniería.

El alto coste que supondría equipar un laboratorio con motores eléctricos reales (y accesorios auxiliares) nos obliga a buscar alternativas más económicas y que proporcionen las mismas prestaciones, como por ejemplo la utilización de modelos desarrollados con RV donde ofrecen vivencias muy parecidas a las que se obtendrían si se estuviera en la misma situación, pero en la realidad.

Pedagógicamente estamos completamente seguros de que la herramienta desarrollada dará lugar a:

- El aprendizaje sea el resultado de un proceso de interacción o intercambio con la tecnología.
- El alumno sea autodidacta.
- El conocimiento sea el resultado no sólo de la investigación individual sino de la retroalimentación constante.
- El aprendizaje sea a través de ensayo y error.

Por otro lado, se preverá una mejora de la inclusión y atención a la diversidad ya que la utilización de estas tecnologías en el aula o en el laboratorio, además de ser accesibles para todo el alumnado, deberían conllevar una transformación en las metodologías de enseñanza, estando las TICs al servicio de las metodologías. Este aspecto permite que el laboratorio funcione como un entorno verdaderamente inclusivo.

Respecto a la atención a la diversidad, está demostrado que cualquier alumno puede presentar determinadas capacidades en unas facetas pero a la vez tener menos capacidades en otras, por lo que creemos que el tipo de herramientas que hemos desarrollado en este proyecto permitirá que cada uno de los alumnos (con distintas capacidades) alcance el máximo grado de desarrollo de sus capacidades.

Agradecimientos

Queremos agradecer el apoyo por parte de la Universidad de Granada por haber financiado los recursos materiales o tecnológicos del presente trabajo bajo el Programa de Innovación y Buenas Prácticas Docente 2016/2018 con el proyecto PID 16-07.

Referencias

FRAILE J. (2015). *Máquinas eléctricas. 7ª Edición*. Madrid: Garceta grupo editorial.

POTKONJAK V., GARDNER M., CALLAGHAN V., MATTILA P., GUETL C., PETROVIC V.M., JOVANOVIĆ K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95:309-327.

SOLIDWORKS. <http://www.solidworks.es/> [acceso el 28 de junio de 2017].

UNITY. <https://unity3d.com/es> [acceso el 28 de junio de 2017]

Experiencias Docentes

Usos docentes de las tabletas gráficas en escuelas técnicas: una visión personal basada en la experiencia de tres años

Museros Romero, Pedro ⁽¹⁾, Benlloch-Dualde, José V. ⁽²⁾

(1) Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia (pmuseros@mes.upv.es)

(2) Departamento de Informática de Sistemas y Computadores, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia (jbenlloc@disca.upv.es)

Resumen

Los autores presentan las posibilidades de uso de tabletas gráficas y otros dispositivos de tinta digital para impartir clases magistrales en escuelas técnicas, atender tutorías, crear material docente, vídeos tipo *screencast*, etc. Después de tres años de uso continuado de esta tecnología, los resultados han sido buenos y la satisfacción de los alumnos se ha constatado tras recabar múltiples opiniones.

Palabras clave: Tinta digital, tableta gráfica, recursos didácticos, mecánica, enseñanzas técnicas.

I. Introducción

A lo largo de los 3 últimos cursos, el primer autor ha venido empleando con éxito una tableta gráfica digitalizadora como elemento clave en el desarrollo de su docencia en las asignaturas de Mecánica y Análisis de Estructuras, en la ETSI Caminos, Canales y Puertos de la Universitat Politècnica de Valencia (UPV). Esta herramienta se ha convertido gradualmente en un sistema insustituible para la actividad cotidiana, permitiendo desarrollar las clases y tutorías con buenos resultados, y abriendo nuevas posibilidades para la creación de material docente: vídeos, apuntes, presentaciones, etc. Más allá de un uso puramente docente, el empleo de la tableta hace más ágil la comunicación por videoconferencia y abre nuevas posibilidades para el trabajo colaborativo a distancia.

Conjuntamente con el profesor J.V. Benlloch Dualde, pionero en el uso de *Tecnologías de Tinta Digital* (TTD) en la UPV, ambos presentan en esta contribución algunas conclusiones sobre el uso de la *tableta gráfica o digitalizadora o “pen tablet”* (TGD). En la tesis doctoral (BENLLOCH-DUALDE, 2014) se describen distintos tipos de dispositivos además de las TGD, como lápices digitales, pantallas interactivas, tablet PC, tabletas, ultrabooks y otros. Siendo todos ellos interesantes y ofreciendo muchas posibilidades, se centra el trabajo fundamentalmente en las TGD para transmitir la experiencia adquirida y su potencial. Las opiniones personales expresadas en este artículo parten fundamentalmente de la experiencia de P. Museros; se han analizado, replanteado y matizado en colaboración con J.V. Benlloch, quien aporta su amplia visión de conjunto de las TTD. Esperamos que estas reflexiones puedan ser de utilidad para el lector interesado en su uso docente.

II. Motivos para utilizar una tableta digitalizadora

II.1 Un comienzo algo desalentador

Una TGD no es un ratón. En realidad deberíamos decir que una TGD no es *solo* un ratón. Con ello se pretende enfatizar que una tableta *ocupa* bastante más espacio que un ratón, y ya solo por ese motivo hay que tener claros los motivos para utilizarla. En la mesa de trabajo muchas veces no sobra el espacio y hay que plantearse bien cómo lo empleamos, y esto sin hablar de la comodidad, que es otro aspecto esencial en el día a día. ¿Queremos trabajar de manera habitual con una tableta sobre la mesa, en lugar de con nuestro ratón o touchpad habitual? ¿Y si pudiéramos simultanearlos?

Podría suceder que nos guste el dibujo o la tecnología (o ambos) y que por eso decidamos adquirir una tableta digitalizadora que nos permita retocar imágenes para emplear en nuestra labor docente o como pasatiempos.

Pero convendremos en que este tipo de uso responde más bien a una afición o inquietud que a un deseo de mejorar efectivamente nuestro rendimiento en el trabajo, así que no parece motivación suficiente para que una proporción significativa de usuarios se decanten por usar una TGD.

Por otro lado está la dificultad de la caligrafía, que no es una cuestión menor. Suele producirnos cierta envidia el compañero que escribe con buen trazo o que tiene una firma bonita. Suelen dar también envidia la claridad de sus apuntes, hasta el punto de que quizá se los querríamos pedir porque hay bastantes posibilidades de que entendamos su letra mejor incluso que la nuestra. La caligrafía, en fin, es un asunto principal en el entorno docente. En este sentido, la TGD no viene a mejorar la cuestión ¡sino posiblemente a empeorarla! El deslizar del puntero sobre la tableta, normalmente muy distinto al tacto del bolígrafo sobre el papel, cambia las reglas del juego y hace que aquellas palabras y frases que solíamos escribir con claridad corran el riesgo de convertirse en garabatos.

Así pues, de entrada parece que muchas cuestiones previas al uso de una TGD fueran dificultades o inconvenientes ¿Existe algún remedio para estos problemas? Ciertamente pensamos que sí, y que los cambios pueden merecer la pena. Trataremos de resumir los motivos en este artículo.

II.2 Planteamiento y marco general de la propuesta

Cada vez son más los alumnos que disponen de tabletas, ordenadores portátiles y, en general, dispositivos que les permitirían interactuar con el profesor durante la clase. Podrían tomar notas directamente sobre un PDF (aplicaciones de tipo *note-taking*), compartir archivos o aplicaciones con otros compañeros o el profesor, etc. Las posibilidades son innumerables, y una amplia muestra de ellas se describe en (BENLLOCH-DUALDE, 2014), donde se recogen además numerosas experiencias realizadas en otros países, singularmente en Estados Unidos, con buenos resultados en general al incorporar las TTD a la docencia. Dos ejemplos de este tipo de iniciativa pueden encontrarse en (ENRIQUEZ, 2010; WEITZ et al., 2006) donde, no obstante, también se llega a la conclusión de que el efecto de las TTD en el aprendizaje, aunque positivo, es limitado.

De hecho, algunos autores subrayan que el efecto positivo es más apreciable cuando profesor y alumnos cuentan con un software colaborativo (ENRIQUEZ, 2010). Esta circunstancia está en línea con lo que se denominan *experiencias 1:1 (one-to-one-computing)*. En apariencia sería un sistema deseable, y puede que se generalice paulatinamente, pero hoy en día está aún lejos de ser habitual en nuestras aulas. Por ello, el planteamiento de este artículo es el de presentar un método para emplear las TTD, y en particular las TGD, para mejorar la docencia *sin contar con que el alumno disponga de medios especiales* para tomar notas, consultar internet en tiempo real, etc. Se parte pues del supuesto de que el alumno puede venir a clase equipado tanto con una tableta de última generación como con medios mucho más rudimentarios, por ejemplo unas fotocopias previas impresas, bolígrafo y un papel en blanco para trabajar al modo tradicional.

Con esta premisa, se describirá el posible uso de la TGD por parte del profesor en las clases magistrales, tutorías, preparación de material docente y algunos otros usos. En particular en lo que se refiere a las clases magistrales, se propondrá un enfoque que suele denominarse “half-baked” y del que se tiene experiencia positiva (BUENDÍA-GARCÍA y BENLLOCH-DUALDE, 2011).

II.3 Tablet digitalizadoras vs. otras tabletas

En apartados siguientes se darán algunos consejos sobre cómo mejorar la caligrafía y el uso general de una TGD. A modo de ejemplo, en la Fig. 1 se muestra una TGD de tamaño medio conectada a un PC portátil. Hay que recordar además que existe la posibilidad alternativa de utilizar los denominados *tablet PC* o también las (en un sentido más amplio) *tabletas*, concepto que abarcaría las de Apple, las basadas en Android, etc. Este tipo de dispositivos que denominaremos genéricamente *tablets* incluiría también los teléfonos móviles por su tamaño de pantalla actual, que los hace cada vez más aptos para la escritura. El elemento común entre ellos es que el trazo, normalmente asistido de un puntero, se realiza directamente sobre una pantalla y no sobre una superficie opaca como en las TGD. Escribir sobre su pantalla empleando punteros facilita y mejora la caligrafía dado que estaremos escribiendo con la vista fija sobre nuestro propio trazo. En este sentido son bastante diferentes de las TGD, en las que la vista está fija en la pantalla del ordenador mientras que nuestra

mano maneja el puntero sobre la propia tableta opaca. En opinión de los autores existen algunas diferencias importantes entre el uso de uno u otro tipo de dispositivos para su empleo en una clase magistral:

- 1) Al impartir clase, si el profesor se sienta en la mesa para escribir algo en la tablet puede suceder que su vista esté muy apartada de la mirada de los alumnos, con lo cual se pierde atención por parte de ellos y la explicación resulta más monótona. En este sentido es preferible la TGD ya que, teniendo el portátil sobre la mesa, nuestra cabeza permanece erguida con la vista en la pantalla del portátil y podemos comunicarnos visualmente mejor con la clase, gesticular con la otra mano, etc. Es una comunicación más activa y amena. Por el contrario, con una tablet bajaremos la mirada para dirigirla hacia la mesa y perderemos de vista a los alumnos (y ellos a nosotros), lo cual podría empeorar la atención de la clase si no tratamos activamente de evitarlo.
- 2) Si tenemos la pizarra al lado para apoyarnos en ella, escribir, dibujar, etc., será frecuente que utilicemos tiza, con el hándicap de suciedad que ello siempre implica. Lo cierto es que en la pizarra se hacen mejor unas cosas y con una tableta otras, por eso una propuesta interesante es simultanearlas. Pero aquí debe hacerse la precisión de que nos “dolerá” menos llenar de tiza una TGD que una tablet, ya que no es lo mismo manchar con tiza una superficie opaca que se suele limpiar fácilmente con agua que la pantalla de (por ejemplo) un iPad con el que leemos el mail y trabajamos a diario. Téngase en cuenta que la mano que empleamos para escribir es la que se manchará también de tiza en la pizarra, y esa tiza será la que puede acabar en la tablet... pero, en cambio, el teclado del ordenador portátil al que conectaremos la TGD sufrirá poco la suciedad. Estas reflexiones, como las del punto anterior, no son sino cuestiones de preferencia basadas fundamentalmente en nuestra experiencia personal.

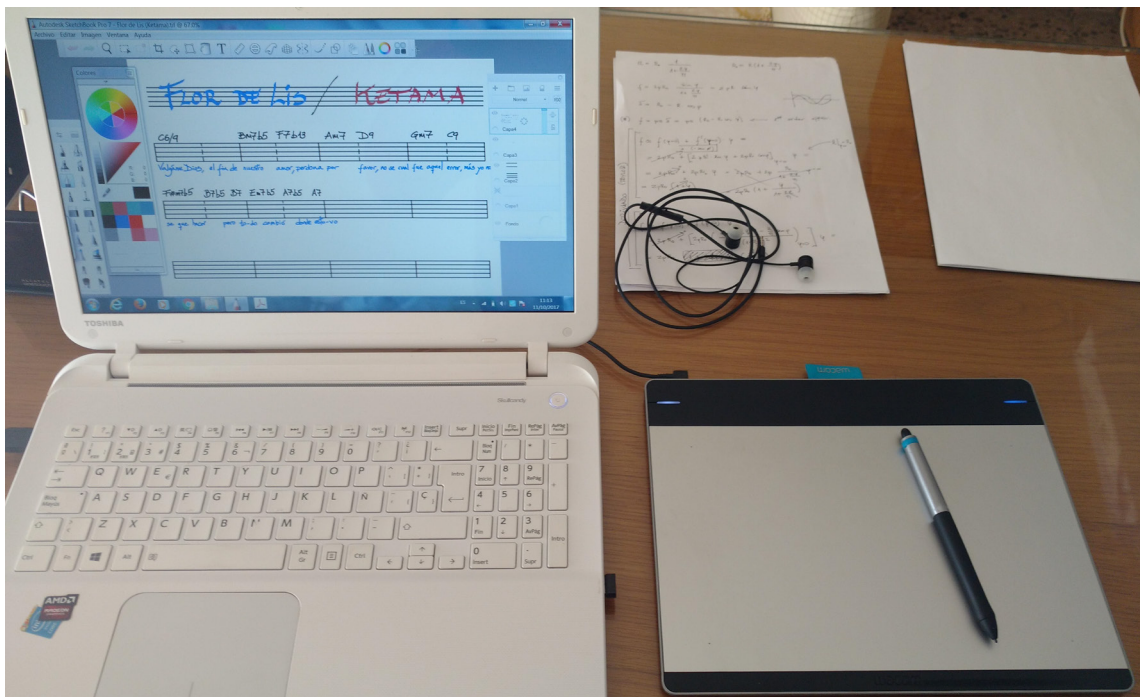


Figura 1. Tableta gráfica digitalizadora (TGD) de tamaño medio conectada a un PC portátil.

En todo caso, se emplee uno u otro tipo de tableta, las posibilidades que se abren en una clase son múltiples, y fuera de ella también. Para creación de vídeos u otros materiales docentes, y sobre todo para tutorías a distancia, la diferencia entre tablets y TGD puede ser pequeña o casi nula en función de cada usuario.

II.4 Salud y juventud, divinos tesoros

Last but not least, existe un motivo para utilizar TGD que podría ser más importante que todo el resto que se describe en este artículo, y que de algún modo a todos nos puede concernir. Recordamos aquí las palabras de un compañero y amigo, profesor de la Escuela de Caminos de Granada: Emilio Romero Romero, ingeniero industrial y profesor de Mecánica, del cual el primer autor reconoce haber adquirido valiosas enseñanzas. Una de ellas fue que escribir muchas horas en la pizarra podía llegar a cansar y en particular si uno ya no es un

chavea. Emilio Romero a sus casi 60 años estaba en condición física envidiable, y sin embargo tenía razón: una clase de Mecánica requería rellenar la pizarra una y otra vez con dibujos y ecuaciones, y el brazo llegaba a doler si se impartían varias horas al día. El primer autor tenía entonces 30 años y las clases no resultaban demasiado agotadoras, pero se atisbaba el hecho de que, al pasar una cierta barrera de edad, aquello podía resultar más cansado. ¡En particular en jornadas de 5 o 6 horas de pizarra al día!

Siempre existen soluciones, por ejemplo diapositivas o transparencias como usaba Emilio Romero, vídeos, etc. Pero la realidad es que mantener el ritmo de la clase a base de escribir a una velocidad que los alumnos puedan copiar y asimilar no resulta nada fácil de conseguir con diapositivas. En los años 80-90 aún no se usaban los *powerpoint* y agradecíamos enormemente al profesor que llenaba la pizarra a un ritmo adecuado para seguirle y pensar lo que decía. Particularmente en asignaturas difíciles de primeros cursos. La cadencia que da el ir escribiendo, dibujando, hablando, todo ello puede reproducirse bastante bien con una TGD el día en que, por los motivos que sea, se nos hagan pesados o difíciles la tiza y la pizarra. O, no lo perdamos de vista, si algún día nos encontramos con alguna lesión que nos obligue a ello, como le sucedió también a otro compañero y amigo de la UGR, Juan José Granados Romera, quien se lesionó el hombro y pasó una buena temporada alejado de la tarima (alejado porque daba las clases *debajo* de la tarima, empleando un proyector de transparencias situado aproximadamente en medio del aula), o al primer autor sin ir más lejos, que durante largo tiempo no pudo dar las clases de pie por un problema muscular. Hacer de la necesidad virtud siempre es una buena estrategia: el querer seguir dibujando y escribiendo en vez de proyectando diapositivas fue, en el caso particular del primer autor, el origen del uso de la TGD.

Hay que reconocer que esas circunstancias especiales no son trasladables a todos. Sin embargo, si unimos las ventajas ya expuestas con las posibilidades que se mostrarán a continuación, quizá el balance final parezca mucho más ventajoso al lector. La perspectiva no puede ser la de “aprendo a usar una TGD por si me lesiono”, pero en cambio, la realidad es que si aprendemos a utilizarla y a sacarle partido a sus muchas ventajas, llegará un momento en el que nos hará la vida más fácil y seguramente ya no querremos prescindir de ella.

III. El uso de tabletas digitalizadoras en clase

III.1 Dibujar mejor y con más confianza (¡y convertir directamente a un PDF!)

En ocasiones queremos hacer un dibujo en clase pero la pizarra nos pone en un aprieto. No todos dibujamos en ella tan bien como quisiéramos y a veces nos vemos obligados a recurrir a la diapositiva. Es sin duda una buena solución: las figuras complejas las proyectamos en diapositivas y la pizarra la empleamos para escribir.

Pero una TGD ofrece aún más posibilidades. Permite improvisar, retocar el dibujo como queramos, atender a una duda de un alumno incluyendo un nuevo elemento que clarifique, o un texto de anotación sobre la figura, o incluso acudir a internet a copiar algo y pegarlo sobre la figura. Pero hay otra ventaja además, difícil de cuantificar pero que los alumnos perciben y agradecen: la tableta nos permite llevar la figura **a medio hacer**, con el grado que queramos, y completarla en clase. Es el concepto que se conoce también como “half-baked”, término muy autoexplicativo y que ilustra la Fig. 2. De ese modo, el alumno tiene que copiar menos y puede centrarse en lo fundamental.

Obsérvese como, a partir de la figura inicial de la izquierda, se va completando con nuevos elementos, se amplía una zona de interés alrededor del punto B, y se pueden añadir textos si se desea, lo cual puede venir muy bien si hemos escrito algo en la pizarra que no queremos borrar, ya que el software de la TGD siempre permitirá abrir un nuevo lienzo en blanco. Escribir, eso sí, requiere ir practicando la caligrafía como ya avanzábamos anteriormente. El software empleado para generar las diapositivas de las Figs. 1, 2 y 3 es *Sketchbook Pro* de Autodesk, si bien existe hoy en día una variedad de aplicaciones que permite trabajar de forma similar.

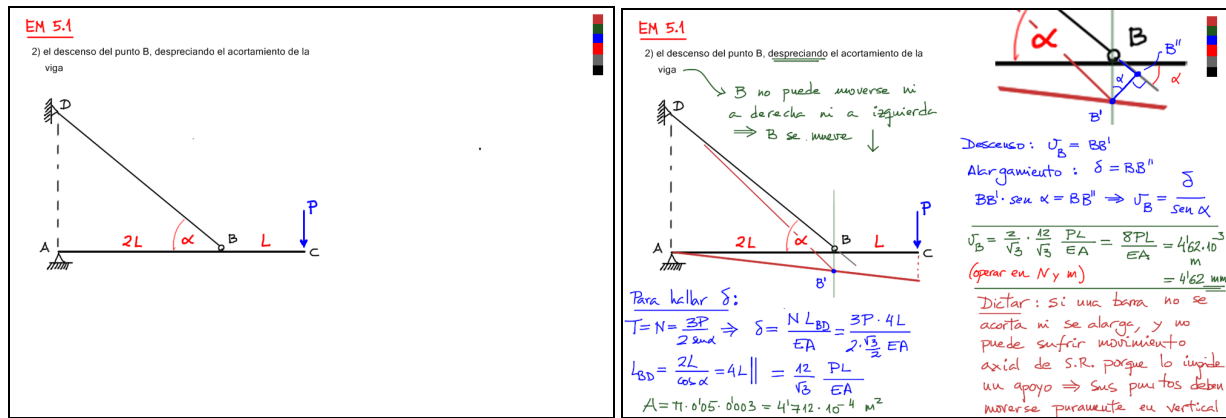


Figura 2. Ejemplo de diapositiva preparada con *Sketchbook Pro* para la clase (*half baked*) y resultado final desarrollado en clase.

Es cierto que, de este modo, el alumno deja de practicar ciertas habilidades y podría ser que acabe escribiendo peor o dibujando peor que si copia todo de la pizarra. Este es un aspecto abierto al debate. En opinión de los autores este factor no penaliza demasiado el uso de la TGD ya que, en muchas otras asignaturas, en el trabajo en su casa y también en cursos inferiores, el alumno trabajará seguramente la destreza manual en el dibujo y la escritura lo suficiente para perfeccionarlo cuanto desee.

Un aspecto alentador para el docente es que el software de dibujo suele proporcionar numerosas ayudas para trazar rectas, círculos, para usar colores, etc., con lo que dibujar con la TGD, tras un poco de práctica, puede ser bastante más sencillo que en la pizarra. Algunos elementos a veces se resisten un poco, como el trazar puntas de flecha de vectores, ya que esto es más cercano a la caligrafía, pero también se perfeccionan poco a poco y en unos meses se llega a un nivel aceptable. Queremos enfatizar especialmente las posibilidades de *copiar-pegar* y también de *deshacer*, habituales en entornos digitales. Esto es un enorme avance respecto a la pizarra. Además, la TGD permite girar dibujos sobre la marcha para darles otra orientación; este aspecto, al dibujar diagramas o funciones sobre ejes verticales puede ser interesante, como el diagrama de axiles en el tramo CD de la Fig. 3. Los alumnos al principio tienen más dificultades para trabajar con vigas verticales y se les puede decir “giren el papel 90° en sentido antihorario y trabajen normalmente”, pero la ventaja adicional de hacerlo también en la TGD y acompañarles así en el ejercicio es muy atractiva.

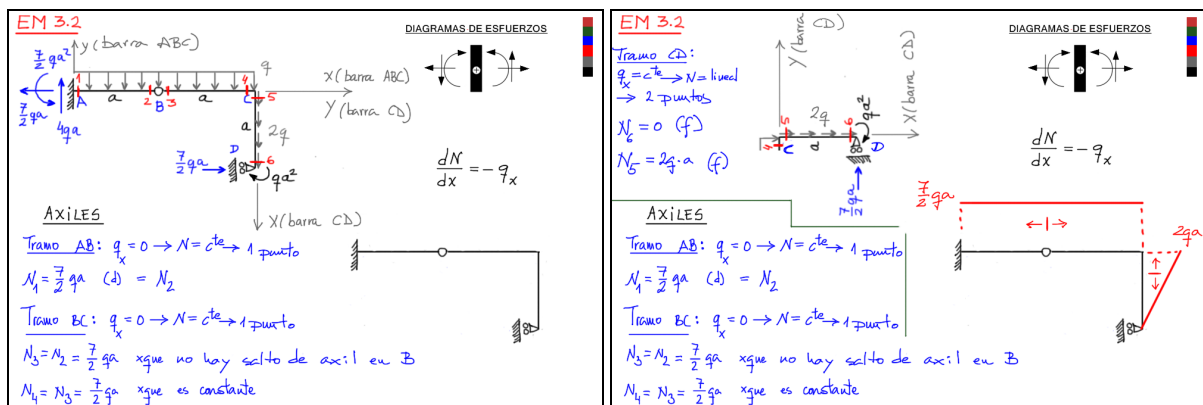


Figura 3. Ejemplo de diapositiva donde se gira el tramo CD de una estructura para analizar el axil.

La posibilidad de hacer “pruebas” y luego deshacer también es muy interesante. Por ejemplo, les podemos proponer a los alumnos “¿qué pasaría si la viga CD estuviera a 45°?”, mientras dibujamos un croquis de dicha situación sobre la propia Fig. 3. Ellos responden, se debate la cuestión, y luego se deshace lo dibujado con el Ctrl+Z. Esta opción no es que no pueda hacerse en la pizarra, pero siempre con un riesgo mucho mayor de dejar el dibujo emborronado. Otra opción semejante es superponer una capa nueva, dibujar todo lo que deseemos en ella a modo de prueba o para debatirlo, y luego desactivar la capa para volver al dibujo original. En este sentido, la versatilidad de *Sketchbook Pro* y aplicaciones similares las hace muy atractivas. Conviene recordar que tenemos además la ventaja de poder transformar fácilmente el material generado a PDF y ponerlo a disposición de los alumnos si nos interesa. Esta opción mejora la posibilidad de capturar una imagen de la pizarra con una foto, ya que la calidad obtenida normalmente será mejor.

Lo cierto es que, ante este tipo de operaciones de manejo de dibujos *en directo* en clase, los alumnos prestan mucha atención, fijan su mirada en la pantalla y permanecen más activos e involucrados. Y es bastante normal que así sea ya que, a diferencia de un dibujo grande hecho en una pizarra, la propia técnica de dibujo con la TGD le resulta particularmente interesante al alumno porque él mismo podrá aplicarla para otras cosas el día que tenga una tableta y la use para dibujar o escribir. En definitiva, está aprendiendo *por imitación* una técnica que intuye que le puede ser provechosa en el futuro, y por tanto su atención aumenta.

III.2 ¿Qué hacer con la caligrafía?

De entrada lo que más perturba al manejar una TGD es tratar de escribir algo y observar que el resultado es una caligrafía bastante peor que la que acostumbramos. Escribir, en vez de resultar algo natural, se vuelve de repente una actividad que requiere toda nuestra atención. La sensación resulta menos extraña si escribimos sobre la pantalla de una tablet ya que, con este tipo de dispositivo, nuestra vista sigue lo que hace el puntero y realimenta así al cerebro sobre las órdenes que debe mandar a la mano.

En todo caso, esto es simplemente una cuestión de entrenamiento que en unas semanas o meses, en función de la destreza de cada uno y del tiempo que se le dedique, mejora sustancialmente. Para empezar, una estrategia que puede aplicarse con éxito es proponerse usar la TGD (o la tablet) en digamos un 5-10% de las horas de una asignatura. Por ejemplo, unos cuantos ejercicios no demasiado complicados los preparamos para hacerlos con la TGD, y en el curso siguiente añadiremos algunos más. O también, en cada tema de la asignatura, podemos elegir una explicación de teoría sencilla con unas figuras en las que queramos aprovechar las facilidades gráficas que da la TGD. De paso, podemos practicar la escritura de cierta información limitada, o fórmulas, con lo que vamos tomando destreza. Usar la TGD un rato cada semana para ir practicando puede ser suficiente: podemos emplearla inicialmente más para los dibujos y esquemas, y gradualmente ir incorporando el texto. De algún modo debemos forzarnos practicar un poco, y por eso la posibilidad de hacer un número limitado de problemas de la asignatura enteramente con la TGD es una estrategia que puede servir. Si finalmente no estamos a tiempo para hacer un determinado ejercicio con la TGD, siempre podemos recurrir al método habitual de la pizarra.

Según vayamos adquiriendo destreza y confianza podremos usar la TGD en más actividades. Cuando nos acostumbremos a las posibilidades que nos da, difícilmente prescindiremos de ella.

IV. Tutorías a distancia, videoconferencias y corrección de ejercicios

Muchas veces las peticiones de tutorías se acumulan en fechas cercanas a exámenes parciales y finales. Pero no es extraño que en ocasiones, la última tarde, mañana, o el último día antes del examen debamos ausentarnos del despacho para asistir a alguna otra actividad: un congreso, un curso, etc. Si disponemos de la posibilidad de realizar tutorías a distancia mediante algún sistema de videoconferencia, lo cual ya es frecuente en todas las universidades, el uso de una TGD potencia enormemente la comunicación, ya que se puede compartir la pantalla con los alumnos que nos escuchan e ilustrarles todos los conceptos necesarios dibujando o escribiendo con la TGD. De esa forma, los alumnos quedan satisfechos y agradecen que se les atienda en esos momentos en que, habiendo estudiado para el examen, les pueden surgir dudas e intranquilidad.

No es necesario hacer énfasis en que las capacidades de la TGD se pueden emplear igualmente en videoconferencias con otros profesores o investigadores a distancia, facilitando mucho el trabajo colaborativo. Por ejemplo, utilizar Skype disponiendo de una TGD para ilustrar lo que pensamos, para trazar gráficas sobre estimaciones, para subrayar textos sobre la marcha, etc., hace mucho más fácil que nos entiendan. La experiencia del primer autor en este sentido, así como con las tutorías a distancia, es francamente positiva.

Otro aspecto muy interesante es la posibilidad de corregir y/o realizar anotaciones sobre PDF u otros documentos digitales entregados por los alumnos como parte de la evaluación de la asignatura. Así pues, es cada vez más frecuente que los estudiantes *suban* un PDF a una aplicación de la plataforma de apoyo a la docencia que se emplee en cada universidad (Moodle, Sakai, etc.). Sobre esos PDF, se pueden realizar breves anotaciones, propias de una corrección, que con facilidad y rapidez se devuelven al alumno para darle información sobre sus errores u otros comentarios de interés relacionados con el ejercicio que ha entregado (ver Fig. 4). Esto resulta más rápido y cómodo que redactar prolijas explicaciones en un e-mail.

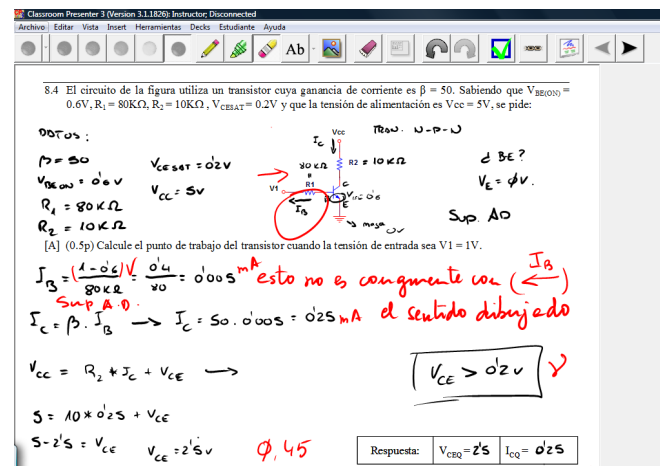


Figura 4. Ejercicio corregido manualmente empleando tinta digital (TGD u otro dispositivo)

V. Vídeos y otro material docente

Como herramienta gráfica, una TGD puede ser muy útil para generar material docente, ya que permite crear diapositivas de manera manual y por tanto resulta muy natural, pero a la vez tiene un nivel de acabado suficientemente bueno para uso docente. Pueden obtenerse resultados de nivel algo inferior al de, por ejemplo, un Powerpoint, pero suficientemente buenos para usarlos en clase (y empleando menos tiempo en planificar ya que se trata de una actividad similar a escribir en papel). Si lo que pretendemos es llegar a producir materiales de mayor calidad, también resulta posible alcanzar un uso semiprofesional o incluso profesional en el caso de las TGD de alta gama.

Merece mención aparte la posibilidad de crear vídeos educativos de tipo *screencast*, donde el ordenador va capturando todo lo que sucede en pantalla además de nuestra voz según hablamos. Estos screencast pueden hacerse también a partir de Powerpoint u otros programas, pero las posibilidades de trazado, dibujo, escritura manual, etc. que proporciona una TGD o una tablet en este sentido las hacen muy versátiles, con la ventaja añadida de que el estudiante, al ver el vídeo, estará presenciando *cómo se hacen las cosas manualmente* y podrá aprender una vez más por imitación, con la ventaja a nivel formativo que ello conlleva.

VI. Conclusiones

En opinión del primer autor, después de tres años empleando diariamente una TGD para las clases magistrales, tutorías y preparación de material docente, el resultado obtenido es, sin duda alguna, bueno. Por ese motivo, no volvería a hacer un uso exclusivo de la pizarra, ni prescindiría de la TGD para tutorías y para creación de recursos didácticos. Las opiniones recabadas de los alumnos, en general, han sido positivas o muy positivas, por lo que parece haber evidencia de que el sistema está funcionando. Sin embargo, este tipo de tecnología no se ha generalizado entre los docentes porque hay que vencer para ello un esfuerzo inicial y cambiar en cierto modo la forma habitual de hacer las cosas. No obstante, el mensaje que se quiere transmitir es que el resultado vale la pena. Si se tiene mayor tesón, una alternativa es usar directamente una TGD, pero en todo caso puede empezarse con una tablet normal e ir incorporando los métodos propuestos. Asistir a cursos de formación para facilitar el arranque también sería, no cabe duda, una buena estrategia.

Referencias

- BENLLOCH-DUALDE, J.V. (2014). *Propuesta Metodológica para el Uso de las Tecnologías de Tinta Digital en los Procesos Formativos del Ámbito de la Educación Superior*. Tesis Doctoral. UPV (<http://hdl.handle.net/10251/38250>).
- BUENDÍA-GARCÍA, F.; BENLLOCH-DUALDE, J.V. (2011). Using patterns to design technology-enhanced learning scenarios. *eLearning Papers*, 27: 1-12
- ENRIQUEZ, A. (2010) Enhancing student performance using tablet computers. *College Teaching*, 58(3):77-84
- WEITZ, R.R.; WACHSMUTH, B.; MIRLISS, D. (2006) The tablet PC for faculty: A pilot project. *Educational Technology and Soc.*, 9(2): 68-83.

Aplicación de las TIC a la evaluación colaborativa de prácticas de laboratorio en la asignatura de Microestructura y Transformaciones de Fase

Multigner Domínguez, Marta⁽¹⁾; Escalera Rodríguez, M^a Dolores⁽²⁾

(1) Departamento de Matemática Aplicada, Ciencia e Ingeniería de Materiales y Tecnología Electrónica, Universidad Rey Juan Carlos, marta.multigner@urjc.es

(2) Departamento de Matemática Aplicada, Ciencia e Ingeniería de Materiales y Tecnología Electrónica, Universidad Rey Juan Carlos, dolores.escalera@urjc.es

Resumen

Se ha realizado una experiencia piloto sobre la mejora del aprendizaje en las prácticas de laboratorio de la asignatura de Microestructura y Transformaciones de Fase del Grado en Ingeniería de Materiales mediante la implicación de los alumnos en el proceso de evaluación y el uso de las TIC.

Palabras clave: TIC, enseñanza-aprendizaje, trabajo cooperativo, metodología activa

I. Introducción

El uso de clases magistrales y de laboratorio como única metodología docente en la Universidad no es suficiente para garantizar la adquisición y desarrollo de las competencias planteadas en los nuevos títulos de grado. La adaptación de la Universidad al EEES conlleva un cambio en la metodología docente del profesor, que pasa a ser orientador y guía del proceso de aprendizaje, pero también supone un cambio en el estudiante, que pasa a ser protagonista activo de su proceso de aprendizaje (RODRÍGUEZ et al., 2008). Se hace necesaria pues una metodología docente activa en la que las nuevas tecnologías juegan un papel fundamental. El uso de las TIC puede tener un efecto motivador y mejorar el aprovechamiento irregular de las prácticas de laboratorio. Por otra parte el aprendizaje debe ser visto como útil para resultar atractivo. Para ello debemos tratar de aproximar la realización de las prácticas de laboratorio a los procedimientos utilizados en el mundo laboral.

Otro factor fundamental para alcanzar el desarrollo de las nuevas competencias transversales exigidas por el EEES es la implicación del alumno en su propio aprendizaje siendo entonces un sujeto activo y no pasivo del mismo. Para potenciar la participación del alumno y favorecer la reflexión sobre la materia estudiada para mejorar su comprensión y aprendizaje una posible metodología es la preparación de preguntas de examen por parte del alumno.

La combinación de estos tres factores ha dado como resultado una nueva metodología para la realización y evaluación de las prácticas de laboratorio de la asignatura de Microestructura y Transformaciones de Fase basada en experiencias previas en la docencia de Ingeniería de Materiales realizadas en la URJC (SANCHEZ et al., ; SANCHEZ et al.,)

II. Objetivos

La experiencia se enmarca en el contexto de la asignatura “Microestructura y transformaciones de fase” (MTF) dentro del Grado en Ingeniería de Materiales y de las dobles titulaciones de Grado en Ingeniería de Materiales con Grado en Ingeniería en Organización Industrial y Grado en Ingeniería de Materiales con Grado en Ingeniería de la Energía. Esta asignatura se imparte de forma conjunta en las tres titulaciones por tratarse de una asignatura obligatoria del Grado en Ingeniería de materiales. Esta asignatura tiene 6 ECTS dentro de los cuales la carga de trabajo asignada para la realización de prácticas de laboratorio es de 12 horas.

El objetivo fundamental de implantación de una nueva metodología en la realización y evaluación de las prácticas de laboratorio de la asignatura de Microestructura y Transformaciones de fase ha sido la mejora del

aprovechamiento de las mismas por parte de los alumnos. En años anteriores se habían ensayado diferentes metodologías de evaluación tratando de hallar el método más motivador y efectivo para el aprendizaje de los conceptos trabajados en las prácticas que son fundamentales para una correcta comprensión del conjunto de la asignatura.

Los problemas que se habían detectado en cursos previos eran:

- Dificultad de asociar las transformaciones de un diagrama de fases con las microestructuras reales observadas a través del microscopio.
- Dificultad para identificar las distintas fases presentes en una microestructura real.
- La experiencia de observación a través del microscopio metalográfico de microestructuras metálicas obtenida durante las prácticas no resultaba eficiente.

Por tanto como objetivos parciales de este proyecto docente se establecieron los siguientes puntos

- Incidir en la relación diagrama de fases-microestructura.
- Creación de una base de datos en plataforma docente (Moodle) de preguntas tipo test para estudiar y profundizar las transformaciones de fase y las microestructuras de las aleaciones metálicas.
- Creación de una base de datos de imágenes on-line que permitiera a los alumnos seguir con el entrenamiento en el reconocimiento de las mismas una vez finalizadas las prácticas.
- Uso didáctico de la preparación de preguntas de examen tipo test como herramienta de reflexión sobre los contenidos de la asignatura.

III. Actividades realizadas

La prácticas de laboratorio de la asignatura de MTF constan de 3 sesiones de cuatro horas durante las cuales los alumnos trabajan en los conceptos prácticos de la materialografía tanto en la preparación como en la observación de una colección de muestras metálicas que abarcan ejemplos de las transformaciones de fase más importantes como solidificación, transformación eutéctica, peritética, precipitación, recristalización, etc, llegando hasta las microestructuras fundamentales de las fundiciones.

Durante la realización de las prácticas de laboratorio a cada alumno se le asignó una probeta concreta sobre la que debían profundizar identificando claramente la relación entre la microestructura observada y el diagrama de fases correspondiente a la composición de la muestra. De esta microestructura se pedía que realizasen un informe que contuviese:

- Fotos originales del alumno a distintos aumentos realizadas con un microscopio provisto de cámara. La foto podía ser retocada de contraste, brillo y ser representativa de los hechos micro estructurales de la muestra asignada. Este procedimiento ayuda al aprendizaje de la microestructura ya que al tener que seleccionar un área representativa utilizando distintas combinaciones de aumentos y enfocar para obtener una buena foto les obliga a fijarse en distintos aspectos de la microestructura.
- Explicación de la microestructura haciendo uso del diagrama de fases correspondiente.
- Pregunta tipo test acerca de la foto que considerasen más representativa.

Estos informes se entregaron en un plazo de una semana desde la finalización del periodo presencial de prácticas través de la plataforma Moodle que es la que emplea la URJC para su Aula Virtual. Esta plataforma está disponible para todas las titulaciones de la URJC independientemente de su carácter presencial, semipresencial u on-line. En el caso de de la signatura MTF de carácter presencial se utiliza fundamentalmente como un instrumento de apoyo a la docencia en aula en la que se pone a disposición del alumno distintas clases de material de apoyo a la docencia que reciben de forma presencial.

Esta plataforma también se utilizó para la elección del turno de prácticas. Debido al número de alumnos de la asignatura se realizan tres turnos de laboratorio y la utilización de la plataforma para la realizar la elección del turno d prácticas por parte del alumno proporciona la posibilidad de que los mismos ajusten con más facilidad sus cargas de trabajo con respecto a las actividades de otras asignaturas. Este aspecto resulta complejo sobre todo en el caso de los alumnos de las titulaciones dobles que deben coordinar sus horarios en asignaturas impartidas en dos títulos diferentes por lo que la posibilidad de seleccionar ellos mismos el turno de prácticas es muy bien recibida.

Una vez recibido los informes estos se calificaron por medio de la siguiente plantilla de corrección:

Tabla 1: Plantilla de evaluación de informe

Lupa	Aumentos	Fotos a varios aumentos	Diagrama de fases	Descripción enfriamiento	Pregunta
Ha analizado correctamente la microestructura utilizando la lupa (2)	Ha indicado los aumentos en todas las fotos (1)	Ha tomado fotos a todos los aumentos (1)	Ha utilizado correctamente el diagrama de fases (2)	Ha descrito correctamente la formación de la microestructura en el enfriamiento (2)	Ha realizado correctamente una pregunta tipo test (2)
Ha analizado parcialmente la microestructura utilizando la lupa (1)	Ha indicado los aumentos en algunas las fotos (0,5)	Ha realizado fotos a algunos aumentos (0,5)	Ha utilizado el diagrama de fases pero hay errores menores (1)	Ha descrito parcialmente la formación de la microestructura en el enfriamiento (1)	La pregunta contiene errores menores(1)
No ha analizado la microestructura utilizando la lupa (0)	No ha indicado los aumentos (0)	No ha realizado fotos (0)	No ha utilizado el diagrama de fases (0)	No ha descrito correctamente la formación de la microestructura en el enfriamiento (0)	No ha realizado una pregunta tipo test (0)

De dichos informes se extrajeron, se corrigieron y se pusieron a disposición de los alumnos todas las preguntas formuladas por ellos mismo para la realización de exámenes de auto evaluación durante una semana con el objetivo de que utilizando las imágenes realizadas por ellos mismo fijaran los conceptos más importantes referentes a las microestructuras estudiadas. Posteriormente se realizó un examen en aula de informática utilizando la misma plataforma de Moddle con la que habían practicado. En dicho examen el 50% de las preguntas se extrajeron del banco de preguntas generado por los alumnos y el otro 50% fueron preguntas tipo test ideadas por los profesores de la asignatura.

En la calificación final de las prácticas se ponderó el resultado del examen en un 60% y la nota del informe en un 40%.

IV. Resultados y beneficios del proyecto

Para evaluar los resultados obtenidos en la mejora del aprendizaje de los contenidos en las prácticas de MTF se han comparado las notas obtenidas en el curso 2016/2017 en las que se aplicó la metodología descrita en el presente artículo con los resultados obtenidos en los cuales se utilizó una metodología de evaluación mediante examen escrito clásica que se puede considerar que tenía una dificultad académica equivalente. Tal y como se puede observar en la figura 1 donde se comparan los resultados de las notas obtenidas por los alumnos en tres cursos distintos la aplicación de la nueva metodología de prácticas ha redundado en una mejora en la calificaciones obtenidas lo que puesto que la dificultad de las pruebas fue equivalente en todos los cursos significa una mejora del aprendizaje con la nueva metodología.

Es de destacar, además, que se ha producido un importante descenso del número de suspenso en la primera convocatoria y que se ha producido un desplazamiento de las notas a mayores valores incrementándose de forma muy importante el número de alumnos que han obtenido notas entre 7 y 9 (notable) hasta un 52%.

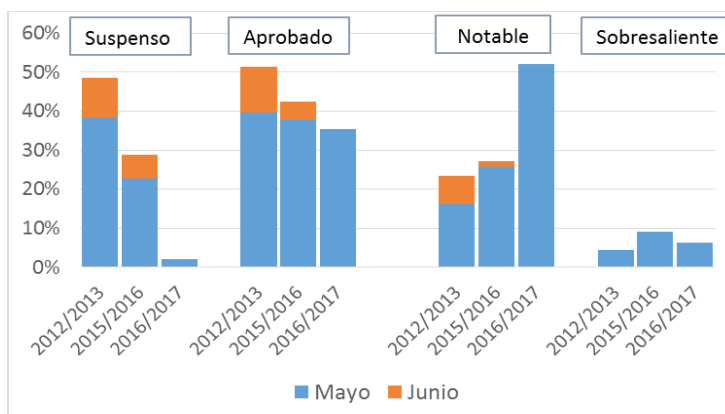


Figura 1: Análisis de los resultados obtenidos por los alumnos utilizando distintas metodología de examen

IV.1 Resultados de la percepción del aprendizaje por parte de los estudiantes

Para poder evaluar la satisfacción de los estudiantes con el cambio de metodología propuesto se realizó una encuesta on-line junto con el examen a la totalidad de los alumnos presentados (47 alumnos) en la convocatoria de mayo que ha arrojado los resultados que se muestran en las figuras 2, 3 y 4. Dichas encuestas se realizaron teniendo en cuenta las competencias generales asignadas a la asignatura según la guía docente.

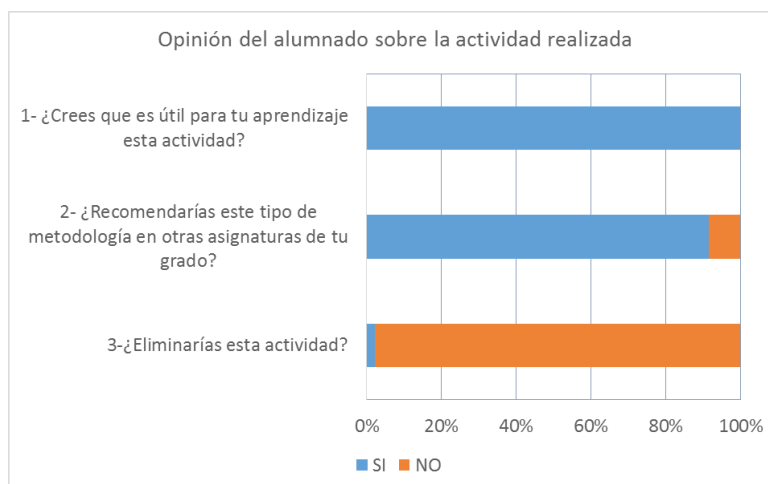


Figura 2: Opinión de los alumnos sobre la actividad realizada

Tal y como se puede apreciar en los resultados mostrados en la figura 2 el grado de satisfacción de los estudiantes con la actividad realizada es muy alto llegando el valor de utilidad que la asignan al 100% con un porcentaje de alumnos que consideran la actividad innecesaria muy pequeño, 2,1 %.

En cuanto a la valoración que hacen los alumnos de las competencia adquiridas en cuanto a su importancia para su futuro profesional (fig. 3, al final de la comunicación) las califican en general con valores comprendidos entre 7 y 10. El aprendizaje autónomo, la redacción de informes finales, la resolución de problemas reales y la capacidad de trabajo interdisciplinar son consideradas las competencias adquiridas más importantes para su futuro profesional. En cuanto a las tareas que más les han gustado (fig. 4, al final de la comunicación) destacan la resolución de problemas reales, el aprendizaje autónomo y la redacción de informes finales.

V-Conclusiones

El uso combinado de metodologías docentes activas a través de las TIC, la aproximación del mundo laboral a la docencia a través de la redacción de informes finales y la implementación de un aprendizaje activo mediante la redacción de preguntas tipo test que a posteriori se utilizan para realizar autoevaluaciones y se incorporan a los exámenes reales incentiva el trabajo de los alumnos en las prácticas de laboratorio, consiguiendo una mejora evidente del aprendizaje, que se demuestra a través de los resultados de las calificaciones obtenidas comparadas con métodos de evaluación tradicionales.

Referencias

RODRÍGUEZ, A.; CAURCEL, M. J.; RAMOS, A.M. (2008). *Didáctica en el Espacio Europeo de Educación Superior. Guías de Trabajo Autónomo*. Madrid: EOS.

SANCHEZ, M., PROLONGO, S.G., JIMENEZ-SUAREZ, A., López, A.J., Catalá, M. (2011). Innovative educational project and interdisciplinary coordination in the context of european higher education area in the field of biomaterials. *INTED2011 Proceedings*: 1295-1304.

SANCHEZ, M., PROLONGO, RAMS, J., LÓPEZ, M.D. (2013). Interdisciplinary coordination between subjects of materials engineering degree through problem-based learning. *7th International Technology, Education and Development Conference (INTED 2013)*: 136-139

Asigna un valor a las siguientes tareas en función de la importancia que, según tu opinión, tendrán para tu futuro profesional (asignar puntuación del 1 al 10, siendo 1 muy poco importante y 10 muy importante, pudiendo repetir puntuación en varias tareas)

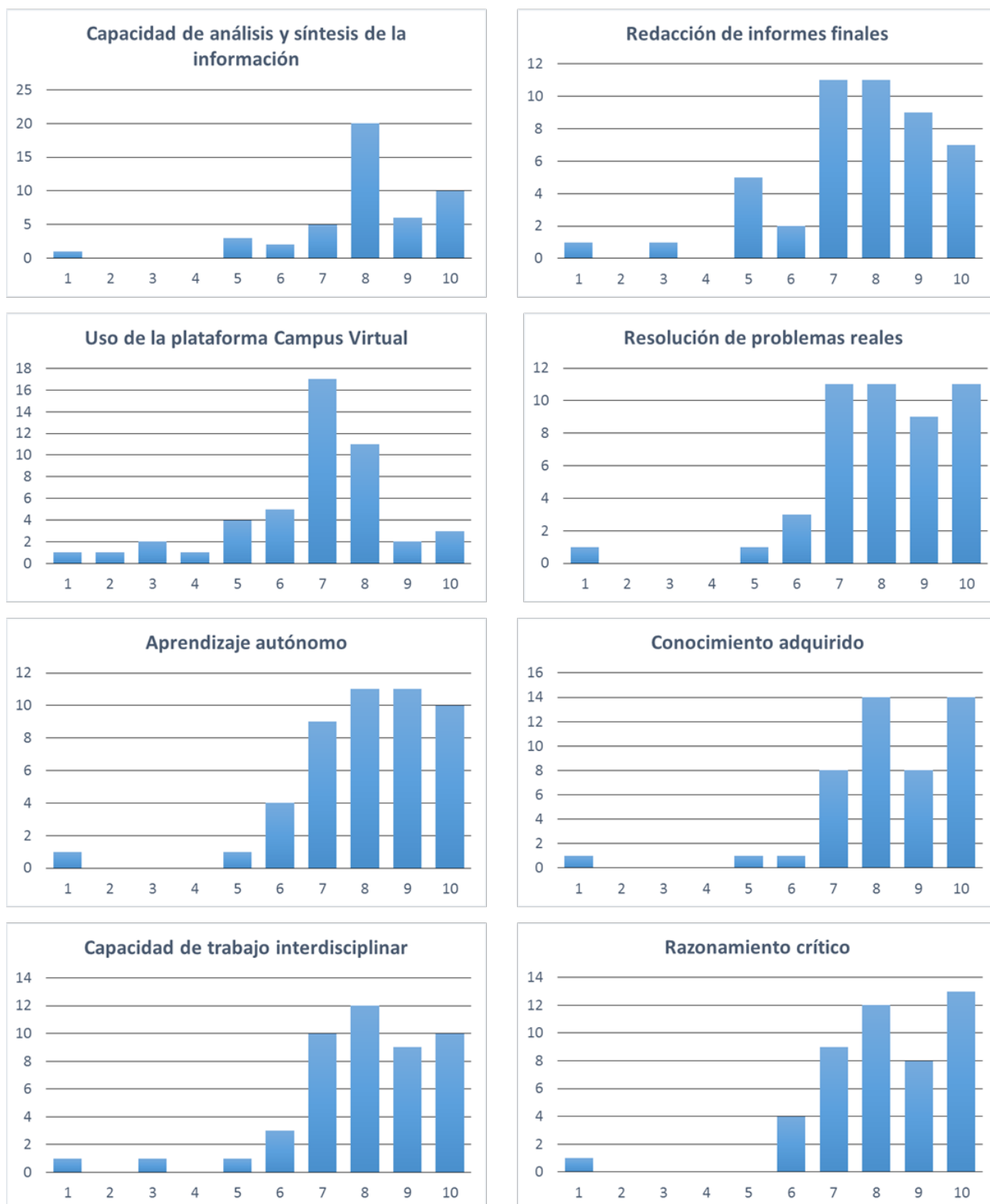


Figura 3: Opinión de los alumnos sobre la importancia profesional en las competencias recibidas

Asigna un valor a las siguientes tareas en función de lo que te **han gustado** cada una de ellas (asignar puntuación del 1 al 10, siendo 1 muy poco importante y 10 muy importante, pudiendo repetir puntuación en varias tareas)

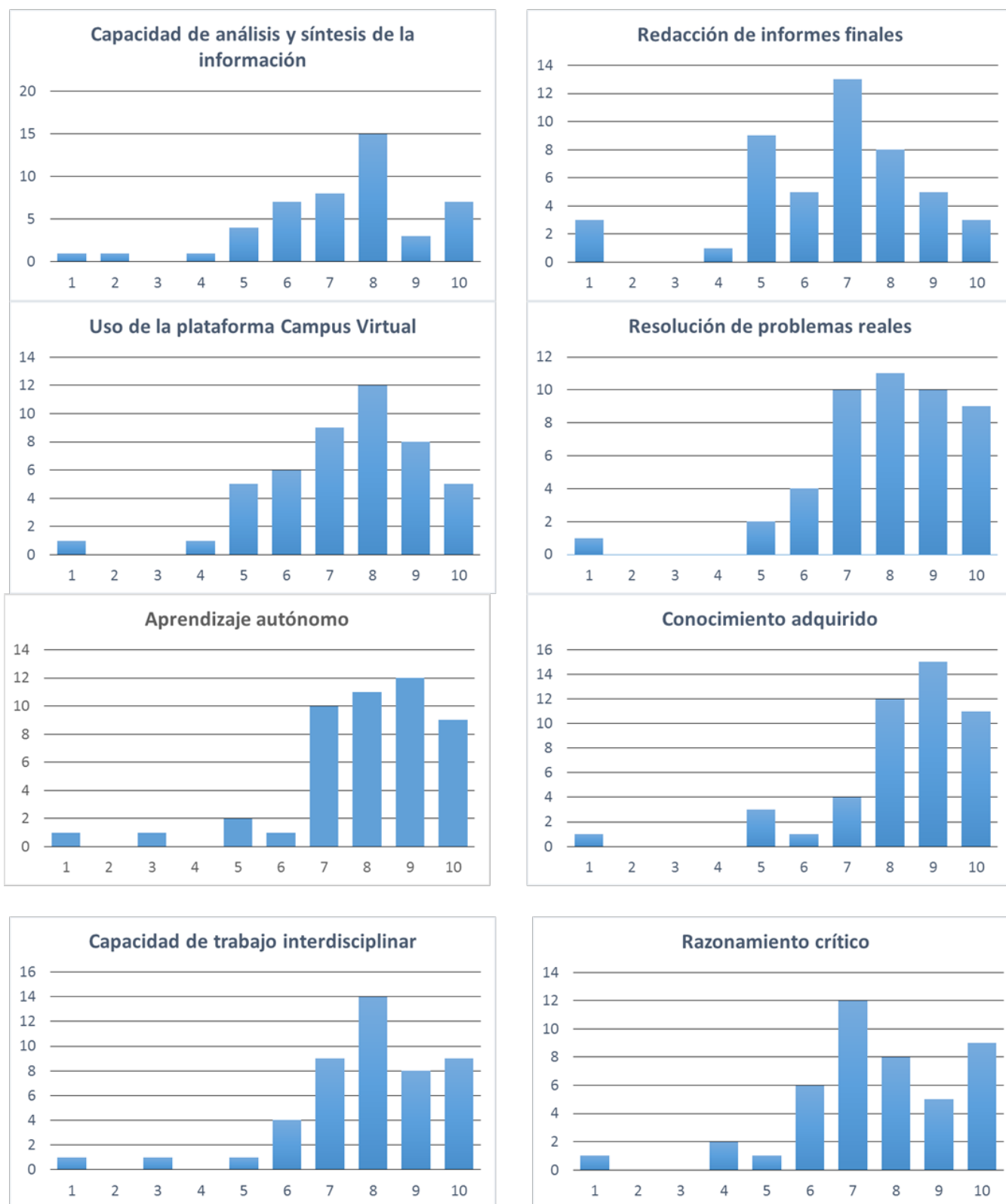


Figura 4: Opinión de los alumnos sobre su satisfacción en las competencias recibidas

Introducción de contenidos multimedia como parte de adquisición de competencias y demostración de éstas en el ámbito de la ingeniería de fabricación

López Antonio Julio ⁽¹⁾; Muñoz Marta ⁽¹⁾;

(1) Departamento de Matemática Aplicada, Ciencia e Ingeniería de Materiales y Tecnología Electrónica, Universidad Rey Juan Carlos, antoniojulio.lopez@urjc.es (1), marta.munoz@urjc.es (1)

Resumen

Se exponen los resultados más relevantes en relación a la introducción de contenido multimedia tanto en la transmisión de conocimientos a los alumnos y adquisición por éstos de competencias, como en la realización de exámenes en la asignatura Ciencia y Tecnología de los Materiales, de 2º curso del Grado en Ingeniería Aeroespacial en Aeronavegación.

Palabras clave: competencias; contenido multimedia; exámenes; ingeniería de fabricación.

I. Contexto

La metodología activa que conlleva la adaptación de la Universidad al EEES impulsa el proceso educativo a la búsqueda de nuevas metodologías que complementen las tradicionales clases magistrales. En el marco de la enseñanza de la asignatura Ciencia y Tecnología de Materiales, asignatura de 2º curso de la titulación de Grado en Ingeniería Aeroespacial en Aeronavegación, se ha empleado contenido multimedia para la mejor comprensión por parte de los alumnos de los conocimientos en relación a las tecnologías de fabricación industrial. Entre las competencias específicas a adquirir por parte de los alumnos se encuentra la siguiente: “Comprender las prestaciones tecnológicas, las técnicas de optimización de los materiales y la modificación de sus propiedades mediante tratamientos”.

Dentro del bloque temático “Fabricación y procesado de materiales” se imparten los conocimientos relacionados con las tecnologías industriales de fabricación de materiales, así como su influencia en las prestaciones tecnológicas de los productos finales. Es en dicho bloque temático en el que se ha seleccionado contenido multimedia específico para el mejor aprendizaje por parte del alumno de las tecnologías de fabricación de materiales metálicos, cerámicos, poliméricos y compuestos. Los vídeos empleados proceden de YouTube. Se realizó una lista de reproducción para los alumnos del curso en la que encontrar todos los vídeos que se iban a emplear durante las clases como herramienta de apoyo y refuerzo metodológico. Además, se han elaborado filmaciones de producción propia, de acceso libre y disponibles en la web, no solo para el alumnado matriculado, para reforzar los contenidos básicos de la asignatura.

Este estudio incorpora el uso del lenguaje audiovisual en el proceso de evaluación de las competencias adquiridas por el alumno.

II. Introducción

Es sabido que la introducción de vídeos con contenido propio o ajeno como material didáctico en las clases, favorece al alumno el recuerdo de lo estudiado y la aplicación práctica posterior de los conocimientos adquiridos. Al docente le sirve a su vez para enseñar de una forma eficaz, sencilla y atractiva, así como para reforzar ciertos conocimientos teórico-prácticos que son difíciles de enseñar de forma efectiva empleando otra metodología. Los vídeos han sido materiales empleados en las aulas para cuestiones docentes en los últimos 20 años, fundamentalmente vídeos generados y editados por las propias editoriales de creación de contenido didáctico en formato escrito. Pero actualmente, con la proliferación de plataformas contenedoras de vídeos, especialmente Youtube con más de 2000 millones de vídeos visualizados cada día (BARRERAS, 2016) el acceso a contenidos didácticos en el ámbito de la ingeniería ha dado un salto fundamentalmente cuantitativo. La repercusión de esta plataforma en diversos ámbitos es notoria y el mundo educativo no debe vivir a espaldas de esta realidad.

Los vídeos facilitan el aprendizaje autónomo del alumno (DONOVAN, 2014) pudiendo realizarse en cualquier momento, basta que el alumno posea una conexión a internet y soluciona problemas como la ausencia a clase por diversas causas (RODRIGO, 2010). Desde el punto de vista de la implementación de

estos métodos en la enseñanza universitaria es fundamental que el centro educativo apoye de forma decidida dicho aprendizaje, proporcionando las herramientas necesarias para ello.

La Universidad Rey Juan Carlos reúne las condiciones apropiadas en cuanto a equipamiento, conectividad, horarios, etc. Todos los estudiantes disponen de acceso a ordenadores de forma individual para la realización de los exámenes a través de Aula Virtual. El profesorado se encuentra cualificado y dispuesto a usar estas tecnologías y enseñar mediante ellas. El proyecto se centra de forma directa en la figura del alumno ya que no requiere de la participación ni cooperación con otros. Se parte pues de un escenario entusiasta que ha incorporado completamente las tecnologías digitales al aula.

Los nuevos medios digitales están desplazando y sustituyendo a los medios audiovisuales tradicionales o analógicos (como son las diapositivas, los proyectores de transparencias, los equipos de música y audiovisuales). Ahora bien, la mera presencia de tecnología no significa una mejora del rendimiento de los estudiantes (OECD, 2015). La presencia de las TIC obliga al profesor a replantearse cómo incorporarlas en su práctica y, en consecuencia, a realizar algún tipo de innovación con las mismas.

En el área de conocimiento de la tecnología de procesos de fabricación industrial, la creación o búsqueda y recopilación de materiales multimedia educativos de calidad es fundamental, no sólo en el mundo de la enseñanza no presencial, también en la enseñanza presencial en la que los contenidos y conceptos explicados no dejan de necesitar un apoyo multimedia. El contenido multimedia en forma de vídeos, es una forma efectiva de transmisión de conocimiento y permite ser integrada en diferentes ámbitos académicos: aula presencial, campus virtual, y por qué no, en los exámenes.

En el ámbito de conocimiento de la ingeniería de fabricación, el empleo de vídeos que ilustren los procesos de fabricación industrial más empleados permite la adquisición de forma rápida al alumno de conceptos tales como:

- (i) la forma en la que se mueve en 3D una máquina para procesar un material; por medio de fotografías o ilustraciones no es tan efectivo;
- (ii) hacer una estimación de la energía puesta en juego durante el proceso;
- (iii) ver cómo se ejecuta cada paso de un proceso de fabricación;
- (iv) apreciar los tamaños de los primarios procesados, así como de las herramientas empleadas para darles forma.

De esta forma, por medio de vídeos el alumno adquiere competencias sobre los procesos de fabricación, que de otra forma sólo los alumnos con más capacidad de proyección espacial son capaces de obtener partiendo de un texto escrito o de una imagen o esquema estático y biplanar.

La estrategia de evaluación ha sido diseñada teniendo en cuenta los objetivos del aprendizaje. El objetivo fundamental es la comprensión de contenidos de la asignatura en relación a los procesos de fabricación. Otro de los objetivos es el desarrollo de habilidades indispensables para la creación de una sociedad más inclusiva y sustentable incluyendo la colaboración, la creatividad, la resolución de problemas y el pensamiento crítico entre otras. Queda claro que enseñar para evaluar la memorización de datos es una pérdida de tiempo para todos, ya que esto no nos lleva hacia ningún aprendizaje real. Los objetivos se centran en torno a: (i) ¿Qué queremos que comprenda el alumno? y (ii) ¿Qué queremos que pueda hacer el alumno una vez concluida la unidad?

Actualmente existen pocas propuestas del uso activo de las TIC en el proceso de evaluación. Este trabajo se centra en la utilización de contenidos multimedia tanto en el proceso de enseñanza en clase, como en el proceso de evaluación y demostración de las competencias adquiridas por el alumno en el ámbito de la ingeniería de fabricación industrial.

III. Objetivos y metodología.

Los dos objetivos planteados en este proyecto son: (i) el uso de videos seleccionados de Youtube sobre técnicas de fabricación industrial como parte del material a emplear en la asignatura para un mejor entendimiento de dichas técnicas; (ii) la incorporación de dichos vídeos en exámenes realizados por los alumnos a través del ordenador en aula virtual, para valorar de forma más eficiente las competencias adquiridas por el alumno.

La metodología desarrollada se basa en un proceso cíclico de 5 etapas con retroalimentación (Fig. 1) con el fin de mejorar el sistema metodológico empleado. Las etapas desarrolladas fueron:

1. Planificación de las actividades a desarrollar (selección de vídeos de youtube)
2. Implementación de la actividad en el aula (explicación de contenidos en clase con apoyo multimedia)
3. Evaluación de las competencias adquiridas con la actividad implantada (incorporación de los vídeos a las preguntas de examen en Aula virtual)
4. Análisis e interpretación de resultados (análisis de calificaciones obtenidas y encuestas de evaluación)
5. Replanificación de nuevas actividades y planes futuros (retroalimentación y vuelta al punto de partida)

La primera de las etapas fue la selección de los vídeos de las distintas técnicas de fabricación empleando la plataforma Youtube y la creación de una lista de reproducción para la distribución posterior a los alumnos. En la siguiente dirección se puede consultar dicha lista:

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLSfsGatHEjd49RJsQknged7RjpS2a2x1>

De esta forma, los alumnos tienen acceso en cualquier momento y lugar a los vídeos seleccionados por el profesor, empleando un ordenador, teléfono móvil o tablet y pueden emplearlos durante sus horas de estudio individual como material de apoyo a los apuntes tradicionales. Además, la plataforma YouTube recomienda nuevos vídeos relacionados al finalizar la visualización de cada vídeo, con lo que el apoyo multimedia que el alumno tiene a su disposición aumenta cada día. Se suben alrededor de 300.000 vídeos diarios nuevos a Youtube.

La segunda etapa es la utilización de los vídeos en las aulas. Tras la explicación del profesor en clase de los elementos clave de cada técnica de fabricación, se visionaban los vídeos necesarios para ejemplificar la técnica tratada, ampliar los conocimientos de la técnica e intentar una mejor asimilación por parte de los alumnos de los conceptos clave. Esta etapa requiere, lógicamente, de conexión wifi en clase para el uso de YouTube. Los alumnos podían plantear cuestiones o dudas sobre los vídeos visualizados, generando una participación activa de los alumnos e incluso contestándose ellos a preguntas planteadas.

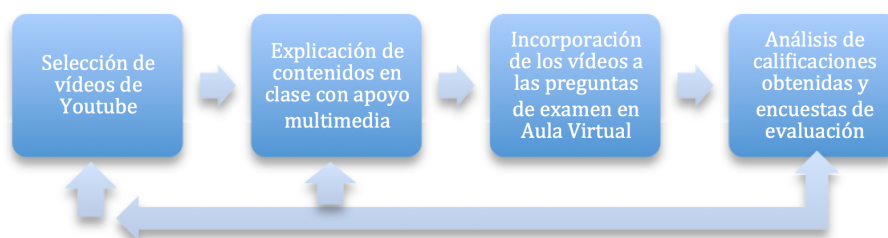


Figura 1: Diagrama de flujo metodológico seguido en la implementación de la experiencia de innovación docente realizada.

La evaluación del conocimiento adquirido por el alumno se erige como uno de los grandes desafíos educativos. Este trabajo abandona la utilización exclusiva del espectro numérico tradicional en el proceso de aprendizaje y evaluación y lo complementa con la utilización de contenidos multimedia. Basándonos en este planteamiento, la tercera etapa del proyecto consistió en la incorporación de los vídeos a las preguntas de examen. Cada alumno en un ordenador se conectaba a Aula Virtual y contestaba a las preguntas del examen. Como puede verse en la Figura 2, se insertaron los vídeos de YouTube directamente en las preguntas. El alumno podía ver cada vídeo las veces que quisiera antes de contestar a las preguntas planteadas. En cada frase de respuesta hay varios conceptos que el alumno debió seleccionar en los desplegables para completar cada frase. En cada desplegable había varias opciones posibles (Figura 2c) y el alumno debía seleccionar la correcta para la técnica de fabricación que observaba en el vídeo. Como se puede ver en el enunciado de la pregunta, el nombre de la técnica de fabricación no era dado al alumno, siendo el nombre una de las respuestas que el alumno debía proporcionar.

Tras la realización de las pruebas, se desarrolló la cuarta etapa del proceso, distribuyéndose entre los alumnos empleando Aula Virtual una encuesta individual, creada mediante la herramienta gratuita “Formulario de Google” para que valoraran su grado de satisfacción con la metodología docente empleada. La encuesta fue voluntaria y anónima.

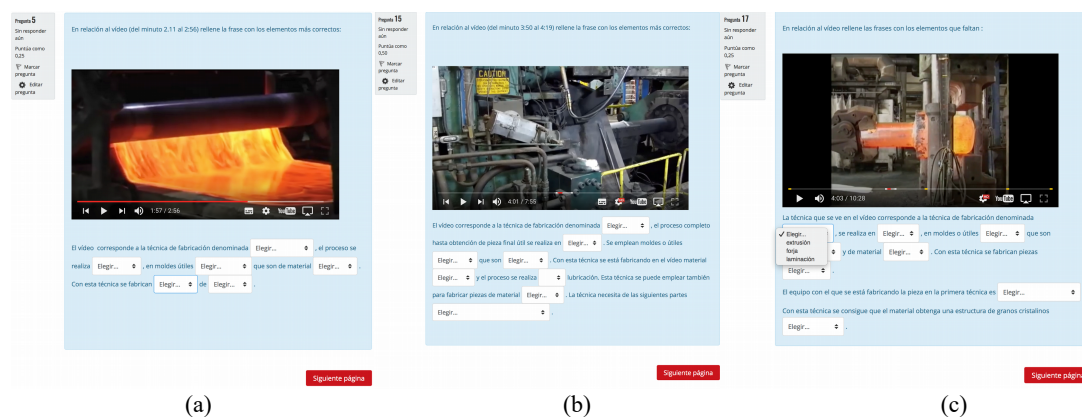


Figura 2: Preguntas de examen realizado en aula virtual incluyendo vídeos de procesos de fabricación: (a) vídeo sobre laminación de vidrio; (b) vídeo sobre proceso de extrusión; (c) vídeo sobre proceso de forja en el que se aprecia uno de los desplegables de posibles respuestas sobre el nombre de la técnica que se visualiza en el vídeo

IV. Resultados y discusión

La totalidad de los alumnos han conseguido finalizar la prueba de evaluación, solventando con éxito cualquier inconveniente ajeno a la prueba, lo cual demuestra una completa alfabetización digital del alumnado.

Las preguntas realizadas a los alumnos en la encuesta de satisfacción fueron:

El análisis de datos de la encuesta realizada muestra por un lado la habilidad del profesorado para dirigir al grupo de alumnos a través de las herramientas multimedia y por otro lado el grado de aceptación del alumnado.

La figura 3a muestra un gráfico de barras correspondiente a la valoración de 0 a 10 de la **utilidad de la enseñanza con vídeos** realizada en la asignatura en la parte de fabricación (**Pregunta 1**, 0 muy poco útil, 10 muy útil). La puntuación más valorada con diferencia fue la puntuación de 10 (34,3%), seguida de cerca de las puntuaciones 9 y 8 con un 28,6% y 22,9%, respectivamente. Esta puntuación significativamente mayor que el resto pone de manifiesto el éxito del proyecto. Las valoraciones de 5, 4 y 1 (2,9%) no son significativas ya que corresponden a tres alumnos que han respondido de manera intencionadamente negativa como puede corroborarse en la figura 4 y en el resto de los resultados analizados.

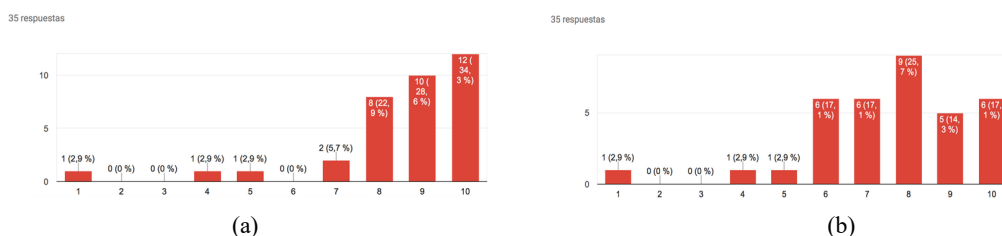


Figura 3: Valoraciones de 0 a 10 de: (a) la utilidad de la enseñanza con vídeos; (b) experiencia global con el examen realizado en el aula virtual.

La fig. 3b muestra un gráfico de barras correspondiente a la valoración de 0 a 10 de la experiencia global con el **examen realizado a través del aula virtual, Pregunta 2**, en la que los alumnos indicaron el grado de satisfacción con la presente actividad de innovación didáctica (0 nada satisfactorio y 10 muy satisfactorio). La puntuación de 8 fue la más valorada por los alumnos (25,7%) Las siguientes puntuaciones mejor valoradas fueron las de 10, 7 y 6 (17,1% cada una), seguido muy de cerca por la puntuación de 9 (14,3%). Las puntuaciones de 5, 4 y 1 (2,9 %) no son relevantes ya que corresponden cada una de ellas a un único alumno, no resultando representativas.

El gráfico de la figura 4a muestra los resultados de la afirmación “Mediante el uso de **vídeos he podido comprender los conceptos de los procesos de fabricación** de una manera más clara”, **Pregunta 3**. Puede apreciarse un alto grado de satisfacción con un porcentaje del 65,7% de alumnos que contestaron “muy de acuerdo” y un 34,4% de alumnos que respondieron “de acuerdo”. Es interesante destacar que ninguno de los alumnos encuestados utilizó las opciones “poco de acuerdo” y “en desacuerdo”.

En la figura 4b se muestra la valoración de 0 a 10 de la **calidad de los vídeos empleados en clase durante las explicaciones, Pregunta 4**. Puede observarse que el 97% del alumnado considera la calidad de los vídeos superior a 6, alcanzándose el máximo de calidad asignada en una puntuación de 8.

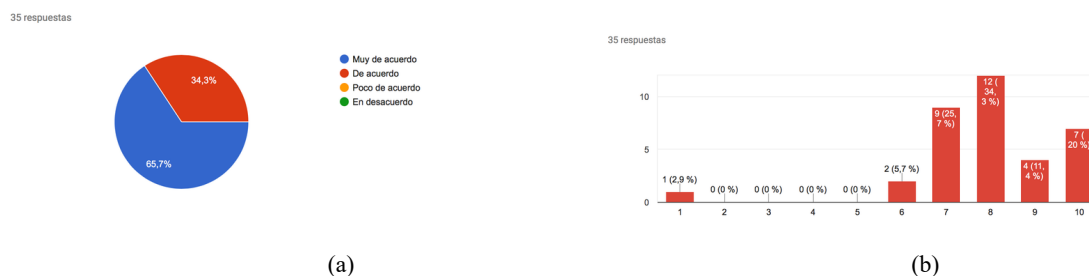


Figura 4: Valoración de la comprensión de los conceptos fundamentales de los procesos de fabricación mediante el uso de vídeos (a) y de la calidad de los vídeos empleados en clase durante las explicaciones (b).

En la figura 5a, se muestra la gráfica con los resultados a la pregunta “¿consideras que el examen evalúa de forma correcta los conocimientos que debías adquirir en la parte de las técnicas de Fabricación de la asignatura?”, **Pregunta 5**. Asimismo, la figura 5b, representa la valoración de 0 a 10 de la facilidad de responder a las preguntas en el aula virtual, **Pregunta 6**. Se observa en ambas el alto grado de aceptación de las preguntas que contenían los exámenes en Aula Virtual.

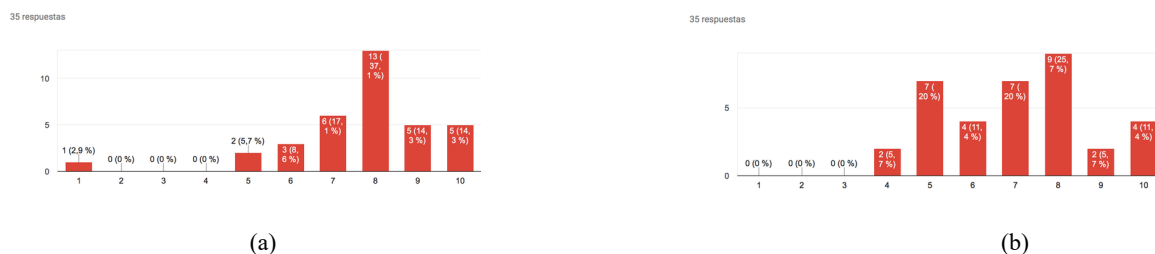


Figura 5: Valoración de 0 a 10 de: (a) la pregunta “¿consideras que el examen evalúa de forma correcta los conocimientos que debías adquirir en la parte de las técnicas de Fabricación de la asignatura?; (b) la facilidad de responder a las preguntas en aula virtual

Finalmente, se ofreció a los alumnos la posibilidad de sugerir mejoras a la metodología utilizada de forma voluntaria y anónima. Los resultados se recogen en la figura 9 donde se involucra al alumno a participar de forma activa a través de la cuestión “¿cómo mejorarías la realización del examen a través del aula virtual?”. Esta opinión es de gran utilidad para mejorar el proceso de enseñanza en los próximos cursos. Como puede apreciarse solo el 19% de los alumnos de la clase ha participado de esta opción, lo cual puede interpretarse como un alto grado de aceptación por parte del alumnado de la forma actual en la que se han realizado. Como trabajos futuros el profesorado se plantea la opción de la navegación libre por el examen ya que es la propuesta unánime de los alumnos. La incorporación de la navegación libre puede ayudar en el proceso de evaluación del alumno de forma muy positiva.

La figura 6 muestra las sugerencias propuestas por los alumnos ante la pregunta “cómo mejorarías el uso de los vídeos en las clases? Las opiniones de los alumnos a esta pregunta son de especial relevancia para mejorar el proceso de enseñanza en los próximos cursos

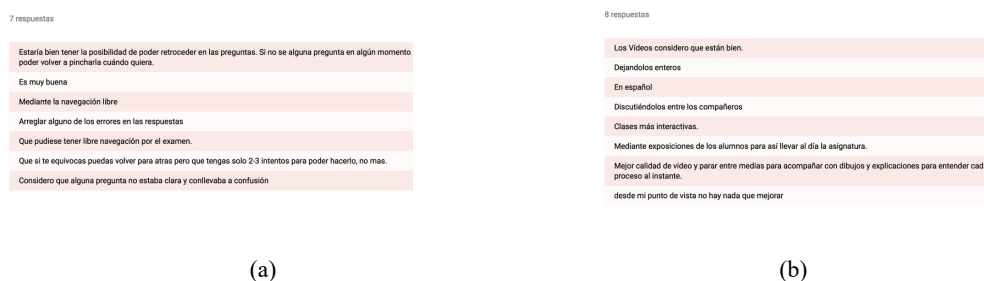


Figura 6: Opiniones sugeridas por los alumnos para: (a) mejorar la realización del examen a través del aula virtual: (b) mejorar el uso de los vídeos en las clases.

Por otro lado, el porcentaje de alumnos que han superado la asignatura en el curso 2016-17 con respecto al curso anterior es similar, 82,4 % y 85,7 %, respectivamente, lo que refleja que el cambio de realización de exámenes en papel a exámenes empleando TICs no supone ninguna merma en la capacidad de evaluación de conocimientos. Además, aumentar un porcentaje ya de por sí tan elevado de superación de la asignatura es complicado.

Para evaluar la eficiencia total del proyecto, hemos definido eficiencia como la suma de la máxima puntuación de cada pregunta de la encuesta. En la Tabla 1 se muestran los valores de eficiencia total, eficiencia real y el parámetro medido para cada encuesta realizada. Es interesante destacar, la valoración de 9,14 que el alumno otorga a la comprensión de los conceptos claves alcanzados gracias a este proyecto.

Tabla 1: Valores de eficiencia total, eficiencia real y parámetro medido en cada pregunta de la encuesta realizada a los alumnos.

	Eficiencia Total	Eficiencia Real	Parámetro medido
Pregunta 1 fig. 3a	10	8,53	Utilidad de la enseñanza con vídeos
Pregunta 2 fig. 3b	10	6,37	Experiencia exámenes en Aula Virtual
Pregunta 3 fig.4a	10	9,14	Comprensión de los conceptos
Pregunta 4 fig. 4b	10	7,94	Calidad de los vídeos
Pregunta 5 fig. 5a	10	7,71	Evaluación de conocimientos en Aula Virtual
Pregunta 6 fig. 5b	10	7,02	Facilidad de respuesta en Aula Virtual

Si a continuación se calcula la media de los valores de la eficiencia real de todas las encuestas realizadas, se calcula un valor del 7,79 sobre 10 de eficiencia del proyecto desarrollado, lo que sitúa al proyecto en una valoración muy positiva por parte del alumnado

V. Conclusiones.

Este proyecto permite concluir:

1. El alumno ha comprendido y asimilado los conceptos claves de la asignatura y ha desarrollado las habilidades planteadas. Asimismo, valora de forma positiva (7,79 sobre 10 puntos) el cambio metodológico y de sistema de evaluación llevado a cabo.
2. El alumno ha valorado de forma muy positiva la realización de exámenes empleando las TIC (Aula Virtual) y la incorporación de vídeos en las preguntas de examen frente al tradicional examen en papel.
3. La introducción de la digitalización en el proceso de evaluación ha mantenido el número de aprobados con respecto al año anterior.
4. La prueba de evaluación es más interactiva, rápida, flexible y ofrece la calificación final de la misma de forma inmediata al alumno, reforzándole en su proceso de aprendizaje.
5. La introducción de los recursos multimedia en la evaluación no desplaza la evaluación tradicional, sino que ambas se complementan en un modelo híbrido.

VI. Referencias

- BARRERAS, M.A. (2016). Experiencia de la clase inversa en didáctica de las lenguas extranjeras a flipped-classroom experience in Didactics of Foreign Language. *Educatio Siglo XXI*, 34(1), 173–196. <https://doi.org/10.6018/j/253281>
- RODRIGO, C. (2010). Accesibilidad a los contenidos educativos audiovisuales: nuevas tecnologías con formatos contenedores. *Universidad Nacional de Educación a Distancia (España) RESUMEN*, 107–131.
- DONOVAN, R. (2014). Designing Learning for Tablet Classrooms_ Innovations in Instruction .
- OECD. (2015). *Students, Computers and Learning*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264239555-en>

Evaluación final de la ejecución del proyecto de innovación docente “Diseño, cálculo y ejecución en la construcción: Sinergias interdisciplinarias para la mejora del aprendizaje”

Carpio, Manuel ⁽¹⁾; Osorio, Emil ⁽²⁾; Oyarzún, Pablo ⁽¹⁾

(1) Instituto de Obras Civiles, Universidad Austral de Chile, {carpio, pablooyarzun}@uach.cl

(2) Instituto de Arquitectura, Universidad Austral de Chile, eosorio@uach.cl

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados de la evaluación realizada por los estudiantes participantes en la asignatura piloto interdisciplinar titulada “Diseño, cálculo y ejecución en la construcción”, mediante una encuesta de opinión. Esta asignatura es el resultado de un proyecto de innovación docente, entre las carreras de Arquitectura, Ingeniería Civil en Obras Civiles e Ingeniería en Construcción de la Universidad Austral de Chile.

Palabras clave. Arquitectura; Ingeniería; Construcción; Evaluación; Interdisciplinar.

I. Introducción

En el sistema educativo universitario chileno existen tres carreras principales intervinientes en el proceso de construcción: Arquitectura, Ingeniería Civil en Obras Civiles e Ingeniería en Construcción. En el contexto de la Universidad Austral de Chile, cada uno de estos futuros profesionales cuentan con numerosos desafíos en sus respectivos planes de estudios para adquirir competencias y responsabilidades propias de su área (BARRÓN ARNICHES, 2012), siendo el rol principal de cada agente de la construcción el siguiente:

- Arquitecto: Concibe la idea esencial de un proyecto, proporcionando formas, definiendo distribución y ocupación de espacios, utilización de recursos luminosos, entre otros ⇒ “Diseña” (PELLEGRI, 2015)
- Ingeniero Civil en Obras Civiles: Concibe la estructura resistente del proyecto y dimensiona los elementos estructurales o resistentes de una obra civil ⇒ “Calcula” (FORACAEL et al., 2013)
- Ingeniero en Construcción: Materializa el proyecto, previamente diseñado y calculado, en la obra procurando una correcta planificación en su ejecución ⇒ “Ejecuta” (CCCIC, 1979)

Con la actual organización de las mallas curriculares, los estudiantes de carreras del rubro de la construcción no interaccionan entre ellos durante el desarrollo de su avance académico. Esto genera, en algunos casos, una situación de desconocimiento en la etapa universitaria, de cuál es exactamente el rol de cada agente de la construcción y cómo deben coordinarse y trabajar en equipo. Por este motivo, un equipo de docentes de la Universidad Austral de Chile, mediante un proyecto de innovación docente, desarrollan y ejecutan una asignatura donde estudiantes de las carreras citadas crean un proyecto de edificación de forma interdisciplinar, trabajando en equipos formados por todos los agentes de la construcción.

El objetivo principal de este trabajo es evaluar el desarrollo de la asignatura derivada del proyecto de innovación docente “Diseño, cálculo y ejecución en la construcción: Sinergias interdisciplinarias para la mejora del aprendizaje” mediante el análisis de una encuesta de opinión realizada a los estudiantes intervinientes para analizar las debilidades y fortalezas y consolidar la asignatura en el tiempo.

II. Material y métodos

En esta sección, se desarrolla brevemente la organización del proyecto de innovación docente, del que deriva la asignatura, donde también se muestra las unidades de las que se compone. Por último, la estructura de la encuesta realizada.

II.1 Estructura del proyecto

El proyecto de innovación docente está estructurado en 3 etapas:

- Etapa 1: Planificación
- Etapa 2: Ejecución
- Etapa 3: Evaluación final del proyecto docente y propuesta de mejoras

En la primera etapa se analizaron las necesidades de cada malla curricular, se diseñó el programa con los contenidos, así como la dinámica de la asignatura. En la segunda etapa se ejecutó la asignatura durante un semestre. En la tercera y última etapa se ha analizado, mediante una encuesta, la opinión de estudiantes participantes.

II.2 Contenido de la asignatura

Los contenidos de la asignatura se dividen en tres unidades, cuyas temáticas corresponden a cada una de las disciplinas concurrentes, distribuyéndose en 17 sesiones (un semestre académico), de clases teórico-prácticas. Cada unidad es guiada íntegramente por un profesor del área específica de la construcción, apoyado por la labor de ayudantes de las tres carreras, los cuales son alumnos egresados. Al ser una asignatura casi en su totalidad práctica, mediante trabajo en el aula, se realiza en una sala taller, con amplios espacios para el trabajo en equipo.

En la experiencia piloto, la evaluación de las competencias adquiridas por los alumnos, en fase final de formación disciplinar, se realiza a través de la elaboración de un proyecto de diseño arquitectónico, cálculo estructural y de construcción de una sala cuna, ubicada el Campus Miraflores de la Universidad Austral de Chile. Para un óptimo desarrollo de dicho proyecto, los alumnos se agrupan equipos de trabajo multidisciplinarios, que cuentan con al menos un estudiante de Arquitectura, uno de Ingeniería Civil, y uno de Ingeniería en Construcción, de manera similar a lo que ocurre en el mundo laboral.

El estado de avance de dicho proyecto y la incorporación práctica de los contenidos del curso es supervisado periódicamente por los profesores, mediante presentaciones orales y visuales que se realizan al principio de cada sesión. Las presentaciones de avance se realizan por equipos, y tienen una duración de entre 10 y 15 minutos, en los cuales cada integrante debe exponer una parte. A continuación, el profesor y los ayudantes abren una ronda de preguntas y comentarios con respecto a aspectos que deben revisarse o mejorarse para una próxima revisión de avance o entrega final de la unidad respectiva. Por último, el profesor responsable de cada módulo, realiza un recordatorio de los conceptos básicos, para que después, los estudiantes de las carreras más afines tengan la iniciativa en el grupo interdisciplinario. La duración de las clases (4 horas cronológicas), obliga a que los alumnos deban coordinarse para comprometer horas autónomas de trabajo multidisciplinario.

La estructura y contenidos de la asignatura es la siguiente:

Unidad I: Formulación de proyecto

- I.1 Antecedentes previos: emplazamiento, preexistencias ambientales, normativa
- I.2 Programa arquitectónico: recintos, circulaciones, superficies

Unidad II: Diseño

- II.1 Anteproyecto de arquitectura: volumetría, estrategias de diseño, materiales
- II.2 Principios de estructuración: ensayos, suelos, análisis estructural
- II.3 Instalaciones: agua potable, alcantarillado, gas, electricidad, climatización

Unidad III: Proceso constructivo

- III.1 Gestión: ubicación, presupuesto
- III.2 Construcción: organización, consultoría

Exposición final

En la experiencia piloto se generaron dos grupos donde trabajaban estudiantes de las tres carreras. Para un mejor uso del tiempo dedicado a la asignatura, las estrategias de diseño arquitectónico, estructural y de construcción, se integraron desde el inicio cada proyecto, utilizándose para esto plantas de forma racional, tal como un círculo o un cuadrado para resolver el programa arquitectónico, tal y como se observa en las Figuras 1 y 2. Dicho programa corresponde a los requerimientos de espacio y de recintos de la sala cuna informados al

inicio del curso, los cuales se basaron íntegramente en los términos de referencia utilizados por la Unidad de Infraestructura UACH para estos fines.

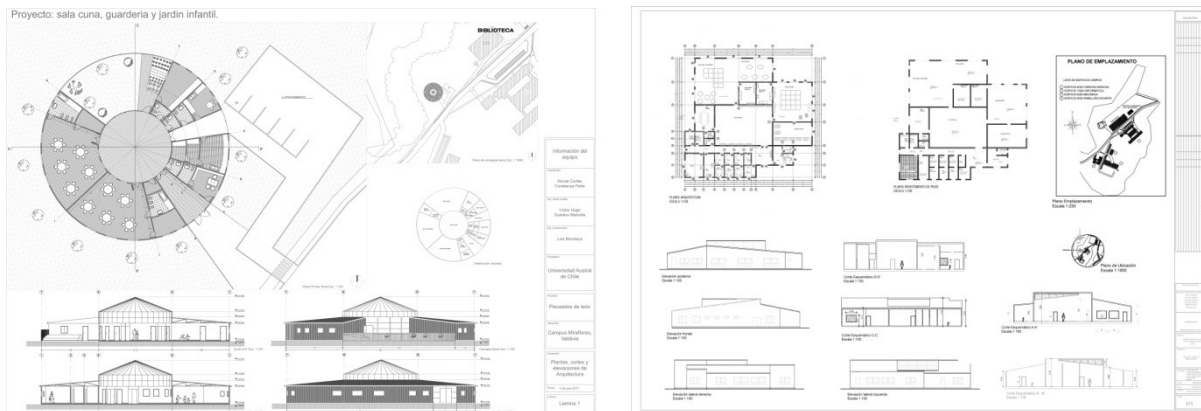


Figura 1. Plantas arquitectónicas. Propuesta planta redonda y cuadrada.

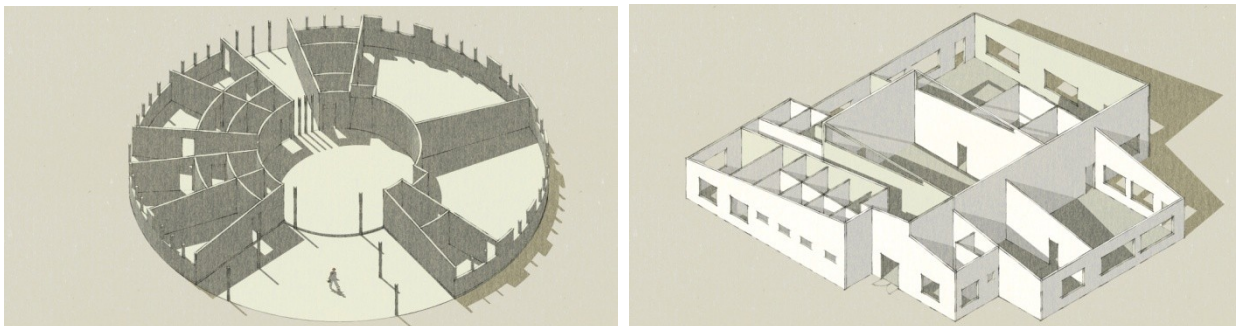


Figura 2. Vistas tridimensionales. Propuesta planta redonda y cuadrada.

II.3 Encuesta

Para poder evaluar la opinión de los estudiantes participantes, respecto a la implementación de la asignatura, se diseñó, como método de evaluación, la encuesta de la Tabla 1:

Tabla 1. Preguntas y respuestas de encuesta.

N ^o	Pregunta	Respuesta
1	¿De qué carrera procedo?	a.-Arquitectura b.-Ingeniería civil en obras civiles c.-Ingeniería en construcción
2	He trabajado cómodo con los diferentes agentes de la construcción en un equipo interdisciplinar.	Donde 1 es nada cómodo y 5 totalmente cómodo.
3	He aprendido de los diferentes agentes de la construcción.	Donde 1 no he aprendido nada y 5 he aprendido mucho.
4	He aportado conocimiento a los diferentes agentes de la construcción.	Donde 1 no he aportado nada y 5 he aportado mucho.
5	¿Cómo valoraría la experiencia en general de haber participado?	Donde 1 es muy negativa y 5 muy positiva.
6	¿Recomendaría a los profesores que el próximo curso siguieran con el proyecto?	Donde 1 nada recomendable y 5 totalmente recomendable.
7	¿Estoy satisfecho con la calidad de los docentes?	Donde 1 es nada satisfecho y 5 totalmente satisfecho.
8	Indique, según su experiencia, un máximo de 5 debilidades y 5 fortalezas de la asignatura:	Respuesta libre

Como se observa, es una encuesta concisa, donde: La pregunta 1 indica de la carrera de la que se procede; Las preguntas 2-7 de opinión sobre una escala del 1 al 5; Por último la pregunta 8 sirve para indicar las fortalezas y debilidades con texto libre. Esta encuesta se realizó en el último día de clase, antes de obtener la calificación final, para evitar en la medida de lo posible que la nota influyera en las opiniones.

La encuesta se realizó a la totalidad de los estudiantes participantes (10).

III. Resultados

De la encuesta realizada como método evaluativo se han derivado los siguientes resultados:

La procedencia de los estudiantes participantes en la asignatura ha sido liderada por Ingeniería en Construcción con el 50% de los participantes, seguida de Arquitectura con el 30% e Ingeniería Civil en Obras Civiles con el 20% (Figura 3).

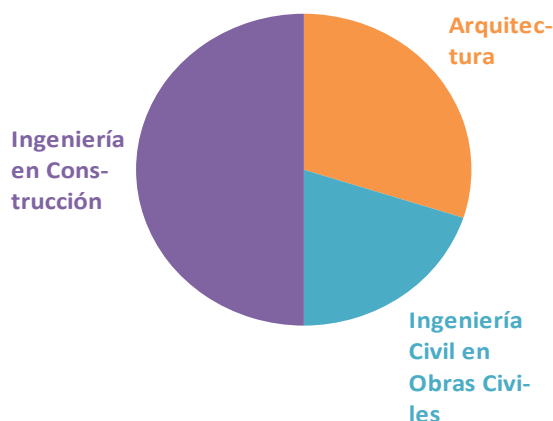


Figura 3. Cuota de participación de estudiantes de diferentes carreras.

Respecto a las preguntas 2-7, donde se preguntaba por la experiencia general de la asignatura, como se observa en la Tabla 2, los resultados han sido muy positivos. En una escala del 1 a 5 en todas las preguntas se ha obtenido una media superior a 4 en todas las respuestas, siendo la respuesta con una puntuación más baja la correspondiente al aprendizaje de los diferentes agentes de la construcción (4.1), y la más alta la correspondientes a las cuestiones de la valoración por haber participado y la satisfacción con los docentes (ambas con 4.8).

Tabla 2. Datos estadísticos descriptivos.

N ^o	N=10	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Error típico	Desv. típ.
		Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico		Estadístico
		o	o	o	o		o
2	Comodidad trabajando en equipo interdisciplinar	1	4	5	4.6	0.163	0.516
3	Aprendizaje de los diferentes agentes de la construcción	2	3	5	4.1	0.233	0.738
4	Aporte de conocimiento a los diferentes agentes de la construcción	1	4	5	4.4	0.163	0.516
5	Valoración experiencia de haber participado	1	4	5	4.8	0.133	0.422
6	Recomendación para continuar con el proyecto	4	1	5	4.4	0.427	1.350
7	Satisfecho con calidad de los docentes	1	4	5	4.8	0.133	0.422

Analizando las respuestas de los estudiantes, se observa que en la mayoría de los casos las respuestas de los estudiantes han mantenido una tendencia, con una desviación típica entre 0.422 y 0.738. La única pregunta que presenta una mayor dispersión es la 6, la referente a la recomendación de seguir con el proyecto, donde la desviación típica asciende hasta 1.350.

En cuanto a la pregunta 8, de respuesta abierta, se han obtenido las respuestas presentadas en la Tabla 3, donde varios encuestados han repetido respuesta.

Tabla 3. Debilidades y fortalezas.

	Respuesta	Repeticiones
Debilidades	Pocas horas de clase	6
	Bajo compromiso de algunos estudiantes	3
	Poco tiempo de trabajo en sala con los docentes como tutores	2
	Tiempo de dedicación	2
	Movilización de estudiantes entre diferentes Campus	1
	Coordinar horario con compañeros	1
	Más fuentes bibliográficas	1
	Falta de formato específico de entrega de trabajo	1
	Se debió considerar imagen proyectual, atmósfera, no solamente planimetría	1
	No es una asignatura obligatoria	1
Fortalezas	Trabajo en equipo entre carreras	11
	Conocer otras disciplinas/especialidades	8
	Ambiente de trabajo	4
	Relación entre profesores/estudiantes	2
	Motivación de profesores y estudiantes para trabajar interdisciplinariamente	2
	Buena preparación de las clases	2
	Asignatura muy innovadora	2
	Primera toma de contacto de la forma de trabajar en el mundo laboral	2
	Tiempo de profesores para consultas	1
	Entusiasmo por transmitir conocimiento	1
	El acto de cierre del curso	1
	Profesores explican con claridad a estudiantes de otras áreas	1
	Se pedían avances semanales del trabajo	1
	Aplicar conocimiento	1

Analizando las debilidades y fortalezas presentadas por los estudiantes, se observa que muchos repiten la respuesta, llegando en algunos casos a estar de acuerdo la totalidad de los participantes. Como debilidad principal observada son las pocas horas de clase asignadas a la asignatura, actualmente 4 horas cronológicas semanales durante 17 semanas. Para paliar esta situación se analizará la ampliación a 6 u 8 horas semanales, para que estudiantes y profesores tengan más tiempo de trabajo en clase para así poder afianzar mejor los conocimientos.

Por otro lado, respecto a las fortalezas expresadas, se han observado que el 100% de los estudiantes han coincidido en la respuesta de que el trabajo en equipo entre carreras es una fortaleza de la asignatura, así como el conocer otras disciplinas del ámbito de la construcción, donde casi la mayoría de los encuestados coincidieron.

IV. Conclusiones

Las principales conclusiones derivadas del análisis del proyecto de innovación docente han sido:

- Los estudiantes participantes en la asignatura tienen un alto nivel de satisfacción, reflejado en las respuestas de la encuesta donde en todas se ha obtenido una media superior a 4 sobre 5.
- La principal debilidad acusada por los estudiantes ha sido la falta de horas de clase para una asignatura de estas características. En esta experiencia piloto la asignatura tenía asignado 4 horas cronológicas semanales. Por lo que se estudiará para próximas ediciones ampliar el número de horas semanales de dedicación en el aula.
- Las fortalezas más resaltadas han sido las relacionadas con la interdisciplinariedad, como el trabajo en equipo y conocer otras disciplinas, bajo un buen ambiente de trabajo. Estas fortalezas reflejan las inquietudes de los estudiantes en conocer y trabajar con diferentes agentes de la construcción, así como la actual carencia de este tipo de instancias de interacción durante la etapa de aprendizaje.
- Con los resultados de opinión obtenidos puede inferirse de la real necesidad de la impartición de esta modalidad de asignaturas multidisciplinarias, las cuales facilitan el paso desde la etapa de aprendizaje hacia la etapa laboral, al haber adquirido competencias de trabajo en equipo involucrando otras especialidades del gremio.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado a través del proyecto de innovación docente “Diseño, cálculo y ejecución en la construcción: Sinergias interdisciplinarias para la mejora del aprendizaje” del Departamento de Aseguramiento de la Calidad e Innovación Curricular (DACIC) de la Universidad Austral de Chile.

Referencias bibliográficas

BARRÓN ARNICHES, P., (2012). *Ejercicio de las profesiones liberales y la responsabilidad civil*. Comares, Granada.

CCCIC, (1979). *Estatutos Colegio de Constructores Civiles e Ingenieros Constructores de Chile*, Santiago de Chile.

FORACAEL, E., VARGAS, S., OPAZO, A., MEDINA, L., (2013). Rol del ingeniero civil en la sociedad chilena contemporánea. *Rev. la Construcción*, 12; 72–87.

PELLEGRI, G., (2015). Survey and Drawing Representation of Architecture and Environment: Different Teaching Approach for Architects and Engineers. *Procedia - Soc. Behav. Sci.* 174; 4090–4095.

Creación de videotutoriales como refuerzo del aprendizaje presencial en el Área de Ingeniería de Sistemas y Automática

Arévalo, Vicente; Vicente del Rey, Jesús María; Rodríguez, Hugo

Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad de Málaga, varevalo@uma.es y cuchinii@alu.uma.es

Resumen

Este trabajo presenta una experiencia de innovación educativa llevada a cabo en asignaturas impartidas por el Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad de Málaga en las que se imparten conceptos básicos de control automático. Dicha experiencia ha consistido en el diseño, creación y uso de una serie de videotutoriales en los que se explican estos conceptos con un formato que pretende ser atractivo, ameno y organizado. Para facilitar, propiciar y analizar el uso de los mismos, se han aprovechado las ventajas que supone su publicación en una plataforma tal como YouTube. El objetivo para el que se han concebido estos videotutoriales es reforzar el aprendizaje presencial del alumnado y fomentar su autoaprendizaje.

Palabras clave: Ingeniería de Sistemas y Automática, control automático, videotutorial, YouTube, MATLAB, innovación educativa.

I. Introducción

El aprendizaje de los conceptos básicos del control automático es fundamental en la formación de cualquier ingeniero, de ahí que la práctica totalidad de las titulaciones técnicas cuenten con una o varias asignaturas vinculadas con este tema. En la tabla 1 se muestran algunos datos de interés sobre las asignaturas impartidas por el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad de Málaga (UMA) en las que se abordan contenidos básicos relacionados con el control automático, entre los cuales destaca el número de alumnos matriculados en las mismas en el curso académico 2016/2017. La cantidad de asignaturas consideradas y el volumen de alumnos matriculados en ellas dan una idea de la importancia que se le da al estudio de esta materia en las titulaciones técnicas.

Tabla 1. Asignaturas impartidas por el Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad de Málaga en las que se imparten conceptos básicos relacionados con el control automático. La tabla también recoge información sobre los centros y titulaciones en los que se imparten dichas asignaturas y el número total de alumnos matriculados.

Curso académico 2016/2017				
Asignaturas	Centros	Titulaciones	Media alumnos/asignatura	Total alumnos matriculados
14	3	14	80	1117

El objetivo principal de estas asignaturas es lograr que el alumno conozca y aprenda los conceptos básicos de los sistemas de control automático. El estudio de este tipo de sistemas que se realiza en ellas tiene su punto de partida en la determinación de un modelo matemático del proceso que se pretende controlar y el análisis de sus características temporales y frecuenciales y culmina con el aprendizaje de las técnicas clásicas de diseño de sistemas de control. La profundidad con la que se abordan estos conceptos varía en función de la titulación y el curso en que se ubica cada una de estas asignaturas, pero son muchos los bloques conceptuales que comparten.

Por otra parte, la importante carga teórico-práctica de estas asignaturas, la amplitud de conceptos que involucran, las estrechas relaciones existentes entre ellos que impiden el aprendizaje de unos si aún no se han adquirido muchos otros, la necesidad de utilizar herramientas informáticas que facilitan la resolución de determinados problemas, etc. son cuestiones que tradicionalmente plantean problemas a los alumnos. Ante esta situación, han sido muchas las iniciativas puestas en marcha en el departamento de la UMA ya referido que estaban destinadas a facilitar el aprendizaje de estos contenidos, pero no han tenido mucho éxito.

En este trabajo se presenta una iniciativa encaminada a introducir y fomentar el uso de los videotutoriales como herramienta para el aprendizaje de esta materia. Se ha recurrido al uso de videotutoriales, entre otras razones, porque el consumo de vídeos online ha crecido sustancialmente en los últimos años (se estima que se suben a la plataforma YouTube 100 horas de vídeo en cada minuto), convirtiéndose éstos, de facto, en un medio de comunicación globalmente aceptado y muy utilizado por el alumnado (SUGIMOTO et al., 2013). Estamos convencidos de que, actualmente, los alumnos quieren (esperan) aprender del mismo modo en que se comunican, se informan, se divierten,..., que quieren materiales atractivos, directos, "sin libros" y "sin profesor". Adaptarse a esto, aunque sea mínimamente, requiere hacer cambios en el proceso de enseñanza-aprendizaje según la forma tradicional.

Evidentemente, hay contenidos que no encajan en esta idea y, en cualquier caso, la presencialidad en este tipo de asignaturas resulta fundamental. Pese a esto, el empleo de videotutoriales permite reforzar el aprendizaje presencial del alumno y mejorar su rendimiento académico como se verá más adelante.

El resto de este artículo se organiza en la forma que se indica a continuación: la siguiente sección (II) trata de justificar el uso de videotutoriales en el aprendizaje de los conceptos básicos de control automático; en la sección III se describe el proceso de preparación, diseño y publicación de los contenidos desarrollados; en la sección IV se presentan y discuten algunos resultados preliminares obtenidos a partir de encuestas de satisfacción del alumnado; por último, en la sección V, se presentan las conclusiones finales de este trabajo y se comentan ciertos aspectos en los que se pretende seguir trabajando.

II. Justificación

A raíz de la implantación de los nuevos planes de estudio de grado, el profesorado del Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática de la UMA, responsable de la docencia de las asignaturas consideradas en la tabla 1, se ha venido coordinando para homogeneizar los conceptos teórico-prácticos impartidos y perfeccionar el proceso de enseñanza-aprendizaje con el fin de mejorar los resultados académicos. A consecuencia de ello, se introdujeron bastantes cambios metodológicos en la docencia de estas asignaturas: tutorías grupales, realización de trabajos académicos a lo largo del curso, incentivación de la participación en clase del alumno, creación/gestión de foros, redacción y publicación de FAQs, etc. Sin embargo, pese a los cambios metodológicos introducidos, no se ha producido tanta mejoría en los resultados académicos como cabría esperar.

A la vista de estos resultados, se llegó a la conclusión de que existen problemas de fondo, no relacionados directamente con las estrategias de enseñanza-aprendizaje utilizadas, que impiden que el alumno asimile los fundamentos necesarios para construir adecuadamente sus conocimientos. En el curso académico 2016/2017 se ha tratado de analizar en detalle esta problemática, identificándose las siguientes posibles causas para esos problemas:

- A. la dificultad intrínseca de los conceptos que se abordan,
- B. el insuficiente tiempo disponible para plantear y solucionar problemas en clase,
- C. la dificultad del alumno para entender y asimilar los conceptos al ritmo en que se imparten,
- D. la imposibilidad de abordar en las sesiones prácticas todos los conceptos explicados en las sesiones de teoría,
- E. la dificultad del alumno para distinguir, pese al esfuerzo de los profesores, lo que es relevante de lo que no lo es, y por último,
- F. se han percibido cambios en el modo en que los alumnos esperan que se les comunique la información.

Resulta inviable hacer frente a la totalidad de los problemas arriba mencionados, pero sí es posible abordar la solución de algunos de ellos con el fin de minimizar su influencia en el rendimiento del estudiante. En particular, se pueden crear nuevos contenidos didácticos que permitan atacar los problemas A, B, C y E y hacerlo con herramientas que resulten atractivas para el estudiante (problema F). Una de estas herramientas es, en nuestra opinión, el videotutorial.

El empleo de videotutoriales puede reforzar el aprendizaje presencial del alumno y mejorar su rendimiento académico (RODENAS, 2012). Esta creencia se justifica, en primer lugar, en la consideración de que esta herramienta puede hacer más atractivo el aprendizaje y, por tanto, propiciar el interés del alumno por el mismo; en segundo lugar, el alumno puede visionarlo en ausencia del profesor y esto habilita, por su flexibilidad y posibilidad de repetición de actuaciones (es posible parar y revisar los vídeos tantas veces como se quiera), que cada alumno pueda tener un mayor control de su proceso de aprendizaje al poder elegir su propio ritmo de seguimiento y asimilación de contenidos en función de su capacidad y circunstancias personales.

III. Diseño, creación y distribución de los videotutoriales

En internet hay multitud de vídeos que abordan aspectos relacionados con el control automático, sin embargo, lo hacen de forma aislada, sin organización alguna, sin un enfoque práctico y sin ejemplos resueltos con software específico como la Control System Toolbox de MATLAB (MATLAB, 2017) (herramienta de referencia en nuestro área de conocimientos), y lo que es más grave, en nuestra opinión, sin el suficiente rigor científico-técnico.

En este trabajo se ha puesto atención tanto en la presentación (el formato, el diseño de contenidos, la herramienta de creación) como en el fondo, abordando gran parte de los conceptos que se imparten en las asignaturas indicadas y aportando, cuando procedía, ejemplos teórico-prácticos resueltos con herramientas informáticas adecuadas, y todo ello se ha ejecutado con un estilo homogéneo y bajo la apariencia de un canal temático.

Estas cuestiones suponen, en nuestra opinión, la principal contribución de este trabajo en relación a todo el material análogo que es posible encontrar en Internet.

III.1 Preparación y creación de los contenidos

Esta fase supuso el núcleo central del trabajo y consistió, fundamentalmente, en identificar los conceptos básicos teóricos y prácticos del control automático más problemáticos para el alumnado y elaborar contenidos relacionados con éstos. Las tareas llevadas a cabo fueron las siguientes:

1. *Identificación de los contenidos a tratar.* Tomando como punto de partida la experiencia de los autores, se seleccionaron los conceptos básicos relacionados con el control automático de sistemas en tiempo continuo que entrañan una mayor dificultad para el alumnado. A continuación, se detallan los bloques conceptuales considerados:
 - a. Descripción externa de sistemas.
 - b. Modelado de sistemas dinámicos.
 - c. Respuesta temporal de sistemas lineales e invariantes en el tiempo.
 - d. Respuesta en frecuencia de sistemas lineales.
 - e. El lugar de las raíces de un sistema realimentado.
 - f. Introducción al diseño de sistemas de control.
2. *Desarrollo de los guiones.* Los contenidos elaborados cubrían, además de los aspectos básicos del control automático identificados en el punto 1, ejemplos teórico-prácticos y resolución de problemas en ordenador utilizando MATLAB. Asimismo, se procuró que la duración de los videotutoriales no excediera los 5 minutos, ya que una duración excesiva podría acabar aburriendo al alumno.
3. *Selección de la herramienta de edición.* Para la edición de contenidos se utilizó VideoScribe (VIDEOSCRIBE, 2017), una herramienta de edición que permite la creación de contenidos vistosos, modernos y amenos. A la hora de elegir la herramienta, se tuvo en cuenta su facilidad de uso, el coste de la licencia y los recursos disponibles (SPARKOL, 2017).

III.2 Publicación y difusión de los contenidos

Desarrollar contenidos docentes de calidad es importante, pero no sirve de nada si no se hacen llegar a los alumnos de la manera más eficaz posible. Por otra parte, tan importante como su distribución es la

organización de los mismos, dado que, una organización no coherente, podría propiciar que el alumno se “perdiera” a la hora de emplearlos. En este sentido se tomaron las siguientes decisiones:

1. *Plataforma de distribución.* Para la distribución de los videotutoriales se optó por YouTube (YOUTUBE, 2017) (están accesibles en el canal www.youtube.com/automaticabasica). Esta plataforma cuenta con herramientas sociales, moderación de comentarios, estadísticas, etc. y, además, es gratuita.
2. *Organización de los contenidos.* Los vídeos se han agrupado según su temática mediante listas de reproducción. Adicionalmente, se han organizado listas de reproducción alternativas (itinerarios) para dirigir a los alumnos de una determinada titulación a videotutoriales específicos en los que se abordan conceptos no impartidos en otras titulaciones. De esta forma, por ejemplo, las listas correspondientes al bloque temático “Descripción externa” no son exactamente las mismas para los alumnos de una titulación que para los alumnos de otra.
3. *Difusión de los videotutoriales.* Para dar a conocer a los estudiantes los contenidos elaborados, se optó por publicar, en los espacios virtuales de cada asignatura, avisos y enlaces (links), tanto para los videotutoriales como para las listas de reproducción. Esto aportó una ventaja doble, pues permitió publicitar los videotutoriales de forma ordenada y de acuerdo con la evolución de las clases presenciales y, simultáneamente, realizar un seguimiento del empleo de los mismos por parte de los estudiantes a partir de los informes correspondientes proporcionados por el propio campus virtual de la UMA (basado en Moodle).

IV. Resultados y discusión

El desarrollo y publicación de los contenidos elaborados se ha llevado a cabo a lo largo del curso académico 2016/2017. Por otra parte, dicha publicación se ha realizado en tres asignaturas obligatorias de diferentes titulaciones de grado, una de ellas impartida en el primer semestre del curso indicado y las otras dos, en el segundo. Al margen de lo indicado, este proceso se llevó a cabo de forma progresiva, por lo que no fue hasta finales de julio del 2017 cuando se pudo contar con la totalidad de los videotutoriales, momento en que las clases del curso indicado ya habían finalizado. Como consecuencia de esto, ha sido imposible cuantificar adecuadamente impacto de los mismos en los 350 alumnos matriculados en estas asignaturas.

Sin embargo, al final del primer semestre de dicho curso, un número significativo de alumnos de la primera asignatura en la que se ofertó una parte de los contenidos elaborados (la disponible entonces) participó en la cumplimentación de unas encuestas de satisfacción que fueron concebidas con la intención de conocer su opinión y tener la oportunidad de detectar y subsanar las deficiencias que pudieran haber sido observadas por éstos en el empleo de los videotutoriales. En ese momento estos materiales estaban accesibles en un servidor de la UMA, no en YouTube, donde empezaron a publicarse los vídeos una vez conocidas las valoraciones positivas recogidas en estas encuestas.

Dichas encuestas recogían preguntas sobre la valoración general del conjunto de vídeos disponibles, la utilidad de los vídeos para superar la asignatura, la calidad de la imagen, el atractivo visual y dinamismo. También incluían preguntas sobre la duración de los vídeos (si era adecuada o no) y sobre si los recomendarían a otros alumnos. El análisis de los resultados obtenidos tras la cumplimentación de estas encuestas mostró un grado de satisfacción del alumnado muy alto, rondando y sobrepasando, en la mayoría de los aspectos analizados, el nivel 9 en una escala de Likert del 0 (pésimo) al 10 (excelente) (ver fig. 1). Por otro lado, la práctica totalidad de los alumnos manifestaron que recomendarían los vídeos a sus compañeros y que, en general, la duración de los vídeos les había parecido adecuada.

Asimismo, las encuestas incluían un apartado de texto libre para que los alumnos pudieran informar sobre errores detectados, añadir sus comentarios, hacer sugerencias, etc. En el análisis de dicho apartado se detectó que se repetían las siguientes peticiones y sugerencias: incluir en el vídeo un mayor número de ejercicios; emplear palabras clave en las explicaciones y sintetizar algunas de ellas y, finalmente, elaborar y publicar un mayor número de vídeos. La información proporcionada por este apartado permitió corregir algunos de los vídeos publicados y trabajar en los nuevos videotutoriales teniendo en mente dichas mejoras/sugerencias.

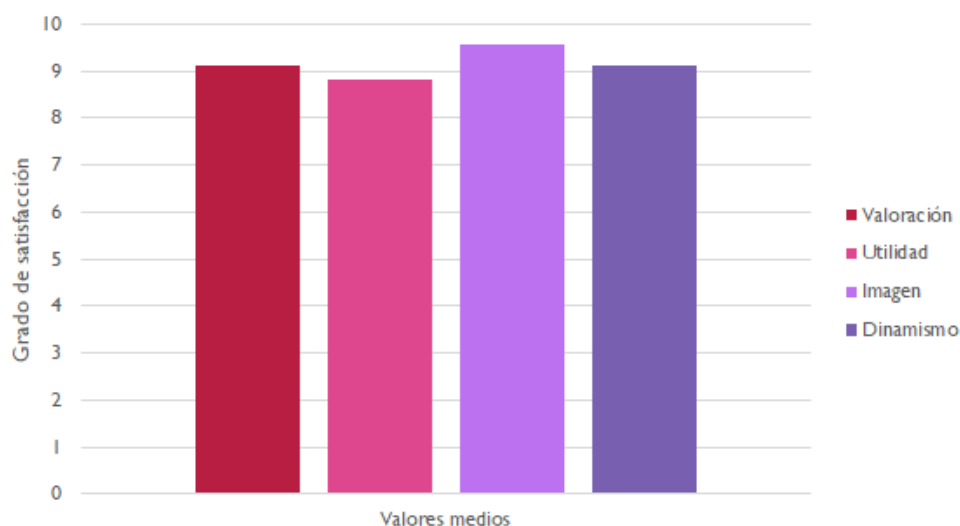


Figura 1. Resumen de los resultados obtenidos en las encuestas de satisfacción realizadas durante el curso (0 pésimo; 10 excelente).

La fig. 2 recoge una serie de estadísticas proporcionadas por YouTube que ofrecen una visión bastante esclarecedora de la evolución de diversos parámetros del canal de esta plataforma en el que han sido publicados los videotutoriales elaborados en este trabajo. El periodo de tiempo considerado en dichas estadísticas va desde el comienzo del mes marzo (en el que se publicaron los primeros vídeos en dicho canal) hasta finales de agosto de 2017. En dichas gráficas se puede observar que en este intervalo temporal se producen unos incrementos muy importantes, con respecto al periodo anterior, del tiempo de visualización, la duración media de las reproducciones y las visualizaciones del canal. Asimismo, resulta interesante ver cómo el tiempo de visualización y el número de visualizaciones se disparan en las fechas próximas a los exámenes ordinarios (junio y septiembre) de las asignaturas involucradas en este trabajo.

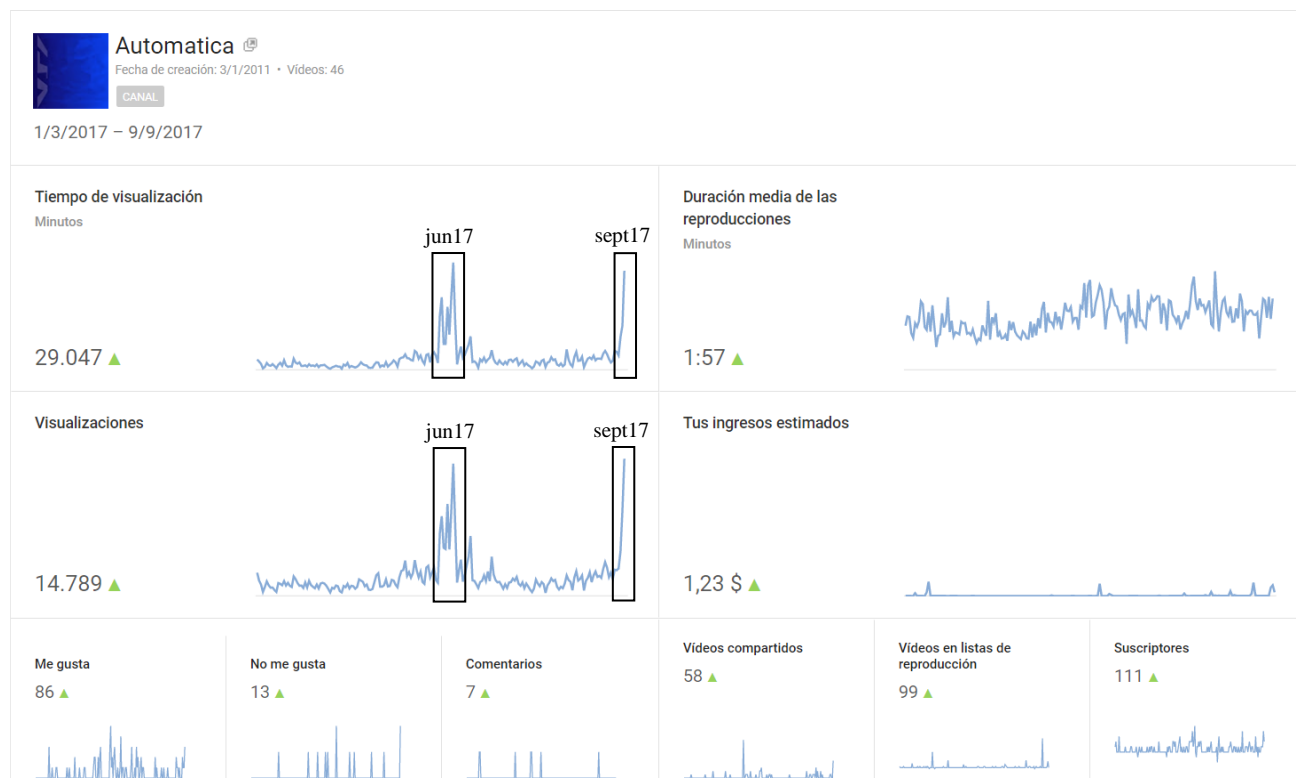


Figura 2. Tiempo de visualización, duración media de las reproducciones, número de visualizaciones del canal de YouTube (www.youtube.com/automaticabasics) desde el 1 de marzo al 9 de septiembre de 2017.

V. Conclusiones y futuros trabajos

En este artículo se recoge una experiencia de innovación educativa, realizada durante el curso 2016/2017 en el Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad de Málaga, consistente en el empleo de videotutoriales, accesibles en un canal de YouTube, como herramienta de apoyo para el aprendizaje de los conceptos básicos del control automático de sistemas en tiempo continuo por parte de los alumnos de tres asignaturas de diferentes titulaciones. Dicho aprendizaje suele resultar costoso para los alumnos, por lo que un aspecto clave en esta experiencia ha sido la búsqueda de estrategias para que los materiales elaborados resultaran amenos y atractivos, a la vez que útiles. Al margen de esto, el empleo de un canal de YouTube para su publicación se justifica en que este espacio es un medio de comunicación ampliamente utilizado por el alumnado y que está disponible para multitud de plataformas (móviles, PCs, tabletas, videoconsolas y TVs).

Por otra parte, el análisis de las encuestas de satisfacción del alumnado relativas a una parte de los vídeos elaborados que fueron realizadas en febrero de 2017 ha arrojado resultados muy prometedores. Sin embargo, no ha sido posible analizar con detalle el impacto de los vídeos en los alumnos de dos de las asignaturas consideradas en este trabajo o el que han tenido en los resultados académicos (tests, prácticas y exámenes). Esto se ha debido a que los materiales elaborados no estuvieron disponibles en su totalidad hasta una fecha posterior a la conclusión de las clases del curso 2016/2017 y, por tanto, éste ya no era un momento propicio para realizar estos análisis. Por otro lado, a sabiendas de que no es indicador de un beneficio académico para el alumno, cabe destacar el incremento en el número de visualizaciones, el tiempo de visualización, el número de “me gusta” y el número suscriptores del canal de YouTube utilizado que se ha experimentado desde el mes de marzo (en el que se publicaron en éste los primeros vídeos) hasta finales de agosto de 2017, lo cual pone de relieve el interés que han puesto los estudiantes en los materiales aquí descritos que se les han proporcionado.

Por lo que respecta al trabajo futuro, dados los buenos resultados de esta experiencia, se desea emplear los videotutoriales actualmente disponibles en todas las asignaturas consideradas en la tabla 1 y realizar en ellas las encuestas referidas con objeto de disponer de datos más realistas para su valoración. Asimismo, sería conveniente analizar el impacto de los videos en el rendimiento académico del alumnado, lo cual obligaría a relacionar el uso de éstos con los resultados de las pruebas de evaluación. Por último, sería interesante crear nuevos vídeos con otros contenidos, por ejemplo, el control automático en tiempo discreto o pruebas experimentales realizadas en laboratorio que ayuden al alumnado a entender conceptos teóricos o prácticos.

Referencias

MATLAB. Control System Toolbox web page. <https://es.mathworks.com/products/control.html> (consultada el 23/07/2017).

RODENAS, M. La utilización de los vídeos tutoriales en educación. Ventajas e inconvenientes. Software gratuito en el mercado. *Revista Digital Sociedad de la Información*, nº 33 - enero 2012. (consultada el 15/07/2017) <http://www.sociedadelainformacion.com/33/videos.pdf>.

SPARKOL. VideoScribe tutorials and training (YouTube playlist). (consultada el 15/03/2017) https://www.youtube.com/playlist?list=PL941uNyzvPSHkj3eC_FgaVR1F6iaUEGAC

SUGIMOTO, C. R.; THELWALL, M.; LARIVIÈRE, V.; TSOU, A.; MONGEON, P.; MACALUSO, B. (2013). Scientists Popularizing Science: Characteristics and Impact of TED Talk Presenters. *PLoS ONE*, 8(4). <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0062403>

VIDEOSCRIBE. VideoScribe web page. <http://www.videoscribe.co/> (consultada el 23/07/2017).

YOUTUBE. YouTube web page. <https://www.youtube.com/> (consultada el 23/07/2017).

Experiencia docente en Automática empleando un robot móvil como elemento motivador de metodologías activas

Muñoz-Ramírez, Antonio J. ⁽¹⁾; Gómez-de-Gabriel, Jesús M. ⁽²⁾;

(1) Departamento Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad de Málaga, aj@uma.es

(2) Departamento Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad de Málaga, jesus.gomez@uma.es

Resumen

Este trabajo presenta la experiencia de la utilización de un robot móvil para motivar a los estudiantes en una asignatura de grado de ingeniería, que combina las metodologías activas de docencia tales como, la clase invertida, el aprendizaje basado en proyectos, y el aprendizaje colaborativo; junto con el empleo de herramientas TIC como el portafolios electrónico, videotutoriales, y presentaciones PechaKucha.

Palabras clave: docencia en automática, metodologías activas, robot móvil, aprendizaje colaborativo

I. Introducción

Los nuevos títulos de grado centrados en la adquisición de competencias, obligan a adaptar la docencia de las asignaturas hacia un nuevo modelo, donde las competencias son el núcleo de aprendizaje. La tecnología actual ofrece herramientas tales como los entornos de trabajo centrados en el docente como el campus virtual, con Moodle como implementación más extendida, o centrados en el aprendizaje del estudiante como el portafolio electrónico, con “Mahara” una de las implementaciones de mayor difusión; la grabación y producción de vídeos, presentaciones digitales, etc; cuyo dominio garantiza la adquisición de competencias en TIC. Por otra parte, el empleo de metodologías activas centradas en el aprendizaje consigue alcanzar varias competencias de las consideradas claves tanto para el aprendizaje permanente (DO UE L 394 de 30.12.2006) como para su empleo en la futura vida profesional (DE JUANAS OLIVA, 2010). De ambas destacan en común las competencias centradas en el aprender a aprender que además es señalada por los estudiantes en como la más valorada por los estudiantes universitarios(ANECA, 2007).

Frente a la docencia tradicional caracterizada por la clase magistral teórica y de resolución de problemas, junto con unas prácticas donde existe un guion preestablecido que el estudiante repite, se está posicionando cada vez más, una docencia innovadora con inclusión de metodologías activas, tales como:

- La clase invertida o “flipped learning” (BISHOP et al, 2013), donde el estudiante es convidado a preparar el tema antes de tratarse en el aula.
- El aprendizaje colaborativo, en el cual los estudiantes se agrupan para aprender unos de otros maximizando la eficiencia del aprendizaje (SANTIVERI MORATA et al, 2011)
- El aprendizaje basado en proyectos (ABP o más conocido por sus siglas inglesas PBL) plantea satisfacer una necesidad un objetivo, aplicando para ello el contenido de la materia a aprender. Y cuya máxima es hacer recorrer un camino al estudiante de tal forma que cuando llegue a la meta habrá adquirido los conocimientos y capacitaciones que se exigen para superar la materia (SORIA et al, 2015).

La transformación de la mentalidad del estudiante para que éste asuma su responsabilidad en el aprendizaje de la materia, es un hándicap al que se le une una mayor carga de trabajo, que si no obtiene resultados inmediatos conduce a una desmotivación y abandono de las tareas. El objetivo del empleo de una plataforma robótica móvil denominada PIERO (de Proyecto de Innovación Educativa en Robótica) (GIL LOZANO et al, 2014), es disponer de un demostrador físico donde los estudiantes visualizan los resultados de su aprendizaje de forma rápida, al mismo tiempo que toman conciencia de las capacitaciones que van adquiriendo y todo ello manipulando un “robot” con el grado de motivación que este hecho conlleva.

La labor de construir un robot móvil se ha visto facilitada por la reducción de costes tanto en sistemas mecatrónicos, sensores, pero especialmente en sistemas embebidos, con la proliferación de plataformas de

hardware abierto como la de Arduino o especialmente diseñadas para educación como la Raspberry Pi. Ello ha hecho posible la creación del robot PIERO (ver Fig. 1) por parte de los autores de este trabajo.

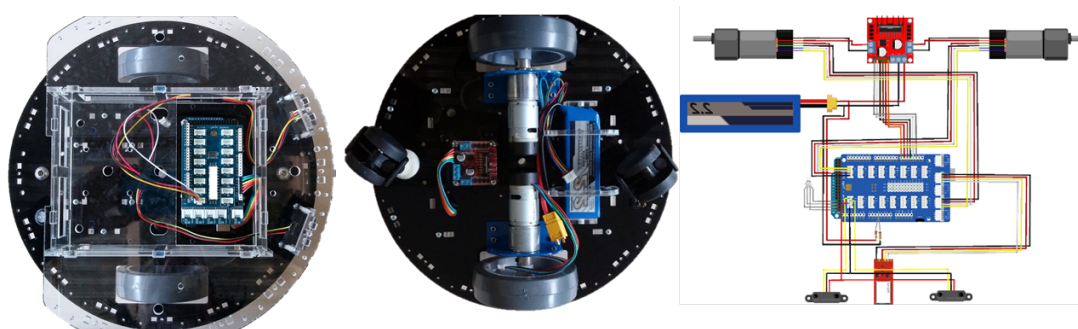


Figura 1. Vistas superior e inferior de la plataforma robótica PIERO y su esquema de componentes.

1.1 La plataforma PIERO

Las plataformas robóticas PIERO consisten en un robot móvil con tracción diferencial y basadas en Arduino han demostrado una gran robustez y versatilidad para el empleo en diferentes asignaturas de robótica, control y mecatrónica. La plataforma posee un sistema modular para re- configurar su sistema sensorial y un sistema centralizado donde se pueden apreciar los siguientes componentes principales de su configuración más básica (véase Fig. 1): dos servomotores motores provistos de codificadores angulares incrementales de efecto hall (con 1 grado de resolución), un circuito de potencia basado en un puente-h doble de hasta 2 Amperios, una batería de polímero de litio de tres celdas en serie y 2200mAh, un Arduino dotado de una “shield” para facilitar el cableado, un LED RGB como sistema de señalización visual de eventos como el de batería baja, dos sensores analógicos de distancia por infrarrojos y un módulo de comunicaciones Bluetooth.

PIERO se desarrolló para la asignatura amparados por un proyecto de innovación educativas con los siguientes objetivos formativos específicos:

- Analizar los componentes de un sistema mecatrónico.
- Diseñar un sistema de control básico, realizar su programación y verificar el resultado sobre un sistema real.
- Comprender la diferencia y significado entre elementos en tiempo continuo y en tiempo discreto, realizar el modelado y simulación de un sistema mecatrónico.
- Diseñar, sintonizar e implementar controladores PID, verificando los resultados tanto en simulación como en un sistema mecatrónico real.

Otros objetivos perseguidos, esta vez transversales son:

- Interacción personal.
- Capacidad de análisis.
- Síntesis de ideas.
- Entender para explicar.
- Hacerse entender y transmitir.

II. Metodología

“Regulación Automática” es una asignatura obligatoria de 6 créditos, impartida en el tercer curso del grado de Ingeniería Electrónica Industrial, es la segunda asignatura de automática que cursan los estudiantes. El cambio en la metodología docente se realizó en el curso 2014-2015 impartándose así hasta la actualidad.

Un impedimento en la transformación de la asignatura y en la utilización del robot Piero, es el aumento de tiempo que conlleva el hecho de hacer que las soluciones adoptadas funcionen en un sistema real, que a diferencia de un modelo simulado no se caracteriza porque todo es perfecto, ideal y funciona casi siempre en el primer intento. Para subsanarlo, un elemento fundamental es la eficiencia a la hora de implementar los conocimientos en diseños y estos a su vez en el robot para testear la validez de los mismos en el sistema real. Dicha eficiencia, se ha obtenido con la utilización de la ingeniería basada en modelos (MUÑOZ-RAMÍREZ et al, 2016), en particular la programación basada en bloques con generación automática de código aportada por los modelos de dominio específicos dados por la herramienta Simulink, que además permite la integración de

las herramientas de control, de identificación de sistemas, de modelado físico (SimScape), y de sintonización de controladores (PID Turner); todas ellas pertenecientes al programa Matlab.

La docencia en la asignatura se imparte utilizando la metodología basada en proyectos, en particular toda la materia se integra en un único proyecto con cuatro hitos. Cada hito corresponde a una unidad temática en donde para su realización se recurre al trabajo colaborativo y a la clase invertida mediante la metodología puzle (VALERO GARCÍA et al, 2009), realizándose un puzle por cada hito.

La asignatura en su formalización como PBL se tiene siguiente enunciado que se presenta a los estudiantes:

ESCENARIO
Un departamento de robótica ha construido una plataforma móvil denominada PIERO, con tracción diferencial mediante dos motores eléctricos (provistos de sensores de posición del eje), y alimentados a través de un amplificador de potencia gobernado por una tarjeta tipo Arduino Mega 2540. Nos pide que como ingenieros estudiemos la plataforma y desarrollemos todo lo necesario para que pueda ser controlada con consignas de velocidad lineal y angular. Habría pues que realizar una caracterización mecánica y eléctrica del vehículo y desarrollar el software necesario para que se ejecute en el Arduino. Como ayuda el departamento nos ha suministrado la herramienta software Matlab y nos asegura su idoneidad para la creación de este software de control.
PREGUNTA MOTRIZ
¿Cómo podría Piero, partiendo de un lugar predeterminado, salir del laboratorio por sí mismo?
PRODUCTO
Software documentado que permita a Piero salir del laboratorio de forma controlada y video de PIERO con la trayectoria de salida del laboratorio.

Con el fin de no espantar a los alumnos el primer día se les suministra PIERO, para que tomen contacto con él, y se muestra un vídeo del producto obtenido en el curso anterior, lo cual hace más verosímil la consecución la meta planteada.

Los cuatro hitos en los que se descomponen el PBL poseen los siguientes epígrafes:

HITO 1: Conocer lo que tenemos
HITO 2: Modelado de los motores de Piero
HITO 3: Control de motores y errores de modelado
HITO 4: Mover a Piero con control discreto y consignas de velocidad

Se forman grupos base (mismos integrantes durante toda la asignatura) de tres alumnos, y el puzle de cada hito se divide en un número de tareas múltiplos de 3 junto con la tarea integradora. Así para el HITO 1 se tiene una descomposición que se esquematiza en la Fig. 2, por otra parte, la secuencia de la realización del puzle viene dada por:

1. Asignación de las tareas ROBOT, SIMULINK y ARDUINO (cada estudiante se estudia un tema en casa → “experto del tema”). **Entrega:** texto con 10 tópicos o cuestiones por tema.
2. Reunión de expertos (en aula, con grupos expertos ≤ 4). **Entrega:** texto unificado con tópicos y cuestiones ordenados por relevancia. El profesor unifica informes que se discuten y corrigen en clase.
3. Los expertos toman nota y trabajan. **Entrega:** vídeo de explicación del tema.

4. Los expertos de cada grupo explican la materia al resto de componentes del grupo para realizar la siguiente tarea. (fuera de clase)

HITO 1: Conocer lo que tenemos

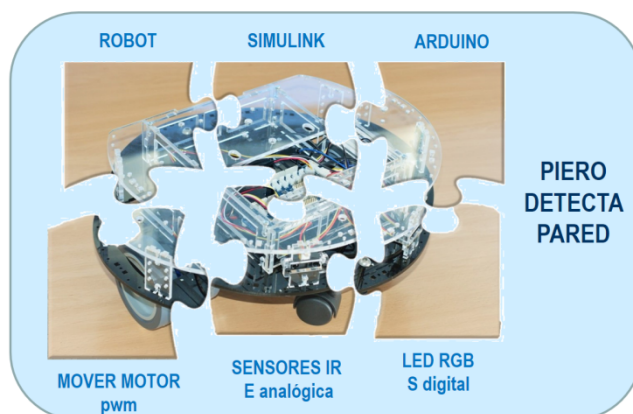


Figura 2. Desglose de las tareas que componen el puzzle del hito 1, junto con la tarea integradora.

5. Asignación de las tareas MOVER MOTOR, SENSORES IR y LED RGB. Trabajo en clase y **Entrega:** video de explicación de la tarea realizada. El profesor supervisa y atiende el desarrollo de las tareas (depuración)
6. Asignación de la tarea integradora: PIERO DETECTA PARED
7. Trabajo en clase. **Entrega:** video de Piero realizando la tarea. El profesor supervisa y atiende el desarrollo de la tarea (modelado y depuración).
8. Trabajo fuera de clase: elaboración de la documentación y la producción de videos para crear una página de evidencias en el portafolios electrónico (Fig. 3).



Figura 3. Videos de evidencias de aprendizaje del hito 1.

9. Trabajo en clase: revisión y consultas del profesor sobre el contenido del portafolios (Fig 4).
10. Trabajo fuera de clase: elaboración de una presentación PechaKucha (20 diapositivas a 20 segundos cada una, solución óptima de 6' 40").
11. Exposición de la presentación donde de forma aleatoria un integrante expone las 10 primeras diapositivas, el segundo las restantes, mientras que el tercero de asistir de apoyo a ambos. El profesor discute sobre los aciertos y deficiencias de la presentación, realiza cuestiones a los ponentes y evalúa en consecuencia.
12. Una vez concluye la exposición de todos los grupos, se discute cual fue el peor y cual el mejor, con la intención del que toda la clase participe y afiance su espíritu crítico.

Con este plan, la realimentación sobre el aprendizaje del alumno es inmediata y el profesor se encuentra en mejores condiciones de guiar a aquellos estudiantes que manifiesten deficiencias en el aprendizaje. El resto de hitos posee una secuencia similar a la mostrada para el hito 1.

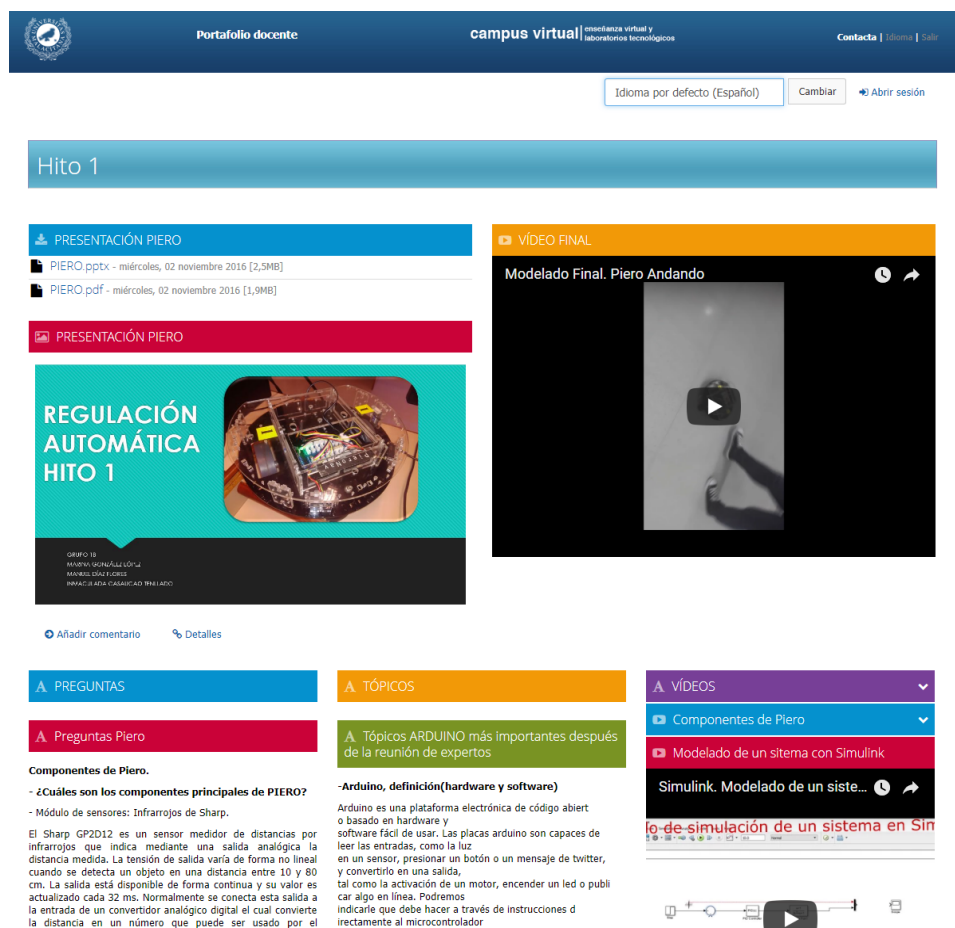


Figura 4. Vista parcial de la página del portafolios electrónico con los productos del hito 1.

III. Evaluación

La consecución de todos los objetivos como resultado de su aprendizaje determinará la superación de la asignatura. La nota alcanzada por el grupo es función del trabajo colaborativo e individual, de la calidad de los objetivos y la documentación, y de la exposición. Mientras que la nota individual viene dada por sus pares dentro del grupo con supervisión del profesor. La nota del grupo venía dada en los dos cursos anteriores al 30% por el resto de los estudiantes y al 70% por el profesor con rúbrica, sin embargo, a criterio de las encuestas realizadas por los estudiantes, este método se ha descartado.

A pesar de ser el número de integrantes del grupo reducido, existe la posibilidad de que uno de los integrantes apoyándose en sus compañeros, no alcance el nivel de aprendizaje exigido y pase desapercibido por parte del profesor (estudiante zombi). Para evitarlo, el curso pasado se realizó un examen de competencias sobre Piero, donde en un breve periodo de tiempo los estudiantes de forma individual eran requeridos para implementar una determinada tarea sobre Piero, completar la tarea era necesario para aprobar, pero sin aporte de nota. Por último, se fijan tareas de recuperación para la segunda convocatoria ordinaria con hitos y defensa individuales donde se realiza el testeo de la calidad y autoría del resultado.

IV. Resultados

La metodología presentada se ha impartido durante tres años con 40 estudiantes de media por curso, variando el número de integrantes del grupo desde siete a los tres actuales que se considera óptimo, ello se ha conseguido compartiendo un robot Piero entre dos grupos; dado que el tiempo de prueba final es bastante más pequeño que el de desarrollo de la solución. Los grupos han sido formados por los estudiantes tras el criterio mayoritario sobre la forma de realizarlo, prefieren lo malo conocido a las posibles fricciones.

Las clases magistrales previas al estudio de la materia se han eliminado, también la aportación de documentación inicial. Las explicaciones se realizan tras las reuniones de expertos y basándose en los informes que estos han realizado. Los alumnos se sienten muy motivados y satisfechos, siendo nulo el número de abandonos de la asignatura, no así el de suspensos que existe de forma casi residual (uno por presentado).

V. Conclusiones y discusión

El uso del robot móvil PIERO ha aumentado en un alto grado la motivación de los estudiantes al enfrentarse a un “robot” que mueve y controlan, y que pueden versionar. No obstante, ha requerido un mayor esfuerzo para el profesor por el aprendizaje MDE para Arduino, pero al mismo tiempo muy satisfactorio. En especial el hecho de emplear el mismo modelo/diagrama para sintonizar controladores y programarlo en el Arduino.

El robot PIERO se ha mostrado muy robusto, salvo por algunas roturas de reductora debido a controladores mal sintonizados, lo que ha permitido dotar a los estudiantes de la capacidad de diseñar e implementar sistemas de control sobre un sistema real, quedando asumida dicha capacidad por el alumno.

La nueva forma de impartir la docencia de la asignatura, ha supuesto una revolución tanto para los estudiantes como para los profesores, mientras que los objetivos planteados inicialmente se han cumplido en su mayoría, sin embargo, quedan pendientes la mejora de algunos elementos, tales como:

- La documentación del aprendizaje autónomo, la elaboración de una guía para la creación de contenidos normalizados en el portafolios digital.
- La utilización de referencias, con el uso un gestor bibliográfico, en particular la Universidad de Málaga ha adquirido una cuenta corporativa de Mendeley, por lo que su inclusión supondrá una capacitación más de las adquiridas en la asignatura.
- El espíritu crítico, para ello en el próximo curso se implantará una evaluación por pares donde lo que se puntúa será la propia evaluación.

Para terminar, un elemento que todavía no se ha evaluado es el impacto en la metodología docente del incremento del número de estudiantes. El éxito de esta metodología radica en la supervisión directa del profesor sobre los grupos y de la disponibilidad de equipos sobre los que realizar la implementación de los conceptos estudiados, por lo que surge la duda de su traslación a grandes grupos sin apoyo docente y material.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos de Innovación educativa de la Universidad de Málaga PIE15-180 y PIE17-118.

Referencias

- ANECA. (2007). Reflex: El profesional flexible en la Sociedad del Conocimiento. Retrieved from http://www.aneca.es/var/media/151847/informeejecutivoaneca_jornadasreflexv20.pdf
- BISHOP, J. L.; VERLEGER, M. A. (2013). The flipped classroom : A survey of the research. Proceedings of the Annual Conference of the American Society for Engineering Education, 6219.
- DE JUANAS OLIVA, Á. (2010). Aprendices y competencias en el Espacio Europeo de Educación Superior Learners and skills in the European Higher Education Area. Revista de Psicología Y Educación, 1(5), 171–186.
- DO UE L 394 de 30.12. (2006). RECOMENDACIÓN DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 18 de diciembre de 2006 sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente. Diario Oficial de la Unión Europea (Vol. 12).
- GIL LOZANO, J. E.; MUÑOZ RAMÍREZ, A. J.; TORRES, V. L.; GOMEZ, J. M. (2014). Uso de Simulink y Arduino para Prácticas de Robótica. In Actas de las XXXV Jornadas de Automática (pp. 3–5). Valencia, Spain: Comité Español de Automática (CEA-IFAC).
- MUÑOZ-RAMÍREZ, A. J.; GÓMEZ-DE-GABRIEL, J. M. (2016). Modelar o programar en prácticas de robótica. In XXXVII Jornadas de Automática (p. 7). Madrid: Comité Español de Automática (CEA-IFAC). <https://doi.org/ISBN: 978-84-617-4298-1>
- SANTIVERI MORATA, F.; IGLESIAS RODRÍGUEZ, C.; GIL IRANZO, R.; ROURERA JORDANA, R. (2011). Metodologías activas en la docencia universitaria: resultados de algunas experiencias realizadas. In IX Jornades de xarxes d'investigació en docència universitària [Recurso electrónico]: Disseny de bones pràctiques docents en el context actual (p. 81).
- SORIA, I. N.; GONZÁLEZ GÓMEZ, C.; BOTELLA PÉREZ, P. (2015). Aprendizaje basado en proyectos: Diferencias percibidas en la adquisición de competencias por el alumnado universitarios Project-based learning: Perceived differences on the acquisition of skills by university students. Revista de Psicología Y Educación, 10(1), 55–76.
- VALERO GARCÍA, M.; VAQUERIZO GARCÍA, M. B. (2009). Puzzles mejorados con mapas conceptuales. In Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI).

Modelado Frente a Programación, en la enseñanza de Robótica

Gomez de Gabriel, Jesús Manuel y Muñoz Ramírez, Antonio José

Dto. Ingeniería de Sistemas y Automática. Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Málaga
jmgomez@uma.es

Resumen

La docencia práctica en asignaturas de ingeniería requiere a menudo de la implementación de sistemas de control por computador sobre una planta física experimental. Los enfoques tradicionales de implementación de sistemas embebidos requieren del uso de un lenguaje de programación y de un entorno de desarrollo con unas bibliotecas adecuadas para codificar los modelos de control obtenidos en la fase de diseño. Las asignaturas de ingeniería relacionadas con la robótica no incluyen en su contenido la enseñanza de un lenguaje de programación y las sesiones de prácticas se encuentran cada día más restringidas y asociadas a un contenido teórico oficial que deja poco margen a unificar conocimientos prácticos de programación entre los alumnos. El tiempo de realización de una práctica típica de control de un sistema experimental físico se compone de una fase de diseño, en base a la teoría de la asignatura, de otra fase de implementación en la cual se codifican los métodos y algoritmos diseñados, y finalmente una fase de depuración y experimentación. Gran parte del tiempo del alumno se invierte en programar. La calidad de los resultados depende también de la calidad de la programación. Asimismo, el profesor invierte un tiempo en depurar los programas y encontrar los problemas de la implementación.

Palabras clave

Educación, Robótica, Ingeniería basada en Modelos, Sistemas Embebidos

Introducción

Este estudio es una continuación de los trabajos desarrollados en un proyecto de innovación educativa de la Universidad de Málaga con código PIE13-185, durante el cual se desarrolló y evaluó el uso de una plataforma robótica didáctica para su uso con herramientas de modelado matemático.

Los resultados presentados se basan en los experimentos realizados durante los cursos 2014-15 y 2015-16 donde se han realizado prácticas con alumnos de titulaciones de Grado y Máster de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial: Asignatura de “Laboratorio de Robótica”, del grado de Electrónica Robótica y Mecatrónica (ERM) y la asignatura de “Modelado de Sistemas Mecatrónicos y Robots” del Máster de Ingeniería Mecatrónica. Asimismo, se han realizado seminarios ofertados públicamente a alumnos tanto de la Escuela Técnica de Ingeniería Industrial como de la Escuela Politécnica Superior, interesados en realizar prácticas con robots móviles fuera del programa oficial.

Las prácticas se han realizado utilizando las plataformas robóticas basadas en hardware de bajo coste de código abierto (Arduino) que pueden ser programadas utilizando tanto lenguaje C (con ligeras simplificaciones) como modelos de simulink. Contamos con un conjunto de doce robots con lo que los grupos de prácticas son de uno o dos estudiantes por robot, según el número de alumnos en cada asignatura.

Las plataformas robóticas PIERO (Gil-Lozano, 2014, Muñoz-Ramírez 2015) consisten en un robot móvil con tracción diferencial (Véase Figura 1) y basadas en un popular microcontrolador que han demostrado una gran robustez y versatilidad para el empleo en diferentes asignaturas de robótica, control y mecatrónica. La plataforma posee un sistema modular para reconfigurar su sistema sensorial y un sistema centralizado donde se pueden apreciar los siguientes componentes principales de su configuración más básica: dos servomotores motores provistos de codificadores angulares incrementales ópticos, un circuito de potencia

basado en un puente-H, batería de ión de litio y un Arduino con una placa de conexiones (shield) para facilitar el cableado (Véase Figura 2).



Figura 1 Flota de robots educativos PIERO

La necesidad de este tipo de equipos de prácticas, y su inexistencia a un coste asequible llevó su diseño y creación, en el marco de la realización del proyecto de innovación educativa. El proceso de diseño y construcción se puede encontrar en la web <http://taislab.uma.es>, donde también aparecen varios trabajos que la utilizan.

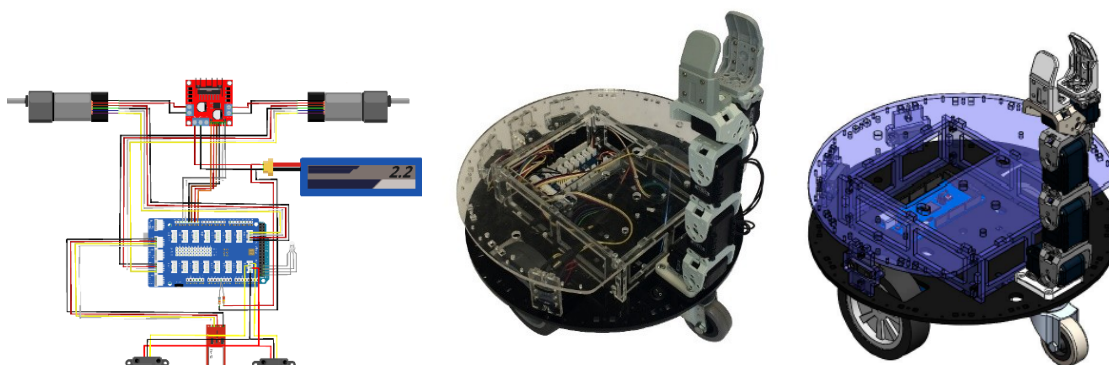


Figura 2. (a) Esquema de componentes electrónicos, (b) Robot PIERO con manipulador, (c) Modelo 3D de PIERO

PIERO se ha convertido en una plataforma idónea para aprender conceptos de robótica y sigue en constante evolución con la incorporación de nuevos sensores y periféricos, junto con la creación de modelos 3D dinámicos y gráficos de gran calidad (Véase figuras 2b y 2c), que permitan a los estudiantes optimizar el tiempo de utilización de la plataforma física.

Para desarrollar las prácticas tanto en lenguaje C como en simulink, se dispone de un conjunto de bloques básicos y funciones que realizan las funciones de control de bajo nivel de control del robot (Véanse Figura 3 y Figura 4). En ambos casos se proporciona a los alumnos estos programas sobre los que pueden trabajar ampliándolo y modificándolo.



Figura 3 Bloques básicos suministrados como plantilla de partida para la realización de las prácticas con la plataforma móvil PIERO bajo el entorno de modelado simulink

```
//////////////////////////////////////////  
// Aquí empieza el código de aplicación  
//////////////////////////////////////////  
  
void setup()  
{  
  Piero_Init();  
}  
  
float velocidad_actual[2];  
float velocidad_deseada[2] = {0.3, -0.3};  
  
void loop()  
{  
  Piero_SpeedControl(velocidad_deseada, velocidad_actual);  
  delay(10);  
}
```

Figura 4 Parte del código del programa principal del programa de plantilla suministrado a los alumnos que realizan la práctica utilizando lenguaje C

De esta manera en ambos entornos se parte de las mismas condiciones para elaborar el trabajo el alumno y valorarlo de manera comparativa.

Objetivos

La Ingeniería basada en modelos (Model-Driven Engineering) ó MDE, en contraposición a la programación, tiene como misión permitir a los ingenieros desarrollar y analizar un sistema mediante abstracciones y formalismos más adecuados y parecidos a sus modelos mentales que los lenguajes de programación convencionales (Schmidt, 2015; Harel, 1987). La principal característica a valorar de este enfoque es que se prescinde de la fase de programación, por lo que se puede pasar del diseño a la experimentación de manera automática permitiendo dedicar más tiempo a los objetivos del aprendizaje. Existen muchos lenguajes y herramientas para MDE, entre las que se encuentran UML, AADL, MATLAB/Simulink, Rational y Eclipse Modeling Framework entre otras. Los modelos que se construyen en un lenguaje de modelado pueden convertirse en un programa ejecutable mediante un proceso automático. Así los modelos clásicos de diagramas de bloques o incluso los diagramas de estados pueden ser usados para crear programas.

Uno de los objetivos de este trabajo es disponer de unos equipos de prácticas de robótica de bajo coste y que se puedan programar con la herramienta MATLAB/Simulink para su uso en las asignaturas de robótica, tras estudiar el mercado y descartar su compra, se incorporó como parte de los objetivos del trabajo su creación.

Otro objetivo de este trabajo es el de determinar si la utilización de herramientas de desarrollo de sistemas embebidos para el control de robots basadas en modelado con generación automática de código (simulink) puede ser adoptada como herramienta única para el desarrollo de prácticas de alumnos en asignaturas de robótica y como afecta a la eficiencia de la enseñanza (tiempo dedicado al contenido de la asignatura respecto al tiempo total) y la calidad de las prácticas en términos de aprendizaje y resultados.

Descripción de la experiencia

Para determinar la eficiencia de estas herramientas se ha utilizado una plataforma robótica móvil y se han realizado experimentos con alumnos utilizando Simulink con generación de código de Arduino y se han medido los resultados controlando los tiempos invertidos en la realización preparación de las prácticas y mediante cuestionarios de evaluación subjetiva y objetiva de los alumnos.

Se han realizado dos tipos de experiencias:

- Evaluación de la adecuación de la herramienta de modelado para el desarrollo de prácticas de robótica.
- Comparación del uso del enfoque orientado a programación frente al enfoque basado en modelos.
-

En ambos experimentos se ha utilizado una práctica modelo de robótica móvil consistente en controlar la cinemática de un vehículo de tracción diferencial. Para ello se explican los conceptos teóricos de los diferentes espacios de coordenadas y las transformaciones entre ellos. Tras la parte de teoría, el alumno desarrolla el sistema de control para mover la plataforma con una velocidad cartesiana determinadas y obtener

las posiciones del vehículo. La complejidad del trabajo es similar en ambos casos. En la Figura 5 se muestra el modelo resultante del sistema de control de la cinemática del robot, y en la Figura 6 se muestra el resultado esperado en la implementación mediante programación en lenguaje C. Ambos enfoques deben producir los mismos resultados, si bien en el caso de la programación en lenguaje C será necesario introducir elementos adicionales como los relativos a la temporización del bucle de control y los de la integración numérica, que son implícitos en el caso de simulink.

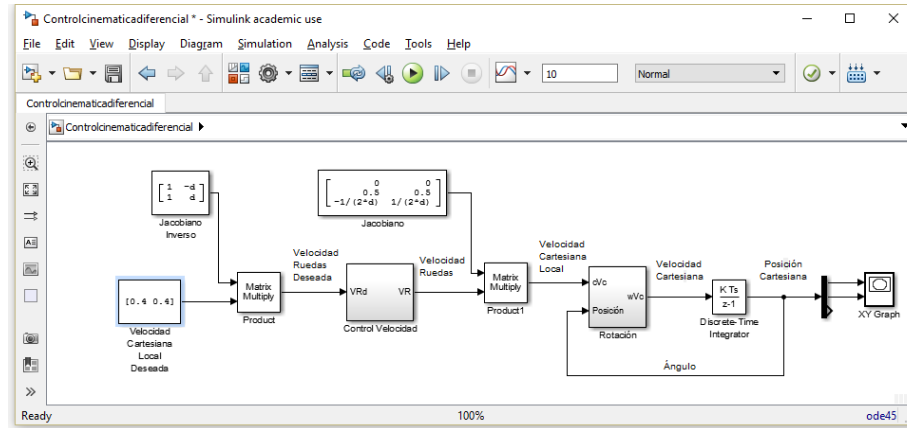


Figura 5 Aspecto final de la práctica realizada en el entorno de modelado simulink, donde se muestra la claridad del diseño del sistema de control que permite una fácil revisión y donde no se observan elementos relativos a la implementación.

```

ejemplocompleto

void loop()
{
    // Loop sync
    while (millis() < siguiente_periodo) delay(1);
    siguiente_periodo += PERIODO;

    // Obtener Velocidades deseadas en las ruedas
    Piero_JacobianoInverso(velocidad_cartesiana_local_deseada, velocidad_ruedas_deseada);

    // Controla la velocidad llamando a esta función cada PERIODO ms
    // Devuelve la velocidad actual de las ruedas
    Piero_SpeedControl(velocidad_ruedas_deseada, velocidad_ruedas);

    // Obtener Velocidades cartesianas locales
    Piero_Jacobiano(velocidad_ruedas, velocidad_cartesiana_local);

    // Obtener velocidades cartesianas globales
    velocidad_cartesiana[0] = velocidad_cartesiana_local[1] * sin(posicion_cartesiana[2]);
    velocidad_cartesiana[1] = velocidad_cartesiana_local[1] * cos(posicion_cartesiana[2]);
    velocidad_cartesiana[2] = velocidad_cartesiana_local[2];

    // Euler numeric integration
    posicion_cartesiana[0] += velocidad_cartesiana[0] * PERIODO;
    posicion_cartesiana[1] += velocidad_cartesiana[1] * PERIODO;
    posicion_cartesiana[2] += velocidad_cartesiana[2] * PERIODO;
}

```

Figura 6 Aspecto final de la práctica realizada en el lenguaje de programación C, donde se observa que el código refleja el sistema de control de una manera menos clara y se incluyen aspectos relativos a la temporización y a la integración numérica.

Las prácticas de comparación se han efectuado mediante grupos de alumnos voluntarios de diversas asignaturas de los centros de la Escuela de Ingenierías, evaluándose mediante cuestionarios tras la realización de la práctica. Los cuestionarios están compuestos por las siguientes secciones:

- Experiencia previa
- Evaluación objetiva sobre conceptos de robótica presentados en la teoría Evaluación objetiva sobre conceptos de Arduino, no presentados en la teoría
- Cuestionario de satisfacción sobre la práctica

Resultados y Conclusiones

Para la comparación de los dos enfoques de desarrollo se han realizado dos sesiones piloto de prácticas con 10 y 8 alumnos respectivamente y se han realizado los correspondientes cuestionarios. Los resultados de la Figura 7 muestran las calificaciones medias obtenidas al final de las prácticas tanto con programación en C como en simulink, además de la evaluación subjetiva consistente en la encuesta de satisfacción. Los resultados muestran una mejor calificación en todos los aspectos en el uso de lenguaje C, aunque con resultados muy similares, si bien el reducido tamaño de la muestra hace necesario seguir realizando experimentos durante el siguiente curso académico para tener datos más representativos.

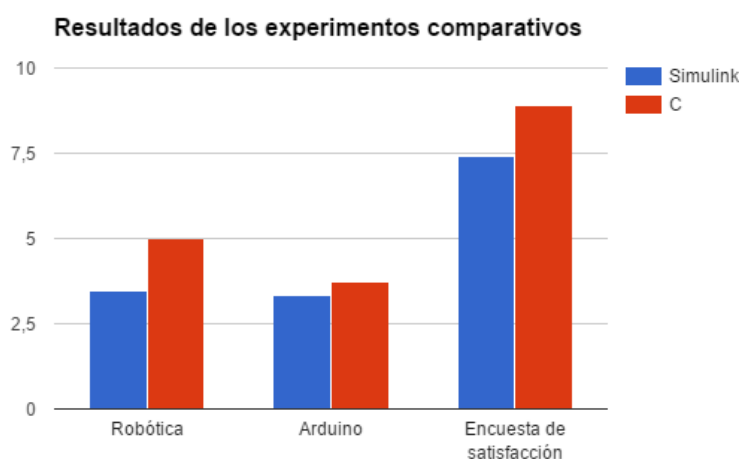


Figura 7 calificaciones medias obtenidas al final de las prácticas y encuesta de satisfacción con programación en C como en simulink

La plataforma robótica PIERO ha satisfecho todas nuestras expectativas y se ha convertido en una plataforma idónea para aprender conceptos de robótica, tanto desde el punto de vista del profesor como de los estudiantes que así no lo han transmitido. Por otra, al tratarse un diseño abierto ha demostrado su versatilidad con incorporación exitosa de nuevos sensores tales como unidades inerciales y sistemas de visión; junto con periféricos como un brazo manipulador,

Finalmente, trabajar dentro de un entorno de modelado y análisis matemático permite diseñar, analizar los datos experimentales, y procesarlos de una manera integrada, lo que proporciona un mayor valor académico a la herramienta de desarrollo basada en modelos.

Referencias

GIL-LOZANO, J.E., MUÑOZ-RAMÍREZ, A.J. and TORRES-LÓPEZ, V.E. y GÓMEZ-DE-GABRIEL (2014), *Uso de Simulink y Arduino para Prácticas de Robótica*. Jornadas CEA de Automática 2014, Valencia, España.

HAREL, D. (1987), *Statecharts: a visual formalism for complex systems*. *Science of Computer Programming*, 8(3):231 – 274, 1987. ISSN 0167-6423.

MUÑOZ-RAMIREZ, A.J., GOMEZ-DE-GABRIEL, J.M. (2015) y FERNÁNDEZ-LOZANO, J.J, *Ingeniería Basada en Modelos en Prácticas de Robótica*. Jornadas CEA de Automática 2015, Bilbao, España.

SCHMIDT, D.C. (2006), *Guest editor's introduction: Model-driven engineering*. *Computer*, 39(2):0025–31, 2006.

Aprendiendo conceptos estructurales a través de puentes proyectados en la ciudad de Granada

Lavado Rodríguez, José⁽¹⁾; Museros Romero, Pedro⁽²⁾; Puertas García, María Esther⁽³⁾

(1) Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, Universidad de Granada, jlavado@ugr.es (Profesor Contratado Doctor)

(2) Departamento de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Universidad Politécnica de Valencia, pmuseros@mes.upv.es (Profesor Titular de Universidad)

(3) Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, Universidad de Granada, epuertas@ugr.es (Profesora Ayudante Doctor)

Resumen

Este artículo responde a la demanda de los alumnos que cursan las asignaturas teóricas de estructuras en ingeniería, por conocer casos reales de estructuras cercanas que ellos puedan ver in situ (e incluso tocar), para entender las distintas tipologías y modelos de cálculo que aprenden en clase, y entender las acciones y esfuerzos que sobre ellas actúan y se desarrollan. En este artículo nos centramos en estructuras de puentes.

Palabras clave: estructuras, tipologías, modelos

I. Introducción

La historia de la enseñanza en el cálculo de estructuras se ha basado en métodos tradicionales (APARICIO et al, 2007). Cuando los alumnos de una carrera técnica de ingeniería están aprendiendo, hay aspectos teóricos del aprendizaje que requieren, para su correcta comprensión, reforzarlos con ejemplos prácticos de casos reales. En el campo de las estructuras esto debería llevar al profesor a buscar imágenes y fotografías de ejemplos de estructuras proyectadas y construidas, a ser posibles cercanas en el espacio y que el alumno pueda visualizar. En los últimos años, los esfuerzos para la adquisición de estos conceptos han sido encaminados hacia la mejora del aprendizaje incluyendo simulaciones computacionales o realizando prácticas en el laboratorio (FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ et al, 2013; ROMERO et al, 2002; SOLÍS et al, 2012). No obstante, los profesores de estas asignaturas teóricas acompañan sus explicaciones con ejemplos de casos reales con menor frecuencia de lo esperado por los alumnos, aspecto que también es muy importante para el aprendizaje.

Las estructuras de puentes constituyen las estructuras por excelencia de la ingeniería civil (fundamentalmente porque lo que se ve es lo que resiste) y los esquemas de cálculo de sus tipologías más habituales se aprenden en las asignaturas teóricas de estructuras, como pueden ser Mecánica, Teoría de Estructuras (anteriormente llamada Resistencia de Materiales) o Análisis de Estructuras.

El caso de una sencilla viga biapoyada, con una articulación en el apoyo izquierdo y un carrito en el apoyo derecho donde se permita su movimiento horizontal, se podría entender muy bien mostrando una estructura de una viga real (un puente con tablero simplemente apoyado), con condiciones reales de contorno que correspondan a dichas coacciones (fig. 1).

Este ejemplo de puente, si está cerca de la ciudad donde estudia o vive el alumno, le permitirá visitarlo y entender mejor su comportamiento estructural. El poder visitar el puente en cuestión, aparte de mostrarle el material, las dimensiones de la sección resistente o los apoyos de la estructura, le suscitará al alumno, yendo más allá de lo visto en la fig. 1, alguna cuestión más. Como por ejemplo el carácter tridimensional del tablero del puente, ya que la estructura además de tener longitud tiene otra dimensión que es el ancho, necesario para que quepa todo lo que circula (vehículos, personas) por encima del tablero, y que también genera en el tablero, aparte de los esfuerzos longitudinales que se pueden deducir del modelo observado en la fig. 1 (flectores

longitudinales y cortantes longitudinales), esfuerzos en dirección transversal a la directriz longitudinal del puente (flectores y cortantes transversales), acompañados por una torsión longitudinal a lo largo del tablero.

En el siguiente apartado se presentan varios ejemplos de tipologías estructurales que los alumnos aprenden en asignaturas teóricas de estructuras, acompañados de puentes construidos en la ciudad de Granada o en sus cercanías, donde la observación del puente puede ayudar a entender el esquema de cálculo y algunos aspectos básicos del comportamiento resistente de la estructura.

II. Tipologías estructurales y puentes en Granada

II.1 *Viga simplemente apoyada*

Caso A) Como ejemplo más sencillo tenemos el de la viga simplemente apoyada, muy empleada para modelizar un puente de un único vano (fig. 1).

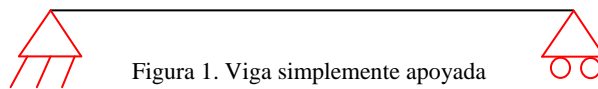


Figura 1. Viga simplemente apoyada

La pasarela que se observa en la fig. 2 se formaría realmente por dos vigas simplemente apoyadas, que son cada una de las dos celosías Warren que componen la pasarela.



Figura 2. Puente simplemente apoyado (pasarela peatonal en camino de la Fuente de la Bicha, Granada capital). Vista longitudinal

Hablando de acciones gravitatorias, la carga lineal que cada una de estas vigas recibe corresponde a la mitad del ancho del tablero que se observa en la fig. 3.



Figura 3. Pasarela peatonal en camino de la Fuente de la Bicha, Granada capital. Sección transversal. Tablero simplemente apoyado

Lo que permite a la pasarela trabajar como viga simplemente apoyada es el tipo de apoyos empleados, neoprenos zunchados que permiten el giro, impidiendo la transmisión de momentos flectores a los estribos (fig. 4).



Figura 4. Apoyo de neopreno zunchado

Caso B) El puente de carretera que se presenta en la fig. 5 también es un caso de tablero simplemente apoyado, con vigas longitudinales apoyadas en neoprenos zunchados.



Figura 5. Puente del Enlace Este del Polígono Industrial Marchalhendín (en construcción). Tablero simplemente apoyado

No obstante, en este caso son 10 el número de vigas longitudinales que componen el tablero (fig. 6), ocupando un ancho apreciable del mismo. Por tanto, ante acciones gravitatorias el reparto de esfuerzos longitudinales sobre cada viga (flectores y cortantes) dependerá del comportamiento como emparrillado que las vigas forman con la losa superior hormigonada in situ que remata el tablero, actuando esfuerzos transversales en la losa superior (flectores y cortantes), y que condiciona dicho reparto de esfuerzos longitudinales sobre las vigas.



Figura 6. Puente del Enlace Este del Polígono Industrial Marchalhendín (en construcción). Emparrillado de vigas del tablero

II.2 Viga continua de varios vanos

El caso de una viga continua de varios vanos con su esquema clásico de apoyos (fig. 7), se puede observar por ejemplo en el puente de la fig. 8.

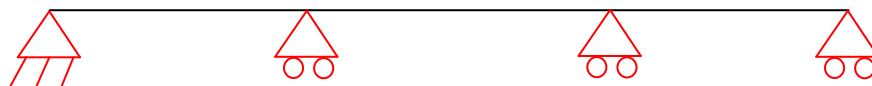


Figura 7. Viga continua de varios vanos



Figura 8. Puente sobre el río Genil (circunvalación de Granada). Tablero continuo de losa postensada, 3 vanos (25m+35m+25m)

En este caso el tablero es una losa continua postensada, simplemente apoyada en neoprenos zunchados en dos estribos y en dos pilas intermedias. Ante acciones gravitatorias hay un importante trabajo longitudinal del tablero, que genera sobre el mismo la correspondiente ley continua de momentos flectores y esfuerzos cortantes. No obstante, el carácter tridimensional del tablero obliga a apoyarlo (para que no vuelque lateralmente) en dos neoprenos en cada estribo y en cada pila (fig. 9) separados a una cierta distancia. Esto genera otro importante esfuerzo longitudinal sobre el tablero, que no se deduce del modelo unidimensional observado en la fig. 7, y que es la torsión. Esta torsión ocurrirá ante sobrecargas no centradas (vehículos circulando únicamente por carriles laterales), obligando a un armado a torsión muy importante del tablero del puente. Al ser el puente recto y la sección transversal del tablero simétrica con respecto a los apoyos, las acciones permanentes (simétricas) y las sobrecargas centradas, no producen torsión.



Figura 9. Puente sobre el río Genil (circunvalación de Granada). Doble apoyo de neopreno zunchado en estribos y pilas

II.3 Pórtico de pilas inclinadas

El siguiente esquema estructural es algo más complejo, y conforma la solución pórtico para puentes (fig. 10).

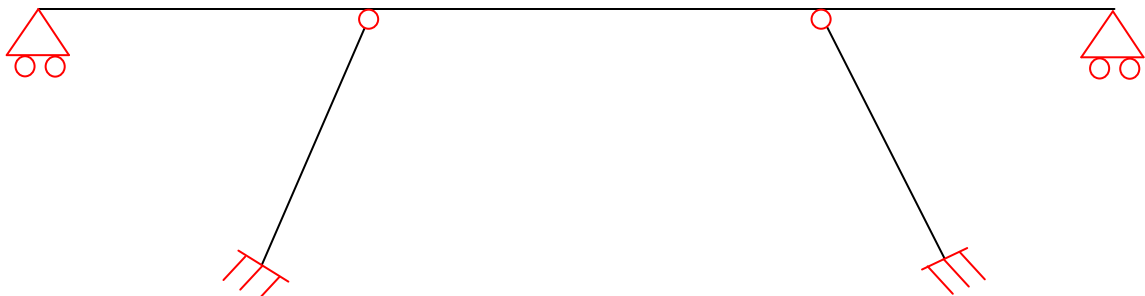


Figura 10. Pórtico de pilas inclinadas

Esta solución no emplea elementos de apoyo intermedios verticales (pilas verticales) sino inclinados, por la necesidad de dejar diáfano un espacio inferior que se precisa usar sin obstáculos. Las articulaciones entre tablero y pilas inclinadas impiden la transmisión, ante acciones gravitatorias, de momentos flectores en el

nudo de unión entre tablero y pila, pudiendo aligerar la sección de las pilas. Un caso real de puente cercano a Granada que sigue este esquema estructural es el puente que se observa en la fig. 11, adoptándose esta solución para poder dar cabida a la autovía A-44, que discurre por debajo. El poco espacio que existe en los márgenes de la A-44 para alojar las pilas inclinadas lleva a la solución articulada en cabeza de pila, permitiendo que estas sean más estrechas. Las articulaciones entre tablero y pilas inclinadas se materializan con neoprenos. En este puente el tablero con tres vanos apoyados en dos pilas intermedias, tiene un comportamiento longitudinal con su correspondiente ley de momentos flectores y cortantes. Un aspecto importante a mostrar a los alumnos es que la carga puntual que transmite el tablero en su punto de unión con las pilas inclinadas, aunque no transmite momento flector en su nudo de unión por la existencia del neopreno, provoca una ley de momentos flectores que va aumentando hacia la base de la pila, al aumentar progresivamente la distancia con respecto a la vertical de la carga que actúa en el nudo de unión tablero-pila.



Figura 11. Puente pórico (paso superior del enlace de Loma Linda, autovía A-44, Otura, Granada). 3 vanos (15m+25m+15m)

II.4 Solución arco con tablero inferior

Esta última solución consiste en un puente arco de tablero inferior (fig. 12 y fig. 13).

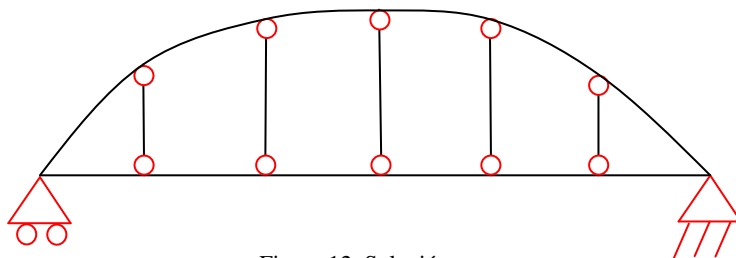


Figura 12. Solución arco



Figura 13. Puente arco sobre el río Genil, junto a la carretera de la sierra (luz 30m). Vista superior del tablero y el arco

En este caso el empleo de la solución arco es por una cuestión estética. Se trata de un puente urbano, y se busca que sea bonito. El arco se podría haber ejecutado por debajo del tablero, pero no se ha proyectado así

por tres cuestiones fundamentalmente: 1) el arco invadiría el cauce del río, con el riesgo que conllevaría una crecida del río para el arco y el puente en su conjunto 2) el arco transmite unas cargas horizontales muy importantes en su arranque, que el terreno en este cauce con material aluvial como el del río Genil no sería capaz de soportar, abriéndose “de patas” el arco y llevando a la ruina del puente 3) si el arco estuviese por debajo del tablero la solución sería menos bonita porque no se apreciaría bien el arco. Las articulaciones en los extremos de las péndolas en su unión con arco y tablero se materializan con bulones y horquillas metálicos (fig. 13), permitiendo ser muy delgadas, ya que únicamente trabajarán a tracción, transmitida por la acción gravitatoria actuando sobre el tablero. El comportamiento estructural del tablero junto con el arco será el de una viga de un único vano simplemente apoyada de canto variable, donde el canto máximo es el de la altura máxima del arco en el centro del puente, con un comportamiento longitudinal con su correspondiente ley de momentos flectores y cortantes, y donde la flexión longitudinal del puente se descompone en tracción en el tablero inferior y compresión en el arco superior. Esta tracción en el tablero inferior consiste realmente la fuerza horizontal de “apertura de patas” comentada anteriormente, permitiendo que la carga horizontal transmitida en el arranque del arco la absorba el tablero, sin afectar al terreno. Nuevamente el carácter tridimensional del tablero (fig. 14) obliga a materializarlo con un cajón metálico de bastante anchura (construido con acero para que pese menos y pueda ser más esbelto, con menor canto), al que se le adosan unas vigas transversales en voladizo de canto variable, sometidas a flexión y cortante en la dirección transversal al puente.



Figura 14. Puente arco sobre el río Genil, junto a la carretera de la sierra. Vista inferior del tablero

III. Conclusiones

Los alumnos de las carreras técnicas de ingeniería demandan, en las asignaturas teóricas de primeros cursos, ejemplos de casos reales, proyectados y construidos, para fijar los conceptos teóricos que aprenden en dichas asignaturas. En el campo de las estructuras en ingeniería civil, los puentes son las estructuras por excelencia. En este artículo se presentan varios ejemplos de estructuras de puentes cercanos a Granada capital, con distintas tipologías resistentes. La explicación del funcionamiento resistente de estos puentes, junto con la observación de los mismos, ayuda a los alumnos de primeros cursos a afianzar sus conocimientos teóricos.

Referencias

- APARICIO, A.C.; RUIZ-TERAN, A.M. (2007). Tradition and innovation in Teaching Structural Design in Civil Engineering, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 133(4): 340-349.
- FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, G; MILLÁN, M.A. (2013). Structural Analysis Education: Learning by Hands-On Projects and Calculating Structures, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 139(3): 244-247.
- ROMERO, M.L; MUSEROS, P. (2002). Structural Analysis Education through Model Experiments and Computer Simulations, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 128(4): 170-175.
- SOLÍS, M.; ROMERO, A; GALVÍN, P. (2012). Teaching Structural Analysis through Desing, Building, and Testing, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 138(3): 246-253.

Aprendizaje basado en proyectos competitivos para Tecnología electrónica

Orihuela, Luis ⁽¹⁾; Tajadura-Jiménez, Ana ^(2,3,4)

(1) Departamento de Ingeniería, Universidad Loyola Andalucía, dorihuela@uloyola.es

(2) Departamento de Psicología, Universidad Loyola Andalucía, atajadura@uloyola.es

(3) Departamento de Informática, Universidad Carlos III de Madrid

(4) UCL Interaction Centre (UCLIC), University College London

Resumen

Este artículo presenta una experiencia de aprendizaje basado en proyecto de Tecnología electrónica. Se detallan las fases del proyecto, la metodología y los métodos/herramientas de evaluación. Se ha optado por emplear la evaluación competitiva para aumentar la motivación y disminuir el plagio entre estudiantes. Como se ilustra, los resultados académicos y la experiencia de estudiantes y profesores han sido positivos.

Palabras clave: Aprendizaje basado en proyecto, evaluación competitiva, tecnología electrónica

I. Introducción

La asignatura de Tecnología Electrónica es una asignatura de formación obligatoria que se imparte en el cuarto semestre del grado de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería de Organización Industrial en la Escuela Técnica Superior de Ingenierías de la Universidad Loyola Andalucía. Tiene asignados 6 créditos ECTS.

Los contenidos de la asignatura se organizan en tres bloques: (1) *Dispositivos y circuitos básicos* (diodos y transistores), (2) *Electrónica analógica* (amplificadores, derivadores, integradores, comparadores), y (3) *Electrónica digital* (sistemas electrónicos digitales, circuitos combinacionales y secuenciales). Es la única asignatura obligatoria relacionada con la electrónica, lo que presenta el desafío de hacer la asignatura atractiva, útil y autocontenida.

La asignatura tiene un carácter práctico importante y varias sesiones se desarrollan en el laboratorio. Las competencias que se trabajarán en el laboratorio son las siguientes:

- CG4: Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial.
- CG5: Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planes de labores y otros trabajos análogos.
- CG6: Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.
- CRI5: Conocimientos de los fundamentos de la electrónica.

Los objetivos principales que se persiguen con las prácticas de laboratorio en ingeniería (no sólo de electrónica) son, entre otros (ver FEISEL et al. 2005): conocer los dispositivos y el instrumental; identificar los límites de los modelos teóricos; recoger, analizar e interpretar datos; aprender a través de los fallos; y desarrollar la creatividad. Aunque los objetivos se traten de alcanzar, las metodologías y evaluación empleadas son muy variadas.

Tradicionalmente, el estudiante suele seguir un procedimiento fijado por el profesor que busca obtener un resultado predeterminado. Esto permite al estudiante manejar el equipamiento, aprender técnicas estándares, recoger e interpretar datos y escribir informes. Sin embargo, el nivel de pensamiento crítico requerido para llevar a cabo un experimento y el consecuente nivel de aprendizaje profundo adquirido es reducido, ver RATHOD et al. 2016.

Ante esta situación, los métodos de aprendizaje basados en proyecto surgen para dar respuesta a estas dificultades, MILLS et al. 2003. El paradigma cambia ahora a realizar un proyecto que, con el mismo objetivo

de apoyar, complementar o ampliar los contenidos teóricos, aumente la motivación del alumno y su visión global de la aplicabilidad de las tareas. Es una técnica que se ha aplicado con éxito en numerosos ambientes. Véase, por ejemplo, MANTRI et al. 2008 en electrónica analógica, HADIM et al. 2002 en mecánica de sólidos, FRANK et al. 2003 en ingeniería mecánica o BARAK et al. 2005 en química.

Para aumentar el grado de motivación e implicación con el proyecto, se ha propuesto combinar la evaluación tradicional de las memorias (o de cada una de las fases del proyecto) con una evaluación competitiva en base al desempeño del proyecto. Este hecho sirve de acicate para los alumnos de ingeniería que desean ver a sus equipos ganadores con respecto a otros compañeros, disminuyendo la posibilidad de copia entre compañeros, STRIEGEL et al. 2002.

A continuación se detalla la estructura del resto de este artículo. La Sección II presenta el proyecto, su organización, metodología y evaluación. La Sección III presenta la evaluación del propio sistema de aprendizaje basado en proyectos competitivos. Las conclusiones del trabajo se detallan en la Sección IV.

II. El proyecto del laboratorio de la asignatura

El objetivo final del proyecto es el diseño, construcción y puesta en marcha de un *coche seguidor de líneas* (ver Figura 1). Básicamente, el coche debe ser capaz de seguir una línea negra pintada sobre un fondo blanco, realizando un circuito más o menos complejo, en el menor tiempo posible. Los alumnos deben realizar el coche en grupos de dos o tres alumnos.

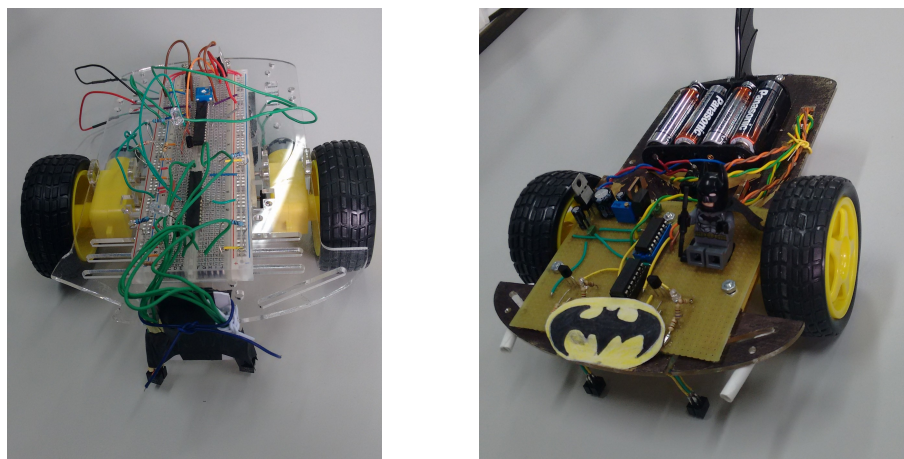


Figura 1. Fotografías de dos de los prototipos presentados por los alumnos.

Éste es un proyecto muy conocido en muchos ámbitos, pues se puede abordar desde un paradigma electrónico puro, como se pretende aquí, hasta el punto de vista de la programación de microcontroladores, robótica y otras disciplinas. Existen, de hecho, algunas competiciones internacionales como la WRC Fastest Line Follower (<https://www.technoxian.com/fastest-line-follower/>), en la que participaron más de 300 equipos de 12 países, o la RobotChallenge (<https://www.robotchallenge.org/competition/>).

En esta sección se presentan los detalles concretos del proyecto en lo referente a su organización en fases, la metodología que se sigue en cada una de las fases y el método de evaluación.

II.1 Organización del proyecto

El proyecto de la asignatura de Tecnología Electrónica está organizado de forma secuencial, de forma que el alumno vaya avanzando en el proyecto de forma paralela a cómo se va avanzando en las sesiones presenciales en el aula. Esa secuencialidad puede implicar en algunos casos que el grupo de alumnos no puede realizar, al menos de forma completa, una fase posterior del proyecto sin haber concluido una fase anterior. Se persiguen, de esta forma, tres objetivos:

- Que los alumnos vean una aplicación de los contenidos de carácter más teóricos vistos en el aula.
- Que se logre inculcar el sentido de la responsabilidad, la importancia de las fechas de entrega y la organización del trabajo.

- Que la dificultad de cada una de las fases del proyecto vaya acorde con la curva del aprendizaje del alumno en la asignatura.

En concreto, el proyecto se divide en cuatro fases, que se detallan en la Figura 2. Se indica, para cada una, el objetivo que se persigue al realizar esta fase dentro del proyecto, así como el contenido teórico propio de esta asignatura con el que está relacionado.

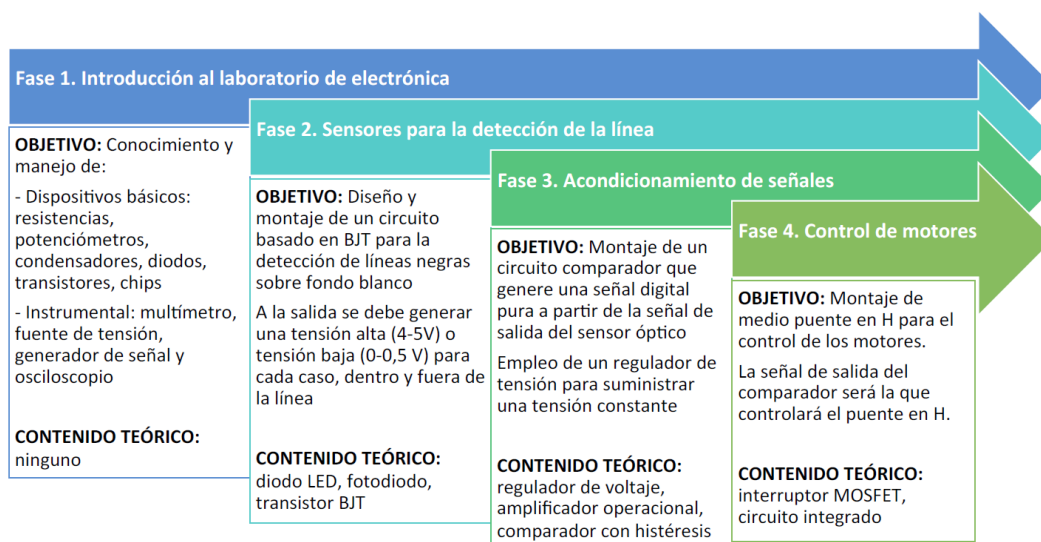
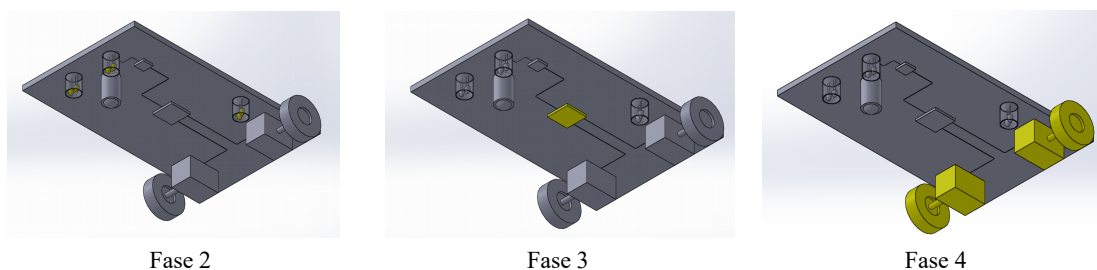


Figura 2. Fases del proyecto, objetivos y contenidos teóricos de cada una de ellas.

Tal y como se ilustra en la Figura 3, el resultado de cada fase del proyecto (excepto la fase introductoria) se va integrando en una plataforma que incorpora, al menos, los motores, ruedas motrices y rueda loca.



Fase 2

Fase 3

Fase 4

Figura 3. Esquemático de cada una de las fases del proyecto resaltadas en amarillo

II.2 Metodología de cada práctica

Cada práctica está organizada de manera que los alumnos tengan que llevar a cabo un trabajo de preparación previo a la sesión de prácticas. Así mismo, los alumnos deberán entregar una memoria de cada práctica, para lo que cuentan con un plazo límite establecido como el final de la siguiente sesión de prácticas (la cual tiene lugar dos o tres semanas después). A continuación, a modo de ejemplo, se detalla esta metodología para una de las cuatro prácticas del proyecto.

PRÁCTICA 2. Sensores ópticos para la detección de la línea

TRABAJO PREVIO: En esta segunda práctica en la que se diseña y monta un circuito electrónico que permita detectar una línea negra sobre fondo blanco, el trabajo previo consistirá en leer el dossier de prácticas, revisar la teoría relativa a fotodiodos y transistores y adquirir el material necesario para la realización de la práctica. Los alumnos deberán analizar el funcionamiento del circuito para poder diseñar las resistencias.

ADQUISICIÓN DE MATERIAL: los alumnos deberán adquirir para la práctica los materiales necesarios para montar un kit de sensado de luz:

Dispositivos: 4 Resistencias distintas, 1 Transistor NPN, 1 LED infrarrojo, 1 Fotodiodo infrarrojo (o sensor

CNY70)

Material auxiliar: 1 Placa de prototipado

El proyecto final requerirá montar dos circuitos de sensado de luz, lo que requerirá comprar otro kit como el señalado.

TRABAJO EN EL LABORATORIO: Éste se centra en torno al montaje y prueba del sensor óptico. Una vez realizado el montaje, los alumnos deberán realizar varias tareas:

- (1) **conocer los elementos adquiridos.** Para ello, los alumnos medirán el valor exacto de las resistencias con el multímetro y buscarán en los *datasheets* los parámetros del transistor y diodos empleados.
- (2) **realizar diferentes medidas en el circuito.** Éstas incluirán medidas de tensiones y corrientes en el circuito, para los dos casos posibles, “pista blanca” y “pista negra” (es decir, cuando el fotodiodo recibe luz y cuando no).

Instrumental: 1 Multímetro, 1 Fuente de alimentación DC

MEMORIA DE LA PRÁCTICA: Ésta incluirá los siguientes datos: (1) valores de las resistencias, parámetros del transistor y diodo; (2) medidas reales de tensiones y corriente en el circuito que alimenta al LED de infrarrojos, y cálculo teórico de la corriente; (3) medidas reales y teóricas de tensiones y corrientes sobre el circuito principal, para los dos casos posibles de pista negra y pista blanca. Además, para que esta práctica se considere superada, los alumnos deberán demostrar al profesor el funcionamiento correcto del circuito.

II.3 Evaluación de los alumnos

Los instrumentos de evaluación de la asignatura empleados son dos: listas de chequeo, para la evaluación de las memorias de las prácticas, y rúbrica, para la evaluación de la presentación del proyecto completo, es decir, de su proyecto de *coche seguidor de líneas*.

- Las **listas de chequeo** se les proporcionan a los alumnos junto con el dossier de cada práctica, y en ella se especifica la puntuación asignada a cada tarea a realizar para la memoria de la práctica (por ejemplo, la medición correcta del valor de una resistencia contabiliza 1 punto para la nota final de la práctica). Mediante las listas de chequeo se pretende evaluar a los alumnos en relación a las competencias CG5 (Conocimientos para la realización de mediciones y cálculos); CG6 (Capacidad para el manejo de especificaciones) y CRI5 (Conocimientos de los fundamentos de la electrónica).
- La **rúbrica** para la evaluación de la presentación del proyecto de *coche seguidor de líneas* se divide de acuerdo a los siguientes cuatro indicadores: funcionamiento del coche, tiempo empleado en el recorrido completo (medido cuando los alumnos presentan el coche), posición en la competición y rasgos diferenciales. Sólo en el caso de alcanzar la categoría “conseguido” en el indicador de funcionamiento del coche, los alumnos podrán proceder a la fase de competición con sus compañeros, en la que los coches compiten de dos en dos, ganando aquel coche que consiga completar el circuito en el menor tiempo (el mejor en tres carreras). En la Figura 4 se muestra la rúbrica con los criterios de asignación de nota y las competencias con las que se relaciona cada indicador. La nota final se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Nota final} = \min \{ (PE1+PE2+PE3)/3+PE4; 10 \}$$

Donde PE1, PE2 y PE3 corresponden a la nota de los tres primeros indicadores, y PE4 es la nota del indicador “rasgos diferenciales”. El objetivo de añadir PE4, es incentivar en los alumnos el desarrollo de competencias tales como la iniciativa, toma de decisiones y creatividad. Mediante los indicadores “tiempo empleado en el recorrido” (PE2) y “posición en la competición” (PE3) se pretende fomentar el entusiasmo de los alumnos por tener la posibilidad de quedar en posición ganadora, promoviendo el desarrollo de la competencia CG4, y disminuyendo la posibilidad de copia entre compañeros.

-

INDICADORES	NO CONSEGUIDO	MEDIANAMENTE CONSEGUIDO	CONSEGUIDO	DESTACADO	EXTRA	COMPETENCIAS
PE1	0	5	7	10	11	
Funcionamiento del coche	No presenta coche	El coche no funciona correctamente: no sigue la línea, se detiene, etc	El coche funciona aceptablemente bien, aunque presenta algunos errores (se para ocasionalmente, se sale de la línea alguna vez, giros inesperados)	El coche funciona bien, aunque presenta un error puntual	El coche realiza el circuito completo sin salirse ninguna vez	CG4, CG5, CG6, CR15
PE2	4	6	8	10	11	
Tiempo empleado en el recorrido	Muy alto (1m 10s < t < 1m 20s)	Alto (1m 00s < t < 1m 10s)	Medio (50s < t < 1m 00s)	Bajo (t < 50s)	Muy bajo (t < 40s)	CG4
PE3	2	4	7	10	11	
Posición en la competición	Octavos de final	Cuartos de final	Semifinal	Final	Ganador	CG4
PE4	0	0,3	0,5	2		
Rasgos diferenciales	No presenta	Presenta algún componente estético	Presenta alguna mejora electrónica, aunque su funcionamiento no sea el completamente esperado	Presenta alguna mejora electrónica efectiva		CG4, CG5, CR15

Figura 4. Rúbrica para la evaluación de la presentación del proyecto de coche seguidor de líneas, con los cuatro indicadores evaluados, los criterios de asignación de notas y las competencias relacionadas con cada indicador.

Por último, comentar que el objetivo de proporcionar a los alumnos las listas de chequeo y la rúbrica de forma previa a la realización de las prácticas es que los alumnos tengan en todo momento claros los criterios de evaluación de la asignatura y puedan tomar decisiones con conocimiento del impacto de ellas en la nota final a la hora de desarrollar las prácticas, lo que se corresponde con la competencia CG4 (Capacidad de toma de decisiones) y CG6 (Capacidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento).

III. Evaluación del proyecto

II.1 Evaluación a través de los resultados

Los resultados obtenidos por los alumnos han sido muy satisfactorios. A modo ilustrativo se indican las notas medias (sobre un máximo de 10) y la desviación típica para cada una de las fases y para la presentación final del proyecto. Los datos pertenecen a un grupo de 41 alumnos, que formaron 14 grupos de 2-3 alumnos, del curso 2016-2017.

- **Fase 1.** Nota media: 8.66 Desviación típica: 0.98
- **Fase 2.** Nota media: 8.83 Desviación típica: 0.96
- **Fase 3.** Nota media: 9.43 Desviación típica: 0.44
- **Fase 4.** Nota media: 7.82 Desviación típica: 1.18
- **Presentación final.** Nota media: 7.20 Desviación típica: 3.05

La mayor desviación de los datos en la presentación final se debe a que de los 14 grupos, uno no presentó el proyecto final (con una nota de cero) y dos grupos no consiguieron que su coche funcionase correctamente (nota inferior a 3 en esta parte, tal y como se desprende de la rúbrica). Así que 11 de los 14 grupos lograron realizar un coche seguidor de líneas.

II.2 Evaluación a través de la opinión del alumnado

Para conocer la opinión del alumnado al respecto del proyecto se les formuló la siguiente pregunta, que debían responder de forma cualitativa y anónima:

¿Prefiere unas prácticas de laboratorio independientes unas con otras o un proyecto integrado completo paso a paso como el que estamos realizando?

De los 36 alumnos que participaron en la encuesta un 2,78% respondieron que preferían las prácticas independientes, un 72,2% preferían el proyecto y un 25% no estaban seguros o no respondieron. Estos datos se corresponden a los grupos de los cursos 2014-2015 y 2015-2016 que realizaron un proyecto similar al presentado.

II.3 Evaluación del profesor

La experiencia docente del profesorado es en general positiva. Se observa en los estudiantes que la motivación por realizar algo que funcione con los conocimientos de que disponen es grande. El hecho de que la presentación del proyecto finalice con una competición, hace que los estudiantes traten de presentar trabajos diferenciados y mejores que el resto de sus compañeros.

Cabe también señalar que hay un cierto grupo de estudiantes, reducido en su número, que se decepcionan porque los resultados obtenidos no encajan con los esperados. Y concluyen, con demasiada prontitud, que han perdido mucho tiempo de trabajo sin obtener ningún resultado positivo. Sin embargo, tal y como se expone en FEISEL et al. 2005, aprender a través de los fallos es uno de los objetivos de las prácticas de laboratorio.

IV. Conclusiones y trabajos futuros

En este artículo se ha presentado una experiencia de aprendizaje basado en proyectos para la asignatura de Tecnología Electrónica. A través de esta experiencia y los resultados obtenidos se amplía la comprensión de factores cruciales para el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Incentivando a los alumnos en la evaluación por su iniciativa, toma de decisiones y creatividad, así como favoreciendo la competitividad entre los alumnos, se aumenta la motivación y se disminuye el plagio entre los alumnos. Estos factores impactan de forma positiva en el aprendizaje de la asignatura. Compartiendo esta experiencia de aprendizaje se pretende ayudar a rediseñar las asignaturas de tipo práctico para mejorar el aprendizaje entre los alumnos.

Como trabajo futuro, se propone una comparación con un grupo de control en el se realicen prácticas tradicionales que no formen parte de un proyecto. Como se expone en HANCOCK 2001, los profesores deben considerar el impacto en los sentimientos de ansiedad que puede inducir la percepción de los estudiantes de la necesidad de competir, especialmente en aquellos que sufren ansiedad ante las evaluaciones.

References

- BARAK, M., DORI, Y. J. (2005). Enhancing undergraduate students' chemistry understanding through project-based learning in an IT environment. *Science Education*, 89(1), 117-139.
- FEISEL, L. D.; ROSA, A. J. (2005). The role of the laboratory in undergraduate engineering education, *Journal of Engineering Education*, 94(1): 121-130.
- FRANK, M., LAVY, I., ELATA, D. (2003). Implementing the project-based learning approach in an academic engineering course. *International Journal of Technology and Design Education*, 13(3), 273-288.
- HADIM, H. A., ESCHE, S. K. (2002). Enhancing the engineering curriculum through project-based learning. *32nd Annual Frontiers in education*, (Vol. 2, pp. F3F-F3F), Boston, USA, November 2002.
- HANCOCK, D.R. (2001). Effects of test anxiety and evaluative threat on students' achievement and motivation. *The Journal of Educational Research*, 94(5): 284-290.
- MANTRI, A., DUTT, S., GUPTA, J. P., & CHITKARA, M. (2008). Design and evaluation of a PBL-based course in analog electronics. *IEEE Transactions on Education*, 51(4): 432-438.
- MILLS, J. E., TREAGUST, D. F. (2003). Engineering education—Is problem-based or project-based learning the answer. *Australasian journal of engineering education*, 3(2): 2-16.
- RATHOD, S. S., KALBANDE, D. R. (2016). Improving Laboratory Experiences in Engineering Education. *Journal of Engineering Education Transformations, Special Issue*.
- STRIEGEL, A., ROVER, D. T. (2002). Problem-based learning in an introductory computer engineering course. *32nd Annual Frontiers in Education*, (Vol. 2, pp. 1-6), Boston, USA, November 2002.

UCOVib_1DOF: Laboratorio de Análisis Computacional de sistemas mecánicos discretos vibratorios

Blanco-Rodríguez, Francisco J. ⁽¹⁾; Ruz-Ruiz, Mario L. ⁽²⁾; Aguilar-Porro, Cristina ⁽³⁾

(1) Departamento de Mecánica, Área de Ingeniería Mecánica, Universidad de Córdoba, e-mail (jblanco@uco.es)

(2) Departamento de Mecánica, Área de Ingeniería Mecánica, Universidad de Córdoba, e-mail (mario.ruz@uco.es)

(3) Departamento de Mecánica, Área de Ingeniería Mecánica, Universidad de Córdoba, e-mail (caguilar@uco.es)

Resumen

Este trabajo muestra el desarrollo de una interfaz gráfica bilingüe (español-inglés) para una mejor comprensión de los conceptos físicos y matemáticos implicados en vibraciones de sistemas mecánicos. Dicha herramienta constituye un laboratorio virtual para el análisis de las variables y parámetros implicados en el movimiento, potenciando así el enfoque autónomo del aprendizaje y el desarrollo de habilidades personales del alumnado.

Palabras clave: Vibraciones, TIC, Ingeniería, métodos analíticos, aprendizaje autónomo.

I. Introducción

Las implicaciones estructurales y metodológicas del Espacio Europeo de Enseñanza Superior (EEES) en la educación universitaria suponen un cambio considerable en el planteamiento de la enseñanza, en la concepción del trabajo del alumno y la evaluación del mismo, así como en la interacción alumno-profesor, donde el docente universitario se transforma en orientador del aprendizaje del estudiante (DECLARACIÓN DE BOLONIA, 1999; FULLER et al, 2006; RAMOS et al, 2008). De esta forma las herramientas informáticas y las nuevas tecnologías cobran un protagonismo esencial debido a sus características interactivas y a que permiten en muchas ocasiones salvar las limitaciones de tiempo y espacio (SHARPE et al, 2003; STEFANOVIC et al, 2009) constituyendo de este modo tecnologías de aprendizaje personalizado y penetrante (SHEN et al, 2009).

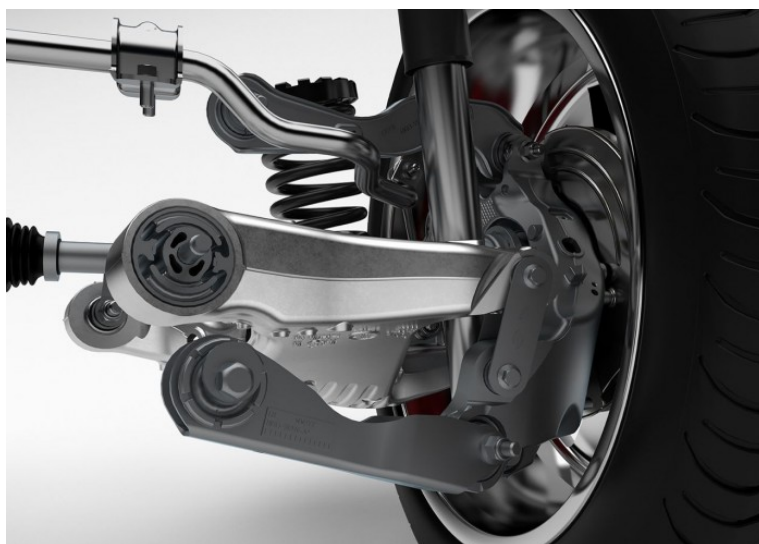


Figura 1. Sistema mecánico de amortiguación de un vehículo. Fuente: www.autoguide.com

La teoría de vibraciones estudia el movimiento oscilatorio de los sistemas físicos. La experiencia demuestra que el comportamiento de un sistema mecánico es muy diferente cuando las fuerzas aplicadas al mismo varían con el tiempo que cuando no lo hacen, aunque el orden de magnitud de dichas fuerzas sea similar. Las vibraciones aparecen en multitud de situaciones en las máquinas y estructuras que nos rodean: ej. al viajar en coche (Fig.1), tren o avión, las que soportan los edificios durante un terremoto, etc. Asimismo, dichas máquinas y estructuras pueden crear vibraciones en el suelo originando molestias a las personas que se encuentran en las proximidades.

Las vibraciones, además, pueden causar el rápido desgaste de algunas partes de las máquinas (ej. apoyos, engranajes, rodamientos, etc.) al mismo tiempo que generan ruido. También pueden provocar que los elementos de unión presentes (ej. tornillos y tuercas) se aflojen afectando, por tanto, su funcionalidad. Por los serios efectos que las vibraciones pueden provocar en máquinas y estructuras, los sistemas mecánicos deben diseñarse verificando su comportamiento bajo solicitaciones dinámicas.

El amplio ámbito de aplicación del estudio de la teoría de vibraciones hace que sea necesario abordar su estudio de una forma lo más realista posible. De este modo, el ámbito de aplicación del estudio de los procesos vibratorios es muy variado, desde investigación básica y aplicada, hasta aplicaciones en diferentes disciplinas que afectan a numerosos sectores profesionales: ingeniería industrial, transportes, maquinaria agrícola, etc.



Figura 2. Colapso del puente de Tacoma Narrows en USA. Fuente: <http://www.mecapedia.uji.es/vibracion.htm>

Las ecuaciones para el cálculo de vibraciones en un sistema continuo como el puente que se muestra en la Fig. 2, resultan de plantear las ecuaciones de Newton-Euler o la ecuación de Lagrange en un sistema discreto fijando las condiciones iniciales y de contorno del problema. Surgen así ecuaciones diferenciales ordinarias que en función de los grados de libertad considerados y de la discretización del sistema de estudio, pueden llegar a resultar complejas de solucionar de forma analítica siendo necesario recurrir a métodos computacionales. Entre los métodos numéricos más utilizados destacan el método de Elementos Finitos (FEM) y el método de los modos impuestos o de Rayleigh-Ritz, que trata el problema como uno de variables separadas (MEIROVITCH, 1986, 1997). Aunque en principio la herramienta gráfica sólo es capaz de resolver problemas de 1 Grado De Libertad (GDL), el *análisis modal* demuestra que un sistema de N GDL o un sistema continuo (infinitos GDL) puede resolverse mediante la superposición de problemas de 1 GDL siempre que la disipación sea proporcional a la masa/inercia y/o la rigidez. Es por ello que el conocimiento de las soluciones de los sistemas forzados de 1 GDL es un paso previo indispensable para abordar problemas más complejos en el ámbito de las vibraciones mecánicas.

El principal problema encontrado en el aula a la hora de abordar la teoría de vibraciones es la solución analítica de las ecuaciones que definen el comportamiento de un sistema mecánico. Con los métodos matemáticos tradicionales, los estudiantes están limitados a analizar una cantidad muy reducida de casos por la complejidad de la solución de las ecuaciones diferenciales que surgen (vibraciones de un único grado de libertad en sistemas discretos). Esto dificulta la comprensión de la importancia de las distintas variables dentro de la ecuación, como son la excitación aplicada o los parámetros del modelo analizado.

Por otro lado, los ensayos de vibraciones resultan complejos de realizar en laboratorio, al depender directamente de la geometría del sistema de estudio y de las solicitaciones del sistema que pueden tener una dependencia temporal compleja e incluso aleatoria. Además, el estudio podría complicarse enormemente si se aumenta el número de grados de libertad considerados.

En este contexto, se recurre al uso de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la teoría de vibraciones (STEFANOVIC et al, 2009), que posibilitan, entre otros, la consecución de los resultados citados a continuación.

- El incremento del nivel científico de las asignaturas al vincular las mismas con las TIC.
- El perfeccionamiento de la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Contribuir a la formación en el uso de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación, de los futuros profesionales de Ingeniería.
- El desarrollo de habilidades en el uso de programas científicos y profesionales.

Este trabajo muestra el desarrollo de una herramienta interactiva y visual en el desarrollo y perfeccionamiento de habilidades para el estudio de casos prácticos relacionados con la teoría de vibraciones, en asignaturas en las que se analizan sistemas mecánicos de modo que los alumnos clarifiquen los conceptos teóricos y visualicen procesos que en la práctica la única forma de visualizarlo sería en laboratorio siempre bajo condiciones controladas.

Dicha herramienta sirve para la resolución de diferentes casos de estudio en función del nivel de detalle requerido para diversas condiciones iniciales del problema y se puede utilizar como un laboratorio virtual de cara al análisis de la influencia de las distintas variables y parámetros implicados en el proceso. Así, se potencia el enfoque autónomo del aprendizaje y, por tanto, se promueven el desarrollo de habilidades personales y el análisis y síntesis de información del proceso de estudio (RAMOS et al, 2008). Además, el planteamiento de diferentes situaciones con la herramienta posibilita su uso con un sistema real en laboratorio. De este modo, la herramienta acercaría al alumnado al ámbito científico y permitiría recrear experimentos reales.

La herramienta se ha desarrollado en dos versiones, español e inglés, y va dirigida principalmente para los alumnos de grado de Ingeniería Mecánica y del Máster Universitario en Ingeniería Industrial. No obstante, parte de los conceptos matemáticos básicos también son de aplicación en asignaturas impartidas en los grados de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica Industrial. En concreto, en el presente curso académico se está utilizando en las siguientes asignaturas:

- Máquinas y mecanismos. Segundo curso del Grado de Ingeniería Mecánica.
- Máquinas y mecanismos. Segundo curso del Grado de Ingeniería Electrónica Industrial.
- Máquinas y mecanismos. Segundo curso del Grado de Ingeniería Eléctrica.
- Cálculo y diseño de máquinas. Tercer curso del Grado de Ingeniería Mecánica.
- Elementos de máquinas. Primer curso del Máster Universitario en Ingeniería Industrial.
- Diseño avanzado en ingeniería mecánica. Segundo curso del Máster Universitario en Ingeniería Industrial.

II. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es mostrar el desarrollo de una herramienta docente interactiva, visual y bilingüe para el estudio por parte del alumnado de procesos vibratorios en sistemas discretos de creciente complejidad. Los objetivos específicos que se consideraron fueron:

- Diseñar una serie de casos prácticos en el ámbito de especialización de la materia, con fases evolutivas a medida que el cuatrimestre progresa, común a todas las materias involucradas, que permita que el alumno se enfrente a un problema desde un modelo inicial simplificado hasta modelos complejos más próximos a condiciones “reales”, es decir, similares a las extraacadémicas. Con esto, se persigue potenciar su capacidad de autonomía y de toma de decisiones en función del caso de estudio.
- Generar una herramienta docente para el aprendizaje que permita solucionar los casos prácticos de manera interactiva.

Para alcanzar estos objetivos, se siguió la metodología y actividades descritas someramente en el siguiente apartado.

III. Metodologías y actividades desarrolladas

III.1 Actividad 1. Programación de las soluciones a las ecuaciones del movimiento

Una vez establecidas las ecuaciones del movimiento incluidas en la herramienta a partir de la bibliografía existente (ej. MEIROVITCH, 1986, 1997) se derivaron las soluciones completas de las mismas mediante su programación en MatLab© (HATCH, 2000), siendo así posible generar la evolución temporal del sistema

mecánico para las condiciones iniciales y forzamientos establecidos por el usuario (Fig. 3). Para la derivación de las soluciones se incluyeron los métodos más utilizados para la determinación de la respuesta ante vibraciones libres y forzadas de sistemas de 1 GDL. En algunos casos dicha respuesta puede obtenerse de forma analítica mediante un análisis modal mientras que en otros fue necesario recurrir a métodos computacionales (tales como por ejemplo `ode45`, implementado en MatLab©) para determinar la respuesta del sistema.

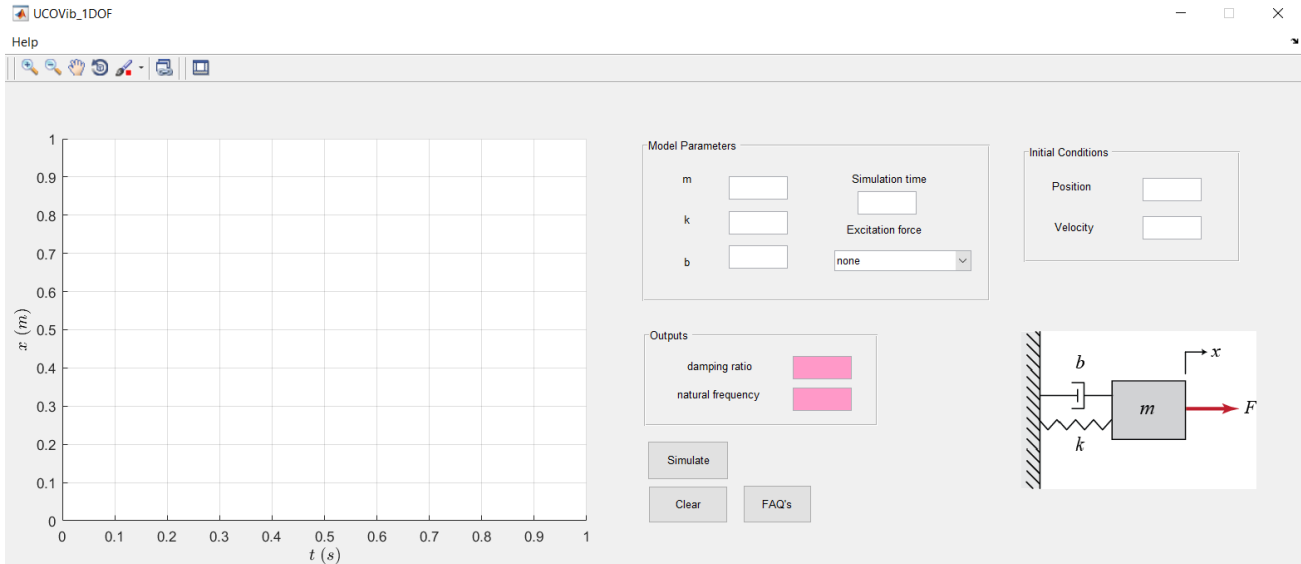


Figura 3. Captura de pantalla de la interfaz gráfica para su uso.

En paralelo, los profesores elaboraron una ficha explicativa de cada método a la cual pueden en cualquier momento acceder los alumnos en caso de duda. Dichas fichas se han redactado en español y en inglés e incluyen la base teórica del método, los parámetros necesarios en cada caso con la explicación del significado de cada uno de ellos, restricciones de aplicación, etc.

III.2 Actividad 2. Programación de la interfaz gráfica

Una vez derivadas matemáticamente las soluciones de las ecuaciones implicadas, se programaron en una interfaz gráfica sencilla con ayuda del GUI (*Graphical User Interface*) de MatLab©. Dicha interfaz permite analizar y visualizar los diferentes métodos programados a través de un sistema de pestañas y ventanas, mostrando los distintos métodos de forma progresiva en base al nivel de sencillez de aplicación.

Una vez seleccionado el método, el usuario fija las condiciones iniciales del problema y los parámetros que dependen del método aplicado (e.g. constante de amortiguamiento, amortiguamiento crítico, energía potencial del sistema, energía cinética del sistema, etc.). La herramienta permite calcular de este modo la frecuencia natural del sistema, así como el modo natural de vibración (Fig. 4).

En todas las ventanas se incluye un menú de ayuda que muestra la ficha desarrollada por los profesores, así como un botón de preguntas frecuentes (*Help* y *FAQs* respectivamente visibles en Fig. 3 y Fig.4). De esta manera se potencia en cierta medida el aprendizaje activo y autónomo del alumno.

III.3 Actividad 3. Planteamiento de casos de estudio tipo

Se plantearon diferentes casos de estudio para ser posteriormente resueltos por parte de los alumnos con apoyo de la herramienta generada. Los diferentes casos planteados van creciendo en complejidad y eliminando hipótesis de partida de cara a caracterizar los procesos de la forma más realista posible. Así, el usuario puede observar el grado de error que se comete al suponer diferentes hipótesis de partida (ej. despreciar el amortiguamiento, etc.). La solución de todos estos casos permite a los alumnos comprender los principales parámetros y variables implicadas en la teoría de vibraciones.

IV. Resultados obtenidos y beneficios esperados

El resultado obtenido hasta el momento es una herramienta informática interactiva válida para problemas de 1 GDL que se encuentra disponible en el aula virtual institucional, de utilidad tanto para el profesorado en la explicación y trabajo guiado, como para el alumno, en la comprobación de la bondad de sus propuestas y resultados.

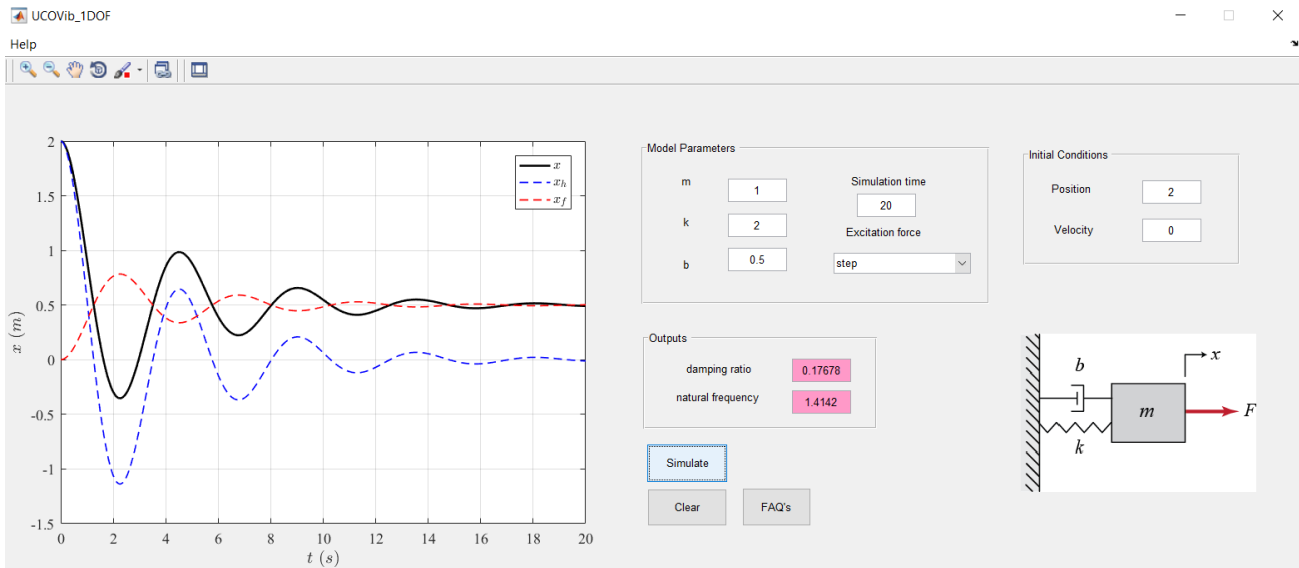


Figura 4: Captura de pantalla de la interfaz gráfica con la solución (homogénea -- y particular --) obtenida (vibraciones forzadas respuesta escalón).

En paralelo los resultados que se esperan obtener con esta herramienta son:

- Facilitar al estudiante la asimilación de conceptos básicos relacionados con la teoría de vibraciones.
- Que la herramienta desarrollada permita obtener modelos sencillos cuyos resultados sean aplicables a sistemas reales.
- Que el uso de la herramienta en relación a los dos puntos anteriores (análisis teórico y posible aplicación a equipos reales) se plasme en una mejora cuantitativa en los resultados académicos de los estudiantes en las asignaturas relacionadas con la teoría de vibraciones.

Mediante el uso de la misma en los sucesivos cursos académicos se espera que el alumno adquiera las siguientes competencias necesarias en el estudio de sistemas mecánicos:

- Adquisición de conocimientos adecuados de aspectos científicos y tecnológicos sobre métodos matemáticos, analíticos y numéricos utilizados en la ingeniería mecánica.
- Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias necesarias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas en el campo de la ingeniería mecánica.
- Que los estudiantes desarrollen las habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
- Conocer y perfeccionar el nivel de usuario en el ámbito de las TIC.
- Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y conocimientos de forma razonada, tanto al público especializado como no especializado, de un modo claro y sin ambigüedades.

De esta manera, los beneficios esperados con el uso de esta herramienta se materializan en potenciar:

- La capacidad de aplicar los conocimientos teóricos de a la práctica.
- La capacidad de análisis y síntesis mediante la gestión de la información obtenida.
- La resolución de problemas mediante la resolución de casos de estudio de creciente complejidad.
- La toma de decisiones mediante el manejo de información a través de la herramienta informática en cuanto a las variables implicadas en cada caso (ej. excitaciones), parámetros con influencia en los procesos dominantes (rigidez, amortiguamiento, masa, etc.).

V. Actividades en marcha

V.1 Actividad 1. Difusión de la interfaz gráfica

Una vez generada la herramienta interactiva se pretende dar difusión a la misma y que otras universidades puedan hacer uso de ella una vez se haya empleado por parte del alumnado de la Universidad de Córdoba al menos durante un curso académico completo. Para ello, se le dará difusión a través de la página web del departamento y mediante la presentación de la misma en foros de carácter docente universitario.

V.2 Actividad 2. Evaluación del impacto de la herramienta en los resultados académicos

A partir del presente curso académico (2017-2018) se realizarán encuestas tanto para conocer la opinión crítica sobre la utilidad de la herramienta, así como para evaluar el grado de mejora en los resultados académicos del alumnado con respecto a cursos anteriores en las asignaturas y titulaciones indicadas en la sección 1.

References

- Declaración de Bolonia (1999). The Bologna Declaration on the European space for higher education: an explanation. <http://ec.europa.eu/education/policies/educ/bologna/bologna.pdf>
- FULLER, U.; PEARS A.; AMILLO, J.; AVRAM, C.; MANNILA, L. (2006): A computing perspective on the Bologna process, *ACM SIGCSE Bulletin*, 38: 115-131.
- HATCH, M. R. (2000): *Vibration simulation using MATLAB and ANSYS*. Chapman and Hall/CRC.
- MEIROVITCH, L. (1986): *Elements of vibration analysis*. McGraw Hill.
- MEIROVITCH, L. (1997): *Principles and techniques of vibration*. Prentice Hall.
- RAMOS, A.M.; CAURCEL, M.J.; RODRÍGUEZ, A. (2008). *Didáctica en el Espacio Europeo de Educación Superior. Guías de Trabajo Autónomo*. Madrid: EOS Universitario
- SHARPE L.; HU C.; CRAWFORD L.; GOPINATHAN S.; KHINE M.S.; MOO S.N; WONG, A. (2009) Enhancing multipoint desktop video conferencing (MDVC) with lesson video clips: recent developments in pre-service teaching practice in Singapore, *Teaching and Teacher Education*, 25: 336-343.
- SHEN, L.; WANG, M.; SHEN, R. (2009). Affective e-Learning: Using “Emotional” Data to Improve Learning in Pervasive Learning Environment, *Educational Technology & Society*, 12: 176-189.
- STEFANOVIC, M.; MATIJEVIC, M.; CVIJETKOVIC, V. (2009). Web-Based Laboratories for Distance Learning, *International Journal of Engineering Education*, 25: 1005-1012.

El Máster en Técnicas y Ciencias de la Calidad del Agua (IdeA): una apuesta por la formación especializada multidisciplinar para abordar los retos de la Directiva Marco del Agua

*Sánchez-Badorrey, Elena ⁽¹⁾; González López, Jesús ⁽²⁾;
Pozo, Clementina ⁽²⁾; Rueda, Francisco ⁽³⁾; Carrillo, Presentación ⁽⁴⁾*

(1) Dpto. M.E. e Ingeniería Hidráulica – Instituto de Investigación del Agua, Universidad de Granada, elenasb@ugr.es

(2) Dpto. Microbiología – Instituto de Investigación del Agua, Universidad de Granada, jgl@ugr.es y clpozo@ugr.es

(3) Dpto. Ingeniería Civil - Instituto de Investigación del Agua, Universidad de Granada, fjrueda@ugr.es

(4) Dpto. Ecología – Instituto de Investigación del Agua, Universidad de Granada, pcl@ugr.es

Resumen

La implementación de la Directiva Marco del Agua (DMA), supone afrontar retos científicos y tecnológicos importantes tanto en el ámbito empresarial y académico. La misión del máster en “Técnicas y Ciencias de la Calidad del Agua de la Universidad de Granada (IdeA)” es formar expertos capaces de abordar estos retos. En este trabajo se describe la estructura académica de este máster y se analizan los resultados obtenidos durante los primeros cinco años desde su implantación.

Palabras clave: Marco Europeo de Educación Superior (EEES), Directiva Marco del Agua (DMA), Calidad del agua, Ciencias y tecnologías del agua.

I. Introducción

Los países miembros de la UE se comprometieron con la adopción de la Directiva Marco del Agua (DMA, DIRECTIVA [2000/60/CE](#)) a un control periódico de las diferentes masas de agua con el objetivo de alcanzar el buen estado químico y ecológico de las mismas en la Unión Europea. La consecución de este objetivo exige la implantación de programas de restauración, medidas de tratamiento y control de la contaminación que suponen retos científicos y tecnológicos importantes en el ámbito empresarial como académico. La misión del máster en Técnicas y Ciencias de la Calidad del Agua (Máster IdeA) es formar profesionales y científicos capaces de abordar estos retos.

En la actualidad, los estudios de grado en materia de calidad del agua en la Universidad Española no están asociados a ninguna titulación en particular. Algunos grados que se imparten en España y que ofertan cursos relacionados con esta materia son: Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Ingeniería Civil), Ingenieros Agrónomos y de Montes, Ingeniería Geológica y de Minas, Ciencias Ambientales, Biología y Geología. La calidad del agua se aborda, pues, en el grado, de forma parcial (enfocada desde disciplinas muy concretas) y dispersa. Es a través del postgrado cómo un estudiante puede adquirir la visión más amplia e interdisciplinar que exige el estudio y análisis de los problemas asociados a la calidad del agua, por sus manifestaciones complejas y múltiples.

La propuesta académica del Máster IdeA de la Universidad de Granada surge de la necesidad de responder, desde una perspectiva integrada, a los retos científicos y tecnológicos que plantea la implementación de la Directiva Marco del Agua (DMA). Dicha propuesta fue diseñada por un equipo de investigadores multidisciplinar del Instituto Universitario de Investigación del Agua de la Universidad de Granada (IA-UGR). Desde su creación, el IA-UGR ha liderado diversas líneas de investigación fundamental y aplicada en relación al diagnóstico, tratamiento y predicción de la calidad del agua. El carácter multidisciplinar e integrado de la investigación realizada en el IA-UGR se pone de manifiesto a través de los 6 Grupos de Investigación del Plan Andalúz de Investigación que forman actualmente el Instituto.

La planificación de las enseñanzas del máster IdeA fue diseñada para ofrecer una visión integrada y multidisciplinar de los diferentes conocimientos y competencias requeridas para la evaluación, tratamiento y

predicción de la calidad de las masas de agua según la DMA. Pretende, además, responder a las necesidades de personal cualificado expresadas por los distintos agentes socio-económicos consultados a través de dos perfiles formativos: perfil científico y perfil profesional (HOTALING et al., 2012). El Máster IdeA ha sido diseñado para dar la posibilidad al alumno con un perfil de acceso científico o ingenieril una visión integrada y fundamentada del estado actual del conocimiento, métodos, técnicas y herramientas avanzadas necesarios para la implantación eficiente de la normativa ambiental derivada de la Directiva Marco del Agua (MOHTAR and ENGEL, 2000). Así como para la caracterización, evaluación y valoración de problemas complejos relativos a la calidad de las masas de agua y su contaminación en las distintas masas de agua definidas por la DMA: ríos, lagos y embalses, aguas de transición y costeras y aguas subterráneas.

El perfil de acceso de los alumnos al Máster IdeA se definió teniendo en cuenta el carácter multidisciplinar e integrado de sus contenidos y competencias. Así, tienen acceso al Máster IdeA los licenciados y graduados de amplio espectro de titulaciones oficiales enmarcadas dentro de las ramas de ingeniería y ciencias.

De conformidad con el Real Decreto 1393/2007, por el que se establece la ordenación de las Enseñanzas Universitarias Oficiales, en febrero de 2011 la propuesta presentada fue verificada (BOUGR, 2011; BOE, 2013). La implantación del Máster IdeA se realizó en el curso académico 2012/13 con una oferta de 30 plazas. Oferta que ha permanecido constante hasta la fecha. La propuesta académica inicial no ha sido sometida a ningún proceso de modificación hasta la fecha, por lo que el proyecto formativo y gran parte del profesorado del Máster no ha sufrido cambios significativos durante los cinco cursos siguientes a su implantación. Hasta la fecha, la titulación ha seguido los procedimientos de garantía de la calidad establecidos por la Universidad de Granada, y ha renovado la mención de calidad en enero de 2016. En el curso 2017/18, la titulación alcanza su sexta edición (Fig.1).

En este trabajo se analiza la estructura académica del Máster y de la evolución de los principales indicadores de calidad de la titulación. El objetivo es evaluar su validez como apuesta de formación especializada interdisciplinar para abordar los retos científicos y tecnológicos derivados de la implantación de la DMA.

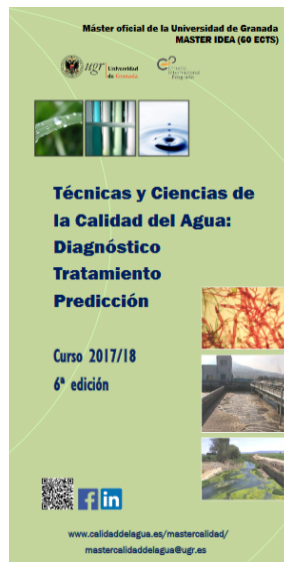


Figura 1. Portada del tríptico informativo de la 6ª Edición del Máster en Técnicas y Ciencias de la Calidad del Agua (disponible en <http://masteres.ugr.es/calidaddelagua/> en versión española e inglesa).

II. Estructura académica del Máster IdeA

Para obtener el título del Máster IdeA el alumno debe cursar 60ECTS de los 95ECTS ofertados. La estructura del máster se ha organizado en los siguientes módulos formativos (Fig.2):

Dos módulos obligatorios relativos a los siguientes contenidos:

- (1) Caracterización de procesos físicos, químicos y biológicos de interés para la evaluación del estado ecológico de las distintas masas de agua consideradas en el máster;

- (2) Tratamiento y análisis de datos para la calidad del agua;
- (3) Marco legal y valoración de la calidad del agua en las distintas masas de agua consideradas en el máster;
- (4) Caracterización de indicadores bióticos y abióticos relevantes para las distintas masas de agua consideradas de acuerdo a las DMA.

Tres especialidades, a elegir entre:

- (1) Técnicas de Bio-monitorización y Diseño de Estrategias de Recuperación de Sistemas Acuáticos Sometidos a Estrés (especialidad de Diagnóstico)
- (2) Tecnologías del Agua (especialidad de Tratamiento)
- (3) Técnicas Computacionales Aplicadas a la Calidad del Agua (especialidad de Predicción)

Dos módulos de intensificación, a elegir entre científica o profesional:

- (1) Para alumnos con perfil investigador, un módulo de intensificación investigadora (12 ECTS) en el que el alumno profundizará en su capacidad para diseñar, desarrollar y aplicar técnicas y herramientas punteras de investigación, en ámbitos tales como la bio-monitorización, la biorremediación o la modelización computacional, además de realizar prácticas de iniciación a la investigación (6 ECTS)
- (2) Para alumnos con perfil profesional, un módulo de prácticas en empresa (12 ECTS) en el que adquirirá experiencia profesional en empresas e instituciones expertas en la gestión de la calidad de agua

El trabajo de fin de máster (TFM, 6ECTS), obligatorio para todos los alumnos con independencia de su especialidad y perfil, aunque se contempla la posibilidad de elegir una orientación profesional o investigadora. Y que en todo caso, está orientado a la evaluación de competencias asociadas al título.

Figura 2. Resumen de propuesta formativa del Máster en Técnicas y Ciencias de la Calidad del Agua (IdeA). Total de créditos ofertados: 95ECTS. Total de créditos a cursar por el alumno: 60ECTS

II.1 Estructura detallada del plan de estudios

El plan de estudios del máster IdeA ha sido estructurado en módulos (Fig.2). Cada uno de los módulos formativos tiene un objetivo específico claro, que responde a las competencias generales y específicas que debe adquirir el alumno. A partir del objetivo de cada módulo, se definieron las materias y asignaturas que lo componen.

Módulo 1: CONOCIMIENTOS TRANSVERSALES	
Mat./Asignaturas	M1.1.1. Procesos hidrológicos superficiales (4 ECTS)
	M1.1.2. Procesos químicos y biológicos para la calidad del agua (5 ECTS)
	M1.2.1. Tratamiento y análisis de datos para la calidad del agua (6 ECTS)
Módulo 2: CALIDAD DEL AGUA: INDICADORES, NORMATIVA Y VALORACION	
Mat./Asignaturas	M2.1.1. Marco legislativo y normativa: Directiva Marco del Agua (2 ECTS)
	M2.1.2. Principios económicos de la gestión del agua (2 ECTS)
	M2.2.1 Sistemas lóticos (3 ECTS)
	M2.2.2 Sistemas lénticos (3 ECTS)
	M2.2.3 Aguas de Transición (3 ECTS)
	M2.2.4 Masas de agua subterránea (2ECTS)
Módulo 8: TRABAJO DE FIN DE MASTER	
Mat./Asignatura	M8.1.1. Trabajo de fin de máster (6ECTS)

Tabla 1. Materias y asignaturas que componen los módulos obligatorios de la titulación, incluido el Trabajo de Fin de Máster.

Así, por ejemplo, los objetivos de los módulos obligatorios de Máster IdeA son los siguientes:

Objetivo del Módulo de conocimientos transversales (M1): dotar a los estudiantes del Máster IdeA de un marco conceptual común e interdisciplinar de los procesos físicos, químicos y biológicos de interés para la caracterización del estado ecológico y químico de las siguientes masas de agua (sistemas lóticos y redes, lénticos, aguas de transición y costeras, aguas subterráneas), así como de las herramientas de tratamiento y análisis espacio-temporal de las variables asociadas a los mismos, que permiten determinar, de forma integral e integrada, la calidad de las aguas .

Objetivo del Módulo de calidad del agua: indicadores, normativa y valoración (M2): proporcionar a los alumnos del Máster IdeA el conocimiento fundamentado, capacidad de análisis e interpretación de los indicadores de la calidad de las siguientes masas de agua (sistemas lóticos y redes, lénticos, aguas de transición y costeras, aguas subterráneas), acuerdo con la múltiple normativa vigente desde una perspectiva holista y atendiendo a la valoración de los servicios ecosistémicos asociados.

Objetivo del Módulo de trabajo de fin de máster (M8): formar al alumno para: (1) el análisis autónomo, resolución y presentación de problemas complejos relacionados con el diagnóstico, tratamiento o predicción de la calidad, el estado ecológico y el estado químico de las masas de agua; (2) formular juicios con criterio en el ámbito científico y profesional sobre la base del conocimiento, técnicas y herramientas aprendidas y del método científico adquirido; y que incluyan reflexiones sobre las responsabilidad sociales y éticas vinculadas a la aplicación de los mismos y a los juicios emitidos.

Las asignaturas correspondientes a estos módulos se detallan en la Tabla 1. En las Tablas 2 y 3 se detallan, respectivamente, las asignaturas incluidas en los módulos de especialidad y de intensificación científica y profesional.

III. Análisis de evolución indicadores de calidad y retos de futuro

Desde la implantación del Máster IdeA en el curso 2012/13, la Unidad de Calidad, Innovación y Prospectiva de la Universidad de Granada ha hecho un seguimiento anual entre el alumnado del máster de los siguientes indicadores de calidad: (1) indicador de satisfacción de la titulación, (2) indicador de satisfacción con las prácticas externas, (3) indicador de satisfacción con la web del título, (4) indicador de rendimiento académico y (5) indicador de demanda de la titulación.

Módulo 3 (Especialidad Diagnóstico): TÉCNICAS DE BIOMONITORIZACIÓN Y DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE RECUPERACIÓN DE SISTEMAS ACUÁTICOS SOMETIDOS A ESTRÉS	
Mat./Asignaturas	M3.1.1. Indicadores moleculares (3 ECTS)
	M3.1.2. Indicadores microbianos (3 ECTS)
	M3.2.1 Métodos ecotoxicológicos (3 ECTS)
	M3.2.2. Conservación de ecosistemas acuáticos (3 ECTS)
Módulo 4 (Especialidad Tratamiento): TECNOLOGÍAS DEL AGUA	
Mat./Asignaturas	M4.1.1. Diseño y construcción de plantas de tratamiento (3 ECTS)
	M4.1.2. Tec. avanzadas de tratamiento de aguas residuales urbanas (3 ECTS)
	M4.2.1. Tratamiento de aguas residuales industriales (3 ECTS)
	M4.3.1. Gestión de la calidad del agua en captaciones, redes de distribución y saneamiento (3 ECTS)
Módulo 5 (Especialidad Predicción): TÉCNICAS COMPUTACIONALES PARA LA PREDICCIÓN Y EL TRATAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA	
Mat./Asignaturas	M5.1.1. Análisis numérico para la predicción y tratamiento de la calidad del agua (3ECTS)
	M5.2.1. Contaminación en masas de agua (5 ECTS)
	M5.2.2 Contaminación en interfases (4 ECTS)

Tabla 2. Materias y asignaturas que componen los módulos que definen las tres especialidades ofertadas por el máster en Técnicas y Ciencias de la Calidad del Agua

Módulo 6: INTENSIFICACIÓN CIENTÍFICA^(*) (perfil investigador)	
Mat./Asignaturas	M6.1.1. Prácticas de investigación (6ECTS)
	M6.2.1 Métodos computacionales avanzados (3 ECTS)
	M6.2.2. Técnicas de programación avanzada (3 ECTS)
	M6.3.2. Usos de los macrófitos en el diagnóstico de la calidad del agua (3ECTS)
	M6.4.1. Modelado y control de bioreactores (3ECTS)
	M6.7.1. Biorremediación (3 ECTS)
	M6.1.1.Técnicas analíticas en el control de la calidad del agua (3 ECTS)
Módulo 7: PRÁCTICAS DE EMPRESA (perfil profesional)	
Mat./Asignaturas	M7.1.1. Prácticas de empresa (12ECTS)

Tabla 3. Materias y asignaturas que componen los módulos de intensificación científica y profesional del máster en Técnicas y Ciencias de la Calidad del Agua. ^(*) Sólo se incluyen las materias y asignaturas propias del Máster IdeA, no las que se reconocen para este módulo de otros másteres oficiales.

Con los resultados disponibles hasta la fecha (cursos 2012/13 a 2015/16), la evolución temporal de estos indicadores muestran:

Un incremento sostenido del indicador de satisfacción del alumnado con la titulación. Para todo el periodo analizado, este indicador presenta valores por encima del valor medio para otras titulaciones del área y para el conjunto de la Universidad de Granada. Su evolución no parece responder tanto a acciones de mejora puntuales de la titulación, como al mantenimiento y fomento de actividades de apoyo a los estudiantes que ya se contemplaban en la memoria de verificación del título (jornadas de recepción, asignación de un tutor académico al inicio del máster, encuestas internas de satisfacción al finalizar cada módulo).

Un incremento significativo en la valoración de las prácticas externas por parte del alumnado a partir del curso académico 2013/14. Este incremento parece estar asociado a la puesta en marcha de una acción de mejora específica para: (1) potenciar la coordinación entre los tutores académicos y de empresa, y (2) ampliar la oferta de prácticas con empresas e instituciones de ámbito nacional.

Un aumento continuado de la demanda de la titulación (Tabla 4), con un número de solicitudes por plaza ofertada (30 plazas ofertadas) de 3,53 en el curso 2016/17 y un porcentaje de ocupación (ratio entre el número de alumnos matriculados y el número de plazas ofertadas) del 100%. El porcentaje de alumnas entre los estudiantes matriculados es variable y que oscila entre el 43% y el 65% en el periodo analizado.

Curso académico	Nº de solicitudes por plaza	Nº de solicitudes	Nº de alumnos matriculados y % de ocupación	Nº de mujeres matriculadas y % respecto al total
2012/13	2,10	63	24 (80%)	11 (46%)
2013/14	2,33	70	23 (77%)	12 (52%)
2014/15	2,10	63	29 (97%)	19 (65%)
2015/16	3,53	106	30 (100%)	13 (43%)

Tabla 4. Indicadores de calidad del Máster en Técnicas y Ciencias de la Calidad del Agua hasta la fecha: demanda de la titulación. Fuente: Unidad de Calidad, Innovación y Prospectiva de la Universidad de Granada. Curso de implantación del Máster IdeA: 2012/13. Número total de plazas ofertadas: 30.

V. Conclusiones

La implementación de las exigencias de la Directiva Marco del Agua, supone afrontar retos científicos y tecnológicos importantes tanto en el ámbito empresarial como académico. La misión del Máster IdeA es formar expertos (profesionales y científicos) capaces de abordar estos retos. La estructura académica y el plan de estudios del título se diseñó desde una perspectiva multidisciplinar dando prioridad a esa misión. El plan de estudios se ha formulado para que pueda ser realizado en un curso académico (60ECTS) con dedicación a

tiempo completo. En él se combina la formación rigurosa en técnicas avanzadas con el contacto con casos prácticos, y es impartido por una plantilla docente multidisciplinar e internacional.

Los principales indicadores de calidad (satisfacción del alumnado y demanda de la titulación) muestran una evolución favorable, con valores por encima de lo esperado. Estos valores y la evolución temporal de estos indicadores apuntan a que el proyecto formativo del Máster IdeA se ha ido consolidando desde su implantación en el curso 2012/13.

Referencias

BOE (2013). Resolución de 17 de enero de 2013, de la Secretaría General de Universidades, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 23 de noviembre de 2012, por el que se establece el carácter oficial de determinados títulos de Máster y su inscripción en el Registro de Universidades, Centros y Títulos. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 34 de 8 de febrero de 2013, páginas 11353-11361 (2013).

BOUGR (2011). Consejo de Gobierno de la Universidad de Granada (2011): Normativa de Órganos Colegiados: NCG38/5. Máster Universitario en Técnicas y Ciencias de la Calidad del Agua. *Boletín Oficial de la Universidad de Granada*, núm. 38 de 23 de febrero de 2011.

DIRECTIVA [2000/60/CE](#) del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (DO L 327 de 22.12.2000, pp. 1-73)

HOTALING, N., BURKS, B., BOST, L., HERMAN, C. and FOREST, C. (2012). A quantitative analysis of the effects of a multidisciplinary engineering capstone design course. *Journal of Engineering Education*, 101 (4): 630-656, doi: 10.1002/j.2168-9830.2012.tb01122.x

MOHTAR, R.H. and ENGEL, B.A. (2000). WWW-based water quality modeling systems to enhance student learning. *Journal of Engineering Education*, 89 (1): 2168-9830, doi: 10.1002/j.2168-9830.2000.tb00498.x

Universidad de Granada, Máster en Técnicas y Ciencias de la Calidad del Agua, <http://masteres.ugr.es/calidaddelagua/>

Desarrollo de software para la implementación en Moodle de ejercicios prácticos de Análisis de Estructuras con enunciado personalizado para cada alumno

Rodríguez Jerónimo, Gracia ⁽¹⁾; Suárez Medina, Francisco Javier ⁽²⁾; Granados Romera, Juan José ⁽³⁾; Vallecillo Capilla, Ángel ⁽⁴⁾; Vallecillo Zorrilla, Ángel ⁽⁵⁾

(1) Dpto. Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, Universidad de Granada, grodger@ugr.es (PSI)

(2) Dpto. Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, Universidad de Granada, fjsuarez@ugr.es (PTI)

(3) Dpto. Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, Universidad de Granada, jjgr@ugr.es (PTI)

(4) Dpto. Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, Universidad de Granada, avc@ugr.es (PTI)

(5) Dpto. Expresión Gráfica en la Arquitectura y en la Ingeniería, Universidad de Granada (B)

Resumen

Las disciplinas de Análisis de Estructuras requieren que los alumnos asimilen procedimientos de cálculo para dimensionar elementos estructurales reales. Se presenta una metodología consistente en el desarrollo de ejercicios prácticos con datos de partida distintos para cada alumno, mediante la Plataforma Prado2, y haciendo uso de hojas de cálculo y un script de Python para su implementación en Prado2 (Moodle).

Palabras clave: Análisis de estructuras, E-learning, Prado2 (Moodle), Python, Hojas de cálculo

I. Introducción

El cálculo y análisis de estructuras constituye una de las disciplinas básicas en las titulaciones de Ingeniería y Arquitectura. El objetivo de las asignaturas de estructuras, es conseguir que el alumno, a partir de la comprensión de los fundamentos teóricos del comportamiento mecánico de los materiales, asimile una serie de procedimientos de cálculo para el dimensionamiento de elementos estructurales reales.

Como parte del proceso de impartición de la asignatura, el profesor resuelve en clase varios ejercicios prácticos, que han sido seleccionados intencionadamente para que incluyan los aspectos conceptuales más relevantes de los fundamentos teóricos explicados previamente.

A su vez, dentro del sistema de evaluación continua y durante el transcurso del semestre se plantea la realización por los alumnos de ejercicios prácticos.

Inicialmente, los datos de partida de los problemas eran idénticos para todos los alumnos, y como consecuencia, algunos estudiantes reproducían las de otros compañeros sin molestarse en resolverlos por sí mismos. Al no trabajar los ejercicios prácticos, difícilmente aprendían y asimilaban los procedimientos de cálculo explicados en clase, lo que obstaculizaba el proceso de aprendizaje.

A su vez el rendimiento académico era muy bajo, y la resolución de las prácticas por parte de los alumnos no les reportaba ningún beneficio, como herramienta preparatoria del examen.

Con objeto de corregir esta situación se modificó la metodología docente aplicada, de modo que cada alumno resolviera ejercicios prácticos con datos de partida distintos.

Para ello se han desarrollado plantillas con una aplicación de hojas de cálculo (Excel, OpenOffice Calc, LibreOffice Calc) que facilita la supervisión y corrección del trabajo desarrollado por los alumnos en el propio aula durante el transcurso de la clase y/o a través de la Plataforma de Apoyo a la Docencia Presencial PRADO2.

La metodología descrita ha sido aplicada durante varios cursos académicos en las asignaturas “Fundamentos de Estructuras” del Grado en Arquitectura y “Teoría de Estructuras” del Grado de Ingeniería Civil, de la Universidad de Granada.

El desarrollo de esta metodología docente persigue los siguientes objetivos: mejora del rendimiento académico de los alumnos de la asignatura, participación activa del alumno durante las clases y evaluación continua del trabajo del alumno.

El interés de esta metodología radica en que en otras experiencias similares se ha puesto de manifiesto que los índices más altos de aprobados se encuentran entre los alumnos que han realizado un alto porcentaje de las prácticas propuestas.

II. Metodología docente

A lo largo de la semana las clases de las asignaturas Fundamentos de Estructuras y Teoría de Estructuras, se agrupan en dos bloques:

- bloque teórico: se exponen los conceptos y fundamentos teóricos necesarios;
- bloque práctico: dedicado a la resolución de ejercicios prácticos.

Al concluir cada bloque temático, y durante la clase de prácticas, el profesor plantea en la pizarra un problema o ejercicio. Los datos del problema serán diferentes para cada alumno y pueden consultarlos accediendo a la Plataforma Prado2.

El profesor expone el esquema del proceso de resolución del ejercicio.

A continuación el alumno, de forma individual o en grupos de dos o tres, procede a la resolución del ejercicio práctico, con la tutoría y asistencia permanente del profesor. A su vez el profesor cuenta con un ordenador, en el que previamente ha implementado las hojas de cálculo que permiten resolver de forma inmediata el ejercicio con datos iniciales diferentes.

De esta manera el profesor puede comprobar en cualquier momento, la bondad de los resultados parciales obtenidos por cualquier alumno. Como cada alumno trabaja con datos distintos –personalizados–, para poder completar su tarea debe involucrarse por completo en la comprensión del proceso de resolución del ejercicio práctico.

Una vez que el alumno entrega el ejercicio resuelto e introduce los resultados obtenidos a través de la Plataforma Prado2, el profesor expone en la pizarra la resolución completa del ejercicio, estableciéndose un debate con alta participación del alumnado (no en vano durante varias horas ha estado concentrado en el mismo), sobre el proceso de resolución.

Posteriormente y con la ayuda de las funcionalidades de la Plataforma Prado2, el profesor puede corregir los ejercicios con datos de partida diferentes para cada alumno, y comunicar los resultados de la corrección en la semana siguiente.

Por último, la evaluación de todas las prácticas programadas se adjunta a la puntuación del examen final para obtener la nota final de la asignatura.

III. Implementación en Prado2 de ejercicios prácticos con enunciado personalizado para cada alumno

La metodología que ahora se presenta se está implementando en los últimos cursos académicos:

- Curso académico 2015-16, se han elaborado las plantillas Excel para cada una de las prácticas planteadas a lo largo del cuatrimestre de las asignaturas Fundamentos de Estructuras y Teoría de Estructuras. Los alumnos han resuelto dichos ejercicios prácticos con enunciado personalizado para cada alumno.

El proceso de revisión en clase y de corrección posterior, se apoya en estas plantillas elaboradas con una aplicación de Hojas de Cálculo. La corrección de este modo planteada es más fácil y rápida.

- Curso académico 2016-17, se han implementado cada una de las prácticas en la Plataforma de Apoyo a la Docencia Presencial PRADO2. A través del bloque Administración (Banco de preguntas), se han creado una serie de cuestionarios (Fig. 1) que se muestran con datos diferentes para cada alumno.

A partir del presente curso académico la corrección de las prácticas se realiza con la ayuda de la plantilla de hoja de cálculo, y/o a través de la Plataforma Prado2.

Al implementar en Prado2 los cuestionarios correspondientes a cada uno de los ejercicios prácticos, se puede aprovechar las funcionalidades que esta plataforma posee, en relación con la evaluación del trabajo realizado por todos los alumnos, pues agiliza la corrección de las prácticas y permite gestionar los resultados fácilmente. No obstante, cada uno de los ejercicios prácticos planteados tienen un procedimiento de resolución diferente, y las fórmulas que hay que introducir tanto en la plantilla Excel como en Prado2 pueden tener bastante complejidad, lo que dificulta la creación en Moodle de cuestionarios mediante preguntas calculadas.

FUNDAMENTOS DE ESTRUCTURAS - 1617 (COMÚN)

Página Principal ► Mis cursos ► Grados 16-17 ► GRADUADO EN ARQUITECTURA (2010) ► FUNDAMENTOS ESTRUCT (1617)-209_11_32_1617 ► Tema 5: Teoremas de Mohr ► Cuestionario_Práctica nº 2 ► Vista previa

Navegación por el cuestionario

1 Terminar intento...

Comenzar una nueva pr evisualización

Navegación

Administración

Pregunta 1

Sin responder aún

Puntúa como 68,00

Marcar pregunta

Editar pregunta

La estructura indicada en la figura está sometida a la acción de una carga horizontal en el nudo B de valor $p=6\text{ t}$, y ocasionalmente a la acción horizontal del viento $q=1\text{ t/m}$ en las barras ED y DC.

Donde:

$$EI = 10^4 \text{ t.m}^2,$$

$$h = 10,0 \text{ m},$$

$$l = 9,0 \text{ m},$$

$$d = 6,0 \text{ m}.$$

Figura 1. Ejemplo de cuestionario asociado a una Práctica en Prado2

La metodología aplicada requiere crear para cada ejercicio práctico una plantilla con una aplicación de Hoja de Cálculo y basándose en esta plantilla, preparar en Prado2 los cuestionarios de preguntas con respuestas anidadas (Cloze) (Fig. 2) o con respuestas múltiples.

A lo largo del presente curso, el profesor Juan José Granados Romera ha elaborado un script con Python, que permite generar los cuestionarios con variantes (distintos valores de las variables) a partir de las plantillas de Excel, e implementar dichos cuestionarios en Prado2.

Hipótesis I: actúa solamente la carga p

Para la hipótesis de carga I, indique:

- La reacción vertical en el apoyo A es (se considera positiva si tiene sentido hacia arriba):
- La reacción vertical en el apoyo E (se considera positiva si tiene sentido hacia arriba) es:

☐ -6.67t
 ☐ 5.9t
 ☐ -6.6t
 ☐ 4.3t
- Seleccione a continuación, el valor correcto de los esfuerzos en cada uno de los nudos:

NUDO	MOMENTO FLECTOR	ESFUERZO AXIL	ESFUERZO CORTANTE
A	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
B (Tramo AB)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
B (Tramo BC)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
C (Tramo BC)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
C (Tramo CD)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
D (Tramo CD)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
D (Tramo ED)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
E	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

- Cuando se aplican los Teoremas de Mohr generalizados (para piezas rectas con puntos angulosos en su directriz y simplemente apoyadas), el giro de la estructura correspondiente al Estado II es: rad.
- Después de aplicar los Teoremas de Mohr generalizados, seleccione a continuación los desplazamientos y giros totales en cada uno de los nudos:

NUDO	DESPLAZAMIENTO HZTAL (u , m)	DESPLAZAMIENTO VERTICAL (v , m)	GIROS (θ , rad)
A	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
B	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
C	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
D	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
E	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Figura 2. Ejemplo de cuestionario con respuestas anidadas asociado a una Práctica implementada en Prado2

III.1 Plantilla para corrección en hoja de cálculo

Las plantillas de los ejercicios prácticos planteados, se han implementado en hojas de cálculo (Excel, OpenOffice Calc, LibreOffice Calc). Dichas plantillas parten de unas variables (Fig. 3), cuyos valores son distintos para cada alumno, y permiten la corrección y supervisión de los ejercicios prácticos personalizados para cada alumno durante el transcurso de la clase.

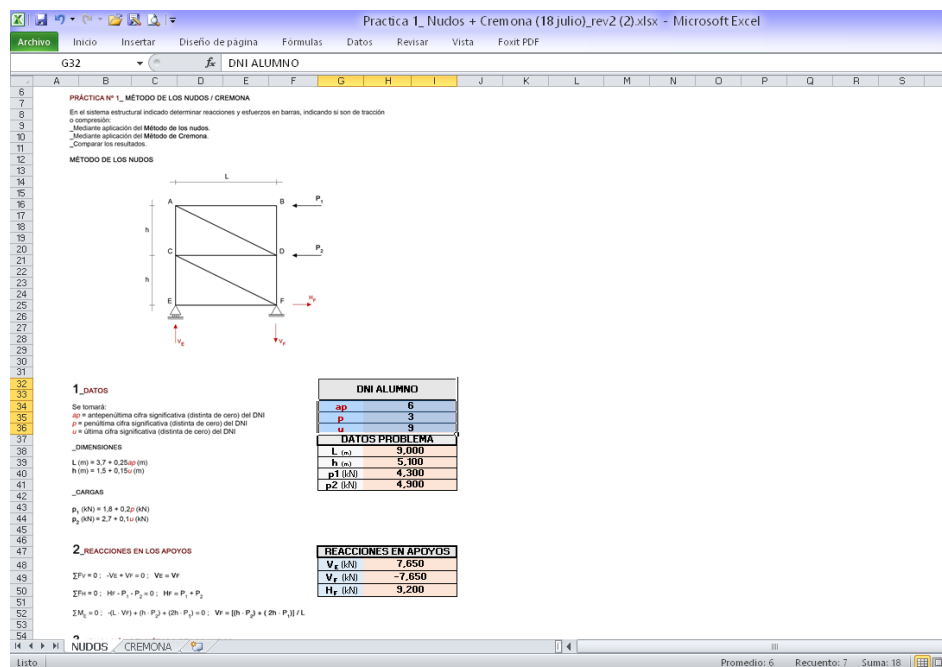


Figure 3. Hoja de cálculo para ejercicio práctico (datos de partida: DNI del alumno)

III.2 Script de Python

El script de Python genera de forma automática las variantes de cada uno de los problemas prácticos implementados en sus correspondientes hojas de cálculo, para posteriormente ser importadas a Prado2. Los alumnos introducen los resultados del ejercicio a través de la Plataforma Prado2, lo que facilita y agiliza la corrección de las prácticas, así como la gestión de los resultados.

IV. Objetivos de la metodología

La metodología docente aplicada pretende alcanzar los siguientes objetivos relativos a la eficacia del proceso de enseñanza-aprendizaje:

- Mejora del rendimiento y motivación académica de los alumnos.
- Mayor interacción y relación alumno-profesor y alumno-alumno.
- Participación activa del alumno durante el desarrollo de las clases.
- Eliminación del anonimato del alumno frente al profesor.
- Aumento de la capacidad de auto-aprendizaje del alumno.
- Evaluación continua del trabajo del alumno.

En cuanto a los objetivos particulares relacionados con el proceso de aprendizaje de los alumnos, destacamos:

- Capacitación profesional.
- Independencia profesional.
- Desarrollar la capacidad de análisis de los sistemas estructurales.
- Interiorizar los conocimientos teóricos explicados en clase.

Por último, indicar que los estudiantes también adquirirán habilidades que a lo largo de su vida profesional les permitirán resolver con éxito las dificultades que se encuentren a diario (de acuerdo con el informe del Fondo Económico Mundial). Estas son:

- Habilidades básicas: ciencias, las tecnologías de información en comunicación (TICs)
- Competencias que involucran el pensamiento crítico y la resolución de problemas, la creatividad, la comunicación y la colaboración.
- Cualidades del carácter: curiosidad, iniciativa, persistencia y adaptabilidad.

V. Eficacia de la metodología docente

La evaluación continua de las tareas (prácticas de clase), el esfuerzo académico realizado por el alumno, permite obtener información sobre el grado de aprendizaje de los alumnos y la adquisición de las habilidades necesarias para desempeñar las futuras competencias.

La eficacia de la metodología docente aplicada y de la dinámica de trabajo, se evaluará contrastando los resultados relativos a varios cursos académicos sucesivos, de los siguientes parámetros docentes:

- nº de alumnos matriculados en la asignatura;
- nº de alumnos que han realizado la totalidad de las prácticas de estructuras correspondientes al curso académico;
- nº de alumnos que han realizado un porcentaje elevado de las prácticas de estructuras correspondientes al curso académico;
- resultados de la evaluación de las prácticas realizadas;
- nº de alumnos que se presentan al examen final;
- nº de alumnos que han aprobado el examen;
- correlación entre los alumnos que han aprobado el examen final y los alumnos que han realizado las prácticas correspondientes al curso académico.

Tras analizar los datos correspondientes al curso académico 2016-17 se observa que el 77% de los alumnos que realizaron la totalidad de las prácticas han superado la asignatura, lo que demuestra la validez de la metodología propuesta. Si bien, se hace preciso contrastar estos datos durante varios cursos académicos consecutivos.

VI. Conclusiones

La metodología docente aplicada pretende que los alumnos matriculados en las asignaturas de análisis de estructuras adquieran las competencias necesarias, e interioricen los conocimientos teóricos mediante el trabajo continuo, desarrollado con motivo de la realización de las prácticas, que a partir de datos diferentes para cada uno, les obliga a analizar y profundizar en el proceso de resolución de los problemas prácticos de forma individual.

Para agilizar la corrección de dichos ejercicios se han desarrollado plantillas en hoja de cálculo específicas para cada problema, y posteriormente se han implementado en Prado2 haciendo uso de un script de Python que permite el desarrollo de cuestionarios con respuestas anidadas y/o opciones múltiples.

Al usar la plataforma Prado2 se aprovechan las funcionalidades que esta plataforma posee, en relación con la evaluación del trabajo realizado por todos los alumnos y la gestión de resultados.

Finalmente, durante el curso 2016-17, la validez de metodología se ha puesto de manifiesto pues los alumnos que realizaron las prácticas presentaron mayores tasas de rendimiento académico.

Referencias bibliográficas

- BARRINGTON, R. (2014). *Moodle Gradebook: explore the Moodle Gradebook and discover how to set up and customize it to track students' progress*. Packt Publishing
- CEVUG. *Prado 2, Plataforma de apoyo a la docencia*. Granada: Universidad de Granada (<https://prado.ugr.es/>)
- DOWNEY, A. (2002). *Aprenda a pensar como un programador con Python*. Massachusetts: Green Tea Press
- FANGOHR, H. (2014). *Introduction to Python for Computational Science and Engineering (A beginner's guide)*. Southampton: University of Southampton
- MARZAL, A. et. al. (2014). *Introducción a la programación con Python 3*. Castellón de la Plana: Universitat Jaume I
- ROMERO, L. M^a (2013). *La plataforma Moodle: una herramienta de código abierto para la formación y la colaboración en los campus virtuales*. Sevilla: UNED

Clases grabadas en video: un material docente complementario

Gil-Martín, Luisa María ⁽¹⁾ y Hernández-Montes, Enrique ⁽¹⁾

(1) Departamento de Mecánica de Estructuras e I.H., Universidad de Granada, e-mail: mlgil@ugr.es; emontes@ugr.es

Resumen

En este artículo se presentan los resultados de una experiencia docente puesta en marcha en la Universidad de Granada en la asignatura de Hormigón Armado. Además de las teóricas y prácticas presenciales tradicionales, el alumno ha tenido acceso a clases grabadas en video. Se analiza aquí el seguimiento de las clases virtuales así como su influencia en los resultados académicos.

Palabras clave: Docencia virtual, rendimiento académico.

I. Introducción

La educación no presencial o a distancia en España no es nueva y, de hecho, la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) nació en 1972 para permitir el acceso a la educación superior a personas de núcleos de población sin universidad. Sin embargo, este tipo de enseñanza era demandada principalmente por personas adultas que compaginaban su vida profesional con sus estudios universitarios bien para continuar con su formación o bien para hacerse con una primera titulación universitaria. Tradicionalmente en España, la educación a distancia había sido poco demandada por adolescentes que solían optar por desplazarse a las ciudades con universidades consolidadas para formarse.

En los últimos años el desarrollo de internet ha eliminado el handicap de la distancia poniendo todo al alcance de un “cliq” lo que ha supuesto un cambio en los modelos de educación y aprendizaje y, de hecho, en el siglo XXI la educación a distancia se ha convertido en una alternativa real a la tradicional. Es evidente el aumento tanto de la oferta como de la demanda de estudios universitarios a distancia por lo que, para mantener el nivel de matriculaciones, las universidades tradicionales se han visto obligadas a ampliar o reorientar su oferta educativa apoyándose en las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).

Actualmente son muchas las plataformas “on line” que ofrecen cursos de gran calidad. Algunas plataformas, como iTunes U, se basan en videos cortos denominados “píldoras de información” que permiten al usuario aprender o mejorar sus habilidades en todo tipo de actividades. En el ámbito de la educación universitaria, plataformas como Coursera han supuesto una revolución y han permitido la difusión de los MOOCs (Massive Open Online Course) o COMAs (curso online masivo abierto), cursos abiertos disponibles a través de Internet. Estas plataformas están por completo consolidadas y ofrecen contenidos en prácticamente todas las ramas de conocimiento, incluida la ingeniería, impartidos por prestigiosos profesores de las mejores universidades del mundo (Harvard, Stanford, Pensilvania, México, Illinois en Urbana-Champaign, ...).

En red el alumno dispone de textos interactivos, videos pregrabados y cuestionarios y, en general, de todo el material necesario para superar el curso y obtener el correspondiente certificado, que es reconocido a nivel mundial. Una gran ventaja de estas plataformas es de tipo económico ya que, en la mayoría de los casos, el alumno puede visionar las clases online sin necesidad de inscribirse en el curso y, por tanto, sin pagar ningún tipo de matrícula (salvo que esté interesado en obtener el correspondiente certificado).

Este nuevo tipo de educación, la virtual, tiene ventajas objetivas (FLORIDO BACALLAO, 2003). De entre ellas se pueden destacar las siguientes:

- es posible un seguimiento individualizado de cada alumno que realiza el curso;
- el alumno puede adaptar el estudio a su tiempo disponible, posibilitando un aprendizaje autorregulado;
- es posible repetir la actividad tantas veces como sea necesario hasta comprender el concepto, lo que permite seguir el ritmo del curso;
- el alumno puede estudiar desde casa, con el consiguiente ahorro para la familia.

Sin embargo, la educación puramente virtual presenta inconvenientes. Según (FIDALGO & SEIN-ECHALUCE, 2015), la tasa de abandono es muy alta (entre el 75 y el 95%), sobre todo en las primeras semanas. Otro gran inconveniente de los COMAs es que se centran en el contenido y en el proceso de aprendizaje más que en la evaluación o en la verificación de la adquisición de competencias por parte del alumnado. Además de que no todos los estudiantes son capaces de asimilar los conceptos exclusivamente a través de la pantalla del ordenador, el aprendizaje basado exclusivamente en COMAs tiene el peligro de

afectar negativamente al desarrollo social del individuo (LYNCH, www.educacionline.com) e incluso generar carencias en el campo de las habilidades sociales. Tradicionalmente durante la etapa universitaria el individuo se ha sociabilizado y estudiar desde casa puede llevar al individuo a un distanciamiento social consecuencia de no tener contacto directo con compañeros. Este último aspecto es muy importante ya que si se elimina el trato humano (tanto entre compañeros como entre alumno-profesor) el proceso de enseñanza en la etapa formativa universitaria se deshumaniza y, a medio-largo plazo, esto tendrá efectos negativos para la persona.

Una manera de aprovechar las ventajas de la docencia virtual y minorar o eliminar sus inconvenientes es emplear ésta como complemento de la docencia presencial tradicional. Una experiencia docente en esta línea se ha llevado a cabo en la Universidad de Granada en una asignatura tecnológica: el Hormigón Armado.

Ha quedado patente además que el alumno motivado tiende a recurrir a lo que se ha denominado aprendizaje invertido, en auge en la educación superior americana, que implica que antes de asistir a clase, el alumno ha visionado la clase pregrabada y aprovecha la clase para plantear cuestiones o dudas sobre la misma, aprovechando de esta manera al máximo la docencia presencial (WWW.CISCO.COM).

II. Experiencia docente en la asignatura de Hormigón Armado en el GIC y extinguido título de ICCP en la Universidad de Granada

Tradicionalmente, en los modelos educativos a distancia el material didáctico sustituye a la explicación del profesor siendo el alumno quien se auto-impone la obligación de estudiar en casa cada materia usando textos programados. Sin embargo, este modelo pasivo de aprendizaje presenta algunas desventajas (BARRANTES, 1998) que, en el caso de asignaturas tecnológicas pueden suponer gran escollo para el alumno.

En las asignaturas puramente tecnológicas el alumno ha de entender los conceptos fundamentales para ser capaz de abordar problemas particulares. En muchos casos estos conceptos implican tantas variables que son difíciles de aprender por uno mismo siendo, en estos casos, fundamental la misión del profesor en el aula. Asociado a lo anterior surge el problema de que, si un alumno no asiste a clase - o si asiste pero no atiende – es muy posible que no sea capaz de estudiar y comprender por sí mismo el tema.

El aprendizaje de las asignaturas tecnológicas suele ser continuo, es decir, los conceptos impartidos en unos temas son necesarios para abordar temas posteriores. Así pues, si un alumno no entiende determinados conceptos fundamentales es muy probable que quede descolgado del curso aún cuando disponga de un buen libro de texto como apoyo de las explicaciones que el profesor imparte durante la clase.

En la Figura 1 se resumen las estadísticas de alumnos No Presentados en la asignatura de Hormigón Armado en los últimos años. En la figura se puede ver cómo la media de alumnos que no siguieron la materia entre los cursos 09/10 y 14/15 fue del 21%.

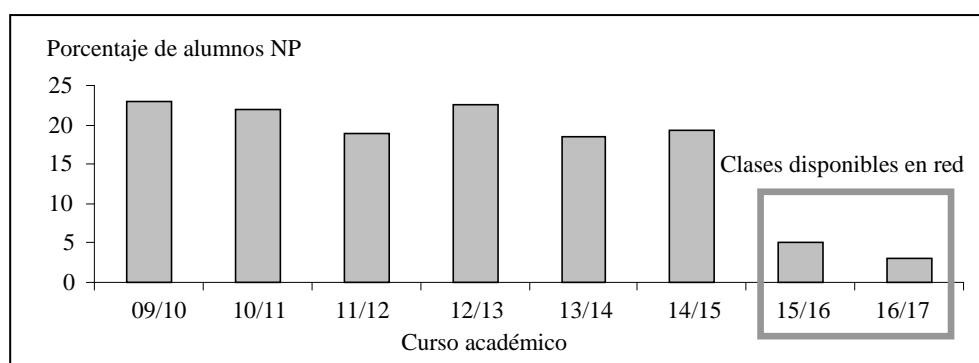


Figura 1. Porcentaje de alumnos No Presentados al examen de hormigón en los últimos años.

Las clases de hormigón armado impartidas por Enrique Hernández, segundo autor de esta ponencia, durante el curso 14/15 fueron grabadas por profesionales del Centro de Instrumentación Científica de la ugr, editadas y publicadas en red a medida que estaban listas. Teniendo en cuenta que el proceso de revisado de las grabaciones y de edición fue lento, las clases no estuvieron disponibles para ser visionadas en su totalidad hasta el curso siguiente, 15/16.

Durante los cursos 15/16 y 16/17, además de las clases presenciales, las prácticas y los libros de texto de la asignatura los alumnos tuvieron la posibilidad de visionar tantas veces como quisieran las clases grabadas. En este caso concreto, las clases están disponibles en la web de la ugr (<https://ga3.ugr.es>) y en youtube (<https://www.youtube.com>).

En la Fig. 1 se aprecia como durante los dos últimos cursos los alumnos que no han seguido la asignatura ha disminuido considerablemente (hasta un 5%) en relación con los años anteriores.

Como se puede ver en la tabla de la Fig. 2, prácticamente la totalidad de las clases teóricas están disponibles en red. En la tercera columna se indica el número de veces que han sido vistas y en la última columna se especifica la duración de cada una de ellas. Teniendo en cuenta que el material virtual ha sido subido a la red hace tan solo dos años, que el idioma es español y que el tema que aborda es muy específico, el número de visualizaciones ha sido muy significativo.

	Dirección	Visionado (a 17-07-17)	Duración
C_1. Introducción	https://ga3.ugr.es/video/169	2068 veces	14' 46'
C_2. Método de los Estados Límite	https://ga3.ugr.es/video/170	2578	76' 11"
C_3. Características Mecánicas del Hormigón I	https://ga3.ugr.es/video/171	1804	50' 34"
C_4. Características Mecánicas del Hormigón II	https://ga3.ugr.es/video/172	1310	14' 41"
C_5. Acero	https://ga3.ugr.es/video/173	1223	13' 18"
C_6. Bielas y Tirantes I	https://ga3.ugr.es/video/174	1512	22' 28"
C_7. Bielas y Tirantes II	https://ga3.ugr.es/video/175	1309	32' 27"
C_8. resolución de celosías por el método de las secciones	https://ga3.ugr.es/video/176	1335	34' 51"
C_9. Análisis de la sección en flexión I	https://ga3.ugr.es/video/177	1422	31' 11"
C_10. Análisis de la sección en flexión II	https://ga3.ugr.es/video/178	1234	38' 31"
C_11. Análisis de la sección en rotura por flexión I	https://ga3.ugr.es/video/179	1328	50' 09"
C_12. Análisis de la sección en rotura por flexión II	https://ga3.ugr.es/video/180	1194	56' 49"
C_13. Análisis de la sección en rotura por flexión III	https://ga3.ugr.es/video/234	908	39' 41"
C_14. Dimensionamiento de la sección transversal de una viga	https://ga3.ugr.es/video/235	1031	37' 37"
C_15. Dimensionamiento de la sección transversal de un pilar	https://ga3.ugr.es/video/236	1142	29' 18"
C_16. Introducción al Cortante	https://ga3.ugr.es/video/237	1001	25' 09"
C_17. Resistencia a cortante I	https://ga3.ugr.es/video/238	1053	43' 25"
C_18. Resistencia a cortante II	https://ga3.ugr.es/video/239	1019	46' 00"
C_19. Resistencia a cortante III	https://ga3.ugr.es/video/240	990	44' 04"
C_20. Resistencia a cortante IV	https://ga3.ugr.es/video/241	1094	35' 56"
C_21. Ejemplo de armado de una viga a Estado Límite Último de flexión y cortante	https://ga3.ugr.es/video/242	2091	61' 06"
TOTAL: 13 h 18' 12"			

Figura 2. Listado de clases virtuales disponibles.

A modo de ejemplo, en la Fig. 3 se muestra el resultado estadístico correspondiente a la Clase 21 obtenido de youtube. En la gráfica se observa cómo la mayoría de las personas que empiezan a ver el vídeo lo terminan, lo que es significativo. Los picos en la figura corresponden a los tramos del vídeo que han sido más visionados. Después de un análisis detallado de la clase se concluye que los picos corresponden a la presentación de conceptos fundamentales que el espectador ha re-visionado en varias ocasiones hasta estar seguro de haberlos comprendido bien. La misma tendencia se aprecia en el resto de las clases lo que hace pensar que existe un verdadero interés por este material docente.

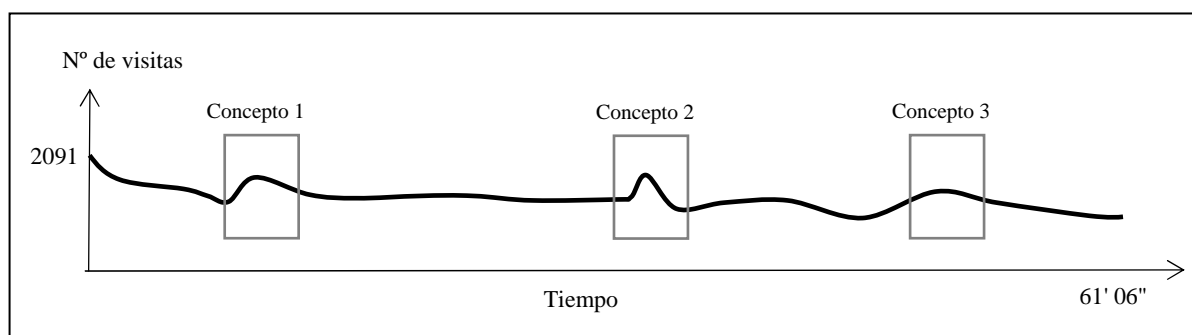


Figura 3. Esquema de visionado de la Clase 21 (obtenido a partir de las estadísticas de youtube).

A priori se pensó que la disponibilidad de las clases en internet iba a suponer una disminución del número de alumnos presenciales en el aula. Sin embargo la asistencia a las clases teóricas no se ha visto reducida y los alumnos han seguido usando los materiales didácticos tradicionales, tanto el libro de texto como la ficha de la asignatura.

Se ha comprobado que, aunque el ratio alumnos aprobados/presentados se ha mantenido prácticamente constante, han sido más los alumnos con buenas calificaciones (Not y Sobr), tal y como se aprecia en la Fig. 4, en la que se resume el porcentaje de notas por encima de 7 respecto del total de aprobados.

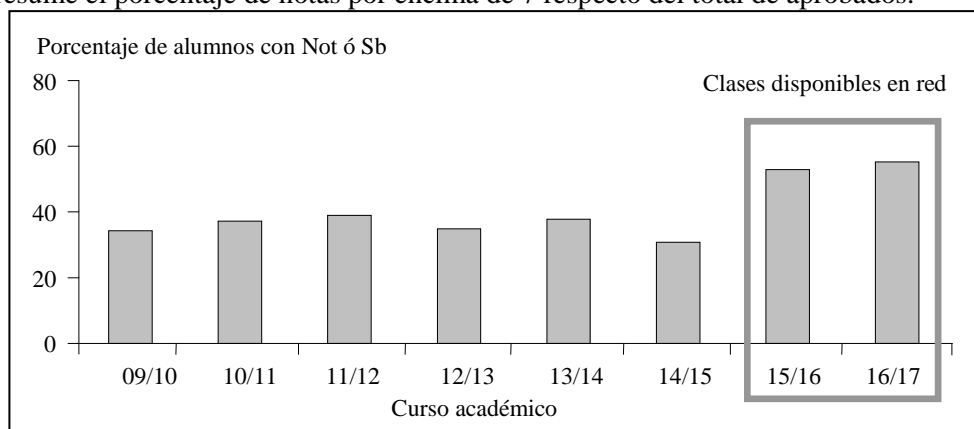


Figura 4. Porcentaje de alumnos con calificaciones superiores a 7 en relación a los aprobados en los últimos años.

Aunque la metodología docente que se ha presentado en este artículo no se corresponde con una educación a distancia, se ha comprobado que, al contrario de lo que sostienen algunos autores (SANGRÀ, 2002), la grabación o “copia” de las clases magistrales ha resultado ser de gran ayuda para el alumnado habiéndose logrado el objetivo para el cual fueron grabadas: facilitar el aprendizaje del futuro ingeniero o del ingeniero que necesite o quiera “refrescar” la disciplina del hormigón armado.

II. Conclusiones

En el aprendizaje de asignaturas puramente tecnológicas como el Hormigón Armado, la interacción entre estudiantes y profesores es muy importante y, de hecho, esta asignatura es difícil de aprobar si existe distancia física entre el estudiante y el docente. La labor del docente en este tipo de materias, en la que es preciso entender y asimilar conceptos fundamentales, es clave y difícil de sustituir ya que durante las clases el profesor ha de explicar en una hora conceptos que él mismo ha tardado meses e incluso años en comprender. Puesto que el aprendizaje de este tipo de asignaturas es progresivo es necesario asimilar unos conceptos antes de enfrentarse a los siguientes lo que, debido a la poca homogeneidad del alumnado, puede llevar más tiempo a unos estudiantes que a otros. La disponibilidad en red de las clases ha resultado un medio eficaz para el alumno, que puede visionar tantas veces como necesite las explicaciones hasta entender la materia. Se ha comprobado que el número de alumnos que sigue las clases ha aumentado y que las calificaciones han mejorado respecto de años anteriores.

Referencias

- BARRANTES ECHEVARRÍA, R. (1998). *Educación a distancia*: EUNED: San José de Costa Rica.
- FIDALGO, A; SEIN-ECHALUCE, M.L.; GARCÍA-PENALVO F.J. (2013). *MOOC cooperativo. Una integración entre cMOOC y xMOOC*. II Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC 2013).
- FLORIDO BACALLAO, R; FLORIDO BACALLAO, M. (2003). *La educación a distancia, sus retos y posibilidades*. Etic@net, 1: 1-9. ISSN: 1695-324X
- SANGRÀ MORER, A. (2002). Educación a distancia, educación presencial y usos de la tecnología: una tríada para el progreso educativo. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 15:1-8.
- LYNCH, K. The social impact of on-line learning.
<http://www.ascilite.org/conferences/brisbane99/papers/lynch.pdf>
https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/strategy/education/connection/pdfs/A2_Aprendizaje_invertido.pdf
<http://www.educacionline.com/blog/estudiar-online-vs-formacion-presencial-pros-y-contras/>

Mentorización y formación del profesorado de nueva incorporación en la asignatura Estructuras 3 del Grado de Arquitectura

Fernández Ruíz, Manuel Alejandro ⁽¹⁾; Gil Martín, Luisa María ⁽²⁾; Bravo Pareja, Rafael ⁽³⁾

(1) Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, Universidad de Granada, e-mail malejandrofr@ugr.es

(2) Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, Universidad de Granada, e-mail mlgil@ugr.es

(3) Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, Universidad de Granada, e-mail rbravo@ugr.es

Resumen

Dentro de las fases del programa de formación de profesorado novel de la Universidad de Granada se encuentra una fase de mentorización en la cual a cada profesor principiante se le asigna un profesor mentor con una vasta experiencia en la docencia universitaria. En este trabajo se presentan los resultados logrados en dicha fase de mentorización dentro de la asignatura “Estructuras 3” del grado en Arquitectura de la Universidad de Granada.

Palabras clave: Profesor novel; Mentoría; Mejora de la docencia.

I. Introducción

Desde hace varias décadas se viene observando una carencia de formación docente del profesorado novel en las Universidades españolas (Benedito et al. 1992). Esto se debe principalmente a la concesión de una mayor importancia a la función investigadora del profesor universitario, relegando a un segundo plano la función docente. Una mayor formación docente haciendo hincapié en los recursos didácticos y pedagógicos facilitarían el paso del investigador a su papel como docente.

El Espacio Europeo de Educación Superior implica en la Universidad un cambio en el modelo educativo, afectando al desarrollo de la enseñanza (López-López 2007). Además se añade la actual demanda de titulados universitarios con espíritu emprendedor, creativos, críticos e independientes (Sánchez-Moreno 2008). El alumno pasa de ser un mero receptor de conocimientos pasivo a ser considerado el principal elemento activo dentro del proceso de aprendizaje. Es por ello que la formación docente del profesor universitario no debe recaer sobre sí mismo, siendo necesaria una serie de propuestas formativas y prácticas educativas para la adecuación del profesorado universitario a este nuevo modelo educativo.

Siguiendo esta línea algunas Universidades españolas han implementado acciones formativas dirigidas a sus profesores principiantes. Estas acciones se desarrollan en forma de cursos de posgrado, como el impartido en la Universidad de Barcelona (Medina-Moya et al. 2005), o bien como cursos voluntarios como en las Universidades de Córdoba (Vicerrectorado de Estudios de Postgrado y Formación Continua 2016), Málaga (Vicerrectorado de Profesorado, Formación y Coordinación 2008) y la propia Universidad de Granada (Unidad de Calidad, Innovación y Prospectiva 2016).

El principal objetivo de los anteriores programas de formación de profesorado novel es ayudar a estos últimos a afrontar las dudas y problemas iniciales que se plantean en su ingreso en la docencia (Sánchez-Moreno y Mayor-Ruiz 2006). Dentro de estos programas se recoge una etapa de mentoría en la cual a cada profesor principiante se le asigna un profesor veterano de su área de conocimiento que actúa como tutor o mentor. La función del mentor no es la de mostrarse como modelo a seguir por parte del mentorizado, sino la de compartir herramientas didácticas, materiales de aprendizaje y soluciones ante los problemas que plantea la docencia. El mentor debe de ayudar al profesor novel a vencer sus inseguridades iniciales, a mejorar su relación con los alumnos y a aumentar su calidad didáctica y pedagógica.

En este trabajo se presenta la experiencia de mentorización realizada en la asignatura “Estructuras 3” del grado en Arquitectura de la Universidad de Granada dentro del “Curso de Iniciación a la Docencia (9ª Edición)”.

II. El curso de iniciación a la docencia universitaria dentro del programa de formación de profesores noveles en la Universidad de Granada

II.1 Descripción

El “Curso de Iniciación a la Docencia Universitaria” es una actividad formativa propuesta por la Unidad de Calidad, Innovación y Prospectiva de la Universidad de Granada. Es un curso orientado a contratados FPU con encargo docente y profesorado de la Universidad de Granada de hasta 7 años de experiencia docente. Tiene una duración de 200 horas y su novena edición se ha desarrollado durante el curso académico 2016/2017 en tres fases. La primera fase consta de 72 horas presenciales en las cuales se desarrollan los módulos del curso (Septiembre – Octubre 2016). Después la segunda fase consta de 108 horas no presenciales en las que se realizan los trabajos vinculados a los módulos de la primera fase. Durante la segunda fase el profesor novel cuenta con un servicio de tutoría y asesoramiento permanente por parte de los profesores encargados de la impartición de cada uno de los módulos. Finalmente, la tercera fase consta de 20 horas orientadas a la fase de mentorización. El curso pretende ofrecer a los profesores noveles las bases actitudinales y las herramientas necesarias para mejorar sus habilidades y competencias docentes.

II.2 Objetivos

Los objetivos del “Curso de Iniciación a la Docencia Universitaria” de la Universidad de Granada son los siguientes (Unidad de Calidad, Innovación y Prospectiva 2016):

- Facilitar la incorporación profesional del nuevo profesorado de la Universidad de Granada, mejorando su formación en técnicas de comunicación didáctica, metodología, uso de TIC, evaluación y atención personalizada al estudiante.
- Dar apoyo y asesoramiento en el comienzo de la labor docente a través de prácticas mentorizadas.
- Promover la estabilización del profesorado en la Universidad proporcionando las bases para la elaboración del Proyecto Docente e Investigador.
- Fomentar una actitud positiva hacia la formación continuada para la mejora de la labor docente.
- Mejorar la tarea docente del profesorado novel facilitando instrumentos y referencias que resulten en una toma de decisiones eficaz.

II.3 Contenidos

El “Curso de Iniciación a la Docencia Universitaria” de la Universidad de Granada tiene los siguientes módulos (Unidad de Calidad, Innovación y Prospectiva 2016):

- Módulo 1: Planificación de la docencia en el Espacio Europeo de Educación Superior.
- Módulo 2: Ética de la profesión docente.
- Módulo 3: Metodología docente.
- Módulo 4: Las TICS en la enseñanza superior.
- Módulo 5: Evaluación de la enseñanza y aprendizaje de los estudiantes.
- Módulo 6: Tutoría universitaria y atención personalizada al estudiante.
- Módulo 7: Transferencia de la docencia.
- Módulo 8: Bases para la elaboración del Proyecto Docente e Investigador.

III. Experiencia docente durante la fase de mentorización

III.1 Situación de partida

El primer contacto con la docencia universitaria suele ser en la época de formación investigadora (becario predoctoral FPU-FPI). El profesor novel hasta ese momento ha recibido una gran formación técnica dentro de su campo de investigación, pero presenta una clara deficiencia en formación pedagógica. Dicha falta de formación la intenta suplir con una mayor entrega hacia el alumnado, tratando de distanciarse de las prácticas docentes que no le gustaron durante su etapa como alumno. Es muy importante la formación docente durante esa positiva y enriquecedora fase inicial.

Esta experiencia docente se encuadra dentro de la asignatura “Estructuras 3” correspondiente al 5º curso del grado en Arquitectura de la Universidad de Granada durante el curso académico 2016/2017. Mediante el desarrollo de la asignatura se pretende que el alumno sea capaz de proyectar, calcular y dimensionar estructuras reales de hormigón y acero en zona sísmica. Las clases se dividen en teóricas (donde se desarrollan los conceptos teóricos necesarios para el cálculo y diseño de estructuras de hormigón armado) y prácticas (donde se resuelven problemas numéricos aplicando los conceptos teóricos previamente explicados).

III.2 El papel del profesor mentor

El profesor mentor es un profesor del área de conocimiento del profesor novel con una vasta experiencia docente. Estos profesores deben tener un currículo docente destacable, con publicaciones docentes, dirección de proyectos de innovación docente, etc. Además, en el caso del “Curso de Iniciación a la Docencia Universitaria” de la Universidad de Granada los mentores deben realizar un curso específico de mentoría de 20 horas de duración (Vicerrectorado de Garantía de la Calidad 2010). El resultado final es la elaboración de un Programa de Mentoría específico para su facultad o escuela que será el llevado a la práctica con los profesores noveles.

El mentor debe establecer una relación de confianza con el novel, asesorándolo en las dudas que le puedan surgir al comienzo de su labor como docente. Al haber pasado por esa misma situación, ayudará al profesor novel a enfrentarse a sus miedos iniciales y a mejorar su nivel como docente.

III.3 Proceso de mentorización

El proceso de mentorización llevado a cabo ha sido el siguiente:

1. Entrevista inicial
2. Grabación de una clase teórica y práctica del novel por parte del mentor
3. Seminario final

La entrevista inicial es donde se produce la primera toma de contacto del mentor con el novel. El mentor debe exponer en qué va a consistir el proceso de mentorización, además de aconsejar al profesor novel acerca de cómo enfocar las clases tanto teóricas como prácticas. El mentor debe tratar de establecer un lazo de confianza con el novel, detectar sus posibles preocupaciones y comentar diversas herramientas didácticas y pedagógicas que le puedan resultar útiles al novel.

Posteriormente, el mentor acude a una clase teórica y a otra práctica del profesor novel y graba en video parte de ambas clases. Este procedimiento de mentorización se realiza según Mayor (1997), por la cual se evalúa al profesor novel a través del visionado de su labor docente.

Finalmente, se realiza un seminario en el cual se visualizan los videos realizados, analizando el mentor junto al profesor novel su actitud durante la clase.

III.3 Experiencia docente

En el seminario final se analizaron los vídeos realizados en las clases, atendiendo a los siguientes aspectos.

Aspectos didácticos

La tarea metodológica consistió en una clase de teoría en la que se expusieron los conceptos teóricos del tema “Forjados unidireccionales” y otra de prácticas en la que se resuelve un problema relativo al mismo tema en cuestión. Ambas clases tienen un enfoque muy distinto. En la clase teórica el profesor resume los aspectos básicos relativos al diseño de forjados unidireccionales, mientras que los alumnos toman apuntes aclarativos proporcionados por el profesor (ver Fig.1).



Figura 1. Clase teórica. Introducción.

Por otra parte, en la clase práctica el profesor muestra un ejemplo concreto de diseño y cálculo de un forjado unidireccional. El profesor se muestra más comunicativo con los alumnos, haciendo que estos tengan un papel más activo dentro de la clase. En ambas clases se realizan preguntas orientadas hacia la comprensión de los conceptos tratados. Se realiza un mayor número de preguntas a los alumnos en la clase práctica, para comprobar que estos han asimilado los conceptos teóricos previamente planteados (ver Fig.2).



Figura 2. Clase práctica. Realización de preguntas a los alumnos.

El profesor novel explica los conceptos en pizarra apoyándose en la proyección de diapositivas del ordenador. Esta utilización de medios resulta ser muy adecuada para ambos tipos de clase, ya que los estudiantes pueden seguir fácilmente los razonamientos expuestos por el profesor y recibir explicaciones más detalladas de los conceptos más complejos en la pizarra (ver Fig.3).



Figura 3. Clase práctica. Utilización de recursos.

Aspectos visuales y orales

En la transmisión de conocimientos la comunicación oral y visual cobra una gran importancia. En la primera clase teórica el profesor novel muestra un comportamiento un poco nervioso, reflejado en un continuo movimiento a lo largo de la pizarra. En determinadas ocasiones da la espalda al alumnado, y no interactúa mucho con los estudiantes (ver Fig. 4). Tras la identificación de estos aspectos por parte del mentor, en la clase práctica el profesor novel se muestra mucho más relajado, con una disposición más abierta hacia los alumnos y limitando los movimientos entre el ordenador y la pizarra (ver Fig. 5).

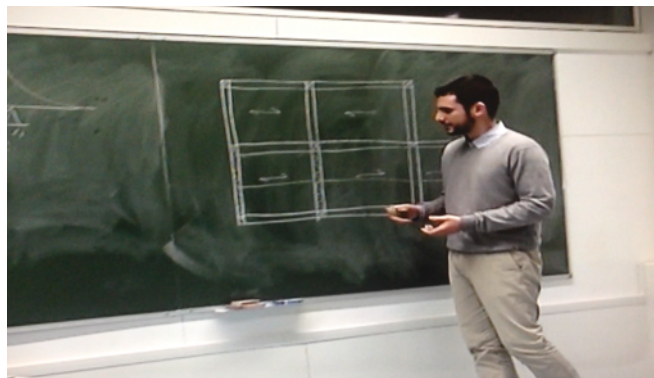


Figura 4. Clase teórica. Explicación de cara a la pizarra.

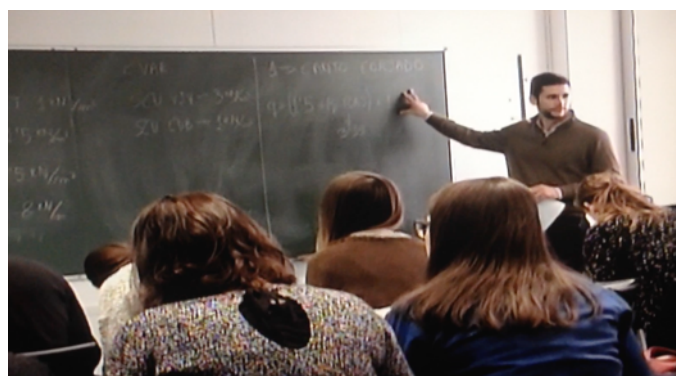


Figura 5. Clase práctica. Actitud más abierta a los alumnos.

IV. Conclusiones

El profesor novel al comienzo de su labor docente se encuentra muy desorientado debido a la falta de formación docente. Posee grandes conocimientos técnicos acerca de su campo de estudio, pero le resulta complicada la transmisión de estos debido al desconocimiento de las diversas herramientas didácticas que podría utilizar. El apoyo de un profesor con gran experiencia a través de un proceso de mentorización hace que el profesor novel enfoque la docencia desde otro punto de vista.

El papel del mentor resulta fundamental en el comienzo de la docencia del novel. Con sus consejos y comentarios debe aumentar la confianza del principiante, inculcando en él la necesidad de la formación docente a lo largo de su vida profesional. La investigación es necesaria para la promoción del profesorado universitario, pero no hay que descuidar la docencia, que sigue siendo una parte muy importante.

La fase de mentorización por pares llevada a cabo dentro del curso de “Iniciación a la Docencia Universitaria” propuesto por la Universidad de Granada resulta de gran ayuda para todos aquellos profesores que acaban de iniciar su camino docente. En este caso ha resultado ser una experiencia muy positiva, con la que el novel ha ganado confianza durante sus clases. Además de todos los conocimientos teóricos recibidos durante el curso en sus distintos módulos, la puesta en práctica de estos sobre el terreno supervisada por un profesor veterano resulta de un gran valor para el profesor novel, como se ha constatado en esta experiencia.

Referencias bibliográficas

- Benedito, V.; Ferres, V.; Anguita, F.; Juan, J.; Fernández, M.; Ferrer, V.; Izuzquiza, I.; Llopis, R.; Pujals, G.; Santos, M. (1992). *La Formación Del Profesorado Universitario*. Madrid: Documentos MEC.
- López-López, M.C. (2007). *Evaluación de Los Procesos de Enseñanza-Aprendizaje En La Universidad Y Su Adaptación Al Espacio Europeo de Educación Superior*. Granada: Ed. Universidad de Granada.
- Mayor, C. (1997). La Supervisión Clínica Como Estrategia de Asesoramiento. En: López-Yáñez, J. y Marcelo, C., *Asesoramiento Curricular Y Organizativo de La Educación* (pp. 361-379). España: Ariel
- Medina-Moya, J.L., Jarauta-Borrascas, B. y Urquiza-Sánchez, C. (2005). Evaluación Del Impacto de La Formación Del Profesorado Universitario Novel: Un Estudio Cualitativo. *Revista de Investigación Educativa* 23 (1): 205–238.

- Sánchez-Moreno, M. (2008). Asesoramiento En La Universidad. Poniendo a Trabajar a La Experiencia. *Profesorado. Revista de Currículum Y Formación Del Profesorado* 12 (1): 1–19.
- Sánchez-Moreno, M., y Mayor-Ruiz, C. (2006). Los Jóvenes Profesores Universitarios Y Su Formación Pedagógica. Claves Y Controversias. *Revista de Educación* 339.
- Unidad de Calidad, Innovación y Prospectiva. (2016). *Curso de Iniciación a La Docencia Universitaria*. Universidad de Granada.
- Vicerrectorado de Estudios de Postgrado y Formación Continua. (2016). *Curso de Experto En Docencia Universitaria*. Universidad de Córdoba.
- Vicerrectorado de Garantía de la Calidad. (2010). *Curso de Formación de Profesores Asesores*. Universidad de Granada.
- Vicerrectorado de Profesorado, Formación y Coordinación. (2008). *Plan de Formación Del Profesorado Universitario Novel de La Universidad de Málaga*. Universidad de Málaga.

Propuesta para la mejora de la evaluación de competencias estructurales en el trabajo fin de máster (TFM) del máster habilitante en Arquitectura

Bravo Pareja, Rafael ⁽¹⁾; Fernández Ruíz, Manuel Alejandro ⁽²⁾

(1) Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, Universidad de Granada, e-mail rbravo@ugr.es

(2) Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, Universidad de Granada, e-mail malejandrofr@ugr.es

Resumen

La siguiente propuesta mejora la evaluación de competencias estructurales del alumnado de la asignatura “Trabajo Fin de Máster (TFM)” del Máster habilitante en Arquitectura de la Universidad de Granada.

Se refuerzan las competencias en materias estructurales durante el transcurso de este máster. Se dota a los evaluadores de herramientas básicas para valorar las competencias estructurales plasmadas por el alumnado.

Palabras clave: TFM Máster habilitante en Arquitectura; Competencias Estructurales; Rúbricas; Mejora de aprendizaje de Estructuras

I. Introducción

La siguiente propuesta trata de mejorar la evaluación de las competencias estructurales del alumnado del Trabajo Fin de Máster (TFM) del Máster habilitante en Arquitectura de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Granada.

El trabajo fin de máster constituye la reválida de los conocimientos adquiridos tanto en los estudios de Grado en Arquitectura como en el Máster habilitante en Arquitectura. En este trabajo el alumnado debe de demostrar las competencias adquiridas durante los años de carrera en aspectos tales como urbanismo, construcción, instalaciones, proyectos y estructuras. Aunque el resultado del TFM haya de valorarse como un “todo global”, dicho todo está compuesto por distintas unidades planificadas y diseñadas de manera coordinada en íntima simbiosis.

La estructura de un edificio compone una de la principales unidades del proyecto de arquitectura. Su correcta planificación y diseño afecta al resto de unidades. Por tanto, la valoración global de un proyecto depende en parte del correcto diseño de la estructura.

Los conocimientos y competencias necesarias para la concepción y cálculo de una estructura se han desarrollado básicamente en las asignaturas de Fundamentos de Estructuras, Estructuras 1 a 3 y Estructuras Sismorresistentes del Grado en Arquitectura y Proyectos de Estructuras y Análisis del cálculo informático de Estructuras del Máster habilitante. Mediante esta propuesta se pretende reforzar las competencias en materias de estructuras de todo el alumnado del master de arquitectura durante el transcurso del TFM. Asimismo se pretende dotar a los correctores del TFM de unas herramientas básicas, sencillas y comunes para valorar las competencias plasmadas por el alumno.

II. Descripción del plan de trabajo

II.1 Antecedentes, descripción de la situación que se pretende mejorar con la propuesta

El TFM (30 créditos) del Máster habilitante en Arquitectura constituye la reválida de los estudios de Arquitectura, por lo que el alumnado debe mostrar un dominio de las principales materias que ha ido aprendiendo a lo largo de sus estudios. El TFM requiere de un gran trabajo autónomo que es guiado a través de talleres de los seis aspectos fundamentales de un proyecto arquitectónico: diseño proyectual, composición, urbanismo, construcción, instalaciones y estructuras.

Durante el desarrollo de este trabajo, aunque el alumnado cuenta con la ayuda de los talleres, se encuentra desorientado debido a que cada proyecto es único. Por tanto, muchas veces el alumno es incapaz de plasmar correctamente las competencias adquiridas a lo largo de la carrera ya que no se han reforzado tras ser adquiridas. Por tanto, se hace patente la necesidad de reforzar las competencias adquiridas durante la carrera mediante el desarrollo de una propuesta para la mejora en la evaluación de competencias estructurales que sea bien conocida y asimilada por el alumnado. De esta manera se mejora el binomio competencia-evaluación

cuyo resultado es la mejora en la calidad estructural del TFM y la potenciación de las competencias que serán aplicadas a lo largo de la vida profesional del arquitecto.

II.2 Objetivos de la propuesta

Los objetivos del proyecto, ya esbozados en el apartado anterior, se resumen en los siguientes puntos:

1. Potenciación de las competencias estructurales adquiridas por el alumnado a lo largo del grado y máster.
2. Mejora en la evaluación de dichas competencias mediante el desarrollo de herramientas básicas, sencillas y comunes que permitan determinar el grado de plasmación de las competencias estructurales.
3. Mejora en la concepción y cálculo estructurales del TFM cuyo resultado redundará en la mejora de la actividad profesional tras la finalización de los estudios.

II.3 Metodología. Fases

Para la obtención de los objetivos anteriormente enunciados, se propone la siguiente metodología compuesta por las siguientes fases:

1. **Fase preparatoria.** En dicha fase se creará y planificará la acción evaluadora y potenciadora de competencias. Dicha fase se pone en práctica la primera semana de curso mediante una sesión informativa para todo el alumnado matriculado.
2. **Fase de campo.** En dicha fase se ponen en marcha para el alumnado las acciones necesarias para conseguir los **objetivos** marcados.

Objetivo 1. Potenciación de competencias ya adquiridas.

Para ello se propone la asistencia obligatoria a los talleres estructurales adicionales a los de revisión ya implementados en el máster. Dichos talleres se organizarán una vez al mes. En ellos el profesor planteará las directrices básicas para la realización del proyecto. Serán seis talleres con el siguiente contenido:

Taller 1: Descripción del proyecto estructural. Taller 2: Elección de tipologías estructurales. Taller 3: Métodos manuales de predimensionamiento. Taller 4: Métodos informáticos de cálculo. Taller 5: Interpretación de resultados. Taller 6: Presentación de resultados.

En cada taller se indicará la bibliografía más adecuada, siendo recomendable que el profesor proporcione proyectos modelo que representen bien los contenidos de cada taller.

En ellos el alumnado adoptará los conocimientos suficientes para que pueda aplicarlos a su proyecto. En estos talleres no se podrán plantear dudas específicas de cada proyecto debido a la gran asistencia de alumnado. Después de cada taller se realiza las sesiones semanales de tutorías individualizadas en que el alumnado plantea su proyecto en base a los conocimientos adquiridos en el taller.

Al menos cada miembro del alumnado deberá asistir obligatoriamente a tres sesiones, es recomendable una al inicio del curso, otra en el ecuador y otra al final justamente antes de la entrega. Esta última sesión es imprescindible ya que con ella se podrán subsanar pequeños errores o el profesor valorará la conveniencia o no de presentar el proyecto para su evaluación.

En la última sesión el alumnado deberá presentar el proyecto estructural tal y como se vaya a enviar al tribunal de corrección. En esta sesión se limarán pequeños errores y el profesor dictará la conveniencia o no de presentarlo. Dicha decisión no impide que cada miembro del alumnado entregue el proyecto aunque el dictamen del profesor sea negativo.

Objetivo 2. Creación de herramientas básicas, sencillas y comunes de evaluación

Se crearán herramientas basadas en EvalCOMIX (Proyecto EvalCOMIX 2007) para evitar la subjetividad en las correcciones. De esta manera, independientemente del tipo de proyecto, todo el alumnado será evaluado objetivamente en todas las competencias que todo arquitecto debe de poseer. Esta medida se estima que es muy necesaria ya que muchas veces se cae en valoraciones subjetivas debido a la complejidad de la estructura que da lugar a que el alumnado sea evaluado incorrectamente. Más vale una estructura sencilla, bien definida, en concordancia con el proyecto arquitectónico y bien calculada que una estructura grandiosa y compleja pero mal definida.

3. Fase de análisis

Esta fase constituye la prueba de fuego de la propuesta. Se realiza durante el transcurso de los talleres propuestos en el objetivo 1 y también una vez que el cada miembro del alumnado haya entregado su TFM en cualquiera de las convocatorias contempladas por el reglamento de TFM. En ella se valorarán la dificultades que se han tenido para orientar al alumnado a la potenciación de las competencias estructurales acordes con las herramientas de evaluación de objetivo 2. Además se valorarán las dificultades de la puesta en práctica de las herramientas por parte de los correctores de TFM, incidiendo especialmente si ha habido subjetividad a la hora valorar las competencias.

Por último el resultado más concluyente es que el TFM se ha desarrollado estructuralmente según las competencias fijadas por las herramientas de evaluación de competencias.

II.4 Cronograma

Se establece un cronograma de un año académico de duración, entendiendo que el tiempo mínimo que el alumnado va a necesitar para desarrollar completamente un TFM. Se entiende que las herramientas de evaluación ya están preparadas. El cronograma (Tabla 1) queda de la siguiente manera:

Mes 1. (Octubre)

- Reunión con el alumnado para explicar los talleres orientados a potenciar las competencias según las nuevas herramientas de evaluación.
- Realización del taller 1
- Reunión con los profesores de proyectos para explicar las nuevas herramientas de evaluación

Mes 2. (Noviembre)

- Taller 2

Mes 3. (Diciembre)

- Taller 3.
- Reunión con los responsables de los talleres para coordinar discutir la evolución de los mismos

Mes 4. (Enero)

- Taller 4.

Mes 5. (Febrero)

- Taller 5.
- Reunión con los responsables de los talleres para coordinar discutir la evolución de los mismos. Así mismo se puede contemplar la posibilidad de modificar las herramientas de evaluación en función de los resultados obtenidos en el taller

Mes 6. (Marzo)

- Taller 6

Mes 7. (Abril)

- Tutorías individuales.
- Reunión colectiva con el alumnado para recordar los criterios de evaluación.

Mes 8. (Mayo)

- Tutorías individuales.

Mes 9. (Junio)

- Entrega de proyectos.
- Coordinación con los correctores para ajustar los instrumentos de evaluación a los últimos contratiempos observados en el desarrollo de los talleres.
- Evaluación de los PFC con las nuevas herramientas.
- Reunión para valorar la efectividad de las nuevas herramientas.

Tabla 1. Cronograma de la propuesta

III. Productos y beneficios de la propuesta (resultados)

III.1 Beneficios para el grado y máster

Los beneficios se centran fundamentalmente en el grado y máster ya que el TFM se considera la reválida de los estudios de Arquitectura. Dichos beneficios se enuncian en los siguientes puntos:

- Mejora en las habilidades estructurales del alumnado por medio de la potenciación de las competencias a través de los talleres.

-El cada miembro del alumnado conoce perfectamente los pasos que tiene que desarrollar y cómo se le va a valorar la parte estructural de su proyecto. Este hecho se traduce en una mayor efectividad a la hora de planificar el TFM y en un ahorro de tiempo.

-Mayor equidad en la valoración de los TFM evitando valoraciones subjetivas.

III.2 Productos o recursos generados por la propuesta

Los productos generados del proyecto son los siguientes:

1. Creación de unos talleres adicionales y del material de los mismos orientados a potenciar las competencias estructurales mediante el desarrollo de ejemplos prácticos. Este material está orientado a las competencias según las herramientas de evaluación propuestas.
2. Creación de rúbricas y listas de evaluación que permiten valorar todas las competencias estructurales de un arquitecto independientemente del tipo de proyecto.

III.3 Determinación de las competencias, subcompetencias, unidades de competencia, tareas

El libro Blanco de la Aneca (ANECA, 2005) establece las siguientes competencias en materia de estructuras para el arquitecto:

Competencias de **SABER**:

1. El conocimiento de los problemas de concepción estructural, construcción e ingeniería civil vinculados con los proyectos de edificios.
2. Comprensión de los principios que rigen el comportamiento de las estructuras en la resistencia a la gravedad y a las fuerzas laterales, así como la evolución, gama y aplicaciones apropiadas de los sistemas estructurales contemporáneo.

Competencias de **SABER HACER**:

1. Capacidad de elaborar tanto una descripción como una documentación técnicamente precisa del proyecto propuesto para su revisión y construcción.
2. Capacidad de producir un proyecto arquitectónico basado en un programa integral, desde el diseño preliminar hasta el desarrollo detallado de los espacios programáticos, sistemas estructurales y ambientales, provisiones para la seguridad, secciones de paredes y cerramientos, según el caso; y de valorar el proyecto terminado respecto a los criterios de diseño del programa.
3. Aptitud o capacidad para concebir, diseñar, calcular, integrar en edificios y conjuntos urbanos y ejecutar las soluciones estructurales, así como para asesorar técnicamente sobre estos aspectos.

Todas estas competencias se adquieren a través de las siguientes asignaturas (Tablas 2 y 3):

Asignaturas no tecnológicas:

Asignatura	Curso	Créditos	Competencias generales
Fundamentos Matemáticos en la Arquitectura 1	1º	6	Aplicación de herramientas matemáticas a los cálculos técnicos
Fundamentos Físicos aplicados a las Estructuras	1º	6	Uso de los principios básicos de la física a las estructuras
Fundamentos Matemáticos en la Arquitectura 2	2º	6	Aplicación de herramientas matemáticas a los cálculos técnicos

Tabla 2. Asignaturas no tecnológicas indispensables para la realización de la propuesta

El primero obviamente es el de las llamadas asignaturas tecnológicas de tipo obligatorio:

Asignatura	Curso	Créditos	Competencias generales
------------	-------	----------	------------------------

Fundamentos de Estructuras	3º (Grado)	6	Cálculo de esfuerzos en estructuras
Estructuras 1: Análisis estructural y dimensionado de estructuras metálicas	3º (Grado)	6	Diseñar estructuras metálicas
Estructuras 2: Análisis y dimensionado de estructuras y cimentaciones de hormigón armado	4º (Grado)	6	Diseñar estructuras de hormigón
Estructuras 3: Diafragmas horizontales, pantallas, triangulaciones y hormigón pretensado	5º (Grado)	6	Diseñar estructuras resistentes al sismo y otros elementos estructurales
Estructuras Sismorresistentes	Opt. (Grado)	6	Diseñar estructuras singulares resistentes a sismo
Proyectos de Estructuras	Máster	4	Concepción estructural
Análisis del cálculo informático de Estructuras	Máster	3	Cálculo informático
Taller TFM	Máster	3.5	Proyecto global integrado de estructuras

Tabla 3. Asignaturas tecnológicas indispensables para la realización de la propuesta

Por lo que para adquirir todas las competencias es necesario el conocimiento y aplicación prácticas de estas asignaturas que se verán reforzadas y orientadas hacia las nuevas herramientas de evaluación a través del objetivo 1.

IV. Criterios de evaluación

IV.1 Determinación de los criterios de evaluación

Los criterios de evaluación se definen en los siguientes puntos:

1. Estudio y valoración de alternativas estructurales.
2. Adaptación de la estructura a la tipología de proyecto.
3. Empleo óptimo de la geometría y materiales de la estructura.
4. Definición geométrica precisa de los elementos estructurales
5. Cálculos correctos y justificación de los mismos.
6. Uso correcto de normativas estructurales

IV.2 Determinación de los momentos de evolución (evaluación inicial, continua, final)

El objetivo del TFM es la obtención final de un proyecto de arquitectura. Por tanto la evaluación se realizará una vez entregado el proyecto. Si bien en los talleres se pueden tomar notas sobre la participación del alumnado que pueden ayudar a la valoración final.

IV.3 Construcción de técnicas e instrumentos para la evaluación de la adquisición de competencias. Elaboración del sistema de calificación

A cada corrector se le dará un instrumento de evaluación basado en *Evalcomix* (Tabla 4) creado a principios de curso y que podrá ser modificado durante el transcurso del mismo en función del desarrollo de los talleres. En este instrumento viene especificadas todas las tareas que el alumnado debe reflejar en su TFM para demostrar la competencia. Dichas tareas se puntúan de 1 al 10.

V. Descripción de la mejora que supone el proyecto para la mejora del aprendizaje de los estudiantes

Sin duda alguna mediante la creación de las nuevas herramientas de evaluación basadas en *Evalcomix* permitirá eliminar la subjetividad que se presenta en la evaluación de la estructura de algunos TFM ya que esta herramienta permite una evaluación adaptable a cualquier tipo de proyecto. La efectividad de esta herramienta se ve complementada por la realización de los talleres a lo largo del curso que permitirán orientar y potenciar las competencias obtenidas a lo largo de la carrera académica a unos objetivos reales recogidos por el nuevo instrumento de evaluación.

VI. Rúbrica para la evolución estructural del TFM

Evaluación estructural del proyecto fin de carrera de la ETS de Arquitectura de Granada

Nombre del maestro/a: **Sr. Bravo**

Nombre del estudiante: _____

CATEGORY	4	3	2	1
Planteamiento estructural	El planteamiento estructural es correcto, preciso y óptimo	El planteamiento estructural es correcto, preciso pero no óptimo	El planteamiento estructural es correcto, pero ni preciso ni óptimo	El planteamiento estructural es incorrecto
Adaptación de la estructura al proyecto arquitectónico	La estructura y el proyecto arquitectónico se adaptan correctamente en profunda simbiosis	La estructura y el proyecto arquitectónico se adaptan de manera forzada	La estructura y el proyecto arquitectónico son independientes pero la estructura cumple la función de sustentación del proyecto	La estructura y el proyecto arquitectónico son independientes pero la estructura no cumple la función de sustentación del proyecto
Planteamiento de luces	Las luces planteadas son correctas con las características del proyecto y se resuelven de manera óptima con las técnicas planteadas	Las luces planteadas son correctas con las características del proyecto pero no resuelven de manera óptima con las técnicas planteadas	Las luces planteadas no son adecuadas con las características del proyecto arquitectónico pero al menos se resuelven con técnicas estructurales correctas	Las luces planteadas no son adecuadas con las características del proyecto arquitectónico y no se resuelven con técnicas estructurales correctas
Elección de materiales	Los materiales empleados son adecuados al proyecto y óptimos tanto económicamente como técnicamente	Los materiales empleados son adecuados al proyecto y óptimos económicamente	Los materiales empleados no son adecuados al proyecto y pero son óptimos económicamente	Los materiales empleados no son adecuados al proyecto y pero no son óptimos económicamente
Cálculos de elementos estructurales	Los cálculos estructurales son precisos, justificados y cumplen las normativas	Los cálculos estructurales no son precisos, pero están justificados y cumplen las normativas	Los cálculos estructurales no son precisos, ni justificados pero cumplen las normativas	Los cálculos estructurales no son precisos, ni justificados ni cumplen las normativas
Nivel de detalle de los planos	El detalle de los planos es suficiente para que se pueda construir el proyecto siguiendo los mismos	El detalle de los planos es suficiente para que se pueda construir el proyecto siguiendo los mismos pero hay que hacer una serie de interpretaciones	El detalle de los planos es suficiente para que se pueda construir el proyecto siguiendo los mismos pero hay que hacer una serie de interpretaciones muy importantes	El detalle de los planos no es suficiente para que se pueda construir el proyecto

Tabla 4. Rúbrica realizada con EvalCOMIX

Bibliografía

ANECA (2005). *Libro blanco. Estudios de Grado en Arquitectura*: Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación.

Proyecto EvalCOMIX (2007). *Evaluación de competencias en un contexto de aprendizaje mixto (blended-learning)*. Financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia (Ref: EA2007-0099). Universidad de Cádiz

Incorporación de videos en TWITTER como metodología activa en la docencia en el máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. El proyecto ResCoBa

Martín-Pascual, Jaime ⁽¹⁾; Zamorano, Montserrat ⁽²⁾

(1) Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Granada. jmpascual@ugr.es

(2) Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Granada. zamorano@ugr.es

Resumen

ResCoBa consistió en la creación de 29 mini videos de conceptos básicos de residuos para nivelar el conocimiento de los estudiantes de una asignatura de máster a través de Twitter. El proyecto mostró un gran interés por el alumnado y facilitó el aprendizaje de contenidos desde la presentación hasta la eliminación de residuos evaluado en un examen tipo test.

Palabras clave: Videos. TWITTER. Residuos.

I. Introducción

ResCoBa surgió de la idea de subsanar una problemática detectada en los primeros cursos del máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos (ICCP) en la materia de Gestión de la Depuración y Tratamiento de Aguas y Residuos (GDTAR). El aumento de la movilidad nacional e internacional para la realización de estudios de máster hace que el alumnado que inicia sus estudios, en ocasiones, tenga un grado de consecución de conocimientos iniciales muy dispar, lo cual supone una ralentización en la impartición de la docencia en una asignatura de Máster aplicada como es el caso de GDTAR orientada a la gestión de infraestructuras. Para ello, es necesario que los estudiantes conozcan una serie de conceptos básicos.

La adquisición de las competencias de la asignatura en cuestión, requiere de unos conocimientos previos de su formación como graduadas y graduados en Ingeniería Civil. Sin embargo, en muchas ocasiones el alumnado no posee estos conocimientos y si son impartidos durante las sesiones presenciales de la asignatura, el tiempo previsto para la adquisición de competencias de la asignatura en el máster se reduce sustancialmente lo que puede suponer una pérdida de la calidad en el proceso de enseñanza aprendizaje del alumnado. Se trata de conceptos básicos y generales relacionados con la temática que no requieren ni un gran esfuerzo ni presencialidad por parte del alumnado, pero si un tiempo prudencial para poder aprehenderlos y madurarlos para que en el momento que sean requeridos durante la docencia de la asignatura del máster el estudiante conozca y sea capaz de aplicarlos.

Además, la proliferación y uso de las redes sociales por parte de la sociedad suponen una realidad en la que la Universidad en general, y la docencia universitaria particularmente no pueden quedar al margen (Román San Miguel, 2013), debiendo participar para poder permitir al alumnado que asimile competencias tecnológicas y comunicativas de gran necesidad en la actualidad en dos vertientes: procesos comunicativos online y concienciación de la propia identidad pública (MESO et al, 2012; AL-MUKHAINI et al, 2014).

El objetivo principal del proyecto fue el de crear una serie de contenidos que permitieran al alumnado recordar, o aprender, una serie de conceptos básicos del campo de la gestión de residuos. Para ello, se definieron los siguientes objetivos secundarios:

- Dar a conocer los aspectos fundamentales relativos al ciclo de residuos urbanos desde la generación en los hogares hasta su tratamiento al alumnado de GDTAR del máster en ICCP.
- Hacer visible al resto de la sociedad la información a través de las redes sociales facilitando la transferencia desde la Universidad de Granada.

- Desarrollar las habilidades de los estudiantes para la búsqueda de información objetiva en la red dentro de su dedicación no presencial para trabajo autónomo.
- Mostrar la importancia y trascendencia del uso de redes sociales como individuo que no puede ampararse en el anonimato dentro de la sociedad de cara a un futuro empleo.

II. Metodología

II.1. Descripción

El PID ResCoBa consistió en la elaboración de unos videos de corta duración, en ningún caso superior a 2 minutos 20 segundos en los que se describían una serie de conceptos básicos de residuos tal y como se muestra en la Figura 1. Los contenidos de los videos fueron estructurados siguiendo el recorrido tradicional de los residuos desde su presentación hasta su eliminación (Tchobanoglous et al. 1994) pasando por cada una de las etapas de la gestión de residuos, precedidos de una semana introductoria en la que se describían los conceptos y definiciones más generales. Estos videos eran subidos diariamente a un perfil de TWITTER creado para tal fin (@ResCoBaUGR) en el que los estudiantes, previamente informados podían acceder a los contenidos. Paralelamente, información adicional, así como las presentaciones base y el guion para la elaboración de los videos eran publicados en el canal de SlideShare creado (@ResCoBaUGR). Los videos fueron elaborados por los miembros del equipo empleando material propio, así como recursos con licencia Creative Common.

Introducción		Presentación	
1.1	La producción de residuos en la economía lineal	2.1	¿Quién debe encargarse de la gestión de los residuos?
1.2	De economía lineal a circular: un cambio necesario	2.2	Métodos utilizados para la recogida de residuos
1.3	¿Cuántos residuos generamos y cómo son?	2.3	Sistemas de recogida
1.4	¿Cómo se clasifican los residuos?	2.4	Formas de presentación
Recogida		Recuperación	
3.1	Camiones utilizados para la recogida	4.1	¿En planta o en origen?
3.2	Puntos limpios	4.2	¿Cómo recuperamos en planta?
3.3	Nuevas tendencias en la recogida de residuos	4.3	El recorrido de los residuos en una planta de recuperación
3.4	Plantas de transferencia	4.4	Una vez que recuperamos los residuos ¿Qué?
Valorización energética		Compostaje	
5.1	Formas de valorización	6.1	¿Por qué es necesario compostar?
5.2	Biometanización	6.2	Proceso de compostaje y parámetros de control
5.3	Combustión	6.3	¿Cómo podemos compostar nuestros residuos?
5.4	Otras formas de valorización energética	6.4	¿Qué criterios de calidad tiene que cumplir el compost?
Eliminación			
8.1	En qué consiste la eliminación de residuos		
8.2	¿Qué problemas ambientales presentan los vertederos?		
8.3	Cómo ubicar y diseñar un vertedero		
8.4	El día a día a día en un vertedero		
8.5	¿Qué hacemos cuando un vertedero agota su vida útil?		

Figura 1. Títulos de los videos creados y publicados durante el desarrollo del proyecto.

II.2. Actividades Realizadas

Para la consecución de los objetivos se realizaron las siguientes tareas:

1. Selección de contenidos: fue necesario definir los bloques temáticos, así como los contenidos a incluir en cada uno de los videos y guiones de apoyo, los cuales están reflejados en la Fig. 1.
2. Elaboración de guiones: una vez seleccionados los contenidos y las fuentes de información se procedió a la escritura de los guiones de cada sesión en las que se dividieron los 7 temas. Se realizó una versión de aproximadamente 250 palabras.
3. Preparación de presentaciones: para la realización de los videos se utilizaron como base una presentación, de acuerdo con los contenidos del guion resumido.

4. Grabación de videos: los videos consistieron en una captura de pantalla a una presentación dinámica con voz de acuerdo al contenido del guion. Para su elaboración se utilizó un software de visualización de presentaciones (Microsoft Power Point) así como un programa de grabación de video y sonido (QuickTimePlayer).
5. Producción de videos: una vez grabados se procedió a la edición de las imágenes y audio capturados con el empleo del software iMovie.
6. Preparación de cuestiones tipo test: en base a los contenidos creados se realizó una batería de cuestiones tipo test para estudiar la eficiencia del sistema de aprendizaje a través de los resultados obtenidos después del proceso de aprendizaje autónomo.
7. Elaboración de cuestionario de seguimiento y satisfacción: se creó un cuestionario basado en 6 preguntas en las que los estudiantes marcarían su grado de satisfacción y seguimiento y una pregunta abierta con el fin de que expresaran las fortalezas y debilidades del proyecto.
8. Subida diaria de videos (TWITTER) y presentaciones junto a guion (SLIDESHARE) y seguimiento del hashtag #ResCoBa bajo el cual se aportaron nuevos enlaces y noticias vinculados con el tema.
9. Realización por parte del alumnado de la prueba de contenidos y encuesta de satisfacción: Concluidas las 7 semanas se realizó un examen tipo test para evaluar la adquisición de competencias cuya calificación forma parte de la evaluación de las pruebas y ejercicios realizadas a lo largo del curso y la encuesta de satisfacción y seguimiento que realizaron de forma voluntaria y anónima.

III. Resultados

III.1 Productos generados

Los productos generados son un total de 29 videos de duración entre 1 minuto 55 segundos y 2 minutos 20 segundos en los que se describen algunos conceptos básicos. Todos los videos pueden visualizarse en www.twitter.com/ResCoBaUGR, adicionalmente en el canal de Slide Share están disponibles las presentaciones utilizadas para la grabación de los videos y los guiones.

III.2 Evaluación de contenidos

Con el fin de evaluar el aprendizaje de los contenidos por parte del estudiantado se realizó un test con opciones múltiples que los estudiantes podían hacer de forma opcional, para ello se realizó una batería de 80 preguntas con 4 opciones de las cuales sólo una era correcta. Se realizaron 4 modalidades distintas de test y con el fin de evitar las respuestas aleatorias por parte del alumnado se penalizó según la fórmula más extendida, 3 respuestas incorrectas restaban una correcta. De los 91 estudiantes matriculados, 77 realizaron el test obteniendo una calificación media de 6.3 sobre 10 con tan solo 20 estudiantes con calificación inferior a 5 sobre 10 (25.96% de la muestra).

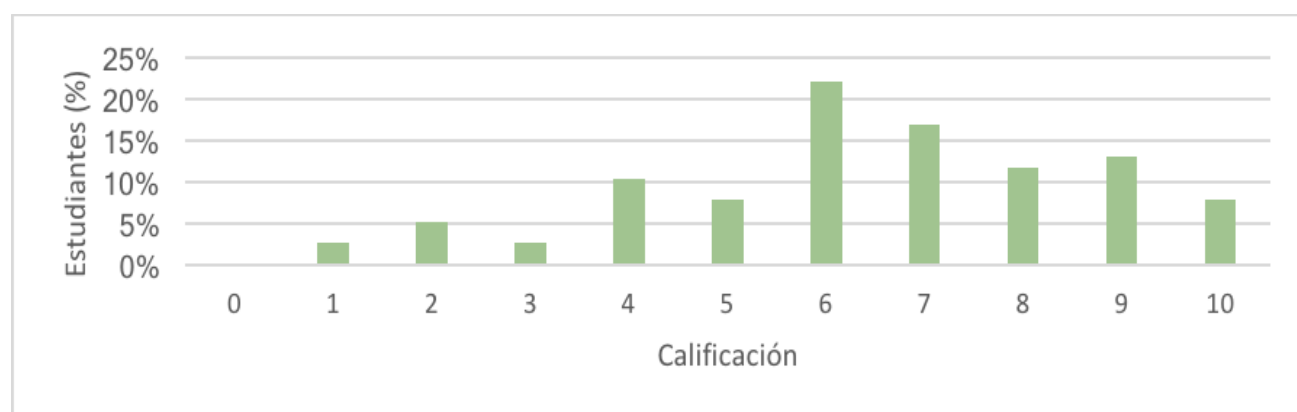


Figura 2. Distribución en % de estudiantes en función de la calificación media (sobre 10) obtenida en la prueba de contenidos.

Tal y como muestra la Figura 2, en la cual se muestra el % de estudiantes en función de la nota obtenida en el test de contenidos sobre la muestra de 77, los resultados fueron favorables demostrando los estudiantes la adquisición de competencias para poder afrontar los contenidos y competencias que se impartirían en la fase de docencia presencial.

III.3 Evaluación de seguimiento

Desde la presentación de la cuenta de Twitter el día 27 de febrero de 2017, hasta el día de la publicación del último video, los seguidores fueron creciendo hasta alcanzar un total de 104 el día 5 de mayo, tal y como muestra la Figura 3.

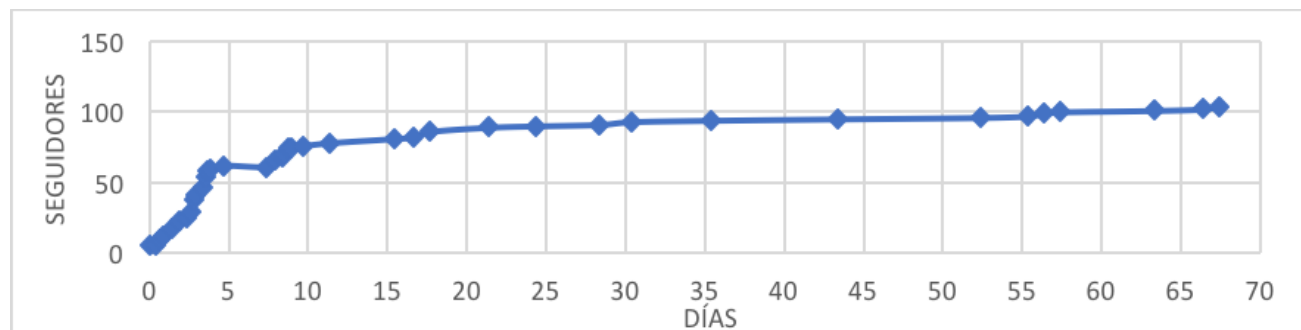


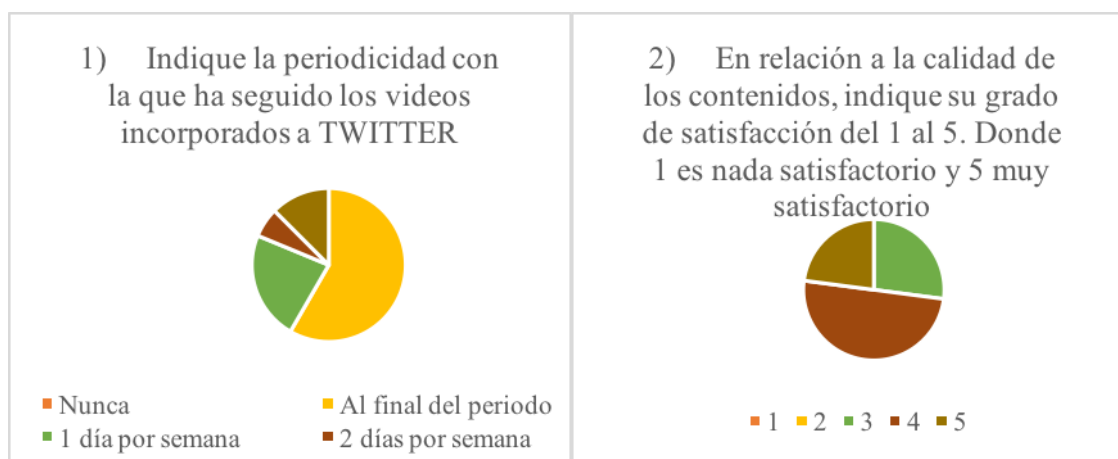
Figura 3. Evolución de seguidores desde la presentación del proyecto hasta el día 5 de mayo.

Sin embargo, el análisis de incidencia desveló que los videos fueron seguidos por más personas que seguidores. El perfil fue creado en abierto con el propósito de que los estudiantes, y cualquier miembro de la sociedad pudiera poder acceder a él sin sentir su privacidad vulnerada. El análisis de la incidencia realizado mes a mes a través del software gratuito analytics.twitter reveló que en sólo 3 días del mes de febrero los 5 tweets publicados tuvieron 361 impresiones y el perfil recibió 227 visitas. En el mes de abril, con la publicación de 24 tweets, hubo 7779 impresiones, 1192 visitas al perfil y 5 menciones. Estos datos fueron mejorando, en el mes de abril en el que, como consecuencia de una semana no lectiva en la UGR, sólo se publicaron 14 tweets tuvieron lugar 11.3 miles de impresiones y 849 visitas al perfil con una mención. Destacar que a pesar de que en mayo no se realizara ninguna publicación, el número de impresiones se mantuvo en 11.5 miles con 512 visitas al perfil y 3 menciones.

III.4 Evaluación de satisfacción

Con el fin de analizar el grado de satisfacción y de seguimiento del se llevó a cabo un test voluntario y anónimo en el que se incluían las preguntas mostradas en la Figura 4. En este caso la tasa de respuesta por parte del estudiantado fue ligeramente inferior, con una participación de 51 estudiantes.

De los datos de seguimiento destacar que la mayoría de los estudiantes (58%) esperaron a tener todos los contenidos para visualizar los videos. En cuanto a la calidad de los contenidos, los videos y el aprovechamiento ningún estudiante lo calificó como nada satisfactorio, valorando en los tres casos más del 80 % de los estudiantes como satisfactorio o muy satisfactorio. En cuanto a la experiencia en general el 85 % de los estudiantes la consideraron entre positiva y muy positiva, recomendando que se repita en el próximo curso un 85,11%.



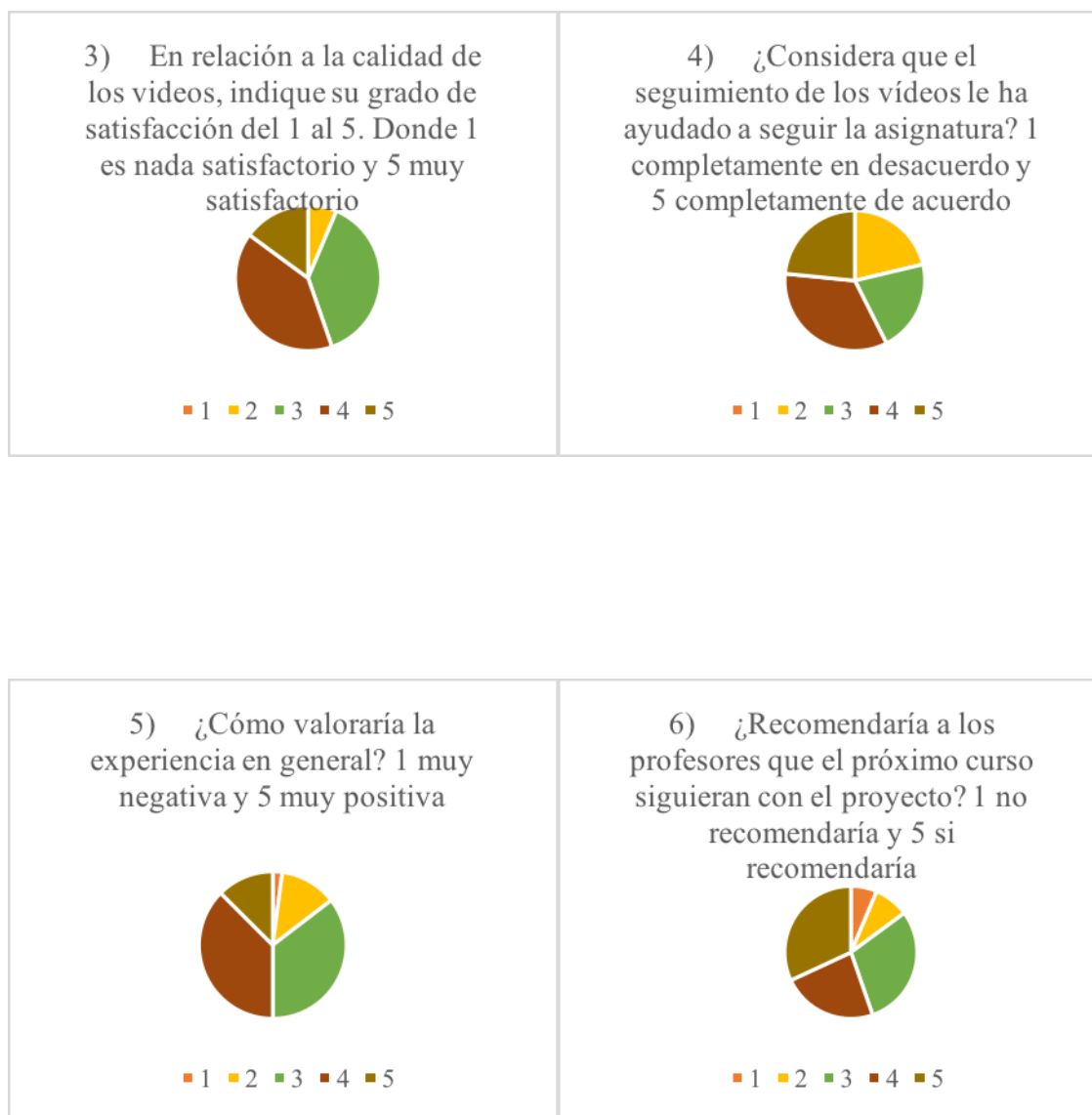


Figura 4. Distribución en % de las respuestas de los estudiantes al test de seguimiento y satisfacción del proyecto, sobre muestra de 51 estudiantes.

IV. Conclusiones

A partir del desarrollo del presente proyecto básico de innovación docente llevado a cabo desde el 1 de enero hasta el mes de mayo del 2017 en la asignatura Gestión de la Depuración y Tratamiento de Aguas y Residuos en el máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos en el curso académico 2016-2017, las siguientes conclusiones fueron obtenidas:

- Con la creación de los videos elaborados con una elevada calidad tanto en los contenidos como en la forma, se ha dado a conocer los aspectos fundamentales relativos al ciclo de residuos urbanos desde la generación en los hogares hasta su eliminación, incluyendo la recogida, la recuperación, la valorización e el tratamiento no solo al alumnado de GDTAR del máster en ICCP, si no al resto de la sociedad, al tratarse de contenidos libres, accesibles por cualquier persona, independientemente de que sea usuario o no de twitter a través de la dirección <https://twitter.com/ResCoBaUGR>.
- Con la divulgación de los contenidos a través de la citada red social, se ha hecho participe de forma particular al resto de estudiantes de la Escuela de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, y de forma general a los miembros de la comunidad universitaria y la sociedad se hace visible la problemática asociada con la gestión de residuos, que hace necesario el cambio del modelo establecido basado en la economía lineal hacia un modelo más sostenible basado en la economía circular.

- Además de los contenidos creados para la publicación propiamente dicha, a lo largo de la duración del proyecto se han ido incorporando contenidos externos relacionados con la materia, entre los cuales se puede destacar un vídeo acerca de cómo entender la economía circular que alcanzó el mayor número de interacciones totales, mostrando a los estudiantes que en la red existe numerosos recursos de calidad que pueden ser utilizados como fuente de consulta.
- La valoración general del uso de redes sociales como herramienta de comunicación ha sido en términos generales muy positiva, sin embargo consideramos que el canal utilizado (Twitter), debido a los requerimientos impuestos de la red en cuanto a la duración de los videos puede haber limitado la creación de contenidos por lo que para el siguiente curso está prevista la creación de un canal de YouTube que sirva de repositorio de los contenidos creados así como para alojar una nueva serie de contenidos de duración entre 15 y 25 minutos con talleres prácticos relativos a la gestión de residuos.

V. Agradecimientos

Los resultados presentados son parte del proyecto de innovación docente básico del plan FIDO 2016-2018 de la Universidad de Granada titulado RESCOBA (RESIDUOS: CONCEPTOS BÁSICOS). INCORPORACIÓN DE LAS REDES SOCIALES COMO METODOLOGÍA ACTIVA EN LA MATERIA DE GESTIÓN DE LA DEPURACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS Y RESIDUOS EN EL MÁSTER EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS (PID 16-13).

Referencias

- AL-MUKHAINI, E.M; AL-QAYOUDHI, W.S; AL-BADI, A.H. (2014) Adoption of Social Networking In Education: A Study Of The Use Of Social Networks By Higher Education Students In Oman, *Journal of International Education Research*, 10(2), 143-154.
- MESO, K; PÉREZ, J.A; MENDIGUREN, T. (2011) The implementation of social networking in higher education college, *Tejuelo*, 12, 137-155.
- ROMÁN, A. (2013) Redes Sociales y docencia en Tercer Ciclo, *Historia y Comunicación Social*, 18, 751-760.
- TCHOBANOGLIOUS, G; THEISEN, H; VIGIL, S. (1994) *Gestión integral de residuos sólidos*, Madrid: Mc Graw Hill.

Utilización de la aplicación móvil Plickers en la evaluación continua

Garrido Manrique, Jesús⁽¹⁾; Garach Morcillo, Laura⁽²⁾

(1) Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Granada, jega@ugr.es

(2) Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Granada, lgarach@ugr.es

Resumen

La evaluación continua es un procedimiento recomendado para el aprendizaje y calificación de los estudiantes. Una de las actividades en las que se basa un sistema de evaluación continua es la participación activa de los estudiantes en las clases. La tecnología puede ayudar en este sentido. Plickers es una aplicación muy sencilla que sólo precisa del uso del móvil o tableta por parte del profesor y de un ordenador para proyectar en el aula. No requiere tecnología por parte de los alumnos. Permite al profesor plantear preguntas de opción múltiple con hasta cuatro posibles respuestas. De este modo se puede conseguir mantener la atención del alumnado y comprobar si el estudiante ha comprendido el contenido de la materia. En cada clase se pueden realizar preguntas acerca del tema que se ha explicado en el día y de temas anteriores por lo que se puede motivar al alumno y animarle a que realice un estudio continuo de la asignatura.

Palabras clave: Evaluación continua, Plickers, test, tecnología

I. INTRODUCCIÓN

La Universidad de Granada (UGR) establece en su normativa de evaluación y calificación de los estudiantes que existen dos procedimientos: la evaluación continua y la evaluación única final. La evaluación será preferentemente continua pero se contempla una evaluación única final a la que podrán acogerse aquellos estudiantes que no puedan cumplir con el método de evaluación continua por causas justificadas. Los sistemas de evaluación continua del aprendizaje del estudiante deben estar basados en una combinación de actividades que represente un porcentaje de la nota final. Algunas de estas actividades pueden ser exámenes escritos u orales, trabajos presentados relacionados con el contenido de la asignatura, realización de prácticas o participación activa de los estudiantes en las clases teóricas y prácticas. En definitiva, cualquier tipo de pruebas que garanticen una evaluación objetiva del aprendizaje y rendimiento. Se debe comprobar a lo largo del curso que el alumno adquiere los conocimientos impartidos durante las clases.

La aplicación móvil Plickers (Plickers, 2017) permite al profesor proyectar preguntas con respuesta múltiple que serán contestadas por el alumnado de forma individual o por equipos. Se puede conocer en tiempo real la respuesta elegida por cada alumno comprobando los conocimientos previos o que han adquirido durante una clase. Permite dar una explicación de por qué una determinada respuesta es la correcta o incidir en aquella que ha sido contestada erróneamente por la mayoría del alumnado. Además, permite conocer simultáneamente aquellos alumnos que han asistido a clase. El tiempo invertido en cada evaluación es muy rápido, por lo que permite realizar la evaluación en cada clase sin que reste mucho tiempo. Dependerá fundamentalmente del número de preguntas a contestar y el tiempo que se le deje al alumnado para responder.

Plickers no necesita que el alumno disponga de móvil, sólo se requiere del teléfono móvil del profesor. Esto supone una gran ventaja de esta aplicación frente a otras existentes como Kahoot o Socrative que necesitan que todos los alumnos dispongan de un ordenador o dispositivo con conectividad adecuada. Algunos docentes han contado su experiencia, como Gajdarova (2015) que la puso en uso en enseñanza secundaria y universitaria en Bulgaria.

Esta aplicación se ha puesto a prueba durante el curso 2016/17 en dos asignaturas de la especialidad de Construcciones Civiles del Grado de Ingeniería Civil de la UGR así como en un curso de doctorado de la Universidad Hebrea de Jerusalén, con resultados satisfactorios.

II DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN

Plickers es una herramienta muy simple que permite a los profesores obtener datos estadísticos del progreso de aprendizaje de sus alumnos, puede evaluarlos en tiempo real sin necesidad de que los estudiantes dispongan de ningún dispositivo electrónico.

El funcionamiento de Plickers es muy sencillo. Se puede resumir en los siguientes pasos:

1. En primer lugar hay que darse de alta como usuario en la web de Plickers e instalarse la aplicación en el móvil. Se crea una clase y añadimos a todos los alumnos. A cada alumno se le asigna un número. Se escriben las preguntas que se le harán al alumnado que podrán ser de respuesta múltiple (con hasta 4 posibles respuestas) o de verdadero o falso. La aplicación permite introducir fotos, figuras...en dichas preguntas.
2. En segundo lugar, se imprimen unas tarjetas (Fig. 1) que serán facilitadas a los alumnos. Estas tarjetas, que pueden ser descargadas de la web de Plickers, tienen un código QR (Quick Response) que almacena información en una matriz de puntos que será leída en el dispositivo móvil. Estas tarjetas tienen letras y números. El número indicará el alumno poseedor de la tarjeta y las letras indican la posible respuesta (A, B, C o D). En el ejemplo de la Fig. 1 el número 1 indicaría que la tarjeta pertenece al alumno al que se le asignó dicho número en el primer paso y la letra que aparezca en la cara superior indica, tal y como se aclara en el paso 5, la respuesta elegida por el alumno.



(a) Respuesta A elegida (letra A en la cara superior) (b) Respuesta B elegida (letra B en la cara superior)
Figura 1. Tarjeta Plickers del alumno 1 (tomada de www.plickers.com)

3. A continuación, se reparte una tarjeta a cada alumno, de modo que el número de la misma coincida con el número que se le asignó al alumno en el paso 1 (la tarjeta de la Fig. 1, se corresponderá con el alumno 1). Cada vez que se evalúe al alumno durante el curso, éste tendrá siempre la misma tarjeta. Es recomendable plastificar las tarjetas para su mejor conservación. Se puede asignar el mismo número de tarjeta a alumnos que pertenezcan a clases diferentes.

4. El profesor realiza una pregunta, que proyecta en una pantalla, y ofrece distintas respuestas al estudiante (Fig. 2).



Figura 2. El profesor proyecta una pregunta y sus posibles respuestas

5. El alumno mostrará la tarjeta poniendo hacia arriba la letra que corresponda a la respuesta que crea correcta (Fig. 1 y 3).

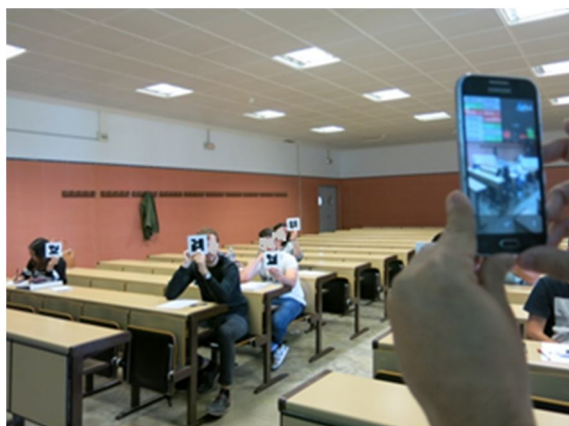


Figura 3. El alumno pone hacia arriba el lado de la tarjeta con la letra de la respuesta que crea correcta

6. El profesor escanea todas las tarjetas con su dispositivo (Fig. 3 y 4). La respuesta de cada estudiante se registra automáticamente en la aplicación. Para llevar a cabo este paso, el profesor previamente sincroniza su teléfono móvil o la tableta (o dispositivo que vaya a utilizar). Para ello, simplemente introduce su contraseña tanto en la web como en su dispositivo. El dispositivo del profesor puede sincronizarse previamente, de modo que el paso 4, en el que proyecta las preguntas en la pantalla, lo puede hacer desde su dispositivo.



Figura 4. El profesor escanea las respuestas con su dispositivo

7. A medida que se leen los códigos QR, el nombre del alumno asociado a cada código aparece en color verde, si su respuesta es correcta, en rojo, si su respuesta es incorrecta y en gris si el alumno no ha respondido (Fig. 5). Por tanto, una vez finalizado el barrido de los códigos QR con el teléfono móvil se obtiene en tiempo real la respuesta dada por cada alumno a cada pregunta, el porcentaje de aciertos para cada pregunta y el porcentaje de respuestas correctas de cada alumno. Al final se obtiene una tabla resumen con las respuestas de cada alumno (Fig. 6)

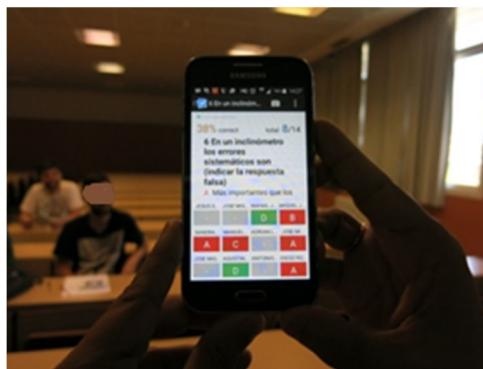


Figura 5. Respuestas de cada alumno en tiempo real vistas desde el móvil

Card #	Student Name	Total %	Los factores de capacidad de carga de...	Se tiene una zapata cuadrada de 2	La presión vertical en una zapata cor...	En una situación a corto plazo	En arcillas saturadas debemos	Una carga excéntrica me obliga a util...	La presión vertical (PQ/m ²) por	Para aumentar el factor de seguridad ...	Se tiene una zapata cuadrada de 2	Los factores de forma no se utilizan ...	La distribución de presiones en el te...
1	1	36%	D	B	A	A	A	A	A	C	D	B	C
2	2	91%	A	D	B	A	C	A	B	D	B	B	D
3	3	55%	A	D	B	C	A	A	A	D	D	B	D
4	4	73%	C	D	B	A	C	A	B	D	C	B	D
5	5	50%	A	B	B	A	B	C	A	C	-	-	-
6	6	64%	A	B	B	A	B	A	B	C	C	B	A
7	7	64%	C	A	B	A	A	A	B	D	C	B	D
8	8	73%	A	D	B	A	B	A	B	D	C	B	D
9	9	73%	A	B	B	C	B	A	B	D	C	B	D
10	10	64%	B	C	B	C	C	A	B	D	D	B	D
11	11	73%	B	C	B	A	C	A	B	D	C	B	D
12	12	91%	A	B	B	A	C	A	B	D	B	A	D
13	13	50%	D	D	B	A	C	A	B	A	-	-	-
14	14	64%	A	C	B	D	C	A	C	D	C	B	D
15	15	88%	A	D	B	A	C	A	B	D	-	-	-
16	16	82%	B	C	B	A	C	A	B	D	B	B	D
17	17	73%	A	B	B	A	A	A	A	D	D	B	B
18	18	55%	A	A	B	A	B	A	A	D	C	B	A
19	19	73%	A	D	B	D	B	A	B	D	B	B	D
20	20	73%	A	C	B	A	A	A	A	D	B	B	D

Figura 6. Resumen de respuestas de cada alumno en la aplicación

Es importante contar previamente el número de alumnos que se van a evaluar durante la clase, ya que a veces si no se levantan las tarjetas adecuadamente algunos códigos QR no se leen. Por tanto, el número de alumnos y el número de respuestas escaneadas debe coincidir antes de realizar una nueva pregunta. La aplicación móvil Plickers permite la evaluación de tantos alumnos como códigos QR se pueden descargar en la misma, siendo su número máximo de 60.

Otras aplicaciones móviles como las mencionadas Kahoot o Socrative permiten evaluar al alumno en clase de forma rápida. Sin embargo, tienen un inconveniente que es la necesidad de que todos los alumnos dispongan de un dispositivo móvil operativo. Aunque lo normal es que todos los alumnos tengan teléfono móvil, si éste no está disponible por distintos motivos, tales como falta de batería, conexión lenta a internet...el alumno no podría ser evaluado. Con Plickers la única persona que necesita un dispositivo (teléfono móvil o tableta) es el profesor, siendo éste el único que no debe tener problemas para poder evaluar a sus alumnos.

III. APLICACIÓN PRÁCTICA DE PLICKERS

Plickers se ha puesto a prueba durante el curso 2016/17 en dos asignaturas de la especialidad de Construcciones Civiles del Grado de Ingeniería Civil de la UGR:

- Métodos avanzados de reconocimiento del terreno (MART). Esta asignatura es optativa y se imparte en el 6º semestre. En el curso 2016/17 contaba con 14 alumnos matriculados. Un 30% de la nota final de esta asignatura se obtiene mediante el uso de Plickers en las clases.
- Cimientos en la Ingeniería Civil (CIC). Esta asignatura es obligatoria y se imparte en el 4º semestre. En el curso 2016/17 contaba con 175 alumnos matriculados distribuidos en 3 grupos de teoría y 6 grupos de prácticas con aproximadamente 30 alumnos por grupo.

Se decidió hacer la prueba experimental en la optativa MART que contaba con menor número de alumnos. No obstante, viendo la utilidad de la herramienta en dicha asignatura se decidió utilizarla también en los grupos de prácticas de CIC, por tener un número menor de asistentes a clase que los grupos de teoría.

Se van a mostrar los resultados obtenidos en la asignatura MART porque en CIC se empezó a usar la aplicación con el curso más avanzado, cuando se comprobó que en MART funcionaba. En MART se realizaron 45 preguntas a lo largo del curso a los 14 alumnos (Fig. 7). Prácticamente la totalidad de los estudiantes respondieron a más del 50% de las mismas. Aproximadamente el 70% de los alumnos

respondieron correctamente más del 50% de las preguntas. Se ha observado que alumnos que estaban sentados uno al lado del otro han obtenido aciertos diferentes lo que implica que no se han copiado.

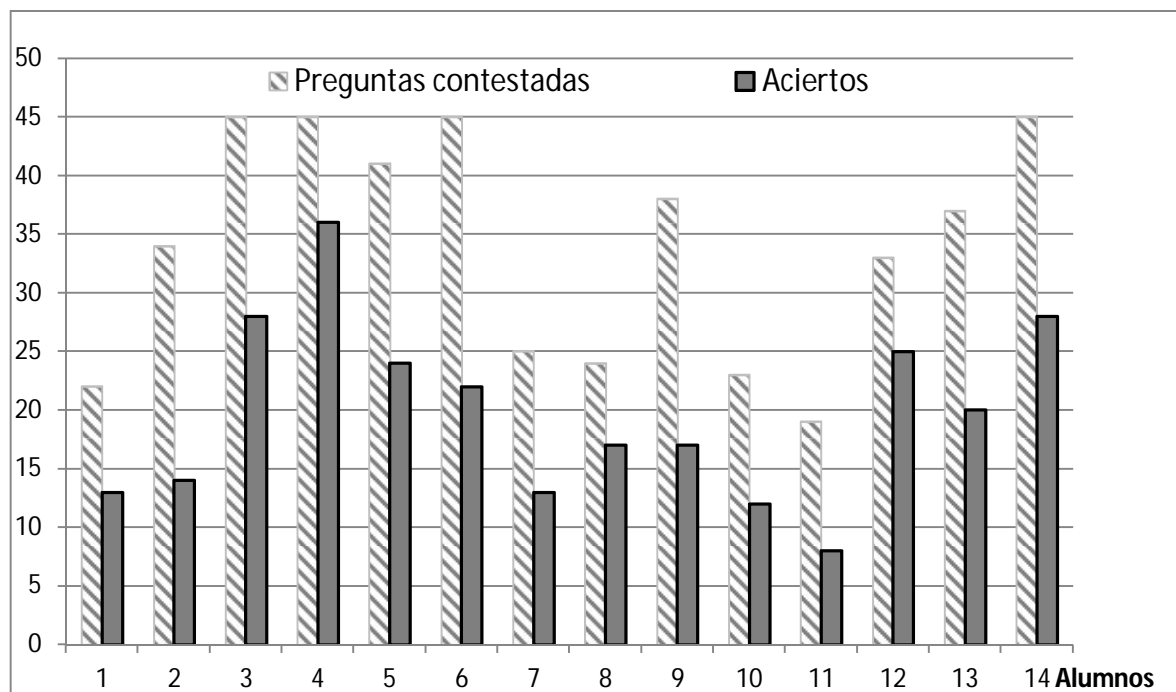


Figura 7. Preguntas contestadas y aciertos por alumno en la asignatura MART

En la Fig. 8 se comparan el porcentaje de aciertos utilizando la aplicación plickers y la nota del examen teórico para cada alumno. Se observa que existen cierta correlación entre ambas. En el examen teórico se realizaron 25 preguntas tipo test con 4 respuestas posibles, aunque a diferencia de los exámenes con plickers cada 4 respuestas erróneas se restaba 1 acertada. En dicho examen se preguntaron algunas de las cuestiones que se hicieron previamente en clase utilizando plickers.

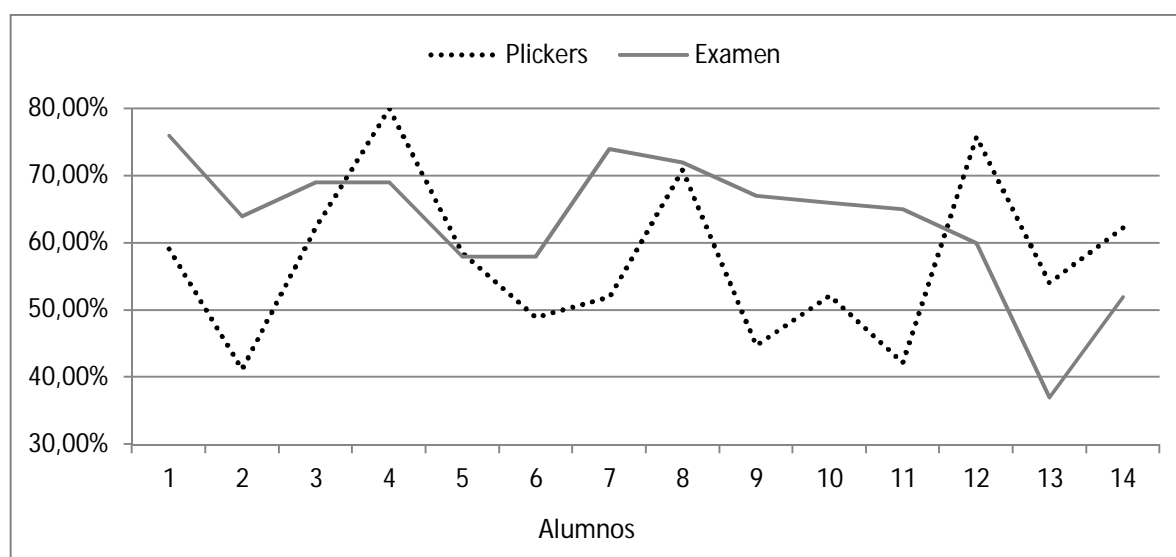


Figura 8. Porcentaje de aciertos en plickers y en el examen para cada alumno de MART

IV. VENTAJAS E INCONVENIENTES

El uso de Plickers en las dos asignaturas ha permitido apreciar algunas ventajas y desventajas de la aplicación. Una de las principales ventajas es que el profesor interacciona bastante con los alumnos y se aprende con facilidad sus nombres ya que durante el escaneo de los códigos QR aparece el nombre del alumno asociado a cada código.

Otra ventaja que presenta la utilización de esta aplicación es que el número de estudiantes que utiliza el móvil en clase (whatsapp, mensajes,...) se reduce ya que el alumnado es consciente que al final de clase se harán preguntas sobre el tema impartido durante la misma, lo que hace que deba prestar más atención a las explicaciones del profesor. Además, obliga al alumno a estudiar de forma continua ya que existe la posibilidad de hacer preguntas sobre temas explicados con anterioridad.

El uso de Plickers también permite explicar con más claridad temas o preguntas que han fallado la mayoría de los estudiantes.

También se han apreciado algunos inconvenientes. Uno de ellos es que la hoja de datos generada por la aplicación no se puede descargar directamente a formato Excel (extensión de archivos .xls), sino que hay que exportarlo a un formato .csv y luego a un archivo .txt para finalmente obtener un archivo .xls. Una vez que la evaluación de los alumnos se tiene en formato .xls se puede gestionar para lo que se desee. Por ejemplo, se puede calcular la nota del alumno si se decide penalizar las respuestas incorrectas o se pueden eliminar aquellas preguntas con un bajo porcentaje de aciertos.

Otro inconveniente es que si un estudiante decide no contestar a una pregunta, el alumno aparece en el mismo color que un alumno que no ha asistido, por lo que debería de existir la opción de poder dejar la pregunta sin contestar, si así se deseara.

Además, si el profesor ha señalado erróneamente en la aplicación la respuesta correcta y ésta se ha corregido posteriormente a su evaluación, no se pueden revisar automáticamente las respuestas de los alumnos. Sin embargo, esta situación se podría resolver fácilmente si las respuestas estuvieran en formato excel, simplemente indicando la respuesta correcta.

Por último, las preguntas/respuestas no pueden subirse a la aplicación desde otros ficheros (word, excel,...) y tampoco pueden descargarse en ningún formato que permita utilizarlas para los exámenes escritos tradicionales.

V. CONCLUSIONES

La utilización de la aplicación móvil Plickers permite una evaluación continua del alumnado debido a que pueden realizarse tantas preguntas como se estimen oportunas en el momento que se quiera de la clase de una forma rápida y sencilla. Se obtienen, en tiempo real, las respuestas dadas por cada alumno a cada pregunta, el porcentaje de aciertos para cada pregunta y el porcentaje de respuestas correctas de cada alumno. De este modo se puede conseguir mantener la atención del alumnado y comprobar si está entendiendo lo que se está trabajando en clase.

Además, dicha aplicación permite que el profesor se aprenda los nombres de los alumnos con facilidad, mientras que estos reducen el uso del teléfono móvil en clase ya que saben que se van a hacer preguntas sobre el tema explicado durante o a la finalización de la clase. Este método también invita al alumno a estudiar todos los días debido a que cualquier día de clase se pueden hacer preguntas de temas explicados con anterioridad.

REFERENCIAS

- Gajdarova, M (2015). Plickers assisted formative peer instruction assessment. Chemistry, 24 (2), 187-202.
Plickers (2017). <https://www.plickers.com/>

Aprendizaje mediante experiencias prácticas en el área de la ingeniería sanitaria

García-Ruiz, Andrés ⁽¹⁾; García-Ruiz, Pablo ⁽²⁾; Carpio, Manuel ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Instituto de Obras Civiles, Universidad Austral de Chile, {andres.garcia; carpio}@uach.cl

⁽²⁾ Ingeniero Constructor, pgarcia.gessan@gmail.com

Resumen

El presente trabajo contempla reforzar las competencias y destrezas de los estudiantes, en cuanto resolver problemas de ingeniería sanitaria, aplicando conocimientos de hidráulica y normativa vigente a través de sesiones prácticas, con el fin de efectuar inspecciones técnicas de redes públicas de agua potable y alcantarillado que se encuentren ejecutadas.

Palabras clave: Ingeniería sanitaria; Construcción; Experiencia práctica; Prueba.

I. Introducción

Actualmente en Chile se están aplicando revisiones cada vez más rigurosas en la ejecución de obras de ingeniería. Esto se ve reflejado en las exigencias que ha establecido el gobierno a través del Ministerio de Obras Públicas (MOP) y sus licitaciones de proyectos, en los cuales exige a los profesionales de la ingeniería obtener ciertas competencias, relacionadas a establecer procesos constructivos que aseguren el cumplimiento de la serie de normas ISO-9000. Estas normas fueron establecidas por la organización internacional de normalización (ISO) para dar respuesta a una necesidad de las organizaciones públicas o privadas, de precisar los requisitos que debería tener un sistema de gestión de la calidad (AEC, 2017). Desde la academia se respondió a esta necesidad a través de la implantación de programas académicos que aporten al profesional de la construcción un perfeccionamiento en el área del aseguramiento de la calidad y de la inspección técnica de obras. Estos programas aportan a los profesionales herramientas de negocio y una disminución considerable en el riesgo en la ejecución de proyectos de ingeniería.

Sin lugar a dudas, el abastecimiento de agua potable y los accesos a sistemas de saneamiento de aguas residuales es uno de los temas más relevantes a los que nos enfrentamos como sociedad. Es por ello que las Naciones Unidas han fijado como una de las metas más importantes de los “Objetivos del Milenio” vinculados con la paz, seguridad y desarrollo, específicamente en el objetivo 6, el cual establece en septiembre del 2015, la necesidad de garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible de agua y el saneamiento para todos, con una meta de aquí al 2030, donde se incluya una cobertura todas las personas sin acceso a agua potable segura y adecuado saneamiento (ONU, 2015). Esto hace poner un cuidado especial a la hora de la construcción de los proyectos sanitarios, durante los últimos años se ha llegado a un reconocimiento y aceptación de la necesidad de conservar y controlar correctamente las redes de saneamiento (TCHOBANOGLOUS, 1995).

La problemática detectada en las carreras de Ingeniería Civil en Obras Civiles e Ingeniería en Construcción de la Universidad Austral de Chile se basa en la ausencia de módulos de enseñanza relacionadas con competencias práctica en el área de la ingeniería sanitaria, las cuales aportan un conjunto de conocimientos, procedimientos, actitudes y características personales, que se complementan entre sí, para que el alumno pueda resolver diferentes situaciones reales (JABIF, 2007). Esto indica que las capacidades y competencias prácticas son uno de los factores fundamentales para la formación de un profesional competente, lo que se puede observar en la Figura 1.

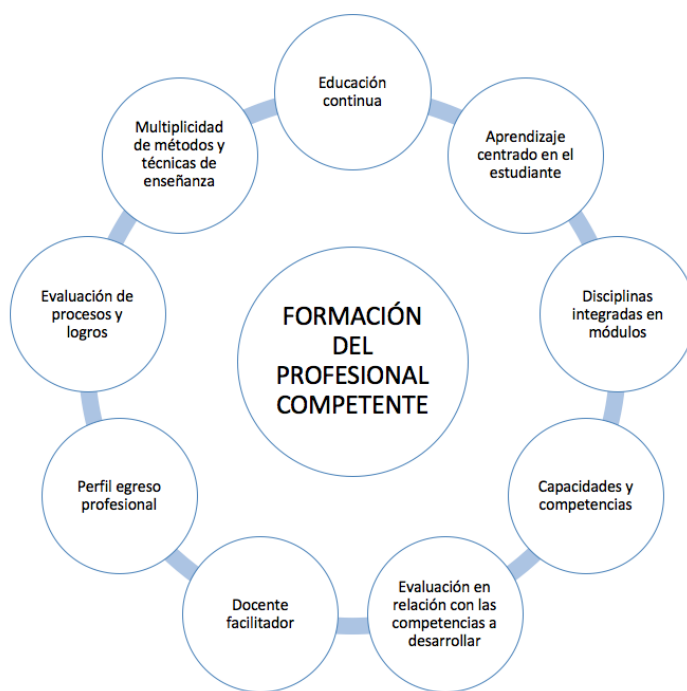


Figura 1. Componentes para la formación del profesional competente (JABIF, 2007).

Por otro lado, tanto la evaluación interna de las carreras de Ingeniería Civil en Obras Civiles e Ingeniería en Construcción, así como también en el informe entregado por los pares evaluadores en proceso de re acreditación de la carrera de Ingeniería en Construcción realizado el año recién pasado, ha mencionado: *“el actual proceso se evidenciaron iniciativas aisladas llevadas a cabo en algunas asignaturas por sus docentes y no se evidenció la existencia de un mecanismo formal de evaluación del logro de las competencias a las que deben apuntar las estrategias pedagógicas”* (FORCAEL et al, 2016). Por este motivo esta incorporación de módulos prácticos en las asignaturas de ingeniería sanitaria, busca servir de referencia para la implementación de estas experiencias en otras materias.

Por todo lo planteado, el objetivo principal de esta iniciativa es entregar herramientas de control en las obras de saneamiento a los estudiantes de Ingeniería Civil en Obras Civiles e Ingeniería en Construcción, las cuales actualmente no están contempladas como experiencias prácticas en ninguna de las asignaturas que ofrece la Universidad Austral de Chile.

II. Metodología de las prácticas

Se proyecta la realización de dos módulos de experiencias prácticas, los cuales están relacionados con entregar las herramientas necesarias para que los alumnos, tanto de Ingeniería Civil en Obras Civiles e Ingeniería en Construcción, estén capacitados para realizar las pruebas de control de instalaciones públicas en las tuberías de agua potable y alcantarillado, contenidas en las Normas Chilenas (NCh) N°1360 of 2009 “Sistemas de tuberías para conducción de agua potable Instalación y pruebas en obra” y la N°3191/1 of 2009 “Sistemas de tuberías para recolección de aguas residuales – Parte 1: Instalación y pruebas en obra”.

Ambas normas establecen los procedimientos a emplear para llevar a cabo las pruebas hidráulicas de los sistemas de tuberías. Por lo que se hará participe al alumno a realizar una experiencia práctica en un contexto cercano a la realidad, con la idea de que este adquiera conocimientos tanto empíricos a través de la lectura de los textos normativos, como también integrar otros elementos cognitivos por medio de la implementación y realización práctica de las diferentes pruebas de control en tuberías.

II.1 Módulo N°1: Pruebas de presión en sistemas de tuberías de agua potable pública

Este módulo contempla la realización de la prueba práctica donde el alumno podrá asimilar los conceptos de presión en sistemas de agua potable pública.

II.1.1 Prueba de presión

Según lo establecido en la NCh 1360, El sistema de tuberías para agua potable se debe someter a pruebas de presión en terreno, según se describe a continuación, estos deben ser verificados y controlados por profesionales del área. Las etapas de esta prueba son las siguientes:

- Preparación para la prueba de presión hidrostática final.
- Prueba de presión hidrostática inicial inmediatamente después de la preparación.
- Prueba de presión hidrostática final.
- Prueba de arranques que pertenecen a urbanizaciones.

II.1.1.1 Equipos de prueba

Para la prueba de presión hidrostática, tanto para sistemas de tuberías plásticas como metálicas, se necesita el equipo siguiente:

- Bomba hidráulica de presión, con potencia suficiente para alcanzar y mantener la presión de prueba.
- Estanque apropiado y elementos de medición de agua para determinar la cantidad agregada para mantener la presión de prueba especificada.
- Llave de paso y válvula de retención.
- Válvulas de purga de aire.
- Manómetros con sensibilidad de 0,01 MPa (0,1 kgf/cm) (2 unidades).
- Tapones de diámetros que permitan sellar los extremos de la tubería (2 unidades).

II.1.1.2 Preparación de la prueba

Los alumnos deberán preparar los elementos que serán ensayados, según lo dispuesto en el apartado “6.2 Preparación de la prueba” de la NCh 1360, siendo apoyados tanto por el profesor responsable de la asignatura y un estudiante ayudante de cursos superiores. Ver Figuras 2 y 3.

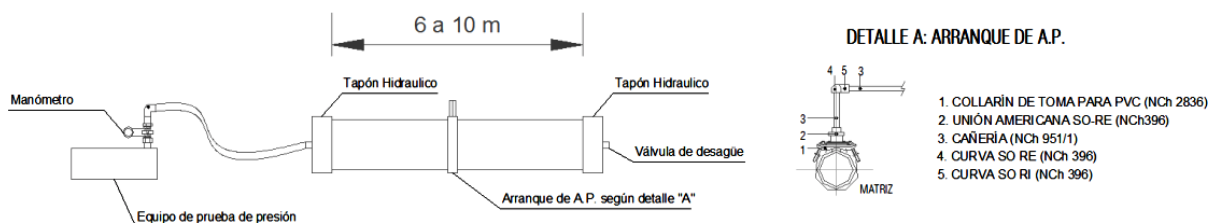


Figura 2. Esquema de prueba de presión en agua potable.



Figura 3. Fotografías de pruebas de presión en terreno.

II.1.1.3 Aprendizaje de la prueba

Tras la realización de la prueba de presión, los alumnos serán capaces de:

- Montar una prueba de presión en terreno.
- Interpretar los resultados obtenidos, analizando si presión suministrada es 1.5 veces la presión de servicio del sistema.

II.2 Modulo N°2: Pruebas de hermeticidad y alineación en sistemas de recolección de alcantarillado público

Este módulo contempla la realización de dos pruebas prácticas, los cuales deberán llevarse a cabo en dos etapas diferentes, de esta forma el alumno podrá asimilar en mejor medida los conceptos de cada uno de los prácticos.

II.2.1 Prueba de hermeticidad

Según lo dispuesto por la NCh 3191/1, las pruebas de hermeticidad deben ser verificadas y controladas por profesionales del área, y contemplan tanto tuberías correspondientes a uniones domiciliarias existentes en el tramo y las cámaras de inspección.

II.2.1.1 Equipos de prueba

Para la prueba de hermeticidad, tanto para sistemas de tuberías plásticas como metálicas, se necesitan los siguientes equipos y materiales:

- Estanque apropiado y elementos de medición de agua para determinar la cantidad agregada para mantener la presión de prueba especificada.
- Torre de soporte de estanque.
- Llave de paso y válvula de retención.
- Válvulas de purga de aire.
- Tapones de diámetros que permitan sellar los extremos de la tubería (2 unidades).

II.2.1.2 Preparación de la prueba

Los alumnos deberán preparar los elementos que serán ensayados, según lo dispuesto en el apartado “6.2 Preparación de la prueba” de la NCh 1362, siendo apoyados tanto por el profesor responsable de la asignatura y un estudiante ayudante de cursos superiores. Ver Figura N°4.

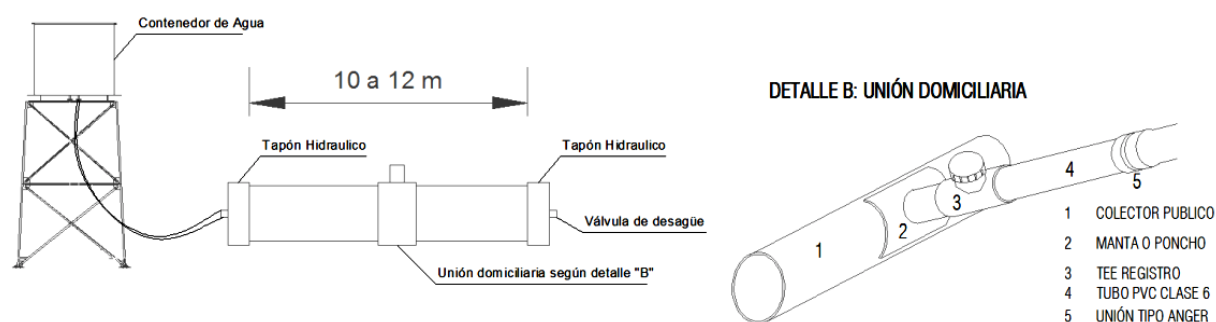


Figura 4. Esquema de prueba de hermeticidad en alcantarillado.

II.2.1.3 Aprendizaje de la prueba

Tras la realización de la prueba de hermeticidad, los alumnos serán capaces de:

- Montar una prueba de hermeticidad en terreno.
- Interpretar los resultados obtenidos, observando si existen pérdidas de agua en el sistema a través de la diferencia de nivel hidrostático que pudiera experimentar el estanque de prueba.

II.2.2 Prueba de luz

Según lo dispuesto por la NCh 3191/1, esta prueba permite verificar la correcta alineación de las tuberías del tramo de alcantarillado.

II.2.2.1 Equipos de prueba

Para la prueba de luz, tanto para sistemas de tuberías plásticas como metálicas, se necesitan los siguientes equipos y materiales:

- Fuente de luz.
- Espejo tamaño superior a diámetro de la tubería.

II.2.2.2 Preparación de la prueba

Los alumnos deberán preparar los elementos que serán ensayados, según lo dispuesto en el anexo B.3 de la NCh 3191/1, siendo apoyados tanto por el profesor responsable de la asignatura y un estudiante ayudante de cursos superiores. Además importante señalar que se indicaran algunos aspectos que no aparecen descritos completamente en la normativa, que solo es posible asimilar cuando lleva a cabo la experiencia práctica, pudiendo comprender de mejor manera el no cumplimiento de esta prueba de mejor manera. Ver Figura 5.

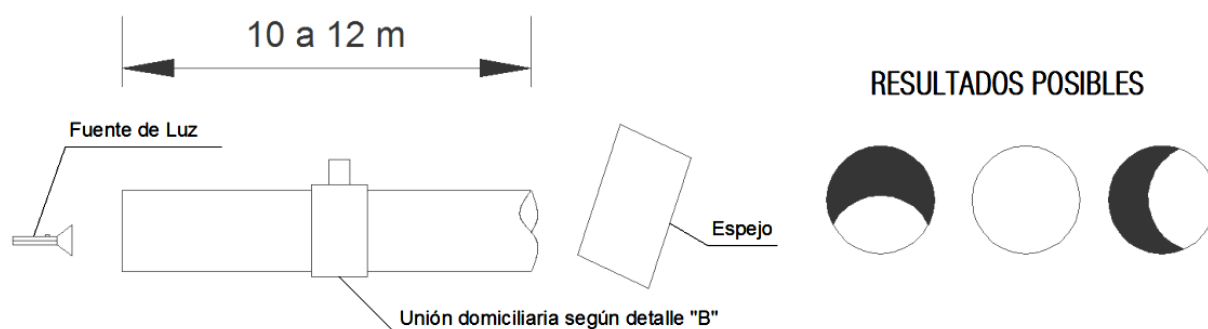


Figura 5. Esquema de prueba de luz.

II.2.2.3 Aprendizaje de la prueba

Tras la realización de la prueba de luz, los alumnos serán capaces de:

- Montar una prueba de luz en terreno.
- Interpretar los resultados obtenidos, observando la geometría del reflejo emitido de la fuente de luz a través de su paso por la tubería. Con este resultado se puede identificar imperfecciones de alineamiento vertical u horizontal.

III. Conclusiones

Una vez realizadas las experiencias prácticas el alumno contará con las competencias técnicas, para poder verificar y controlar la implementación, desarrollo y análisis de resultados de cada una de estos controles cotidianos en el ejercicio profesional de la ingeniería sanitaria.

La implementación de estas prácticas en las asignaturas afines al área de la ingeniería sanitaria, en las carreras de Ingeniería Civil en Obras Civiles e Ingeniería en Construcción de la Universidad Austral de Chile, reforzará el conocimiento teórico, lo que se puede ver reflejado en un menor tiempo de ejecución de las pruebas y de un desarrollo correcto en el mundo laboral.

Por último, se dará respuesta a las observaciones indicadas en el informe de acreditación de Ingeniería en Construcción, emitido por los pares evaluadores, donde se indica la necesidad de complementar el aprendizaje teórico con prácticas en terreno.

Referencias bibliográficas

- AEC, Asociación Española para la Calidad (2017), . Normas ISO 9000 [WWW Document]. URL <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/normas-iso-9000> (accessed 05.09.17).
- FORCAEL, E., ZAMBRANO, S. GARCÍA, R. (2016), *Informe final proceso de acreditación carrera de ingeniería en construcción Universidad Austral de Chile, Sede Valdivia*. Agencia Acreditadora de Chile. Santiago.
- JABIF, L. (2007). *La docencia universitaria bajo un enfoque de competencias*. Valdivia. Ediciones UACH.
- N.Ch.1360. (2009). *Sistemas de tuberías para conducción de agua potable – Instalación y pruebas en obra*. Instituto Nacional de Normalización, Santiago de Chile.
- N.Ch.1362. (1978). *Alcantarillado – Prueba de Impermeabilidad*. Instituto Nacional de Normalización, Santiago de Chile.
- N.Ch.3191/1. (2009). *Sistemas de tuberías para la recolección de aguas residuales – Parte 1: Instalación y pruebas en obra*. Instituto Nacional de Normalización, Santiago de Chile.
- ONU, Asamblea General de las Naciones Unidas (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible*. Nueva York.
- TCHOBANOGLIOUS, G. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales. Redes de Alcantarillado y bombeo*. Madrid. Mc.Graw Hill. 2ª edición.

Diagnóstico de las habilidades espaciales en las carreras de ingeniería y experiencia con el uso de realidad aumentada para una mejora en la docencia.

Engineering careers spatial skills and experience with the use of augmented reality for an improvement in teaching.

Olvera García, Elena ⁽¹⁾; Marín Granados, Manuel Damián ⁽²⁾; Ortiz Zamora, Francisco José ⁽³⁾

(1) Departamento Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos, Universidad de Málaga, oficial.adora@gmail.com (Becaria)

(2) Departamento Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos, Universidad de Málaga, mdmarin@uma.es (Director)

(3) Departamento Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos, Universidad de Málaga, fortiza@uma.es (Profesor)

Resumen

Desde el Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos, conscientes del alto porcentaje de alumnos que cursan en primero de Grado asignaturas avanzadas de Dibujo Técnico y que no han cursado antes ninguna otra de iniciación en Bachillerato, se pretende explorar metodologías innovadoras, desde nuevas estrategias de formación de grupos prácticos, hasta el desarrollo de recursos de realidad aumentada (RA).

Palabras clave: Habilidades espaciales, Realidad aumentada, videojuegos, Expresión gráfica, Dibujo técnico.

Abstract

From the Department of Graphic Expression, Design and Projects, aware of the high percentage of students who attend advanced subjects of Technical Drawing and who have not previously attended any other courses in Higher Education, we intend to explore innovative methodologies, from new strategies organizing practical groups, to the development of augmented reality (AR) resources.

Keywords: Spatial abilities, Augmented reality, video games, Graphic expression, Technical drawing.

I. Introducción

Es incuestionable la importancia de las habilidades espaciales para ingenieros y arquitectos y ésta siempre ha sido una parte muy importante a potenciar en las carreras técnicas.

En el presente Curso, la Escuela de Ingenieros Industriales ha liderado el número de egresados en la Universidad de Málaga. Sin embargo, el itinerario curricular con el que muchos alumnos llegan a cursos de primero de Ingeniería no es el adecuado: casi la mitad de alumnos han de cursar en primero de Grado asignaturas avanzadas de Dibujo Técnico sin haber cursado previamente ninguna otra de iniciación en Bachillerato. Esto genera incertidumbres y desánimo entre los alumnos, que se traduce en tasas de rendimiento inasumibles.

Conscientes del problema descrito, se pretende explorar metodologías complementarias a las que ahora se practican con el objetivo principal de reducir la tasa de abandono, adoptando medidas correctoras que incidan en la motivación e inmersión positiva, de la mano de las nuevas tecnologías que tan familiares y cotidianas rodean al estudiante (realidad aumentada).

La Expresión Gráfica como lenguaje universal del Ingeniero se puede presentar como un instrumento de transmisión de información y conocimiento a través de imágenes bidimensionales (proyecciones) que recrean modelos reales del sector industrial y tecnológico. Desde un punto de vista pedagógico, estas imágenes representan un “conjunto de estímulos visuales organizados espacialmente” (Alonso y Matilla, 1990), con la finalidad didáctica orientada a la “transmisión de conocimientos estables y utilizables” (Moles, 1991).

Se ha demostrado en trabajos anteriores (Contero, Navarro, Saorín, Piquer, & Conesa, 2005) que el aprendizaje del dibujo técnico o expresión gráfica está muy relacionado con las habilidades espaciales del

sujeto y el estudio y aprendizaje supone una mejora de estas. En una búsqueda por potenciar la visión espacial y la habilidad de relaciones espaciales del alumno haciendo también más fácil el aprendizaje a los que tienen menos conocimientos iniciales se proponen ejercicios innovadores que incluyen simuladores de realidad aumentada (RA).

II. Contexto

Esta experiencia fue llevada a cabo en la Universidad de Málaga, dentro de la Escuela de Ingenierías Industriales. La escuela recibe a alumnos de todas las especialidades y de todo el país además de, en algunos casos, del extranjero.

En cuanto al ámbito de la educación española se refiere, cierta pequeña parte de las habilidades espaciales del alumno es explorada en la educación básica con asignaturas como Plástica o Dibujo, pero debido a que son pocas y muy limitadas no siempre se llega al máximo de su potencial. A los dieciséis años se ha de elegir cual será el camino del estudiante y sólo en uno de estos caminos, el técnico, se empieza de verdad a introducir en la expresión gráfica y a experimentar las diferentes formas de representación relacionando dibujos 2D con objetos 3D.

La experiencia que se presenta se centra en los alumnos de primer curso de Ingeniería de Tecnologías Industriales (GITI) e Ingeniería Mecánica (GIM) de quienes sólo algunos participarán en todo el proceso o en todas las actividades que se proponen en este estudio. En la (Fig 1) se muestra cual será la participación de los alumnos de las dos especialidades en todas las partes o procesos:

Asignatura	Curso	Participación en test iniciales	Participación en Realidad Aumentada	Participación en recolección de datos final	Promedio alumnos
Expresión Gráfica en la Ingeniería GITI	1º	46.56%	0	0	262
Expresión Gráfica en la Ingeniería GIM	1º	25.99%	7.05%	10.57%	227

Figura 1. Participación en la experiencia llevada a cabo

III. Descripción general de la experiencia llevada a cabo

El presente proyecto tiene como objetivo la creación de material interactivo y la introducción del mismo en el sistema de enseñanza de Expresión Gráfica en la Universidad de Málaga.

El problema con el que se enfrenta el departamento es un alto grado de personas que comienzan con un grado cero de conocimientos de dibujo técnico por no haberlo cursado con anterioridad en cursos preuniversitarios. Esto hace que un alto porcentaje de la clase se encuentre con mayores obstáculos en una asignatura en la que se exige un nivel alto en una cantidad considerable de materia explicada al alumno en un tiempo muy reducido.

Otros autores ya han demostrado que actividades como el deporte y los videojuegos mejoran las habilidades espaciales del sujeto y ya se han llevado a cabo anteriormente experiencias de inclusión de tecnologías y juegos en el aula que han resultado ser positivas. Por esto mismo nos proponemos incluir tecnologías innovadoras con la realidad aumentada para que pueda potenciar los conocimientos de los experimentados y ayudar a los alumnos nuevos en la materia.

La experiencia comienza con la realización de los test y cuestionarios por parte de los alumnos de Ingeniería de Tecnologías Industriales y los alumnos de Ingeniería Mecánica. Los cuestionarios son preparados para la experiencia con preguntas como cuántos años se han cursado asignaturas similares o cuál es el hábito de uno de videojuegos en casa.

Estos test son utilizados tanto al principio como al final de la época de prácticas para poder determinar las habilidades espaciales iniciales y finales del alumno. En el comienzo se utilizan el test DAT:SR v01 (Bennett,

Seashore, & Wesman, 2000) y el test MRT (Vandenberg & Kuse, 1978). Al final de la experiencia se utilizan los test DAT:SR v02 para la visión espacial y PSVT (Guay, 1976) para las habilidades de relaciones espaciales.

Gracias a los test iniciales de habilidades espaciales se divide al grupo general de Ingeniería Mecánica en dos: el grupo de control A1, con habilidades espaciales superiores que seguirá el método tradicional de enseñanza y el grupo experimental A2 que además de la metodología tradicional dispondrá de nuevas actividades.

A partir de esta división las clases prácticas se harán por grupos y en todas ellas se harán los mismos ejercicios y mismas explicaciones para ambos grupos menos en la primera de ellas, que consiste en creación de vistas.

Al comienzo de la práctica primera se informa al alumno de cuál será el procedimiento de la experiencia y de cómo podrá acceder a los juegos de realidad aumentada preparados para él. Después se reparten Cubos Soma para la realización de la práctica. Estos cubos se tratan de puzles tridimensionales diseñados por Piet Hein en 1936 que consisten en cubos formados por diferentes piezas que en este caso se utilizarán para que el alumno cree su propia figura y después practique las vistas de la misma.

A partir de esta clase de prácticas, como se comenta antes, las siguientes serán idénticas a las del grupo de control o A1, solo que se tendrá el apoyo de la realidad aumentada. Para participar en esta, los alumnos divididos en parejas tendrán que preparar el ejercicio o ejercicios propuesto para la semana en casa, después de esto acudir a una cita de diez minutos de duración. En estas citas se les dará la Tablet Android con la aplicación ya descargada y ya estará preparado el *image target* que activa la realidad aumentada. En estos diez minutos el alumno podrá interactuar por su cuenta con la aplicación y dedicar el tiempo necesario hasta comprender lo mostrado.



Figura 2. Alumnos en una de las citas de realidad aumentada

Los ejercicios preparados para esta experiencia trataban el sistema diédrico y perspectivas y muestran en el espacio los datos del enunciado y diferentes pasos a seguir o requisitos que pide el enunciado, nunca llegan a mostrar el resultado necesario en papel.

Al finalizar todas las prácticas propuestas, los alumnos del grupo experimental y del grupo de control realizan los test finales y un cuestionario de motivación CIS (Keller, 2010) adecuado a la experiencia.

III. Perfil del estudiante

Gracias a los test iniciales y los cuestionarios iniciales llevados a cabo se llega a las siguientes observaciones: En el Grado de Ingeniería Mecánica, que es el en que se centrará la experimentación se observa un porcentaje del 34% de los alumnos sin experiencia preuniversitaria en asignaturas similares o de dibujo técnico.

Se trata de una cifra preocupante ya que, como se especifica en la guía docente de las asignaturas de Expresión Gráfica, son necesarios ciertos conocimientos previos.

Dentro de los que sí tienen experiencia con asignaturas similares anteriores a la universidad, la mayoría han cursado dos años de estas.

También se observa que un 42% de los alumnos encuestados en el Grado de Ingeniería Mecánica son repetidores, esto demuestra cuál es la dificultad que supone para el alumno esta asignatura y nos muestra cómo casi la mitad de la población estará probablemente desmotivada y aburrida del mismo contenido.

V. Resultados y conclusiones

V.1 Hábito semanal de uso de videojuegos e impacto en habilidades espaciales

Gracias a los datos del cuestionario inicial se observa que casi la mitad de los alumnos encuestados no utilizan habitualmente juegos de simulación 3D (VG) como son el *Sim City* o el *Minecraft* en casa.

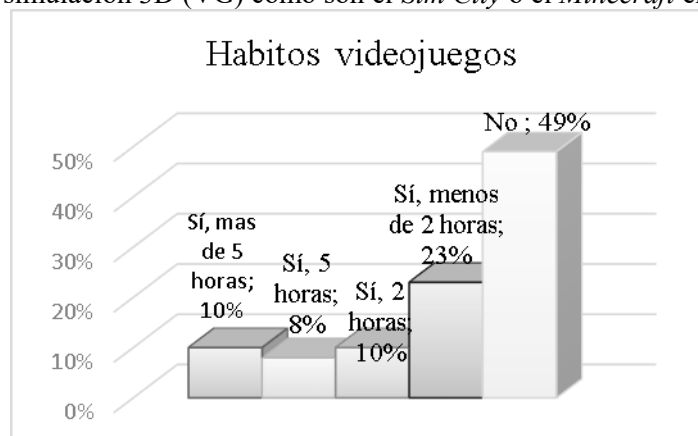


Figura 3. Hábito de los alumnos de uso de videojuegos de simulación 3D en casa

Se comprueba estadísticamente gracias a los datos de los test de habilidades espaciales que los alumnos que sí utilizan este tipo de juegos presentan unas habilidades espaciales superiores que el grupo que no. Esto, aun así, sólo se demuestra en la habilidad de relaciones espaciales, no en la habilidad de visión espacial.

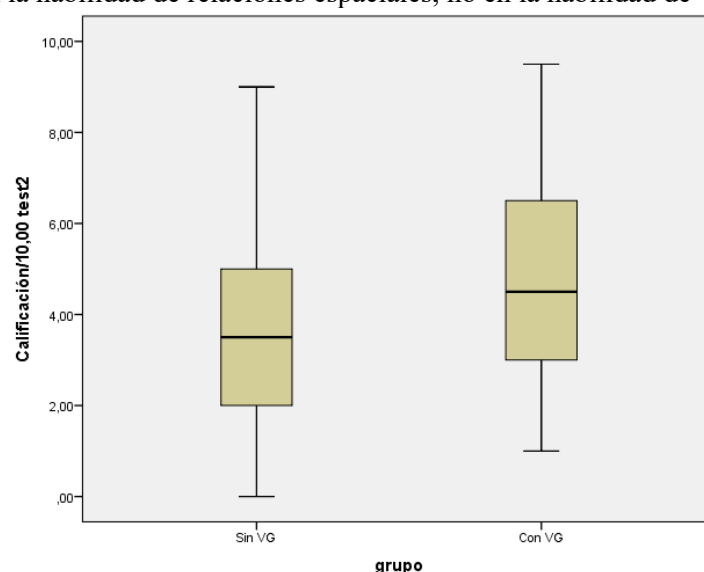


Figura 4. Comparación habilidades espaciales iniciales entre alumnos con hábito de videojuegos y sin él.

V.2 Mejoras en la comprensión de los ejercicios prácticos de la asignatura

Después de las citas de realidad aumentada se recogen los datos de comprensión del ejercicio antes y después de la visualización gracias a la RA. En la (Fig. 5) se recogen los datos de la comprensión del ejercicio antes y

después de la realidad aumentada, en esta C0 será la compresión inicial de cada una de las citas y CF la compresión final.

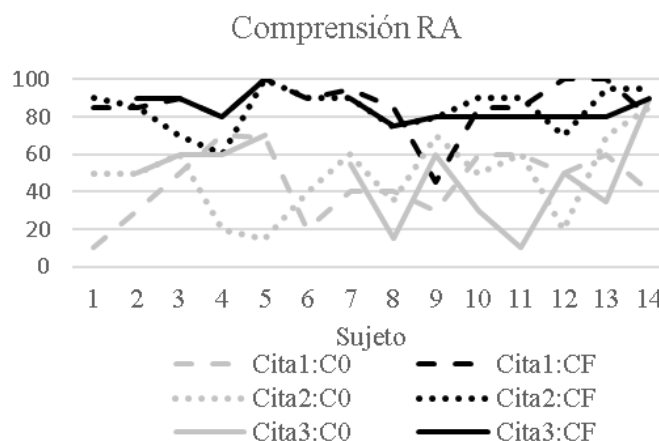


Figura 5. Compresión de prácticas propuestas antes y después del uso de realidad aumentada.

Se demuestra que la compresión del ejercicio en todos los casos aumenta drásticamente a la vez que aumenta la confianza del alumno para enfrentarse al ejercicio.

V.3 Mejoras en los resultados de las evaluaciones continuas

Se recogen los datos de las evaluaciones de perspectiva y de diédrico de la asignatura de los alumnos de los grupos de control y experimental. Se observa que estadísticamente no existen diferencias significativas entre los dos grupos en el caso de la evaluación de perspectiva axonométrica y que incluso la nota media del grupo experimental supera al otro. No es el caso de la evaluación de diédrico, en el que si siguen existiendo diferencias entre ellos.

Se demuestra por esto que un grupo de personas con menor visión espacial inicial- grupo experimental- puede igualar a un grupo más avanzado en las evaluaciones propias de la asignatura. En este caso, esto sólo ocurre en perspectiva axonométrica. Se observa en la (Fig. 6) la gráfica de comparación de grupos.

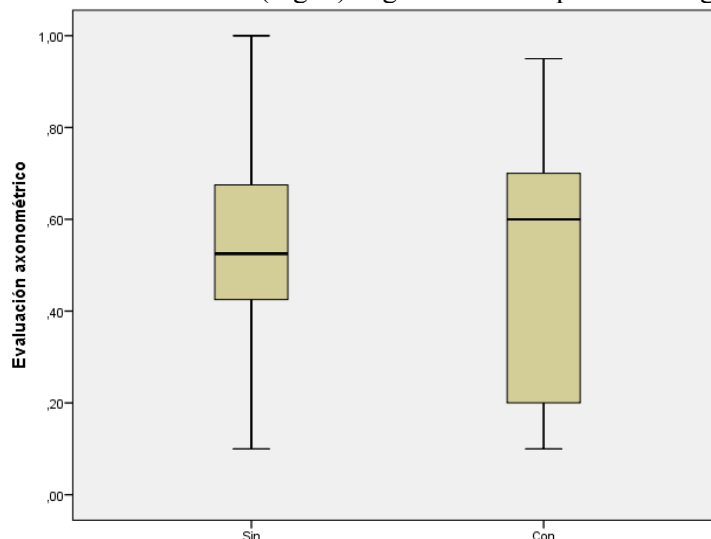


Figura 6. Comparación evaluación p. axonométrica con y sin RA

V.4 Efectos de los ejercicios innovadores en habilidades espaciales

Evaluando todos los datos obtenidos gracias a los test, se encuentra que se ha producido un avance superior en el grupo experimental con realidad aumentada en su visión espacial.

Los datos del grupo A1 (control) sin realidad aumentada se presentaban en un principio muy superiores a los datos del grupo A2 (experimental). A pesar de que siga existiendo una diferencia entre los grupos en el segundo test DAT:SR, se deja claro con la diferencia entre medias y las desviaciones de las muestras, que la diferencia entre grupos ha disminuido. Mientras que el grupo sin RA ha mantenido su media, el grupo con RA la ha aumentado bastante a pesar de que el nivel de la prueba es superior.

AR		Estadístico	Desv. Error	AR		Estadístico	Desv. Error
No	Media	9,1833	,12175	No	Media	9,1667	,14530
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	
		Límite superior				Límite superior	
	Media recortada al 5%	9,2037			Media recortada al 5%	9,1741	
	Mediana	9,4000			Mediana	9,1000	
	Varianza	,178			Varianza	,253	
Sí	Media	6,9600	,58863	Sí	Media	7,1800	,55574
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	
		Límite superior				Límite superior	
	Media recortada al 5%	7,0556			Media recortada al 5%	7,2667	
	Mediana	7,4000			Mediana	7,4000	
	Varianza	3,465			Varianza	3,088	
	Curtosis	1,630	1,232		Curtosis	-1,518	1,232

Figura 7. Resultados habilidades espaciales iniciales y finales en grupos con y sin realidad aumentada (AR).

Referencias bibliográficas

- BENNETT, G., SEASHORE, H., WESMAN, A. (2000). DAT 5, Test de Aptitudes Diferenciales. TEA ediciones.
- CONTERO, M., NAVARRO, R., SAORÍN, J., PIQUER, A., CONESA, J. (2005). Mejora de las habilidades de visualización de estudiantes de ingeniería. ICECE 2005.
- GUAY, R. B. (1976). Purdue Spatial Visualization Test. IN. Purdue Research Foundation
- KELLER, M. (1987). Course Interest Survey. Florida State University.
- VANDENBERG, S. G., & KUSE, A. R. (1978). Mental Rotation Test. *Perceptual and Motor Skills*, 47:599 - 604

Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) para Resistencia de Materiales: Ingeniería Electrónica Industrial en los cursos entre 2015 y 2017

Melchor, Juan ⁽¹⁾; Callejas, Antonio ⁽¹⁾; Rus, Guillermo ⁽¹⁾

(1) Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, Universidad de Granada, e-mail
{jmelchor,acallejas,grus}@ugr.es

Resumen

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es un método de enseñanza basado en el estudiante como protagonista de su propio aprendizaje. Se define como un conjunto de tareas de aprendizaje basadas en la resolución de preguntas y problemas, involucrando al alumno en el diseño y planificación de procesos, toma de decisiones e investigación y autoaprendizaje. En este estudio presentamos los resultados obtenidos por los autores en dos cursos de Ingeniería Electrónica entre 2015 y 2017.

Palabras clave: ABP, Aprendizaje Basado en Proyectos, Resistencia de Materiales, Ingeniería electrónica, innovación docente.

I. Introducción

La tradición académica en ingeniería de las Universidades españolas es especialmente conservadora, apoyada casi exclusivamente en conferencias, donde la resolución de problemas suele tener un formato de master class por igual, con la excepción de varias sesiones de prácticas de laboratorio. La introducción de este tipo de estrategia en la ingeniería es altamente innovadora (ESCHE & HADIM 2002, JONES et al., 1997, y BLUMENFELD et al., 1991).

En nuestras asignaturas de Resistencia de Materiales (Ingeniería Eléctrica) y Fundamentos de Estructuras, el PL se caracteriza por el diseño, construcción y pruebas de estructuras prototipo, durante las cuales los estudiantes persiguen soluciones a problemas prácticos, generando preguntas. En este trabajo presentamos los resultados estadísticos de este estudio. Para concluir, hay una confrontación con situaciones cercanas a la experiencia y práctica profesional y una primera experiencia realista conlleva una mejora en el rendimiento del estudiante. Se ha partido de modelos previos de proyectos de innovación docente con éxito en otros centros extranjeros, de los que se ha publicado tanto detalles metodológicos como evaluación de su éxito y beneficios (RODRÍGUEZ-SANDOVAL 2010, y REVERTE et al., 2006).

I.1 Objetivos transversales de aprendizaje

El utilizar el Aprendizaje Basado en Proyectos permitirá los siguientes cambios particularizados a la asignatura de Resistencia de Materiales y para la titulación de Grado en Ingeniería Electrónica: incrementará la creatividad, la responsabilidad individual, el trabajo colaborativo, la capacidad crítica, la toma de decisiones, la eficiencia y la facilidad de expresar sus opiniones personales. Integrarla con otras asignaturas, reforzando la visión de conjunto de los saberes técnicos y relaciones humanas. Organizar actividades en torno a un fin común, definido por los intereses de los estudiantes y con el compromiso adquirido por ellos. Los estudiantes experimentarán las formas de interactuar que el mundo actual demanda. Combinar positivamente el aprendizaje de contenidos fundamentales y el desarrollo de destrezas que aumentan la autonomía en el aprender. Desarrollar habilidades sociales relacionadas con el trabajo en grupo y la negociación, la solución de problemas, la conducción, la autoevaluación de las propias capacidades intelectuales, incluyendo resolución de problemas y hacer juicios de valor. Y satisfacer una necesidad social, lo cual fortalece los valores y compromiso del estudiante con el entorno.

I.2 Objetivos conceptuales de aprendizaje

Los principales objetivos conceptuales a destacar podrían englobarse en: idealizar desde la estructura real al modelo matemático. Comprender de forma intuitiva el funcionamiento estructural. Practicar el cálculo de esfuerzos y deformaciones de estructuras de barras a flexión, a compresión y a cortante. Practicar el cálculo paramétrico y dimensionamiento estructural. Integrar la asignatura con nociones de diseño y otras prácticas ingenieriles, mejorando la coordinación con el resto del plan de estudios. Desarrollar detalles de soluciones constructivas con el material disponible en laboratorio. Definir y redactar un proyecto estructural con

suficiente detalle y univocidad. Y hacer el aprendizaje de resistencia de materiales más agradable, estimulante y motivador por lo tanto mejorar la retentiva.

II. Metodología

La ejecución del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) constituye una segunda parte de la asignatura, en la que la primera parte consiste en clases magistrales y sesiones de problemas y de laboratorio, siguiendo el sílabo tradicional.

II.1 Trabajo preliminar del docente [4 horas].

Seleccionar problemas modelo y objetivos didácticos. Concretamente, el problema modelo consiste en mostrar un diseño de estructura (grúa, depósito, puente, pórtico, etc.) existente y construido. Los objetivos didácticos son utilizar los contenidos conceptuales de la asignatura, que abarcan: conocer hipótesis de cálculo, realizar cálculos de elementos a flexión, compresión, cortante, comprobar tensiones máximas y deformaciones máximas. Y conformar grupos de tamaño adecuado. Como indicación y orden de magnitud, por ejemplo, para una clase de 60 alumnos, idealmente se dividiría en 5 grupos de 12 alumnos.

II.2. Sesión primera [4 horas].

Plantear el problema ficticio, que consiste en mostrar un diseño de estructura (grúa, depósito, puente, pórtico, etc.) existente y construido. Se guía a los estudiantes a realizar un cálculo preliminar del funcionamiento estructural del mismo, para lo cual deben recorrer los pasos de idealización con suficiente aproximación del funcionamiento estructural, prestando atención a no omitir efectos relevantes (es esencial destacar que esta fase de idealización apenas se plantea en los cursos clásicos o libros de texto, a pesar de ser crítica), y en segundo lugar, resolver el modelo con las herramientas adquiridas en teoría del curso. Planificación, establecimiento de metas y objetivos a alcanzar. En la siguiente etapa, se incentiva a los alumnos para que propongan diseños que mejoren el existente, con libertad de criterios de deficiencias y mejoras.

- . Los primeros objetivos concretos serán realizar un estudio paramétrico para identificar los miembros de la estructura e identificar los parámetros relevantes de diseño. Identificar modos de fallo y regiones críticas.
- . El grupo de alumnos recurrirá a sus conocimientos externos a la asignatura para plantear una solución, recurriendo a una lluvia de ideas.
- . El profesor promoverá durante estos ejercicios presenciales la realización de análisis y consenso, el mantener un clima positivo, el manejar conflictos y la comunicación entre los alumnos.

II.3. Trabajo en casa [12 horas].

Reparto de diversos aspectos del proyecto como deberes o ejercicios para casa por grupos: análisis y estudio de cada uno de dichas partes - no presencial. En la etapa anterior, el tutor no asevera las soluciones a los problemas, sino que se deja a la siguiente etapa personal de búsqueda de evidencia científica, mediante búsqueda bibliográfica. Esto puede cambiar en la siguiente sesión el esquema consensuado por el grupo.

Adicionalmente, se indicará que se estudie sobre los bloques de los demás grupos, con el objetivo de adquirir conocimiento global y poder conversar en la siguiente sesión.

II.4. Sesión segunda [4 horas].

- . Recolección de datos. Los alumnos exponen, discuten y defienden una síntesis de lo trabajado y aprendido. Se concreta en simplificaciones estructurales realizadas, tipos de cálculos realizados, comprobación de la corrección de dichos cálculos, y comprobación de estados límites últimos (tensiones máximas) y de servicio (deformaciones máximas).
- . Orientación. Dedicando tiempo a mejorar como plantean el desarrollo del cálculo para el problema.
- . Análisis de datos y consenso. Se creará una discusión donde otros alumnos tratarán de cuestionar/defender la validez del cálculo, y las situaciones y modos de fallo que el cálculo presentado no es capaz de reproducir correctamente.
- . Evaluación formativa: destinada a retroalimentar al alumno, no puntúa en la nota final.
- . Cooperación por interdependencia positiva. Esta fase incentiva el trabajo, debido a que, al ser un trabajo expuesto en el grupo en el que cada individuo no sólo se beneficia a sí mismo sino a los demás, el pundonor impide desentenderse, y el resultado suele ser que, o se descuelgan, o trabajen

manteniendo igualdad de nivel. Esto se debe a que los propios compañeros evidencian al que no trabaja y son responsables del éxito del grupo, con lo que se comprometen mutuamente.

II.5. Trabajo en casa [12 horas].

Redacción del informe de proyecto y redacción de proyecto constructivo.

II.6. Sesión tercera presencial: exposición y evaluación [4 horas].

Exposición de la síntesis de lo aprendido (simplificaciones realizadas, tipos de cálculos realizados, detallar dificultades superadas), relación con los objetivos (marcar sobre el programa de la asignatura qué capítulos se han utilizado), si da respuesta a los problemas (funcionamiento estructural: tensiones últimas, deformaciones de servicio), y qué queda por aprender. Para evitar que cada alumno sólo se ocupe de estar al día de su parte y no de las demás, durante la exposición, el profesor podrá preguntar sobre cualquier parte a cualquier miembro del grupo.

II.7. Evaluación

Al principio de la práctica se aclararán los criterios de evaluación para maximizar el rendimiento del grupo. Si conocen que se ponderará tanto la evaluación de la componente individual como global de grupo, para evitar conflicto de intereses del individuo frente al grupo que impida el compromiso que permite la mencionada cooperación por interdependencia positiva. Otro criterio es evaluar el proceso tanto como el resultado. También es clave evitar comparaciones, que inhiben a los individuos. Una propuesta de ponderación será:

1. 40%: Nota de la exposición del grupo.
2. 30%: Nota de las intervenciones individuales a las preguntas. Se utilizará la siguiente tabla-guía:
 - a. Responsabilidad: busca información relevante, prepara su intervención, corrige sus puntos débiles.
 - b. Aprendizaje: colabora, identifica múltiples dimensiones del problema, analiza y justifica información relevante.
 - c. Comunicación: sintetiza, ordena y aclara la información.
3. 30%: Anotaciones de posible participación activa durante las clases magistrales previas y durante las sesiones presenciales.

II.8. Técnicas para la evaluación de la adquisición de competencias

A partir del desarrollo de habilidades sociales relacionadas con el trabajo en grupo y la negociación, la solución de problemas, la conducción, la autoevaluación de las propias capacidades intelectuales, incluyendo resolución de problemas y hacer juicios de valor.

- 40%: Nota de la exposición del grupo.
- 30%: Nota de las intervenciones individuales a las preguntas.
- 30%: Anotaciones de posible participación activa durante las clases magistrales previas y durante las sesiones presenciales.

Incrementará así la creatividad, la responsabilidad individual, el trabajo colaborativo, la capacidad crítica, la toma de decisiones, la eficiencia y la facilidad de expresar sus opiniones personales. Los estudiantes experimentarán las formas de interactuar que el mundo actual demanda y combinarán positivamente el aprendizaje de contenidos fundamentales y el desarrollo de destrezas que aumentan la autonomía en el aprender.

II.9. Software libre

Se seleccionó software libre en lugar de software comercial de pago, para cálculo de estructuras. Como ejemplos: software de cálculo de estructuras de barras matricial programado por el propio profesor. Software libre de cálculo estructural ASTER.

III. Resultados

Los resultados para la titulación empiezan por integrar la presente asignatura con otras asignaturas, reforzando la visión de conjunto de los saberes técnicos y relaciones humanas. Además, los estudiantes experimentaron las formas de interactuar que el mundo actual demanda para satisfacer una necesidad social, lo cual fortalece los valores y compromiso del estudiante con el entorno.

III.1. Recursos generados

Material de proyectos. Concretamente cuadernillo, instrucciones, norma de seguimiento y evaluación, y sílabo de prácticas. Material informático de apoyo. Concretamente, preparación de programa de cálculo estructural y modelos de archivos (plantillas) de problemas de estructuras tipo. Biblioteca de proyectos terminados para consulta de alumnos de años posteriores.

III.2. Medidas de evaluación interna y externa del proyecto

Se realizó una encuesta estructurada a los alumnos a final del curso, incluyendo un campo libre. El equipo de profesores de este proyecto se reunió para analizar dicha encuesta y tomar decisiones de mejora. Además, el equipo de profesores está en contacto con el profesorado del curso “Incorporación de Metodologías Activas al Aula Universitaria”, organizado por el Vicerrectorado para la Garantía de Calidad de la UGR.

III.3. Proyectos realizados en el último curso 2016-2017

Durante el curso 2016-2017 se realizan proyectos cuyo tema principal es: diseño de un controlador de suspensión, gafas en 3D aplicando los conceptos de caracterización mecánica de materiales y diseño óptimo (ver Figura 1), mejora de la resistencia de una pala de pádel simplificando al modelo estático empleando propiedades específicas de la fibra de carbono (ver en Figura 2 el estudio de concentración de tensiones), estabilidad y mecanismo de una excavadora, estudio de la resistencia de una raqueta de tenis, diseño de un slackline para explorar el funambulismo como deporte explorando la elasticidad de la cinta, Mecanismo de una grúa de torre y reforzamiento de un bate de béisbol. Todas las calificaciones superan el notable en el proyecto por la alta calidad de la aplicación de contenidos y la defensa de los mismos.



Figura 1. Gafas impresas en 3D bajo el estudio del dimensionamiento óptimo.



Figura 2. Grupo exponiendo su proyecto basado en aprendizaje de las tensiones.

III.4. Resultados de las encuestas de satisfacción

Tras realizar la encuesta de satisfacción con 15 afirmaciones sobre el aprendizaje adquirido (ej/ 1. “Incrementar la creatividad, la responsabilidad individual, el trabajo colaborativo, la capacidad crítica, la toma de decisiones, la eficiencia y la facilidad de expresar sus opiniones personales”, 10. “Practicar el cálculo de esfuerzos y deformaciones de estructuras de barras a flexión, a compresión y a cortante” y 15. “Hacer el aprendizaje de resistencia de materiales más agradable, estimulante y motivador. Mejorar la retentiva”), los temas claves y transversales sobre el ABP, los resultados muestran una media de 3,7 de estar de acuerdo con todos los ítems propuestos siendo 5 el máximo. El gráfico de la Figura 3 detallado a continuación muestra las medias de 15 preguntas de satisfacción para los 64 alumnos y alumnas de 2016-2017. En general se muestran satisfechos con como se desarrollan las jornadas de ABP como expresa el histograma de la Figura 3.



Figura 3. Histograma de satisfacción para 15 preguntas en los cursos 2016-2017.

III.5. Resultados de las calificaciones

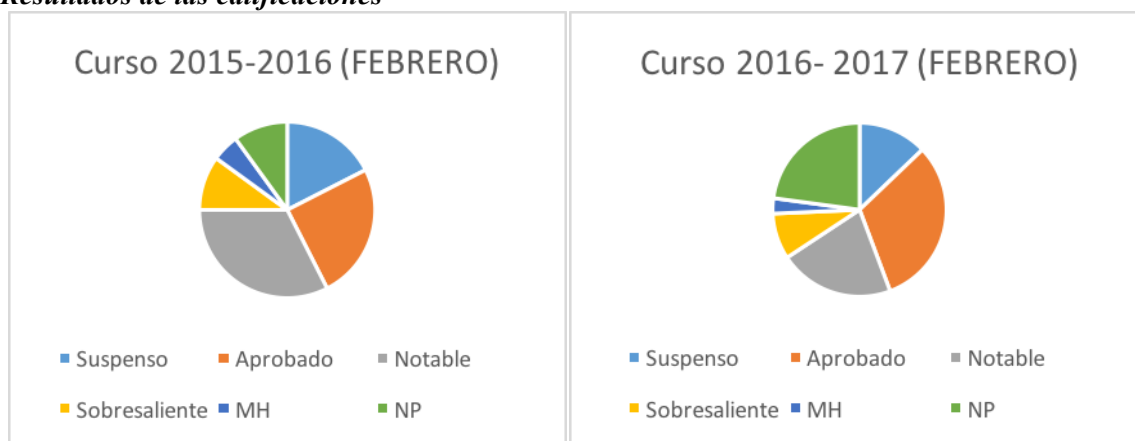


Figura 4. Diagrama de sectores de calificaciones en los cursos 2015-2016 y 2016-2017.



Figura 5. Diagrama de sectores de calificaciones en curso anterior a la implantación del ABP.

Dados los diagramas de porcentajes globales según calificación (ver Figuras 4 y 5), conforme la aplicación del ABP en los últimos dos años, han aumentando las buenas notas significativamente dentro de la asignatura.

IV. Tendencias futuras y conclusiones.

Finalmente, el alumnado ha utilizado los conceptos de clase incorporándolos a su aprendizaje como se demuestra en las calificaciones. Las conclusiones son innovadoras desde el punto de vista del alumnado, el profesorado y los diseños realizados. Se aconseja incluso el uso de futuras plataformas crowdfunding o de mecenazgo. El entendimiento realista de problemas se materializa en las calificaciones del proyecto y de la asignatura en estos dos cursos de 2015-2016 y 2016-2017. Además, la correlación entre mejores calificaciones y mejor calificación en proyectos se cuantifica y cumple con la hipótesis de partida. Finalmente como idea futura se propone la ponderación con más peso de esta parte en la evaluación de la asignatura y facilitar la posible aplicación a otras disciplinas y titulaciones.

Referencias bibliográficas

- ESCHE, S. K.; HADIM, H.A. (2002). Introduction of Project-based Learning into Mechanical Engineering Courses. *Proceedings of the 2002 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*.
- JONES, N. F.; RASSMUSSEN, C. M.; MOFFITT, M. C. (1997) Real-life problem solving: A collaborative approach to interdisciplinary learning. *Washington: American Psychological Association*.
- BLUMENFELD, P. C.; SOLOWAY, E.; MARX, R. W.; KRAJCIK, J. S.; GUZDIAL, M.; PALINCSAR, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26, 3, 369-398.
- RODRÍGUEZ-SANDOVAL; E., VARGAS-SOLANO; E.M.; LUNA-CORTÉS, J. (2010). Evaluación de la estrategia “aprendizaje basado en proyectos”. *Educación y educadores*, 13(1), 13-25.
- REVERTE, J. R.; GALLEGU, A. J.; MOLINA, R.; SATORRE, R. (2006). El aprendizaje basado en proyectos como modelo docente: experiencia interdisciplinar y herramientas groupware. *Proyecto de innovación tecnológico-educativo e innovación educativa de la Universidad de Alicante*.

La docencia de asignaturas aplicadas en los Grados de Ingeniería Industrial: el caso de Instalaciones Industriales en la Universidad de Almería

The teaching of applied subjects in the Industrial Engineering Degrees: the case of Industrial Facilities in the University of Almeria

Garrido-Jiménez, Francisco Javier ⁽¹⁾

(1) Departamento de Ingeniería, Universidad de Almería, ffgarri@ual.es

Resumen

La atribución de competencias profesionales a un Grado en Ingeniería obliga a que parte de sus asignaturas alberguen contenidos destinados al ejercicio profesional inmediato. En el caso de las instalaciones industriales, la docencia debe resolver la transición desde los conocimientos científicos básicos (electrotecnia, mecánica de fluidos, termodinámica) hasta su aplicación práctica a través la normativa y las soluciones estandarizadas.

Palabras clave: Instalaciones Industriales, Competencias Profesionales, Código Técnico de la Edificación

I. Introducción

Con algunas notorias excepciones, la mayoría de las universidades han optado, dentro del actual marco del Espacio Europeo de Educación Superior, por repartir las competencias profesionales de cada una de las ramas clásicas de la ingeniería entre los estudios de Grado y Máster. La atribución de competencias profesionales a los estudios de Grado tiene una consecuencia directa para los planes de estudio: la convivencia en un ámbito temporal relativamente reducido de las asignaturas representativas de los conocimientos científicos básicos (matemáticas, física, química, etc.) con aquéllas de carácter aplicado que preparan al alumno para un ejercicio directo de la profesión (instalaciones, máquinas, proyectos, estructuras). Aunque esta dualidad es la propia esencia de los estudios de ingeniería, la novedad radica en que dado que la mayoría de los alumnos siguen un itinerario lineal de Grado y Máster en una misma rama de conocimiento, las asignaturas básicas del Grado teóricamente deberían ser desplegadas con el máximo nivel de contenido pensando en el horizonte académico máximo del alumno. En caso contrario, son necesarios complementos en materias básicas durante los estudios de Máster, lo que la práctica está demostrando ser una importante fuente de dificultades para el alumnado (García-Barba et al, 2016).

En el caso de la Ingeniería Industrial, las titulaciones de Grado que contemplan la atribución de competencias profesionales lo hacen para otorgar las propias de la profesión regulada de Ingeniero Técnico Industrial, todo ello según lo establecido en la Orden CIN/351/2009. En esta Orden se despliegan los requisitos que han de cumplir los planes de estudio que pretendan alcanzar este objetivo, tanto en la parte destinada a los conocimientos generales de la profesión, como para los de cada rama en particular (mecánica, electricidad, química industrial, etc.). Para el caso concreto de las instalaciones industriales, dada su transversalidad y diferente naturaleza, dentro de la Orden CIN/351/2009 no existe un apartado específico, aunque pueden encontrarse algunas referencias más o menos directas dentro del mencionado texto legal:

-Formación común a la rama industrial: "...conocimientos de termodinámica aplicada...", "...cálculo de tuberías, canales y sistemas de fluidos..."

-Tecnología específica mecánica: "...conocimientos aplicados de ingeniería térmica..."

-Tecnología eléctrica: "...cálculo y diseño de instalaciones eléctricas de baja y media tensión...", "...cálculo y diseño de instalaciones eléctricas de alta tensión..."

Por otro lado, el diseño y cálculo de instalaciones puede producirse en el marco de actuaciones de carácter integradas (implantación de actividades, reforma de edificios, etc.), las cuales requieren el despliegue de conocimientos en varios campos (estructuras, proyectos, etc.), pudiendo entenderse incluidas dentro de la competencia más general de "...conocimientos y capacidades para organizar y gestionar proyectos. Conocer la estructura organizativa y las funciones de una oficina de proyectos..."

Por lo tanto, desde el punto de vista académico, parece no ofrecer duda que la docencia en materia de instalaciones industriales debe realizarse desde la óptica de preparar al alumno para el ejercicio directo de competencias profesionales. Si además se tiene en cuenta que las asignaturas destinadas a las instalaciones industriales suelen disponerse en los últimos o más habitualmente en el último año de los estudios de Grado, hay que tener en cuenta que este ejercicio profesional se producirá de forma muy inmediata en el tiempo.

II. Objetivos docentes. Conocimientos previos del alumnado

La docencia en materia de Instalaciones Industriales en la Universidad de Almería se encuentra encuadrada dentro de la titulación de Grado en Ingeniería Mecánica, la cual otorga competencias profesionales para la profesión de Ingeniero Técnico Industrial según lo indicado en la propia Memoria del Grado. Teniendo en cuenta esta circunstancia, al margen de la consecución de los objetivos docentes generales (adquisición de las competencias básicas, transversales y específicas asignadas por la Memoria del Grado), la pretensión del equipo docente ha sido la de que el alumnado pueda desplegar de forma inmediata sus competencias profesionales en ámbitos como la implantación o legalización de actividades económicas, muy habituales para un técnico recién egresado.

La consecución de este objetivo hace necesario que la orientación de la asignatura sea eminentemente práctica, sirviendo de transición entre el mundo académico y el profesional. Sin embargo, para cumplir este objetivo, es necesario que el alumnado haya alcanzado a lo largo de sus estudios un adecuado grado de conocimiento en las bases científicas que sirven de soporte a las instalaciones industriales (termodinámica, electrotécnica, hidráulica, etc.). En otro caso sería imposible abordar el objetivo propuesto, al menos de forma parcial, ya que si fuese necesario reservar parte del exiguo espacio docente a bases generales de cálculo o a física básica, no podría destinarse un número suficiente de horas a que los alumnos alcanzasen los conocimientos en las bases del diseño y cálculo profesional de instalaciones, quedando posiblemente tratadas de forma insuficiente ambas facetas. Cabe indicar que de presentarse esta tesitura, lo más frecuente (y posiblemente adecuado), es abordar con toda la extensión necesaria la faceta más científica, más complicada de adquirir fuera del ámbito académico. En cambio, para el profesional suele ser menos problemático mantener un reciclaje continuo en el ámbito de su campo de trabajo concreto en materia de manejo de software y normativa, ya que ésta suele ser la base de su propia supervivencia económica.

Por ello, la planificación de la orientación práctica de la asignatura Instalaciones Industriales solamente se concretó una vez comprobado que el plan de estudios no dejaba lagunas en las ramas básicas del conocimiento. En el caso del Grado en Ingeniería Mecánica de la Universidad de Almería, previamente a la docencia en Instalaciones Industriales (4^o Curso), el alumnado ha cursado las siguientes asignaturas básicas (Figura 1):

ASIGNATURA	CURSO
Termotecnia	2 ^o
Instalaciones Eléctricas	2 ^o
Diseño Asistido por Ordenador	3 ^o
Neumática y Oleohidráulica	3 ^o

Figura 1. Asignaturas básicas relacionadas con las Instalaciones Industriales en el Grado en Ingeniería Mecánica

Analizado el contenido docente de las asignaturas indicadas en la Figura 1, por parte del equipo docente se consideró suficiente a los objetivos pretendidos y se decidió un planteamiento muy orientado al ejercicio profesional para la asignatura de Instalaciones Industriales de 4^o curso del Grado en Ingeniería Mecánica en la Universidad de Almería.

III. Desarrollo de la asignatura

III.1 Tránsito del Problema al Proyecto

Una vez decidida la orientación profesional de la docencia en la asignatura de Instalaciones Industriales, se decidieron las grandes bases de lo que habría de ser la metodología docente:

- 1^o.- El alumno debía conocer los aspectos básicos de la Normativa vigente y familiarizarse con ella.
- 2^o.- Tal y como exige la práctica profesional, el alumno debía aprender a diseñar según su propio criterio, teniendo en cuenta las limitaciones legales.
- 3^o.- Se debía emplear el software necesario, evitando destinar así parte del tiempo a la realización de cálculos mecánicos
- 4^o.- El alumno debe aprender a formalizar adecuadamente su propuesta en forma de planos

Con objeto de alcanzar estos objetivos, y dado que la distribución entre las clases teóricas y prácticas es del 50%, con sesiones alternas, se optó por destinar entre cuatro y seis sesiones para cada una de las instalaciones (incendios, fontanería, saneamiento, climatización, luminotecnia, gas). En las sesiones teóricas el profesorado explica las bases de diseño y de cálculo de cada tipo de instalación, mientras en las sesiones prácticas, el alumnado abordaría a su vez el diseño, cálculo y representación gráfica de una instalación en concreto. Dentro de las posibilidades existentes, se optó porque el desarrollo de las clases prácticas consistiese en la resolución, en grupos de dos alumnos, de las instalaciones de un edificio comercial o industrial de su elección partiendo del diseño en planta del mismo.

La libre elección por parte de los alumnos del edificio sobre el que desean trabajar en vez del trabajo sobre un problema común tiene notables ventajas, aunque supone un mayor esfuerzo por parte del profesorado por requerir de un seguimiento individualizado de cada grupo (lógicamente esto solamente puede ser posible si los grupos de práctica son suficientemente reducidos). Por un lado, evita el indeseable traslado de información automática entre unos alumnos y otros, pero, sobre todo, obliga a que el alumno, posiblemente por primera vez en sus estudios de grado aborde la tarea de diseñar. En general, el alumnado de ingeniería está totalmente habituado a la resolución de problemas dados (obtención del valor de variables desconocidas), pero raramente ha abordado el ejercicio más frecuente en el ejercicio profesional: el diseño de un producto partiendo de una hoja en blanco. En base a ello, el objetivo de que el alumno se familiarice con la faceta de diseñar en el sentido amplio de la palabra, comprendiendo la diversidad de posibilidades de elección en la mayoría de los problemas de ingeniería, se ha convertido en el principal dentro de toda la estructura docente de la asignatura. Se trata del tránsito del problema al proyecto.

III.2 Empleo de software profesional y Normativa

Aún dentro de la orientación indicada anteriormente, caben varias opciones para el desarrollo de la asignatura. En este caso se optó por implementar las bases normativas dentro de las sesiones teóricas, incluyendo las prescripciones elementales que el Código Técnico de la Edificación, el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales o el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios establecen para cada instalación. Dado que como se ha indicado se pretende que el alumno aborde el diseño de la instalación, pareció lógico que el diseño no fuese libre, sino que se realizase teniendo en cuenta las limitaciones a la creatividad que suelen imponer los textos legales. Por otro lado, de forma secundaria, ello ayuda a que el alumno adquiera cierta destreza en el manejo y comprensión de Normativa, aspecto igualmente poco abordado durante los estudios.

Por otro lado, aunque el empleo de software profesional dentro de los estudios universitarios es un aspecto discutido (Bru et al., 2016), se optó porque el desarrollo de las sesiones prácticas se llevase a cabo mediante el empleo de programas específicos para el cálculo de instalaciones y para la formalización del diseño y elaboración de planos. Para el caso del cálculo de las instalaciones, el Departamento de Ingeniería de la Universidad de Almería ha adquirido el software DmElect, que engloba en un solo paquete las bases para el cálculo de todo tipo de instalaciones, incluyendo las hidráulicas, las térmicas y las eléctricas. Para el diseño y formalización de la instalación que inevitablemente ha de preceder a su cálculo, la Universidad de Almería dispone de licencia de AUTOCAD, programa que a través de ficheros de intercambio *dxf* permite la conexión con el programa de cálculo.

III.3 Evaluación de la asignatura

El esfuerzo en convertir el desarrollo de la asignatura en una transición entre el contenido académico y el ejercicio profesional no puede ser ajeno a la consecución de las competencias que la Memoria del título prevé para esta asignatura y que, lógicamente, se encuentran en un estrato superior a la orientación que el equipo docente concreto pretenda dar. En este caso, la evaluación de la asignatura se realiza, esencialmente, a través de dos herramientas:

- Valoración del trabajo realizado en grupo durante las sesiones prácticas. El alumno debe exponer frente al resto de la clase los planos de las instalaciones proyectadas y someterse a las preguntas del profesor y del grupo. Con este ejercicio se consigue, por un lado, que el alumno comprenda la importancia de la expresión gráfica en ingeniería y a su vez sea capaz de justificar las decisiones que ha adoptado libremente. En resumen, se valora que el alumno justifique su elección de entre todas las alternativas posibles.

- Examen práctico. El examen consiste en la simulación de la realización de un proyecto en un gabinete técnico. El alumno, acompañado de todo el material que estime conveniente, incluidos apuntes, normativa y ordenador, debe resolver un caso práctico relativo al diseño y predimensionamiento de las

instalaciones de un edificio cualquiera. De este modo, se garantiza que todo el alumnado alcanza un grado de conocimiento en los contenidos de la asignatura, eliminando posibles desequilibrios de implicación y/o comprensión dentro de cada grupo de trabajo.

La correspondencia entre las competencias que ha de alcanzar el alumnado y los métodos de evaluación empleados en la docencia de Instalaciones Industriales es la indicada en la Figura 2:

EVALUACIÓN	COMPETENCIAS EVALUADAS
Trabajo Prácticas	Comunicación oral y escrita Capacidad para emitir juicios Conocimientos básicos de la profesión Compromiso ético Habilidad para el aprendizaje
Examen Práctico	Aplicación de conocimientos

Figura 2. Correspondencia entre métodos de evaluación y competencias evaluadas

Como se puede observar, los métodos de evaluación empleados parecen no solamente adecuados sino incluso especialmente pertinentes para evaluar las competencias que se espera que el alumnado alcance al final de la asignatura.

IV. Resultados alcanzados

La implantación de la asignatura de Instalaciones Industriales se realizó durante el curso 2013-2014 con lo que la docencia ha alcanzado cuatro cursos completos, tiempo suficiente para evaluar el resultado del planteamiento global de la docencia: orientación profesional, empleo de normativa, manejo de software profesional, transición del problema al proyecto. Desde el punto de vista del rendimiento de los alumnos, los resultados han sido bastante alentadores, ya que la mayoría de los alumnos que hacen un seguimiento continuo de la asignatura, con asistencia a las sesiones prácticas no acaban teniendo dificultad en ninguna de las dos fases de evaluación, ni en la presentación del trabajo, ni en el examen propiamente dicho. Siguiendo la terminología de ANECA, la tasa de eficacia (aprobados/matriculados) y de éxito (aprobados/presentados) en la convocatoria de febrero (ordinaria) de cada curso es la indicada en la Figura 3:

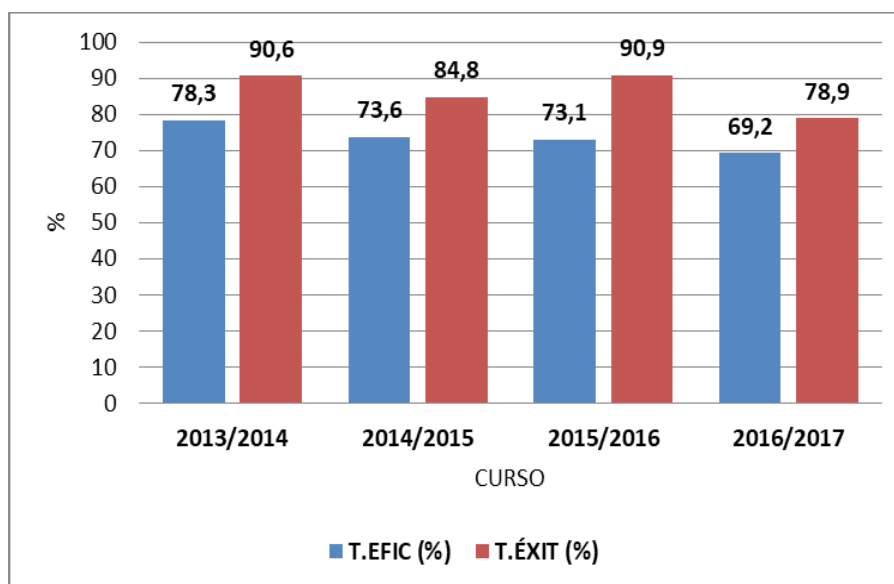


Figura 3. Tasas de Eficiencia y Éxito en Instalaciones Industriales (2013-2017)

V. Conclusiones

Los resultados docentes obtenidos han sido realmente alentadores, tanto en lo relativo al desarrollo de la propia docencia como de los resultados académicos alcanzados. La experiencia y el contacto con el alumnado (incluyendo las encuestas sobre el profesorado) demuestran que el alumno valora positivamente la apuesta docente realizada, al margen de que reconoce el esfuerzo que le supone familiarizarse con aspectos tales como el diseño o el manejo de software profesional. Sin embargo, sobre todo en el caso del software, inciden en que es una cualificación especialmente valiosa para el currículum de un ingeniero recién graduado. Como principal incertidumbre para el futuro cabría indicar que el planteamiento de la asignatura no podría

desarrollarse en los mismos términos en el caso de que se incrementase de forma notable el número de alumnos matriculados (han pasado de 37 a 65 en cuatro cursos).

Referencias

- Bru, D; Varona, F; Baeza, F; Crespo, M; Ivorra, S (2016). Coordinación vertical de las asignaturas de estructuras en el Grado de Ingeniería Civil, el Máster de Caminos y el Máster de Materiales, Agua y Terreno. En: Álvarez, Grau y Tortosa (Eds.), *Innovaciones metodológicas en docencia universitaria: resultados de investigación* (213-227). Alicante: Universidad de Alicante
- García-Barba, J; Tomás, R; Bañón, L; Cano, M; Ivorra, S.; García, C; Trapote, A; Climent, M; Aragonés, J; Reyes, J; Ferreiro, I; Neipp, C; Pascual, C; Martí, P (2016). Análisis de resultados del segundo curso del Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos en la EPS de la UA. En: Roig-Vila, Blasco, Lledó y Pellín (Eds.), *Investigación e Innovación Educativa en Docencia Universitaria. Retos, Propuestas y Acciones* (31-46). Alicante: Universidad de Alicante

III Taller Internacional RIGPAC. Renovación y Patrimonio Paisajes Culturales, el Valle del Draa - Marruecos 2017 una mirada transdisciplinar.

Líndez, Bernardino; Serrano, Estefanía; de Lacour, Rafael; Cabrera, Fátima; Casanovas, Victoria; Ramos, Victor Juan

- (1) Construcciones Arquitectónicas (Área de Composición Arquitectónica), Universidad de Granada, blindez@ugr.es (Profesor)
(2) Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Granada, lahaba@correo.ugr.es (Estudiante/Investigador)
(3) Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería, Universidad de Granada, rdlacour@ugr.es (Profesor)
(4) Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Granada, fate@correo.ugr.es (Estudiante/Investigador)
(5) Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Granada, victoriacasanovas@correo.ugr.es (Estudiante/Investigador)
(6) Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Granada, vjrj@correo.ugr.es (Estudiante/Investigador)

Resumen

El desarrollo de este workshop ha capacitado al alumnado con una serie de competencias didáctico-pedagógicas a través de una experiencia de carácter inmersivo [in situ], en la que se ha acentuado el carácter proactivo y transversal de dicho taller partiendo de un acercamiento integral, multidisciplinar y multiescalar del territorio y sus dinámicas culturales, llevado a cabo mediante la metodología de deriva.

Palabras clave(workshop, transdisciplinar, deriva, arquitectura, patrimonio).

I. Introducción

El presente workshop persigue la construcción de conocimiento en torno a la arquitectura sin arquitectos en el arco mediterráneo, como principal seña de identidad de los pueblos y de las culturas que lo conforman. (RUDOLFSKY, 1973)

Dicho taller, que se ha desarrollado a través de diferentes sesiones teórico/críticas (Granada) y prácticas (Tamnougalt – Valle del Draa), se apoya en la experiencia del I Taller Euromaroc, 2012, II Taller Euromaroc 2013 y III Taller Albaicín (Granada) 2015. Llevados a cabo, el primero de ellos bajo la dirección del profesor Líndez y los otros dos bajo la dirección conjunta del profesor Líndez y el profesor Yory, con la participación de estudiantes y profesores de la Universidad de Granada, la Universitat Politècnica de Catalunya, la Universidad Politécnica de Valencia, la Universidad de Alicante y la Universidad de Alcalá de Henares.

Organizado a través del Centro Mediterráneo de la UGR y de la Red RIGPAC¹, se ha pretendido desarrollar un laboratorio de trabajo internacional para poner en práctica buena parte de las discusiones y debates llevados a cabo en los coloquios de dicha red.

Entre las principales riquezas de este taller está su carácter interdisciplinar y multicultural², ya que ha estado dirigido a profesores y estudiantes de pre y posgrado de Arquitectura, Urbanismo, Ingeniería, Historia del Arte, Bellas Artes, Geografía, Ciencias Ambientales, Ecología, Psicología, Antropología, Sociología,

¹La RIGPAC surge en el año 2009 por iniciativa del Dr. Carlos Mario Yory con el fin de pensar tanto los retos y amenazas que la globalización supone al patrimonio construido, como las alternativas y oportunidades que ésta pudiera propiciar. En este sentido la Red se traza como meta conformar un selecto grupo de expertos internacionales capaces de atender puntualmente problemas específicos relacionados con los campos de su interés y reunirse cada dos años en un país distinto para abordar temas diferentes, en cada ocasión, relacionados con su campo de reflexión para así difundir internacionalmente los resultados y ponencias de los Coloquios y Work Shops, que para el efecto lleve a cabo, a través de respectivas publicaciones tanto impresas como digitales.

En lo que se refiere a los Coloquios a la fecha se han desarrollado los siguientes: Centros históricos (Cartagena de Indias. Colombia. 2010); Paisaje cultural (Florenia, Italia. 2012); Turismo cultural (Santo Domingo, República Dominicana 2014); Renovación urbana (Taxco, México. 2016). En cuanto a los Work Shops, se han efectuado los siguientes: Mundos posibles, mundos factibles (Talmougat. Marruecos 2013) y Turismo y globalización (Granada. España. 2015).

² Argentina, Colombia, México, República Dominicana, EE.UU, Italia y España.

Economía y Comunicación, procedentes tanto de las universidades participantes como de las instituciones educativas adscritas a la RIGPAC.

Uno de los objetivos de este workshop ha sido establecer, a partir de un diagnóstico de la relación entre identidad y paisaje cultural, el sentido y alcances que desde una perspectiva patrimonial tendría la noción de renovación en el marco de los retos y amenazas que al respecto presenta el mundo global.



Figura 1. Imágenes del workshop en Tamnougalt y Ait Ben Haddou en el Valle del Draa (Marruecos) Julio 2017. Fotos de los participantes.

Se parte de un acercamiento a la cultura tradicional marroquí, a través del estudio de la arquitectura vernácula para iniciar la comprensión de su identidad en el marco de la consecuente respuesta y adaptación a las demandas del mundo actual; así, se utiliza la aproximación a los principios de adecuación medioambiental y de técnicas constructivas tradicionales, como una vía para entender la redefinición de lo que significa un hábitat sostenible actual que parta de valores culturales tradicionales.

Con esta experiencia inmersiva [in situ] se pretende que la formación profesional de los estudiantes de las diferentes disciplinas comprometidas alcance la dosis necesaria de concienciación socio-ambiental, de tal modo que pueda ser aplicada, con las adaptaciones del caso, en los distintos contextos donde éstos vayan a desplegar su conocimiento. Este sentido de transferencia de conocimiento a través del aprendizaje experimental, supone una retroalimentación de los procesos en un quintuple sentido: cultural, económico, territorial, arquitectónico y ambiental.

II. Metodología de deriva como innovación docente

Una de las razones primordiales para formar a los estudiantes desde una perspectiva metodológica innovadora es el hecho de responder a los rápidos cambios sociales, culturales y económicos derivados en parte del

proceso globalizador al que asistimos en la actualidad; pero además, se promueve una acción generadora, revisora y transformadora del conocimiento académico, científico y crítico, adaptándolo a las diversas situaciones y contextos educativos, mediante una renovación didáctica que acerque la teoría a la práctica educativa.

La deriva de reconocimiento urbano se institucionaliza en 1953 con antecedentes en el dadaísmo y el surrealismo. Se trata de una incursión en lugares banales y de esta forma el paseo indeterminado surge como un re-descubrimiento mediante una idea principal: perderse y desorientarse para re-conocer el entorno. (DEBORD, 2010).

Un aspecto esencial de esta metodología de trabajo, y para el caso concreto de este workshop, es la deriva y el acontecimiento: interactuar con la población para adquirir datos e información; dejándose llevar, sin juzgar, y de esta manera sentirnos extranjeros = extraños, como viajeros no como turistas.

Para construir y documentar la deriva debemos saber que se debe mirar desde dos ópticas para entender el conjunto del territorio o el espacio que se está explorando: mediante la morfología (materiales constructivos, estructura, etc.) y la experiencia propia.

II.1 Objetivos y competencias

La dimensión práctica del Taller se lleva a cabo a través de grupos de trabajo conformados por estudiantes de las diferentes universidades involucradas, quienes bajo la coordinación de los profesores participantes, han efectuado los estudios y análisis, realizando las propuestas y las presentaciones correspondientes.

Mediante la organización de cinco equipos mixtos de ocho estudiantes cada uno, cada grupo realizó un trabajo crítico sobre uno de los distintos temas y según las bases del workshop posteriormente se expusieron y sometieron a debate por el resto de participantes y asistentes.

El formato de las derivas debe ser algo visual, gráfico, con una duración de 2 minutos, una frase clave que defina la temática trabajada y los créditos de los componentes. Para fomentar la pluralidad y la heterogeneidad se realizaron a conciencia varios grupos de trabajo cuyos componentes provenían de disciplinas diferentes. De esta manera cada cual producirá una visión diversa que ayude a complementar las miradas.

Por tanto, el objetivo de la metodología de *deriva* será la obtención de datos encaminados a la realización de dichos trabajos mediante la experimentación directa en aquellos aspectos de la realidad susceptibles de utilización. Se propone como método más apropiado de análisis y de estudio la actitud *derivante*[deriva en cuanto paseo indeterminado y que fomenta la capacidad de sorprenderse] para favorecer la intuición proyectiva, el entendimiento, el conocimiento y la comprensión de una temática más compleja que la mera intervención arquitectónica.

La aplicación de este tipo de metodología hace posible la conjunción de varios factores: exploración territorial y urbana, interacción con el sujeto autóctono y la puesta en valor de manifestaciones culturales que son claves durante el proceso exploratorio y experimental al que se asiste. Dichos elementos actúan como aglutinantes del proceso formativo que se manifiesta mediante la labor práctica, fruto de la experiencia adquirida.

De este modo, el alumno será capaz de:

1. Analizar y entender una **estructura territorial** compleja inmersa en unas particulares dinámicas culturales, sociales, espaciales, ambientales y económicas que se debaten entre lo local y lo global.
2. Estudiar y valorar el **carácter patrimonial** del entorno de trabajo.
3. Efectuar **levantamientos urbano-arquitectónicos**.
4. Realizar propuestas de **mejoramiento habitacional** partiendo de un estudio de las técnicas y **materiales tradicionales**.
5. Realizar un **“manual del recúpero”** a escala territorial (Valle del Draa), siguiendo la experiencia italiana.

Los contenidos y actividades formativas realizadas, se sirven de la deriva como aproximación a la realidad territorial. Para establecer un contacto más sensible y en aras a efectuar un conocimiento progresivo del territorio, el viaje se realiza en autobús, evitando el aterrizaje directo en el lugar.

Para ayudar en la visión crítica tanto personal como a nivel de grupo se dictan conferencias y se realizan sesiones de cine donde abordamos aspectos fundamentales para enfrentarse a las temáticas establecidas: memoria del lugar, evolución y futuro de estas poblaciones, modos de habitar, etc.

II.2. Técnicas e instrumentos de trabajo: la interacción y la multiculturalidad

La riqueza cultural que nos ofrece el Valle del Draa es palpable con un solo golpe de vista, aunque para construir una visión más caleidoscópica es necesario mirar más allá, perderse en las bellas formas arquitectónicas sin cuestionarse como ha sido su proceso generativo, quienes han concebido ese producto y de qué factores socioeconómicos y ambientales se deriva ese resultado.

No sería posible llevar a término este tipo de proyectos, que engloban a rasgos generales los conceptos de renovación y patrimonio, sin la interacción con el sujeto autóctono, pieza clave en el desarrollo de las líneas de deriva propuestas por cada grupo de trabajo. Ya que la síntesis de este nexo de unión entre sujeto extraño-sujeto autóctono será el génesis de una mirada con carácter retrospectivo en la que la acción de juzgar la otredad se deja de lado.

Como decimos, es imprescindible -aparte de no enjuiciar lo desconocido-, mostrar y practicar una verdadera disposición a la hora de comprender el contexto habitacional en el que nos movemos, y la herramienta para llegar a imbuirse en él, será esa simbiosis que derivará de nuestra inmersión en las formas de vida del ente autóctono; de ello se genera posteriormente una reflexión crítica que es otro fragmento con el que construir nuestra propia visión de conjunto.

El ingrediente multicultural es otro aspecto influenciado en la metodología de *deriva*. Esta multiculturalidad se percibe desde diferentes ópticas, ya que el sujeto foráneo y el sujeto autóctono aportan distintos enfoques culturales que son enriquecidos en un sentido bidireccional y en constante retroalimentación. Pero es necesario tener en cuenta que las formas culturales que se manifiestan desde ambos lados no deben verse como elementos diferentes y disruptivos, ya que –al menos en las zonas mediterráneas- se parte de una cultura común ancestral; por ello las manifestaciones culturales propias del lugar de recepción no deben verse como una ruptura, sino como una continuidad, siendo este enfoque el que aporta un valor adicional al taller, estableciendo una visión con continuidad temporal, espacial, arquitectónica y cultural en todas sus formas y manifestaciones.

Por ello debemos ser cautelosos a la hora de definir y encasillar ciertos conceptos ya que la compleja situación que arrojan los modelos teóricos contruidos históricamente para dar cuenta de la pluralidad humana persisten como si de realidades objetivas se tratase, siendo de facto elementos operativos en la articulación social de los distintos grupos humanos y ejerciendo una notable influencia –no siempre positiva- en la propia percepción individual y social de los sujetos sociales que los componen. (GARCIA, 2008).

Estos factores culturales se manifestarán a través de la arquitectura, el territorio, el aprovechamiento espacial, pero también a través de la gastronomía, los roles sociales, el folclore y en definitiva las diferentes formas de vida. Para llegar a imbuirnos en todas estas manifestaciones, será imprescindible la interacción con la población autóctona, tal y como hemos apuntado anteriormente. Será precisamente la metodología de *deriva* la que nos dará la clave para llegar a este punto y hacer más comprensible el uso del paseo indeterminado.

III. Líneas de deriva

Estas se apoyan en diversos aspectos arquitectónicos, sociales, paisajísticos, etc. para establecer una lectura del entorno más heterogénea:

- Materialidad: lo homogéneo del lugar frente a elementos o situaciones que cualifican el paisaje. Luces, texturas, colores, espacios...
- Elementos inapropiados del paisaje: objetos, situaciones o arquitecturas descontextualizadas respecto al lugar. Un paisaje que queda pervertido poniendo en riesgo su propia identidad.
- Lectura del paisaje a través de la arquitectura: colonización del paisaje como medio de vida. Realidad del valle del Draa, estratos del paisaje: río, valle, huertos, arquitectura, desierto.
- Lectura de la arquitectura a través del paisaje: mimetización de la arquitectura en un paisaje influido por un

clima radical. Presencia de un pasado histórico.

- Modos de habitar: espacio público. Edificios y espacios de ámbito público
- Modos de habitar: ámbito doméstico. Funcionalidad de la vivienda respecto a la jerarquía de sus habitantes. Apropiación de espacios y recorridos internos.
- Casa/patio por el mundo. Tipología desarrollada con lo vernáculo de cada lugar. Estudio y profundización de este tipo. Relación vivienda - arquitectura respecto a patio - pozo de luz.
- Dimensión social y la arquitectura. Cultura e identidad del lugar. Educación, sociedad, salud, y su influencia a la hora de hacer ciudad.
- Geografía: espacio de contrastes entre vegetación, agua, desierto. Influencia en la forma de habitar. Apropiación de espacios y recorridos externos.

IV. Evaluación

La participación en el taller y en las distintas actividades realizadas es suficiente para la obtención de una evaluación positiva, además se realiza:

1. Bitácora por grupo de trabajo que contenga:
 - 1.1. Caracterización cultural (social, económica y ambiental) de la población local en términos de su tradición, imaginario y expectativas.
 - 1.2. Análisis territorial del entorno estudiado.
 - 1.3. Estudio de los materiales y técnicas tradicionales de construcción local.
 - 1.4. Levantamientos urbano-arquitectónicos.
 - 1.5. Propuestas de mejoramiento habitacional que integren componentes tradicionales y contemporáneos concertados con la comunidad.
2. Con el material obtenido se realizará una publicación que se distribuirá en formato digital entre los asistentes.

Referencias

- ÁLVAREZ, A.; BAHAMÓN, A. (2009). *Casas patio*. Madrid: Parramón.
- CARERI, F. (2002). *Walkscapes: El andar como práctica estética*. Barcelona: Gustavo Gili.
- CHOAY, F. (2006). *Pour une anthropologie de l'espace*. Paris: Editions du Seuil.
- DEBORD, G. (1958). Teoría de la deriva. *Internationale Situationniste*, 1:1-3. En: *La realización del arte* (1999). Madrid: Literatura Gris.
- FERLENGA, A. (2014). Arquitectos sin arquitectura. En: B. Rudofsky, *Desobediencia crítica a la modernidad*. (pp.150-163). Granada: Centro José Guerrero.
- GARCÍA, N. (1995). El consumo sirve para pensar. En: *Consumidores y ciudadanos. Conflictos multiculturales de la globalización*. (pp.41-55). México: Grijalbo.
- GARCIA, A. (2008). La influencia de la cultura y las identidades en las relaciones interculturales. *Kairos*, 22. Disponible en: <http://www.revistakairos.org>
- LINDEZ, B. (2010). Granada histórica. Arquitectura y paisaje. En: *De Al-Andalus a Tetuán. Actas del Homenaje al profesor Mhammad M. Benaboud*. (pp. 289-302). Tetuán (Marruecos): Publicaciones de la Asociación Marroquí para los Estudios Andalusíes.
- LINDEZ, B. (2014). Cementerio, Medina y Ensanche de Tetuán: herencia viva. En: *Tetuán, herencia viva: reflexiones y trabajos resultado de la colaboración de instituciones tetuaníes y la Universidad de Granada*. (pp. 19 – 40). Granada, (España): Universidad de Granada.
- LÍNDEZ, B. (2016). La construcción de la memoria del paisaje. En: *La Cultura y la Ciudad*. (pp. 531-538). Granada: Gráficas la Madraza.
- MASSEY, D. (2008). *Pelo Espaço: Uma Nova Política da espacialidade*. Río de Janeiro: BertrandBrasil.
- RUDOFISKY, B. (1973). *Arquitectura sin arquitectos*. Buenos Aires: Eudeba.
- SANTOS, M. (1996). *A Natureza do Espaço. Técnica e Tempo. Razao e Emoção*. Sao Paulo: Hucitec.

Aprendizaje motivacional del concepto de Economía Circular en Ingeniería

Motivational Learning of the concept of Circular Economy in Engineering

Leyva-Díaz, Juan Carlos ^{(1,*);} Molina-Moreno, Valentín ⁽²⁾

(1) Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente, Universidad de Oviedo, 33006 Oviedo, España, jcleyvadiaz@uniovi.es

(2) Departamento de Organización de Empresas, Universidad de Granada, 18071 Granada, España, vmolina2@ugr.es

(*) Corresponding author

Resumen

Ante la realidad de las externalidades negativas originadas por el actual modelo de economía lineal, el presente trabajo de innovación docente pretende concienciar a los alumnos de los diferentes grados de Ingeniería de la Universidad Española en relación a su papel fundamental como agentes activos en el desarrollo de procesos industriales basados en el paradigma de la economía circular con el objeto de reducir los efectos negativos sobre el medio ambiente y poder mantener los equilibrios naturales del mismo mediante el análisis de diferentes casos de estudio y el visionado de diferentes documentales que complementen el aprendizaje y aplicación del modelo de economía circular.

Palabras clave: economía circular; aprendizaje motivacional; sostenibilidad; cambio climático; Ingeniería.

I. Introducción

La economía circular hace referencia a una economía industrial que es restaurativa por intención y diseño. Su objetivo es permitir flujos eficaces de materia, energía, trabajo e información de forma que el capital natural y social pueda ser restablecido. La economía circular busca reducir el uso de energía por unidad de producción y acelerar el cambio a energías renovables considerando cualquier elemento de la economía como un recurso de valor (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013).

Por lo tanto, la economía circular representa una estrategia de desarrollo que permite el crecimiento económico a través de la optimización del consumo de recursos naturales, transformación de las cadenas de producción y modelos de consumo, y del rediseño de los procesos industriales (EUROPEAN COMMISSION, 2014).

En este contexto, se desarrolla el presente trabajo que pretende introducir herramientas que favorezcan un aprendizaje motivacional de la economía circular en los diferentes grados de Ingeniería que se ofertan en la Universidad Española. Dicha estrategia sería introducida a partir de diferentes materias relacionadas con economía, empresa y gestión de la producción de los diferentes planes de estudio de dichas titulaciones.

El campo de la Ingeniería es fundamental para el desarrollo de nuevas estrategias que impliquen una transición a una economía con bajos niveles de emisión de carbono que posibilite la mejora de la seguridad e independencia energéticas a través del uso óptimo de agua, materias primas y recursos energéticos. En este sentido FRÉROT (2014) introduce una serie de recomendaciones para lograr la citada transición:

1. Reducción del consumo de energía en todos los sectores de la economía, reduciendo el consumo de combustibles fósiles y sustituyendo los mismos por energías renovables.
2. Reducción del consumo de calor y emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del mismo.
3. Fomento del uso de fuentes de energía renovables, de calor residual y de tecnologías basadas en la cogeneración.
4. Tratamiento y recuperación de residuos en forma de materias primas secundarias que puedan ser reintroducidas en los procesos productivos, contribuyendo a la sostenibilidad económica y medioambiental.

5. Protección de los recursos hídricos contra la contaminación y sobreexplotación, así como la estimulación de un mejor uso de las aguas residuales y lodos de depuración, garantizando en todo momento el cumplimiento de la legislación vigente.
6. Planteamiento de estrategias para cumplir la próxima legislación sobre residuos y economía circular que tiene planificada y aprobada la Unión Europea.

La presente iniciativa de innovación docente tiene como objetivo principal que los alumnos de los grados de Ingeniería tomen conciencia de la necesidad de realizar un tránsito desde la tradicional economía lineal hasta una economía circular que optimice el uso de materia y energía a través del rediseño de los diferentes procesos industriales. Se considera como algo fundamental el hecho de que los alumnos de las titulaciones de Ingeniería, donde los procesos de producción son claves, conozcan que se están llevando a cabo iniciativas de gestión de la producción bajo el paradigma de la economía circular en países de la Unión Europea, así como en otras potencias económicas.

II. Materiales y métodos

Para llevar a cabo este aprendizaje motivacional, previamente a la primera sesión presencial se entregará a los alumnos material docente que constará de material divulgativo de organizaciones que están trabajando en temas de economía circular, como son la Fundación Ellen MacArthur, Acción contra el Clima, Fondo Mundial para la Naturaleza, Unión Europea, Agencia Internacional de la Energía y otras, así como material científico sobre economía circular en la Ingeniería, concretamente se entregarán dos artículos científicos que servirán como estudios de caso.

El alumnado asistirá a la primera sesión presencial con la documentación relativa al material divulgativo leída y destacando aquellos aspectos relevantes del texto en los que desearía profundizar. En dicha sesión de 2 horas se analizará dicho material y se hará una puesta en común por parte de los alumnos, siendo esta guiada por el profesor. De igual forma, se procederá con el material científico proporcionado, que será analizado en una segunda sesión de 2 horas.

En una tercera sesión se procederá al visionado de documentales (1.5-2 horas) relacionados con las diferentes temáticas, las cuales abordarán los siguientes aspectos:

1. Cambio climático.
2. Acidificación de océanos.
3. Deshielo.
4. Emisión de gases de efecto invernadero.
5. Energías fósiles.
6. Energías renovables.
7. Cadena alimentaria.

En este sentido, se facilitarán diferentes enlaces web para la descarga gratuita del material.

Una vez explicado, analizado y visionado dicho material, se crearán grupos de debate y, posteriormente, se entregarán fichas donde los alumnos expondrán sus ideas, explicando lo que han entendido del concepto de economía circular y cómo la economía circular debe de generar ideas y herramientas para su futuro como ingenieros.

Asimismo, se llevará a cabo un control de conocimientos alcanzados a través de diferentes pruebas de evaluación, así como cuestionarios de autoevaluación sobre el aprendizaje adquirido y el método utilizado donde se constatará si el estudio, análisis y visualización de material bibliográfico ha servido a los alumnos para afianzar sus conocimientos en el área de economía circular. La Figura 1 muestra un esquema del proceso seguido en esta iniciativa de innovación docente.

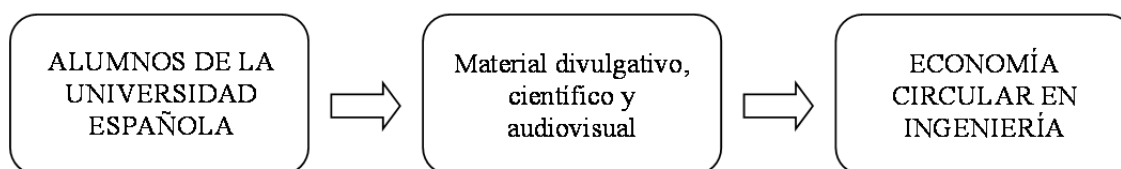


Figura 1. Aprendizaje motivacional de la Economía Circular

III. Resultados y discusión

Los diferentes grupos de trabajo y debate constituidos permitirán a los alumnos aprender a defender con argumentos diferentes modelos productivos, justificando el desarrollo del modelo de economía circular frente al de economía lineal, así como analizar la influencia de la actividad antropogénica en el contexto económico, medioambiental y sostenible actual.

Los alumnos buscarán estrategias a través de las cuales puedan ser partícipes en los nuevos procesos de Ingeniería dentro del desarrollo socioeconómico y medioambiental, contribuyendo de esta forma al desarrollo de modelos basados en la sostenibilidad.

Los alumnos deberán fundamentar sus Trabajos Fin de Grado (TFG) y Trabajos Fin de Máster (TFM) en la economía circular, de forma que en su futuro laboral puedan transmitir su aprendizaje sobre el nuevo paradigma de la economía circular.

Finalmente, se propondrá a los alumnos la organización de un seminario de libre configuración sobre la economía circular donde expondrán qué soluciones han encontrado o analizado que puedan considerarse como sustitutivas de procesos industriales basados en la economía lineal y que mitiguen sus externalidades negativas.

IV. Conclusiones

El alumnado de Ingeniería de la Universidad Española conocerá la realidad de las externalidades negativas del modelo de economía lineal, analizando las repercusiones que la actividad antropogénica está teniendo sobre los ecosistemas naturales del Planeta, y en base a esto propondrá soluciones a dichas externalidades llevando a cabo un análisis y rediseño de las diferentes actividades industriales.

Además, se pretende generar material docente que sirva de guía a los alumnos para adquirir nuevos conocimientos y que puedan comprender mejor los sistemas de implementación de la economía circular.

Asimismo, el desarrollo de la actividad permitirá determinar el grado de conocimiento e implicación del alumnado en relación al cambio climático, la economía verde, el desarrollo sostenible, así como la evolución en el mismo a través de las sesiones teórico-prácticas que se desarrollarán.

Referencias

- ELLEN MACARHTUR FOUNDATION (2013). Towards the Circular Economy, Economic and business rationale for an accelerated transition.
- EUROPEAN COMMISSION (2014). Towards a Circular Economy: A Zero Waste Programme for Europe.
- FRÉROT, A. (2014). Economía circular y eficacia en el uso de los recursos: un motor de crecimiento económico para Europa. *Boletín Cuestión de Europa* 331, Robert Schuman Foundation.

Documentales que se visionarán

A PLASTIC OCEAN.

TERRA.

CHASING ICE.

EN BUSCA DEL CORAL.

Librería Audiovisual como soporte didáctico multimedia para la completa formación del alumno

Calvo, Francisco J. ⁽¹⁾; Díez-Mesa, Francisco ⁽²⁾; de Oña, Rocio ⁽³⁾

(1) Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Granada, fcalvo@ugr.es

(2) Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Granada, franmesa@ugr.es

(3) Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Granada, rociadona@ugr.es

Resumen: El aprendizaje de los diferentes procesos y/o conceptos de una materia, se encuentra limitado cuando sólo se emplean las técnicas tradicionales de impartición de clases. Este trabajo muestra una librería audiovisual bilingüe (desarrollada dentro del proyecto de innovación docente BAUFERR), como soporte didáctico del alumno, que permite profundizar de forma autónoma en un mayor número de procesos y/o conceptos.

Palabras clave: Aprendizaje Audiovisual, Librería Multimedia, BAUFERR, Bilingüe.

I. Introducción

El actual modelo educativo en las Universidades permite la enseñanza de diferentes materias de una forma bastante reducida, no siendo posible la impartición y enseñanza en las diferentes clases de todos los conceptos y/o procesos que van asociados a dicha materia. En otras palabras, solamente son destacados los conceptos claves y/o básicos, y se confía en que el alumnado, a lo largo del tiempo, bien sea porque decida especializarse en un determinado aspecto de conocimiento o bien porque lo demande el desarrollo de su vida profesional, profundice en el resto.

Este hecho, se ve agravado en las asignaturas eminentemente prácticas, donde el propósito principal de las mismas, no es solo la adquisición de conceptos teóricos, si no su aplicación en problemas reales. El número de clases en este tipo de asignaturas no son suficientes para impartir todos los conceptos e ilustrarlos en aplicaciones de la vida real, usando solamente palabras, texto e imágenes.

La forma más adecuada para que el alumno pudiera adquirir el mayor número de conocimientos de este tipo, sería presenciándolos por ellos mismos en directo en aplicaciones reales, pero este hito se presenta como muy difícil y caro al mismo tiempo. Por un lado, se debería organizar una clase especial con todos los materiales necesarios o viajar con todos los alumnos, lo cual, podría ser difícil debido a temas de horarios y limitación de recursos financieros. Por otro lado, ciertos procesos no son posibles de reproducir en las aulas, tomando lugar en la vida real, en cambiantes y remotas localizaciones. Además, suele ocurrir que el acceso a dichos sitios sea limitado o restringido debido a razones de seguridad.

Por tanto, se hace más que evidente la necesidad de proporcionar al alumnado diferentes recursos con los que puedan subsanar dicha carencia y que completen su trabajo de aprendizaje fuera de las Universidades. No obstante, dichos recursos deben ser diferentes a los tradicionales (p.e., libros en la biblioteca, recomendaciones de conferencias, clases magistrales, etc.), ya que ha sido comprobado que éstos no son eficaces en la captación de la atención del alumno o de sus interés. Por lo que se hace necesario recurrir a las aplicaciones web y/o plataformas, tan usadas hoy en día. Para ello, la Universidad de Granada (UGR) provee a los profesores de una plataforma on-line la cual contiene algunas herramientas didácticas interesantes que permiten la creación de espacios virtuales compartidos entre alumnos y profesores con fines didácticos.

En este trabajo se muestra la creación de una librería audiovisual, para lo cual, se ha usado como ejemplo una aplicación real de desarrollo de este tipo de librería en la asignatura de Ferrocarriles, impartida en el Grado de Ingeniería Civil, en la E.T.S.I de Caminos, Canales y Puertos de la UGR durante el curso 2013/2014. Esta librería multimedia, denominada “Audiovisual Bilingüe Library for Railways Teaching” (BAUFERR) (Calvo and Cabrera, 2015), fue desarrollada dentro del Programa de Innovación y Buenas Prácticas Docentes: Convocatoria 2013 (PID 13-32). Este proyecto estuvo coordinado por el profesor D. Francisco Javier Calvo Poyo y colaboraron otros profesores del Departamento de Ingeniería Civil.

Por último, se hace destacar que las actuales sociedades enmarcadas dentro de la globalización crean la necesidad de que nuestros alumnos dominen el inglés para poder optar a cualquier tipo de trabajo, ya sea en el

ámbito nacional o internacional, y que puedan competir con el resto de jóvenes de todo el mundo. Estas razones motivaron que dicha librería se desarrollará de modo bilingüe.

II. Objetivos

Este trabajo, cuya aplicación latente ha sido la del proyecto BAUFERR, persigue mostrar un recurso para la enseñanza de material educativo adicional al que se puede impartir en las diferentes clases, así como subsanar la necesidad de formar en el mayor número de conceptos y/o procedimientos posibles al alumnado. Los contenidos son desarrollados en un formato audiovisual y bilingüe, lo cual es una ventaja con respecto a la actual forma de enseñar. Los objetivos específicos de este proyecto son:

- Mejorar la enseñanza de las diferentes asignaturas, especialmente las de tipo práctico.
- Desarrollar material educativo innovador incluyendo material audiovisual.
- Captar el interés del alumno y facilitar su aprendizaje a través de las nuevas tecnologías.
- Mostrar diferentes procesos y/o aplicaciones de conceptos en la vida real difíciles de explicar teóricamente.
- Involucrar al alumno en la selección de los temas de mayor relevancia para su formación.
- Involucrar a los alumnos en la recolección de material para dicho trabajo.
- Aprender terminología específica de la asignatura en inglés.
- Crear una librería multimedia bilingüe para profesionales.

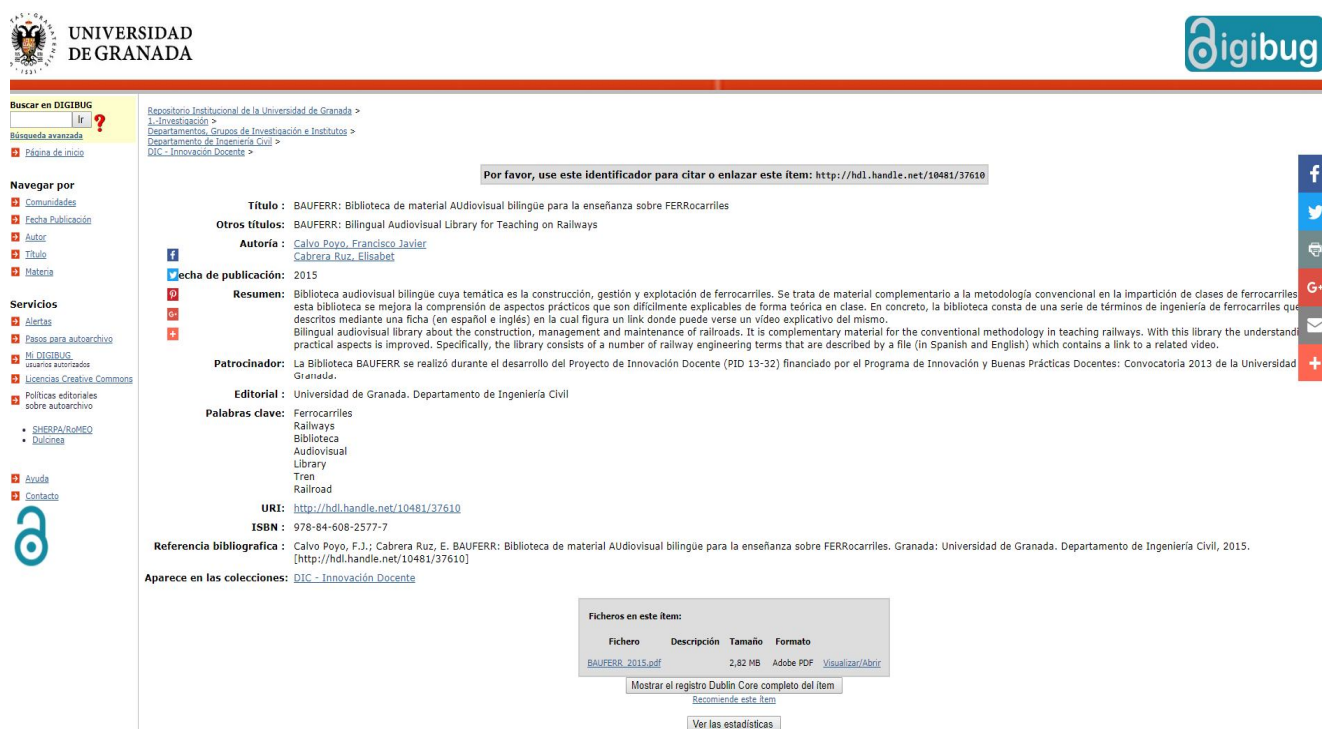
III. Metodología

Con el objetivo de mostrar el proceso de creación de una librería audiovisual bilingüe, se tomará para su explicación el caso práctico del proyecto BAUFERR, aplicado con éxito en la asignatura Ferrocarriles, impartida en el Grado de Ingeniería Civil, en la E.T.S.I de Caminos, Canales y Puertos de la UGR.

BAUFERR fue desarrollado tanto por alumnos como por profesores. A los alumnos se les sugería la búsqueda de material audiovisual sobre procedimientos, tanto constructivos como de gestión, diseño, etc., de ferrocarriles, siendo estos un material complementario didáctico a las clases teóricas. Por su parte, los profesores y otros participantes en el proyecto seleccionaban y clasificaban el distinto material suministrado por el alumno, el cual, posteriormente, era subido al espacio suministrado en PRADO para tal fin.

Además, este tipo de librerías audiovisuales, aparte de ser una opción formativa para alumnos, también suponía un lugar de consulta y aprendizaje para profesionales, por lo que invitaban a la participación de empresas privadas en este proyecto, mediante envíos de videos propios sobre procesos u otro material didáctico que considerarán oportuno. Para el caso del proyecto BAUFERR, la compañía “MARE INGENIERIA FERROVIARIA ALTERNATIVA” participó de pleno con videos filmados de su manufactura, reparación y procesos de test.

Actualmente, el proyecto BAUFERR se encuentra alojado en el repositorio institucional de la Universidad de Granada (Digibug) en formato pdf (Fig. 1), de forma que su acceso es libre y abierto a todo el público (<http://digibug.ugr.es/handle/10481/37610#.WddWrFu0OUk>).



UNIVERSIDAD DE GRANADA

digibug

Buscar en DIGIBUG

Repositorio Institucional de la Universidad de Granada >
 1. Investigación >
 Departamentos, Grupos de Investigación e Institutos >
 Departamento de Ingeniería Civil >
 DIC - Innovación Docente >

Por favor, use este identificador para citar o enlazar este ítem: <http://hdl.handle.net/10481/37610>

Título: BAUFERR: Biblioteca de material Audiovisual bilingüe para la enseñanza sobre FERROCARRILES

Otros títulos: BAUFERR: Bilingual Audiovisual Library for Teaching on Railways

Autoría: Calvo Poyo, Francisco Javier
Cabrera Ruz, Elisabet

Fecha de publicación: 2015

Resumen: Biblioteca audiovisual bilingüe cuya temática es la construcción, gestión y explotación de ferrocarriles. Se trata de material complementario a la metodología convencional en la impartición de clases de ferrocarriles que esta biblioteca se mejora la comprensión de aspectos prácticos que son difícilmente explicables de forma teórica en clase. En concreto, la biblioteca consta de una serie de términos de ingeniería de ferrocarriles que descriptos mediante una ficha (en español e inglés) en la cual figura un link donde puede verse un video explicativo del mismo. Bilingual audiovisual library about the construction, management and maintenance of railroads. It is complementary material for the conventional methodology in teaching railways. With this library the understanding practical aspects is improved. Specifically, the library consists of a number of railway engineering terms that are described by a file (in Spanish and English) which contains a link to a related video.

Patrocinador: La Biblioteca BAUFERR se realizó durante el desarrollo del Proyecto de Innovación Docente (PID 13-32) financiado por el Programa de Innovación y Buenas Prácticas Docentes: Convocatoria 2013 de la Universidad de Granada.

Editorial: Universidad de Granada. Departamento de Ingeniería Civil

Palabras clave: Ferrocarriles
Railways
Biblioteca
Audiovisual
Library
Tren
Railroad

URI: <http://hdl.handle.net/10481/37610>

ISBN: 978-84-608-2577-7

Referencia bibliográfica: Calvo Poyo, F.J.; Cabrera Ruz, E. BAUFERR: Biblioteca de material Audiovisual bilingüe para la enseñanza sobre FERROCARRILES. Granada: Universidad de Granada. Departamento de Ingeniería Civil, 2015. [<http://hdl.handle.net/10481/37610>]

Aparece en las colecciones: [DIC - Innovación Docente](#)

Ficheros en este ítem:

Fichero	Descripción	Tamaño	Formato
BAUFERR_2015.pdf		2,82 MB	Adobe PDF Visualizar/Abrir

[Mostrar el registro Dublin Core completo del ítem](#)

[Recomendar este ítem](#)

[Ver las estadísticas](#)

Figura 1. Localización del proyecto BAUFERR en el repositorio Digibug.

IV. Descripción de BAUFERR

Tal y como se ha comentado, la UGR proveía a los profesores de una plataforma on-line (PRADO) la cual contenía algunas herramientas didácticas interesantes. Actualmente, esta plataforma ha sido sustituida por otra (PRADO2) mucho más avanzadas y que suministra mayores opciones, así como desarrollar una librería audiovisual similar a la enunciada en este trabajo.

Durante el curso 2013/2014, dentro de PRADO, estaba activa la herramienta “Tablón de docencia” que fue donde se desarrolló todo el proyecto de BAUFERR. Dicha herramienta permitía a los profesores proveer a los alumnos con todo tipo de información de sus asignaturas. Ellos podían acceder fácilmente a la misma, identificándose con un usuario propio y contraseña, de forma que se garantizaba la privacidad del alumno.

Por tanto, se observa que dicha herramienta conformaba un adecuado lugar para el intercambio de información entre los alumnos y el profesor. Un ejemplo similar puede ser encontrado en la actual plataforma PRADO2, donde se provee de espacios para el intercambio de cualquier tipo de información (p.e., audiovisual, mensajes en foros, documentos, etc.) entre los diferentes alumnos y el profesor. Se destaca que ambas plataformas permiten la organización en diferentes carpetas o bloques de la información contenida, lo cual, facilita su clasificación de acuerdo a temáticas, importancia, densidad, etc.

La apariencia actual del pdf de la librería audiovisual BAUFERR es mostrada en las Fig. 2 y 3.

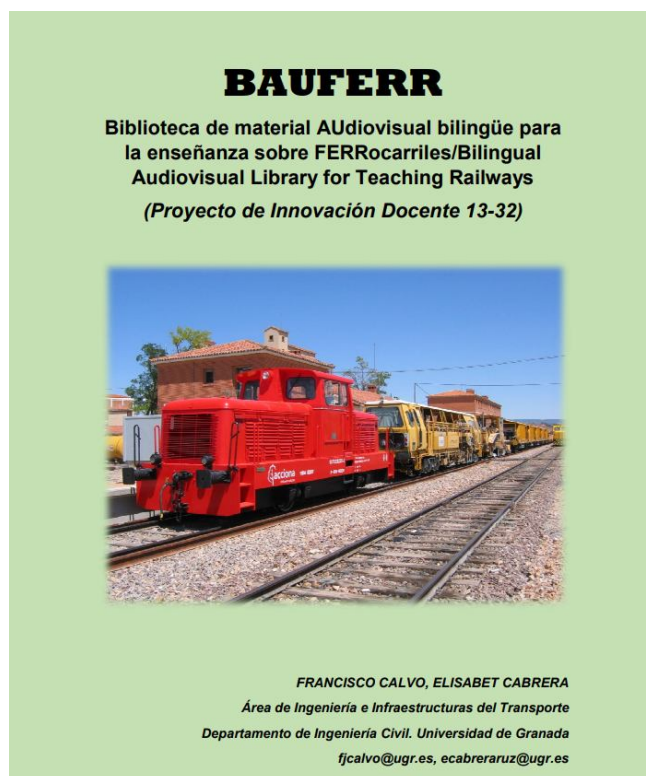


Figura 2. Portada del documento sobre el Proyecto BAUFERR.

INDICE

A	13
ACOPAMIENTO SCHARFENBERG EN TRENES / SCHARFENBERG COUPLING SYSTEM IN TRAINS	13
AEROTRAVIESA / AEROTRAVIESA	15
ALTA VELOCIDAD MEDINA-LA MECA / HIGH SPEED LINE MEDINA- MECA	17
ALVIA S130 / S130 ALVIA	19
ANUNCIO DE SEÑALES Y FRENADO AUTOMÁTICO / SIGNALS AND AUTOMATIC BRAKES ADVICE	21
ASFA. SECUENCIA DE PASO VERDE A ROJO AL PASO DE UN R599 / SIGNALS AND AUTOMATIC BRAKES ADVICE SYSTEM. SEQUENCE OF A LIGHT CHANGING FROM GREEN TO RED WHEN A R599 TRAIN PASSES	23
AUTOMOTOR DIESEL S592 LOJA / DIESEL MULTIPLE UNIT S592 SERIES IN LOJA	25
AUTOMOTOR DIESEL R599. SERVICIO ALMERÍA-SEVILLA / R599 DIESEL MULTIPLE UNIT. ALMERÍA-SEVILLE SERVICE	27
AUTOMOTOR ELÉCTRICO S446 / S446 ELECTRIC MULTIPLE UNIT	29
AUTOMOTOR S120 / S120 MULTIPLE UNIT	31
AVE S100 / S100 HIGH SPEED TRAIN	33
AVE S102 / S102 HIGH SPEED TRAIN	35
B	37
BOGIE: FUNCIONAMIENTO / BOGIE: OPERATION	37
C	39
CAMBIADOR DE ANCHO AUTOMÁTICO DUAL / DUAL AUTOMATIC TRACK GAUGE CHANGEOVER SYSTEM	39
CARRILES FABRICACIÓN / RAIL MANUFACTURE	41
CATENARIA / CATENARY	43
CATENARIA-PANTÓGRAFO / CATENARY-PANTOGRAPH	45
CBTC TECNOLOGÍA DEL METRO DE NUEVA YORK / CBTC TECHNOLOGY IN NEW YORK SUBWAY	46

Figura 3. Parte del índice del documento sobre el Proyecto BAUFERR.

V. Funcionamiento de BAUFERR

En el directorio de la asignatura de Ferrocarriles había una carpeta llamada “BAUFERR”, la cual, contenía 24 diferentes sub-carpets, cada una correspondiente a una letra del alfabeto español.

Para cumplir con el objetivo de conseguir una librería completa, se les sugería a los alumnos su participación, premiada con un incentivo en la nota final, mediante la búsqueda de vídeos sobre diferentes conceptos teóricos-prácticos de la asignatura y que sirvan de material complementario. Estos vídeos proceden de tres fuentes: la fuente más utilizada fue Internet, pero también hay otros muchos que fueron grabados por el profesor coordinador del Proyecto Docente (Francisco Calvo) e incluso algunos obtenidos a través de compañías privadas del sector ferroviario. Por lo que conformaba una adecuada vía de establecer una vía de contacto entre los diferentes alumnos con las compañías del sector.

Los vídeos se identificaban con una letra relacionada con el tema, de esta forma, se llevaba a cabo una organización de los mismos conforme a su letra inicial. Cada vídeo debía estar acompañado por un archivo de texto que incluía diferentes palabras clave que ayudaban a su identificado, así como una descripción del contenido, autor, fecha, etc., tanto en español como en inglés, La Fig. 4 y 5, muestra un ejemplo.

Dada la necesidad de proveer un material de calidad, el profesor realizaba una revisión del material antes de subirlo al directorio, así como de la afinidad de los contenidos al fin del proyecto. Si, finalmente, era aceptado y se comprobaba su idoneidad, se procedía a realizar dicho archivo de texto, por parte del alumno, y posteriormente, a su subida al directorio para que se encontrara a disposición de cualquier alumno.

A	ALVIA S130 / S130 ALVIA
Palabras clave	Alvia, Córdoba, S130
Descripción	<p>En el vídeo se observa un tren Alvia S130 saliendo la estación de Córdoba.</p> <p>El tren de la S130 de RENFE, apodado "patito", es un tren capaz de circular por vías de ancho estándar e ibérico así como con corriente continua y alterna.</p> <p>Las características de este tren son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de vehículo: Automotor eléctrico de alta velocidad • Fabricante: TALGO, Bombardier • Año de fabricación: 2006-2010 • Composición: Tren eléctrico articulado de 11 coches y 2 cabezas motrices extremas • Velocidad máxima: 250 km/h (ancho 1435 mm) y 220 km/h (ancho 1668 mm) • Ancho de vía: 1435 mm y 1668 mm • Sistemas de seguridad: ASFA digital, STM de LZB, ERTMS, EBICAB
Keywords	Alvia, Córdoba, S130
Description	<p>This video shows a S130 Alvia train leaving the Córdoba railway station.</p> <p>The train S130 of RENFE, nicknamed "patito", is a train able to run on different track gauges, 1668 mm and 1435 mm, furthermore It works with direct current and alternating current.</p> <p>The characteristics of these trains are:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Type of vehicle: high speed electric multiple unit • Manufacturer: TALGO, Bombardier • Year of manufacture: 2006-2010 • Composition: articulated electric train with 11 cars and two tractive units at both ends. • Maximum speed: 250 km/h (track gauge 1435 mm) and 220 km/h (track gauge 1668 mm) • Track gauge: 1435 mm and 1668 mm • Safety system: signals and automatic brakes advice system digital, STM of LZB, ERTMS, EBICAB

Figura 4. Ejemplo información de archivo (1 de 2).

Nombre del archivo/File name	Alvia serie 130 saliendo de Córdoba/Alvia train 130 series leaving Córdoba
Autor/Author	Francisco Calvo
Fecha subida a la red/Upload date	23/06/2015
URL	https://www.youtube.com/watch?v=NgRHwyMq5to&feature=youtu.be
Duración. Tipo de archivo. Tamaño/Length File type. Size	Duración/Length: 0:15 min Tipo de archivo/File type: avi Tamaño/Size: 9.59 Mb

Figura 5. Ejemplo información de archivo (2 de 2).

VI. Conclusión y trabajos futuros

Actualmente, dada la desaparición de PRADO donde se encontraba alojado, la librería BAUFERR se encuentra alojada en el repositorio “digibug” de la UGR, conformando un documento pdf compuesto por las diferentes fichas de texto (Fig. 4 y 5) con enlaces a material audiovisual. Esta librería Audiovisual es una excelente forma de implicar al alumnado en el aprendizaje y desarrollo de una asignatura. Se ha podido comprobar que el hecho de ser audiovisual ha captado la atención e interés del alumno. Además, el hecho de realizar una búsqueda de información, ha dado lugar a investigación y puesta en contacto con profesionales del sector, creando puentes de comunicación entre ellos. Por último, se observa que la realización en español e inglés de dicho diccionario ha permitido el aprendizaje de lenguaje especializado de una forma bastante intuitiva por su formato visual.

Como trabajos futuros destacar que la creación de esta librería conforma una primera etapa para crear un lugar donde profesores y alumnos de todo el mundo puedan compartir información, siendo su fin último la creación de una página web o blog.

Agradecimientos

El programa de innovación docente llamado “Librería audiovisual bilingüe para la enseñanza de ferrocarriles”, el cual ha creado “BAUFERR”, es financiado por el “Programa de Innovación y Buenas Prácticas Docentes” de la Universidad de Granada.

Los autores quieren también agradecer por su constructiva cooperación en este proyecto a la compañía “MARE INGENIERIA FERROVIARIA ALTERNATIVA”.

Referencias

http://www.glue-it.com/trains/glos_frm.html

<http://trn.trains.com/en/Railroad%20Reference/Railroading%20Glossary.aspx>

<http://www.railway-technical.com/newglos.shtml>

<http://www.ugr.es>

http://digibug.ugr.es/handle/10481/37610#.Wc9g_dhx1PY

CALVO, F., and CABREAR, E., (2015). BAUFERR: Biblioteca de material Audiovisual bilingüe para la enseñanza sobre FERrocarriles. Granada: Universidad de Granada. Departamento de Ingeniería Civil (<http://hdl.handle.net/10481/37610>).

JIMENEZ, L. and GARCIA, M.C., (2012). Innovación docente y buenas prácticas en la Universidad de Granada. Editorial Universidad de Granada.

JIMENEZ, L. and GARCIA, M.C., (2013). Innovación docente y buenas prácticas en la Universidad de Granada. Editorial Universidad de Granada.

LEON, M. (2005). Diccionario de Tecnología Ferroviaria. Editorial Díaz de Santos.

MARE INGENIERIA FERROVIARIA ALTERNATIVA. <http://www.mare-ingenieria.es/>

STUDENT OF RAILWAY SUBJECT OF CIVIL ENGINEERING DEGREE. Class works. Courses 2013/14 and 2014/15.

Procedimientos de construcción en obras de ingeniería civil. Aprendizaje a través de proyectos.

Sol-Sánchez, Miguel ⁽¹⁾; Moreno-Navarro, Fernando ⁽²⁾; Castillo-Mesa, Miguel A.; Rubio-Gámez, MC

- (1) Departamento Ingeniería de la Construcción, Universidad de Granada, msol@ugr.es
 (2) Departamento Ingeniería de la Construcción, Universidad de Granada, fmoreno@ugr.es
 (3) Departamento Ingeniería de la Construcción, Universidad de Granada, macm@ugr.es
 (4) Departamento Ingeniería de la Construcción, Universidad de Granada, mcrubio@ugr.es

Resumen

Este artículo expone la experiencia desarrollada por profesores de la asignatura de “Procedimientos de Construcción I”, del 2º semestre de 3er curso del Grado de Ingeniería Civil en la Universidad de Granada; cuyo objetivo principal fue diseñar una práctica basada en el aprendizaje a través de proyectos, facilitando la adquisición de los conocimientos recogidos en el programa de la asignatura.

Palabras clave: Procedimientos de Construcción, aprendizaje, proyectos.

I. Introducción

La asignatura de “Procedimientos de Construcción I” se imparte en el 6º semestre, tercer curso del Grado de Ingeniería Civil en la Universidad de Granada.

Su docencia la lleva a cabo el área de Ingeniería de la Construcción del Departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería. Consta de 6 créditos ECTS y es de carácter obligatorio, impartándose en las especialidades de Construcciones Civiles, Hidrología y Transportes y Servicios Urbanos. Esto supone, considerando una carga global de trabajo por ECTS de 25 horas, un total de 150 horas de dedicación del alumno, distribuidos tal y como se especifica en la Tabla 1.

Presenciales	Clases de teoría	1,1 ECTS= 27,5 h	2,4 ECTS (60 h) = 40 %
	Clases de prácticas	1,1 ECTS= 27,5 h	
	Realización de Exámenes/Pruebas	0,2 ECTS= 5 h	
No presencial.	Estudio de teoría	1,8 ECTS= 45 h	3,6 ECTS (90 h) = 60 %
	Elaboración de prácticas	1,8 ECTS= 45 h	

Tabla 1. Créditos ECTS de la asignatura “Procedimientos de Construcción I”.

Por sus contenidos, y de acuerdo con los descriptores del BOE, esta materia está interrelacionada con la práctica totalidad de las que componen el título correspondiente, tanto para la realización del ejercicio libre como para la redacción, ejecución y dirección de proyectos.

Por tratarse de una asignatura de 6º semestre, el estudiante ya ha tenido contacto con la mayoría de los conceptos científicos básicos, legales y conocimientos tecnológicos que exigen el desarrollo de las competencias propias del título, por lo que podemos considerar que ha adquirido un número importante de competencias generales. Así, el alumno ha cursado toda la formación básica, por lo que posee todas las competencias básicas, y ha cursado parte de las materias correspondientes al módulo común de la rama civil y de la tecnología específica. Esto permite aplicar nuevas actividades docentes en un grado más extendido con el objeto de incidir en el asentamiento de las competencias generales.

Los contenidos de la asignatura “Procedimientos de Construcción I” están enfocados a la “obra”, considerando que el alumno los tendrá que tener en cuenta en el futuro en la mayoría de las actuaciones que realice en su vida profesional.

En cuanto a objetivos y competencias a adquirir:

El Objetivo Principal: es proporcionar a los alumnos una visión general de los procedimientos generales de construcción y de los equipos de trabajo que se utilizarán en el movimiento de tierras de las obras de ingeniería civil.

Como Objetivos específicos: El alumno deberá conocer el contexto económico – legal en el que se desarrollan las obras y entender las características específicas del sector de la construcción y su relevancia en el contexto socioeconómico.

Deberá ser capaz de definir las instalaciones auxiliares de obra; sistemas de bombeo, ventilación y aire comprimido.

Conocer los equipos de ejecución de cimentaciones profundas, muros pantalla, así como el procedimiento de ejecución para diferentes tipos de terreno y condicionantes.

Comprender los procedimientos de ejecución de estructuras de contención; muros de contención mediante prefabricados, tierra armada y muros vegetalizados.

El alumno deberá conocer las distintas unidades que componen el movimiento de tierras y deberá ser capaz de identificar los diferentes equipos utilizados en este, sus características y aplicaciones principales, así como aplicar criterios de selección entre equipos.

Mediante el estudio individualizado de cada uno de los principales equipos de movimiento de tierras, el alumno deberá ser capaz de calcular su producción, costes de los mismos, ser capaz de seleccionar equipos y organizar el movimiento de tierras atendiendo a criterios económicos.

Partiendo del conocimiento de los procedimientos generales de construcción y de la utilización y limitaciones de las máquinas que se emplean en el movimiento de tierras, el alumno deberá ser capaz de identificar y evaluar los riesgos y establecer las medidas de protección necesarias para minimizarlos.

La Orden CIN/307/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Obras Públicas, establece las competencias que los estudiantes deben adquirir para el ejercicio de su profesión. Las competencias a adquirir por la asignatura “Procedimientos de Construcción I” serán las que se detallan a continuación:

Competencias Generales:

CG1: Capacitación científico-técnica para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Obras Públicas y conocimiento de las funciones de asesoría, análisis, diseño, cálculo, proyecto, construcción, mantenimiento, conservación y explotación.

CG2: Comprensión de los múltiples condicionamientos de carácter técnico y legal que se plantean en la construcción de una obra pública, y capacidad para emplear métodos contrastados y tecnologías acreditadas, con la finalidad de conseguir la mayor eficacia en la construcción dentro del respeto por el medio ambiente y la protección de la seguridad y salud de los trabajadores y usuarios de la obra pública.

CG3: Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria durante el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Obras Públicas.

CG5: Capacidad para el mantenimiento y conservación de los recursos hidráulicos y energéticos en su ámbito.

CG6: Capacidad para la realización de estudios de planificación territorial y de los aspectos medioambientales relacionados con las infraestructuras, en su ámbito.

CG7: Capacidad para el mantenimiento, conservación y explotación de infraestructuras, en su ámbito.

CG9: Conocimiento y capacidad de aplicación de técnicas de gestión empresarial y legislación laboral.

Competencias Básicas:

CB3: Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería.

CB5: Conocimientos básicos de geología y morfología del terreno y su aplicación en problemas relacionados con la ingeniería. Climatología.

CB6: Conocimiento adecuado del concepto de empresa, marco institucional y jurídico de la empresa. Organización y Gestión de Empresas.

Competencias Específicas de Obras Públicas:

COP1: Conocimiento de las técnicas topográficas imprescindibles para obtener mediciones, formar planos, establecer trazados, llevar al terreno geometrías definidas o controlar movimientos de estructuras u obras de tierra.

COP2: Conocimiento teórico y práctico de las propiedades químicas, físicas, mecánicas y tecnológicas de los materiales más utilizados en construcción.

COP3: Capacidad para aplicar los conocimientos de materiales de construcción en los sistemas estructurales. Conocimiento de la relación entre la estructura de los materiales y las propiedades mecánicas que de ella se derivan.

COP9: Capacidad de análisis de la problemática de la seguridad y salud en las obras de construcción.

COP11: Capacidad para aplicar metodologías de estudios y evaluaciones de impacto ambiental.

COP12: Capacidad de análisis de la problemática de la seguridad y salud en las obras de construcción

Competencias Específicas del Módulo de Construcciones Civiles:

CCC2: Capacidad de aplicación de los procedimientos constructivos, la maquinaria de construcción y las técnicas de planificación de obras.

CCC3: Conocimiento sobre el proyecto, cálculo, construcción y mantenimiento de las obras de edificación en cuanto a la estructura, los acabados, las instalaciones y los equipos propios.

CCC4: Capacidad para construcción y conservación de obras marítimas

CCC5: Capacidad para la construcción y conservación de carreteras, así como para el dimensionamiento, el proyecto y los elementos que componen las dotaciones viarias básicas.

CCC7: Capacidad para la construcción de obras geotécnicas

Competencias Específicas del Módulo de Hidrología:

CH1: Conocimiento y capacidad para proyectar y dimensionar obras e instalaciones hidráulicas, sistemas energéticos, aprovechamientos hidroeléctricos y planificación y gestión de recursos hidráulicos superficiales y subterráneos.

CH2: Conocimiento y comprensión del funcionamiento de los ecosistemas y los factores ambientales.

Competencias Específicas del Módulo de Transporte y Servicios Urbanos:

CTSU1: Capacidad para la construcción y conservación de carreteras, así como para el dimensionamiento, el proyecto y los elementos que componen las dotaciones viarias básicas.

CTSU4: Conocimiento y comprensión de los sistemas de abastecimiento y saneamiento, así como de su dimensionamiento, construcción y conservación.

1.1. Contenidos de la Asignatura de Procedimientos de Construcción I.

Para la selección de los temas a tratar, así como sus contenidos y la estructuración de los mismos, se ha considerado el perfil de la asignatura, perfil de los estudiantes, las competencias a adquirir y los objetivos.

Estos son los criterios seguidos en la elaboración de los contenidos de la asignatura de “Procedimientos de Construcción I”:

- Directrices generales propias de la titulación.
- Competencias específicas a adquirir mediante el desarrollo de la asignatura.
- Limitación temporal. Número de créditos ECTS asignados.
- Coherencia con los objetivos establecidos.
- Representatividad de los conocimientos, ofreciendo una visión suficientemente significativa de un amplio conjunto de los mismos.
- Coherencia interna de cada uno de los temas propuestos.
- Establecimiento de vínculos entre los conocimientos de la asignatura y de otras materias del plan de estudios.
- Conocimientos previos de los estudiantes.
- Carácter integrador de conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera.

Es preciso completar el conocimiento de los estudiantes en temas directamente relacionados con los procedimientos de construcción y plantear trabajos prácticos mediante los métodos de aprendizaje más adecuados para conseguir un acercamiento cierto a lo que puede ser el ejercicio práctico de la profesión del ingeniero. De esta manera se dispone de un programa de teoría, de la realización de unas prácticas a título individual (relacionadas con las visitas a obra y conferencias) y trabajos a desarrollar en grupo.

La selección de contenidos está condicionada por la asignatura de Procedimientos de Construcción I del actual plan de estudios de la titulación de Ingeniería Civil.

Programa de Teoría. Lecciones Magistrales (HP)		
UD	Bloque Temático	Nº Horas
1	Marco General y Legal en el que se desarrollan las obras	3,5
2	La obra. Preparación. Primeras Instalaciones	5
3	Maquinaria y procedimientos constructivos en la ejecución del movimiento de tierras; excavaciones a cielo abierto, subterráneas y subacuáticas.	13
4	Aplicaciones en la ejecución de cimentaciones; Pilotes y Muros Pantalla, Procedimientos de ejecución y equipos.	3
5	Aplicaciones en la ejecución de estructuras de contención; Tierra Armada, muros de paneles prefabricados, muros vegetalizados	3
TOTAL		27,5

Tabla 2. Programa de Teoría

Programa de Prácticas (HP)		
Nº	Práctica	Nº Horas
1	Visita a obra	5
2	Conferencia. 1. Conferencia Inaugural: La Ingeniería, la Ciencia y la Técnica 2. Conferencia sobre "Obras de Construcción"	4
3	Proyecciones: 1. "Demostración de Equipos de Movimiento de Tierras". Instalaciones Caterpillar, Polig. Campanillas. Málaga. 2. Equipos de movimiento de tierras/procesos constructivos	2,5
4	Taller: Gestión de Obras de Ingeniería Civil.	16
TOTAL		27,5

Tabla 3. Programa de Prácticas

Los contenidos teóricos se imparten mediante lecciones magistrales, mientras que los contenidos prácticos contemplan visitas a obra (en las que los alumnos pueden observar la ejecución de obras de construcción en las que se emplean procedimientos y equipos vistos en las lecciones teóricas), asistencia a conferencias impartidas por profesionales de reconocido prestigio en el ámbito de la Ingeniería Civil, proyecciones de material audiovisual de equipos de movimiento de tierras y procesos constructivos, y la participación en un taller (es esta última práctica la que se expone y detalla en la presente comunicación).

Una vez descritos los objetivos, competencias, contenidos y metodología docente de la asignatura de "Procedimientos de Construcción I", en los siguientes apartados se procede a describir en qué consiste y como se desarrolla la práctica número 4.

II. Objetivos

El objetivo de esta comunicación es la presentación de una práctica que permite que los alumnos trabajen en grupo y adquieran parte de los conocimientos y competencias de la asignatura mediante el aprendizaje a través de proyectos.

III. Metodología

Este taller tiene como objetivo la aplicación de los conocimientos adquiridos en las clases teóricas. El taller tiene una duración de 16 horas y se realiza semanalmente en una clase de prácticas de dos horas de duración, en paralelo al desarrollo de las clases teóricas, donde se van explicando y marcando unos hitos para la elaboración del trabajo. Estos hitos se realizan tanto en el seminario como fuera de clase, siendo las horas no presenciales a dedicar por parte de los alumnos aproximadamente 10.

Partiendo de datos específicos de un proyecto de construcción real, el alumno dispondrá de información general sobre la obra y sobre el volumen de movimiento de tierras, posibles equipos a utilizar o plazo de ejecución, entre otros datos.

Entre las actividades a desarrollar en el taller, los alumnos en grupos de 5 tendrán que ser capaces de dimensionar los equipos con los que van a realizar el movimiento de tierras, calcular las distancias de transporte, los costes y producción de maquinaria, así como aplicar la Ley de Contratos del Sector Público desarrollando actividades como la redacción el acta de comprobación del replanteo, certificaciones de obra o tramitación de un modificado entre otras.

Durante el desarrollo de la práctica, los alumnos (asumiendo el rol de “jefe de obra”) estudiarán documentos del proyecto de construcción, documentos relacionados con el contrato de obra, ejecución y terminación de las obra. Así, el taller se estructura en 4 bloques, que facilitarán al alumno el conocimiento y comprensión de aspectos técnico-legales, como la Ley de Contratos del Sector Público.

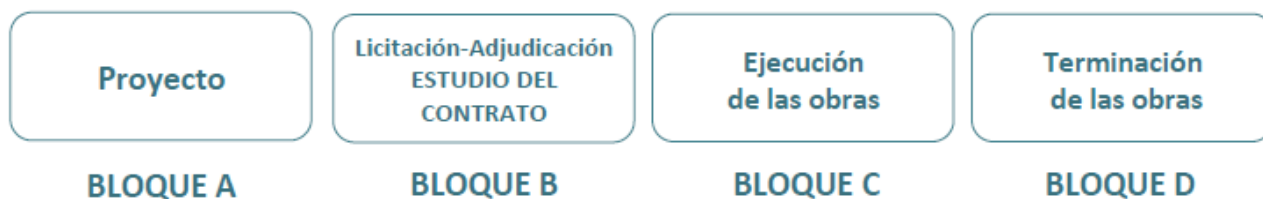


Figura1. Bloques temáticos del Taller

Las figuras 2, 3, 4 y 5, recogen de forma resumida los contenidos de cada uno de los bloques temáticos:

Trabajos a realizar por el alumno:

- BLOQUE A. Proyecto**
- **Ficha resumen del expediente de la obra**
 - **Comprobación** de que el Proyecto contiene todos los documentos
 - **Procedimiento Constructivo**
 - Estudiar la **Unidad de obra PILOTES**
 - Realizar un **Ficha para cada una de las maquinas que son necesarias para ejecutar los PILOTES**
 - **Resumen Presupuesto General:** PEM y PBL
 - **Análisis de costes** del Proyecto (Clasificar las unidades de obra según su repercusión en el Presupuesto, destacando las que requieren mayor atención en la planificación y desarrollo de la obra: A (importancia Alta); B (Importancia Media); C (importancia Baja) según los porcentajes, 20-30-50 u otros definidos por el **jefe de obra**)



Figura 2. Contenidos del Bloque A.



Figura 3. Contenidos del Bloque B.

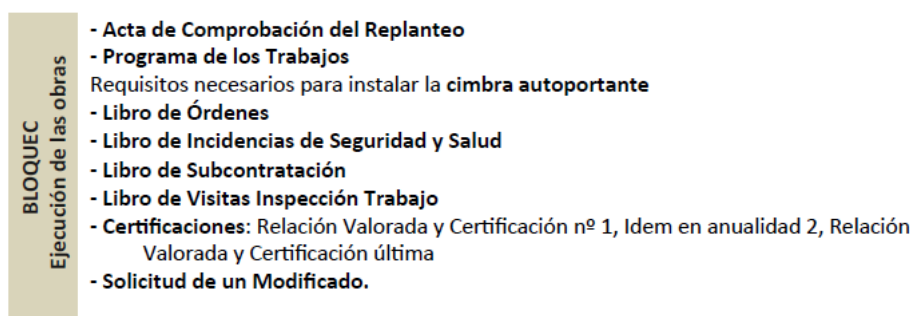


Figura 4. Contenidos del Bloque C.



Figura 5. Contenidos del Bloque D.

IV. Conclusiones

La realización del taller de prácticas viene realizándose durante los tres últimos cursos académicos. Los resultados han puesto de manifiesto que el aprendizaje de los contenidos técnico-legales a través de proyectos contribuyen a la mejora de la adquisición de competencias de los alumnos.

VI. Referencias

- CASTILLO-MESA, M.A.; MARTÍNEZ-ECHEVARRÍA, M.J.; RUBIO-GÁMEZ, M.C. (2015). *El proyecto, contratación y licitación de obra*. Universidad de Granada. ISBN 16535-02-6
- LEY DE CONTRATOS DEL SECTOR PÚBLICO. Agencia Estatal, Boletín Oficial del Estado, www.boe.es
- TIKTIN, J (2001). *Procedimientos Generales de Construcción. Movimiento de Tierras*. Colegio de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Madrid.
- www.mfom.es
- <http://victoryepes.blogs.upv.es/> Blog del profesor Yepes de la Universidad Politécnica de Valencia.

Kahoot! como instrumento para reducir los prejuicios y sus consecuencias negativas en la asignatura Técnicas Cuantitativas II

Fernández Sánchez, M.Pilar^(); Marín Jiménez, Ana Eugenia^(*)*

() Departamento Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa, Universidad de Granada.*

Correos: pilarfs@ugr.es; anamarin@ugr.es

Resumen

En este trabajo se analizan los prejuicios sobre la asignatura Técnicas cuantitativas II impartida en los Grados de Marketing e Investigación de Mercados y Finanzas y Contabilidad y se propone la herramienta Kahoot! como instrumento para paliar los efectos negativos de dichos prejuicios a la hora de que los alumnos se enfrenten a la asignatura.

Palabras clave: Prejuicios, Técnicas Cuantitativas II, Kahoot!, gamificación.

I. Introducción.

Tras varios años de docencia en la asignatura “Técnicas cuantitativas II” impartida en la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Granada, hemos constatado que es una de las asignaturas más temidas por los estudiantes en los diversos grados en los que se imparte.

Además, se observa una baja motivación por parte del alumnado a la hora de trabajar esta asignatura así como dificultad para recordar conceptos y procesos ya adquiridos: es habitual terminar una sesión de clase en la que la gran mayoría de los alumnos afirman haber comprendido bien los contenidos y que a la siguiente sesión, a lo sumo una semana después, recuerden muy poco o nada de dichos contenidos.

En nuestra opinión, en la actualidad, la cantidad de información que recibe cualquier alumno puede llegar a dificultar la posibilidad de que los docentes, especialmente los de asignaturas con “mala fama”, capten la atención de los estudiantes y causa, por tanto, que lo aprendido se olvide fácilmente si no es reforzado adecuadamente.

La propuesta que presentamos nace, por tanto, con la intención de fomentar la motivación del alumnado frente a este tipo de asignaturas, así como desechar el mito de que el estudio de las técnicas cuantitativas es siempre tedioso.

En esta línea nos planteamos:

- 1) Identificar los prejuicios o ideas preconcebidas que los alumnos traen en la mochila antes del inicio de la asignatura.
- 2) Analizar si esos prejuicios afectan al desarrollo de la docencia y si hay diferencias según el tipo de alumnado y
- 3) Proponer alguna estrategia que les ayude a encarar la asignatura con una mayor confianza en sí mismos y en sus posibilidades.

II. Técnicas Cuantitativas en la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de Granada: Prejuicios y consecuencias.

El Departamento de Métodos cuantitativos para la Economía y la Empresa con sede en la Facultad de Económicas de Granada, tiene asignada la docencia de las asignaturas Técnicas Cuantitativas I (a partir de ahora TCI), y Técnicas Cuantitativas II (en lo que sigue TCII), materias básicas en los cinco grados impartidos en la facultad: Grado en Administración y Dirección de Empresas, Grado en Economía, Grado en Finanzas y Contabilidad (FICO en lo que sigue) y Grado en Marketing e Investigación de Mercados (desde ahora GMIM), así como en el doble grado en Administración de Empresas y Derecho.

TCI se imparte en el primer semestre del segundo curso de todos los grados antes mencionados, y TCII se imparte en el segundo semestre de ese mismo curso. Son asignaturas de estadística, teórico-prácticas con teoría y resolución de problemas.

Al tratarse de asignaturas básicas, aportan las herramientas necesarias para poder desarrollar sin problemas otras materias en cursos superiores. A pesar del esfuerzo del profesorado por buscar ejemplos relacionados con Economía y la Empresa, los conceptos tratados en las asignaturas son de tipo general, por este motivo al alumnado no llega a entender, en muchos casos, para que usará algunas de las técnicas estudiadas.

Para analizar las ideas previamente planteadas se pasó un cuestionario al comienzo del curso pasado, el primer día de clase, a los alumnos del grupo de tarde de GMIM y FICO en la asignatura TCII. El cuestionario constaba de preguntas de respuesta única, preguntas abiertas y preguntas de escala tipo Likert con 5 opciones. Se recogieron 106 cuestionarios, de los cuales el 54,7% eran de alumnos de GMIM. Los alumnos de la muestra presentan edades comprendidas entre 19 y 33 años (con media 21,9 y desviación típica 2,9). El 52% son hombres y en cuanto a procedencia de estudios, el 77,3% viene de Bachillerato, el 21,7% ha cursado Formación Profesional y el resto otros estudios.

El cuestionario incluía preguntas sobre una serie de ideas previas relacionadas con la asignatura, entre ellas la opinión que se tiene sobre la misma antes de cursarla, y los resultados como se puede ver (Fig. 1) fueron muy claros: dificultad, que exige mucha atención y concentración, que requiere un elevado nivel matemático, aburrida, con mala fama,...

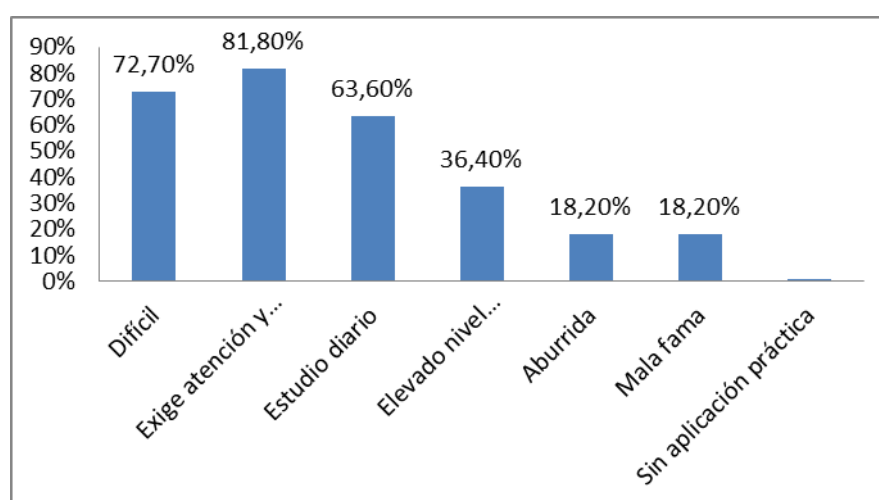


Figura 1. Prejuicios del alumnado sobre TC II. Elaboración propia.

En nuestra opinión, muchas de estas ideas brotan de la propia desconfianza que el alumnado tiene sobre su capacidad de enfrentarse a la asignatura, bien por sus conocimientos previos o por el efecto contagio de que “todo el mundo dice que es difícil”, y tiene como consecuencias inmediatas una baja motivación ante la asignatura, así como una actitud derrotista antes incluso de dar una oportunidad de ver cómo se desarrolla “el partido”.

Esta idea se ve confirmada con los resultados obtenidos: el 53,8% no considera que tenga una base matemática suficiente para iniciar con tranquilidad la asignatura, el 91,5% cree que tendrá problemas para entender la teoría y el 86,8% piensa que los problemas serán de gran dificultad.

Esta percepción hace que nos encontremos con alumnos desmotivados antes de comenzar el temario. Más de la mitad de los alumnos (51,2%) declaran tener baja o muy baja motivación cara a la asignatura aunque pretenden implicarse en la misma: el 84,9% dice que se implicará mucho con la asignatura. Observamos que no son nada realistas en sus apreciaciones y que eso afectará al modo de enfrentarse a la materia.

No se observan diferencias significativas para estas cuestiones ni al considerar el sexo, ni la formación previa ni el tipo de grado.

III. ¿Podemos romper el círculo? Kahoot! como herramienta de gamificación.

Para paliar el efecto pernicioso de las propias percepciones que los alumnos tienen sobre la asignatura, intentamos introducir una estrategia tendente a acabar con esos prejuicios y convencerles de que están capacitados para cursar con éxito la asignatura, así como facilitarles la asimilación de conceptos. Optamos por una herramienta de gamificación como forma de ayudarles a entender que pueden seguir perfectamente los contenidos de la asignatura.

III.1 Gamificación.

El término gamificación fue introducido en educación a principios de esta década aunque fue acuñado en la industria de los medios de comunicación. La idea de gamificación es introducir ciertos elementos de juegos en el aula para conseguir una mayor implicación del alumnado y lograr así, un aprendizaje significativo. Deterding, Dixon, Khaled y Nacke (2011) señalan que gamificar no es lo mismo que jugar, ya que *gaming* (término inglés del cual procede la palabra gamificación) implica el uso de reglas bien definidas y competición para lograr objetivos, en contraposición a *playing*, que se entiende como forma de expresión más libre e improvisada (CALLOIS, 2001; citado por DETERDING et al, 2011).

Aprovechar estas ideas para estimular el aprendizaje puede sumar otras ventajas, como pueden ser el fomento de la competitividad sana entre compañeros, la identificación de los conceptos más relevantes, aunque el objetivo principal en nuestro caso sea motivar al alumnado y superar algunos de los prejuicios con los que el alumnado comienza en el estudio de la asignatura.

III.2 La plataforma Kahoot!.

Kahoot! es una plataforma web que permite, de forma sencilla y muy cómoda, proponer cuestionarios interactivos a los que los alumnos pueden acceder a través de sus teléfonos móviles u otros dispositivos de uso personal. La web es gratuita y basta con darse de alta para poder gestionar diferentes cuestionarios.

Kahoot! incluye varias opciones a la hora de confeccionar los cuestionarios, con la posibilidad de introducir vídeos, fotos o capturas de pantalla. Permite organizar los cuestionarios de un usuario mediante etiquetas y conferir carácter público o privado a los cuestionarios generados.

La plataforma está diseñada partiendo de las ideas de la gamificación. Su uso en el aula nos proporciona la herramienta ideal para materializar nuestra propuesta. Además, no necesita instalación ni requerimientos técnicos especiales, lo que la convierte en el soporte ideal para nuestra herramienta de refuerzo.

La plataforma está diseñada de forma que el docente (en este caso) puede crear y guardar sus cuestionarios, de forma pública o privada, para utilizarlos en diferentes ocasiones con diferentes grupos. El diseñador del cuestionario accede a la plataforma mediante <https://getkahoot.com/> donde diseñará y guardará el instrumento.

Al dar la opción de guardar los cuestionarios de forma pública, Kahoot! cuenta con un gran repositorio de preguntas, que nos pueden ser de utilidad. En clase, el profesor activará el cuestionario a utilizar, en ese momento la plataforma genera una clave que el alumnado debe introducir desde su móvil o Tablet para conectarse y poder interactuar contestando las preguntas. Cada estudiante debe dar un nombre, que será con el que aparecerá como jugador. A partir de ese momento el alumnado puede seleccionar las respuestas, pero no tiene acceso a cambiar las preguntas. Los participantes deben acceder desde <https://kahoot.it/#/>. (Fig. 2).

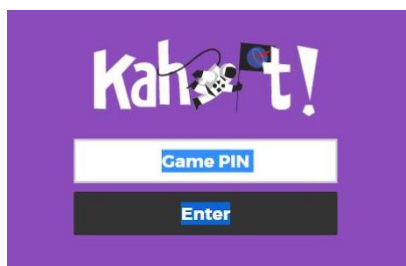


Figura 2. Pantalla de entrada para acceder al cuestionario como alumno.

Cada vez que se utiliza un cuestionario la plataforma Kahoot! da la opción de guardar las respuestas de los participantes de forma que el docente puede utilizar esa información. En el fichero de respuestas aparecen los

nombres que los participantes han introducido, las respuestas seleccionadas por cada participante, diferenciando por colores las correctas de las incorrectas y la puntuación obtenida por cada uno de ellos. Kahoot da puntos por respuesta acertada y por la rapidez en la respuesta, de forma que el participante más rápido obtiene una puntuación mayor.

IV. Propuesta didáctica.

Como ya se ha comentado, se ha trabajado con los dos únicos grupos de tarde del Grado en FICO y GMIM, de la asignatura TCII. Se trata de una asignatura de 6 créditos, lo que supone que el alumnado tiene tres horas de clase a la semana, de ellas, dos se imparten con el grupo amplio (toda la clase) y una hora en grupos reducidos (el grupo amplio se divide en dos grupos).

TC II está organizada en seis temas, el proceso que se sigue para la exposición de cada uno de los temas es similar, en las dos horas de clase con el grupo amplio se expone el tema de forma de teórica y se realizan algunos ejercicios, dedicando la hora semanal con los grupos reducidos a realizar más ejercicios y otras tareas, bien formando pequeños grupos de dos o tres alumnos/as o bien de forma individual.

Al finalizar cada uno de los temas se utiliza un test realizado con la herramienta Kahoot! para repasar conceptos importantes del tema. Cada test de los utilizados en estas asignaturas tiene entre 10 y 15 preguntas, de forma que se puede contestar en los últimos 30 minutos de clase. Se han utilizado dos tipos de preguntas: preguntas varias opciones a elegir (una correcta) (Fig. 3) y preguntas con respuesta verdadero o falso.



Figura 3. Ejemplo de pregunta con varias posibilidades.

Al finalizar el tiempo para responder de cada pregunta la plataforma muestra en pantalla un gráfico de barras con el número de respuestas marcado en cada una de las posibles contestaciones ofrecidas, indicando cual es la respuesta correcta. A continuación muestra también un ranking con los participantes que ocupan las cinco primeras posiciones y su puntuación. Este ranking fomenta la competitividad sana entre compañeros, llegando a generar momentos de verdadero “pique”.

Cada participante puede ver en su dispositivo si la respuesta que marcó es correcta o incorrecta, qué posición ocupa en el ranking de la clase y los puntos de ventaja que tiene sobre él el compañero que va delante.

V. Resultados de nuestro estudio.

El uso de Kahoot! fue evaluado por medio de otro cuestionario, esta vez, antes de finalizar el curso, para ver si habíamos alcanzado alguno de los objetivos que nos propusimos.

Por un lado, utilizarlo para introducir en algunas clases un elemento distendido que quite un poco de “seriedad” a la asignatura reduciendo un poco la idea que tienen de tedio. Se ha observado que cómo forma de recuperar la concentración cuando están cansados al final de la tarde o tras hora y media de clase es más que adecuado. Pero esto, no nos hace olvidar el segundo objetivo, que para nosotros es más importante, que tiene que ser un instrumento que les ayude a entender y asimilar conceptos de la asignatura.

El primero de ellos se ha alcanzado sin problemas ya que más del 80% de los encuestados manifestó que consideraba la herramienta como divertida y que se hacía amena la clase con su uso.

En cuanto al segundo objetivo, como se deduce (Fig. 4) de la opinión manifestada por el alumnado, también se ha logrado ampliamente.

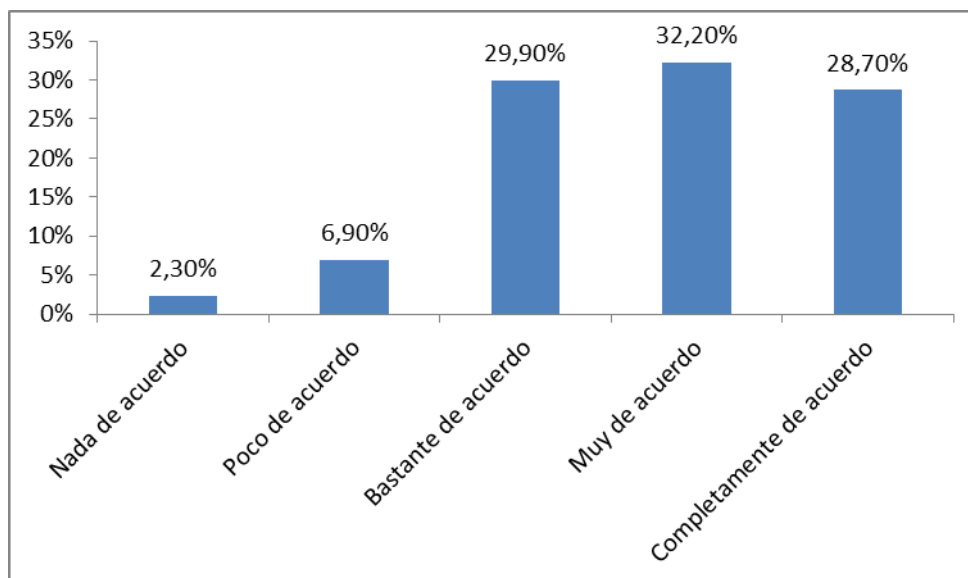


Figura 4. Opinión sobre “Kahoot me ha ayudado a asimilar conceptos” en TC II. Elaboración propia.

Incluso el 60% de los alumnos está a favor de usarlo como instrumento de evaluación. De momento ese uso aún no se lo hemos dado pero nos lo planteamos como posible línea futura.

VI. Conclusiones

La finalidad de este trabajo era constatar empíricamente lo que se venía intuyendo por el profesorado de la asignatura TCII: la existencia de fuertes prejuicios que hacen que los alumnos encaren la asignatura desmotivados y considerando que no están en disposición de superarla. Los resultados arrojan que es cierto que esos prejuicios existen y que están actuando en ese sentido.

Además, se observa que a diferencia de los que se podía pensar a priori, no existen diferencias por sexo, formación previa o grado que se curse, al menos entre las titulaciones GMIM y FICO.

Por último, se ha propuesto el uso de Kahoot! para tratar de paliar esos prejuicios ofreciendo herramientas para sentirse más seguros con la adquisición de conocimientos, dotándoles así de más seguridad en sí mismos y en sus posibilidades de éxito en la asignatura.

Esos objetivos han sido ampliamente conseguidos y nos proponemos como líneas futuras, ampliar su uso para evaluación y en otras asignaturas de corte similar

Referencias

- Kahhot! s.f. Getting started with ... Kahoot. Material no publicado. Recuperado de https://getkahoot.com/tutorials/kahoot_tutorials.pdf
- DETERDING, S., DIXON, D., KHALED, R., NACKE, L. (2011). From game desing elements to gamefulness: defining gamification. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Emvironments*. 9-15. ACM.

Diseño de estrategias de gamificación en la enseñanza del urbanismo y la ordenación del territorio

Molero, Emilio ⁽¹⁾; Grindlay, Alejandro ⁽²⁾; Valenzuela, Luis Miguel ⁽³⁾; Bestué, Isabel ⁽⁴⁾

(1) Urbanística y Ordenación del Territorio, Universidad de Granada, emiliomolero@ugr.es

(2) Urbanística y Ordenación del Territorio, Universidad de Granada, grindlay@ugr.es

(3) Urbanística y Ordenación del Territorio, Universidad de Granada, lvmontes@ugr.es

(4) Expresión Gráfica, Universidad de Granada, ibestue@gmail.com

Resumen

El uso de técnicas de gamificación o ludificación, del inglés gamification, se basa en la aplicación de elementos utilizados en el diseño de videojuegos en contextos distintos a estos. El empleo de mecánicas de juego en entornos no lúdicos, como la docencia universitaria, persigue potenciar la motivación de los alumnos, su concentración, su esfuerzo, su fidelización y otros valores positivos comunes a todos los juegos.

Palabras clave: Gamificación, Moodle, Motivación, TIC, Videojuegos.

I. Antecedentes

En el curso 2010-2011, un grupo de profesores del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la Universidad de Granada desarrollaron el Proyecto de Innovación Docente 10-141, *Aplicación de las TIC'S a la enseñanza del Urbanismo y la Ordenación del Territorio en la Ingeniería Civil*, en el curso 2013-2014 se refuerza con el 10-08 *“La enseñanza del Urbanismo de los Ingenieros Civiles y los Sistemas de Información Geográfica”*. Ambos proyectos respondían a la necesidad de proporcionar, a los alumnos de Ingeniería Civil, las TIC'S necesarias para acceder y procesar la información digital cartográfica que permitieran mejorar su rendimiento en la parte práctica de varias asignaturas, así como proporcionarles las herramientas que se utilizan hoy día en la planificación territorial y que utilizarán a lo largo de su vida profesional.

Estos proyectos de Innovación Docente han permitido instaurar una nueva metodología docente en el Departamento, sin duda necesaria para la adaptación a las necesidades actuales en planificación territorial. La realización de los talleres prácticos y por tanto las calificaciones de los alumnos en este apartado han mejorado sustancialmente, no apreciándose, sin embargo, una evolución parecida en la componente teórica.

Con el incesante objetivo de mejorar el rendimiento y la motivación de los alumnos en este apartado abordamos ahora un nuevo reto, un nuevo Proyecto de Innovación Docente, aún con más ilusión y contagiando a compañeros de departamento con docencia en la Escuela de Arquitectura y al departamento afín de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería.

II. Objetivos

El objetivo principal en este caso es el de aumentar la motivación y el rendimiento global de las asignaturas, incidiendo en el proceso enseñanza-aprendizaje de los conocimientos teóricos. El uso de técnicas de gamificación se basa en la aplicación de los elementos utilizados en el diseño de videojuegos en contextos distintos a estos. El empleo de mecánicas de juego en entornos y aplicaciones no lúdicas, como la docencia, persigue potenciar la motivación, la concentración, el esfuerzo, la fidelización y otros valores positivos comunes a todos los juegos.

Como objetivos específicos de este proyecto pueden destacarse los siguientes:

- Recopilar y analizar experiencias de gamificación en el ámbito de la docencia universitaria

- Aplicar técnicas de gamificación en ciertas asignaturas adscritas al Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio, en el Grado de Ingeniería Civil, y evaluando sus resultados.
- Difundir y compartir entre la comunidad universitaria las ventajas de estas estrategias.
- Generar una guía de gamificación sobre la plataforma Moodle para el uso de cualquier docente de la UGR.
- Difundir las experiencias realizadas y sus resultados en una publicación.

Las asignaturas del Grado en Ingeniería Civil y del Grado en Arquitectura afectadas por este proyecto serán las siguientes:

- Planificación Territorial e Historia de la Ingeniería Civil; 2º curso, 1er cuatrimestre
- Urbanística y Ordenación del Territorio; 3er curso 1er cuatrimestre
- Urbanismo; 3er curso 2º cuatrimestre
- Urbanismo 2 (Arquitectura); 3º curso 2º cuatrimestre
- Sistemas de Información Geográfica y Visualización; 4º curso 2º cuatrimestre

III. Gamificación

El uso de técnicas de gamificación o ludificación, del inglés gamification, se basa en la aplicación de ciertos elementos utilizados en el diseño de videojuegos en contextos distintos a estos. Si bien la gamificación ya se está aplicando con éxito en algunas áreas tan diversas como el marketing, los recursos humanos, o incluso la gestión de relaciones con los clientes, o incluso a la formación de altos directivos, apenas se han planteado experiencias de trasladar lo positivo de las mecánicas de juego a la docencia Universitaria (CORTIZO et al 2011). Según algunos autores la motivación parece ser la base del comportamiento humano. Cuando actuamos, lo hacemos persiguiendo un objetivo claro: satisfacer una determinada necesidad o inquietud, y es aquí donde la gamificación despliega todo su potencial. Seleccionando bien las herramientas (dinámicas de recompensas) la gamificación es capaz de hacer que aumenten los niveles de dopamina del alumno, neurotransmisor que determina la motivación y le dirige a la actuación. También se relaciona la gamificación con la sensación de placer (TEIXES, 2015). Cuando el alumno alcanza un logro, consigue una insignia o badge, pasa a un nuevo nivel o supera un reto de gran complejidad (figura 1), experimenta una sensación de satisfacción que le hace liberar endorfinas, neurotransmisor generador de la sensación de bienestar. La gamificación es capaz de provocar una serie de relaciones emocionales que dirigen al alumno hacia la realización de una tarea o acción determinada, al tiempo que genera un mayor engagement o compromiso por su parte.



Figura 1. Insignias o badges como recompensa a un logro alcanzado.

Así, el uso de la gamificación está demostrando un gran crecimiento y unos excelentes resultados en el ámbito educativo. El eje vertebrador de este auge se fundamenta en que los alumnos consiguen realizar una actividad por el disfrute del trabajo en sí mismo (BARATA et al, 2013) y que implica los siguientes beneficios:

- Aumenta la implicación y la motivación del alumno.
- Refuerza el sentido del trabajo desempeñado.
- Establece un compromiso con el logro de resultados.
- Ofrece un refuerzo positivo.
- Proporciona una retroalimentación inmediata.

La siguiente tabla refleja las diferencias entre la enseñanza universitaria tradicional y las que implementan experiencias de gamificación (BARRAGÁN et al, 2015):

Enseñanza universitaria tradicional	Enseñanza con técnicas de gamificación
Aburrida en la mayoría de las ocasiones y para la mayoría de los alumnos	Divertida para la mayoría de los alumnos en la mayoría de las ocasiones
Evaluación de juicio final	Se aprende errando, evaluación formativa
Realimentación sólo al final. Frustración ⇒ desmotivación	Realimentación inmediata. Frustración ⇒ estimulación
Evaluación por oportunidades únicas	Múltiples pruebas sin coste adicional
Experiencia individual	Experiencia multijugador y social
Trato masificado tipo monólogo	Trato individualizado, personalizado
Aprender para aprobar	Aprende por interés propio, diversión
Calificación a una prueba	Puntuación dependiente de múltiples recompensas distribuidas
Se trabaja la memoria	Se potencia el razonamiento crítico, la psicomotricidad y la acción social

Tabla 1. Comparativa enseñanza universitaria tradicional y enseñanza universitaria con técnicas de gamificación

Un sencillo proceso de gamificación en el ámbito educativo superior es mostrar un ranking competitivo que permita comprobar a los alumnos cómo están desempeñando sus actividades respecto al resto de compañeros de la clase en una asignatura. El reconocimiento que supone ocupar los primeros puestos dentro del ranking supondría una motivación adicional (Espinilla et al, 2016).

Las mecánicas de juego son una serie de reglas que intentan generar juegos que se puedan disfrutar, que generen una cierta adicción y compromiso por parte de los usuarios, al aportarles retos y un camino por el que discurrir, ya bien sea en un videojuego, o en cualquier tipo de aplicación. El concepto de recolectar o coleccionar (literatura, música o pokemons), el de obtener puntos como forma básica y simple de obtener un feedback ante las cosas que hacemos, o las comparativas y clasificaciones, que potencian la competitividad, son un ejemplo de la completa pirámide de elementos que, según Werbach, conforma la gamificación y de las posibles relaciones: mecánicas de juego/dinámicas de juego (figuras 2 y 3).

Existe algunas experiencias en universidades españolas con excelentes resultados. En la Universidad de Alcalá se aplicaron diversos modelos para gamificar asignaturas universitarias como el gamified classroom, el multiplayer classroom y el flipped classroom with just in time teaching (JITT/FC) (PRIETO et al 2014). En la politécnica de Madrid se realizó en 2015 una guía de gamificación sobre Moodle (Conde y Borrás). En la Universidad de Navarra (Manuel Cabrero) en el grado de Arquitectura, en la de Alicante (Faraón Llorens - Largo), la interesante experiencia de gamificación de la Universitat Ramon Llull (LABRADOR y VILLEGAS, 2016), los de la Facultad de Derecho de la Universitat de Girona, la de Almería en el grado en ingeniería en informática, la de Valencia (grado en Química), la de Huelva (Barragán et al, 2015) o, sin ir más lejos, nuestro compañero Antonio Mora de la ETS de Informática de la Universidad de Granada.

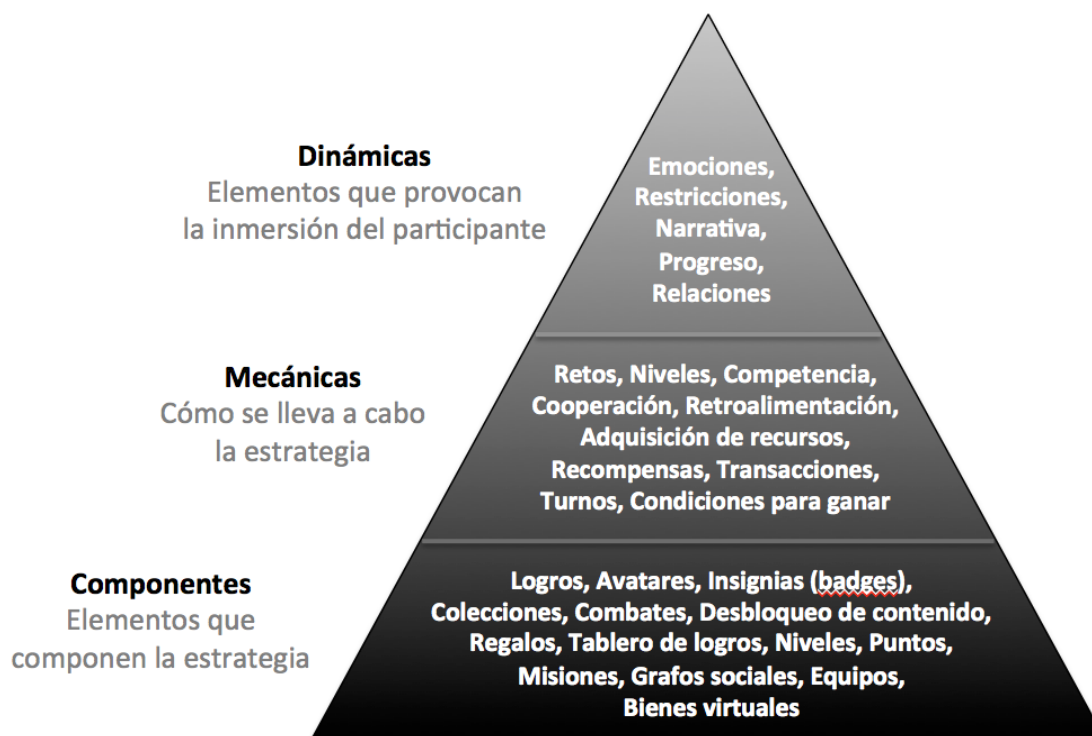


Figura 2. Pirámide de los Elementos de Gamification (Gamification Handout). Adaptado de Werbach (2012)

		Dinámicas de los Juegos (Deseos y necesidades)					
Mecánicas de los Juegos		Recompensa	Estatus	Logros	Auto-Expresión	Competición	Altruismo
	Puntos	●	●	●		●	●
	Niveles		●	●		●	
	Retos - Desafíos	●	●	●	●	●	●
	Bienes virtuales	●	●	●	●	●	
	Clasificación		●	●		●	●
	Regalos		●	●		●	●

Figura 3. Tabla de doble entrada Mecánicas/Dinámicas

III.1 Metodología

Para alcanzar los objetivos propuestos se pretenden realizar las siguientes acciones:

Tarea 1: Recopilación bibliográfica y consulta a expertos:

Previamente es necesaria una recopilación bibliográfica exhaustiva de experiencias nacionales e internacionales y se consultarán a expertos en gamificación para diseñar una metodología novedosa en el campo de la docencia y se llevará a la práctica en las clases teóricas de ciertas asignaturas relacionadas con el Urbanismo y la Ordenación del Territorio.

Tarea 2: Se invitarán a expertos en la materia a seminarios y/o conferencias para concienciar a la comunidad universitaria de las bondades de estas técnicas.

Tarea 3: Se diseñará una metodología de aplicación de estrategias de gamificación (superación de niveles, retos, recompensas, budget, insignias...) para que los alumnos participen de manera dinámica y proactiva en el proceso de enseñanza-aprendizaje. La utilización de la plataforma Moodle, ya utilizada en la Universidad de Granada, podría permitir la implementación de ciertas estrategias (superación de niveles, retos, incentivos, budget, leaderboards, insignias...) para que los alumnos participen de manera dinámica y proactiva en el

proceso de enseñanza-aprendizaje. Unas reglas claras, unos objetivos conocidos, un feedback inmediato y un reto divertido podría ser la fórmula para mejorar la motivación y el compromiso (engagement) del alumno.

Tarea 4: Se plasmará esta metodología en una guía de gamificación sobre la plataforma Moodle.

Tarea 5: Se aplicará en varias asignaturas del grado en Ingeniería Civil y de Arquitectura, en diferentes cursos y niveles.

Tarea 6: Se realizará una encuesta al alumnado basada en técnicas de evaluación de experiencia de usuario para poder obtener datos tanto de la aplicación del contenido académico como de los aspectos positivos y negativos de las estrategias aplicadas.

Tarea 7: Se contrastarán estas encuestas con los resultados académicos de los alumnos.

Tarea 8: Se elaborará una publicación docente en la que se recogerán todas las experiencias realizadas y su eficacia. La difusión de estas experiencias y de los logros alcanzados junto a la publicación de una guía de gamificación podría servir de ejemplo e inspiración para otros miembros de nuestra comunidad universitaria.

III.2 Incorporación de aspectos transversales al diseño e implementación del proyecto

La filosofía de trabajo propia de estas estrategias permitirán alcanzar logros mediante el trabajo en equipo y un seguimiento continuado de los logros alcanzados, fortaleciendo la inclusión y la atención a la diversidad, permitiendo detectar de forma precoz posibles desvíos en el flujo de trabajo aconsejado.

La definición clara de los objetivos y las reglas del juego, las actividades en equipo y el carácter lúdico que genera esta forma de motivación, propician el desarrollo igualitario de los alumnos y permiten la igualdad de oportunidades entre los participantes.

Permite potenciar la implicación y la motivación del alumno mediante metodologías de participación dinámica y proactiva que repercutirá en su nivel de estrés previo a las evaluaciones finales ya que el objetivo es alcanzado de forma continua a lo largo del curso académico. La mejora de la autoestima que supone la consecución de logros y la superación de niveles también podría considerarse como una reacción emocional acorde con una vida saludable.

La metodología diseñada para la gamificación supondrá un fortalecimiento de la digitalización y la virtualización, ya que permite un avance novedoso en el uso de la plataforma Moodle.

Finalmente, las experiencias realizadas y los materiales resultantes serán material de gran valor como transferencia de conocimiento.

V. Evaluación del proyecto

Una parte muy importante del proyecto será su evaluación que permitirá, en diferentes fases, valorar el diseño, el proceso y los productos.

V.1 Evaluación del diseño

Los expertos invitados serán los encargados de evaluar, desde su experiencia previa, la idoneidad de la metodología utilizada orientando desde el inicio del proyecto los pasos a seguir, objetivos y contenidos. Los alumnos, mediante una encuesta basada en técnicas de evaluación de experiencia de usuario, serán los encargados de evaluar la aplicación del contenido académico y los aspectos positivos y negativos de las estrategias aplicadas y las actividades desarrolladas.

V.2 Evaluación del proceso

Los alumnos, mediante una encuesta basada en técnicas de evaluación de experiencia de usuario, serán los encargados de evaluar la dinámica de trabajo. Las reuniones periódicas de los miembros del proyecto, que están aplicando estas técnicas de forma simultánea, permitirán compartir dificultades y encontrar soluciones de forma continuada. La planificación temporal y los recursos empleados serán evaluados también por los alumnos.

V.3 Evaluación de los resultados y de los productos

La comparativa, mediante técnicas estadísticas apropiadas, de las calificaciones en cada una de las asignaturas del curso 17/18 previa a la implantación de estas técnicas, con las del curso 18/19 permitirá evidenciar la mejora que supone el proyecto para la docencia. Los productos de esta experiencia serán también evaluados por el resto de la comunidad docente, que tendrá disponible un material muy valioso para llevar a cabo experiencias similares.

Referencias

- BARATA, G.; GAMA, S.; JORGE, J.; GONCALVES, D. (2013). Engaging Engineering Students with Gamification. 5th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES), IEEE, pgs. 1-8
- BARRAGÁN, A. J.; ANDÚJAR, J.M. y IRIGOYEN, E. (2015). Una propuesta para la motivación del alumnado de ingeniería mediante técnicas de gamificación. XXXVI Jornadas de Automática (2-4 de septiembre, Bilbao).
- CORTIZO, J., CARRERO, F., Y MONSALVE, B. (2011). Gamificación y Docencia: Lo que la Universidad tiene que aprender de los Videojuegos. VIII Jornadas Internacionales de Innovación Universitaria. Retos y oportunidades del desarrollo de los nuevos títulos en educación superior. Universidad Europea de Madrid.
- ESPINILLA, M.; FERNÁNDEZ, A.; SANTAMARÍA, J.; RIVERA, A: (2016). Gamificación en procesos de autoentrenamiento y autoevaluación. Experiencia en la asignatura de Arquitectura de Computadoras. *Enseñanza y aprendizaje de Ingeniería de Computadores*. Número 6.
- LABRADOR, E., y VILLEGAS, E. (2016). Unir Gamificación y Experiencia de Usuario para mejorar la experiencia docente. RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 19(2), pp. 125-142. doi: <http://dx.doi.org/10.5944/ried.19.2.15748>
- PRIETO, A.; DÍAZ, D. MONTSERRAT, J. y REYES, E. (2014). Experiencias de aplicación de estrategias de gamificación a entornos de aprendizaje universitario. ReVisión vol. 7; núm 2. Mayo 2014.
- TEIXES, F. (2015). Gamificación, Fundamentos y Aplicaciones. Editorial UOC
- WERBACH, K. (2012). *For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business*. Wharton: Wharton Digital Press, 2012.

Laboratorios virtuales en Ingeniería Civil

López-Maldonado, Griselda⁽¹⁾; Camacho-Torregrosa, Francisco Javier⁽²⁾; Pérez-Zuriaga, Ana María⁽³⁾; García, Alfredo⁽⁴⁾

(1) Departamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, Universitat Politècnica de València, grilomal@tra.upv.es

(2) Departamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, Universitat Politècnica de València, fracator@tra.upv.es

(3) Departamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, Universitat Politècnica de València, anpezu@tra.upv.es

(4) Departamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, Universitat Politècnica de València, agarciag@tra.upv.es

Resumen

La Universitat Politècnica de València está favoreciendo el empleo de las TIC en la docencia, mediante un plan específico. Dentro de este plan, los profesores de la asignatura Caminos y Aeropuertos de 3er Curso del Grado en Ingeniería Civil han desarrollado 4 laboratorios virtuales para potenciar el papel activo del alumno en los temas relacionados con el trazado de carreteras.

Palabras clave: Laboratorio Virtual, Objeto de Aprendizaje, Trazado de Carreteras, Ingeniería Civil

I. Antecedentes

Actualmente, la docencia universitaria se centra cada vez más en el papel activo del alumno en su proceso de aprendizaje. Para potenciar este nuevo rol del alumno se hace imprescindible la utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) como apoyo a la docencia. Este cambio de visión de la enseñanza hace que el profesor deje su faceta de experto en contenidos, presentador y transmisor de información y se convierta, fundamentalmente, en un diseñador de medios, un facilitador del aprendizaje y un orientador del estudiante (Cotano, 2005).

Para facilitar la labor del profesorado, en la Universitat Politècnica de València (UPV) se ha implementado un Plan de Actuación, llamado Docencia en Red, cuyo objetivo es favorecer el empleo de las TIC en la práctica docente, incentivando, entre otros, la elaboración de objetos de aprendizaje.

Existen diferentes definiciones del término “objeto de aprendizaje”. Así, Mason et al. (2003) lo definen como una pieza digital de material de aprendizaje que direcciona a un tema claramente identificable o salida de aprendizaje y que tiene el potencial de ser reutilizado en diferentes contextos. En el contexto de la UPV, dentro del plan de acciones para la convergencia europea (PACE), se define el objeto de aprendizaje como la unidad mínima de aprendizaje, en formato digital, que puede ser reutilizada y secuenciada (Martínez-Naharro et al., 2007).

Uno de los objetos de aprendizaje que forman parte de este Plan de Docencia en Red son los Laboratorios Virtuales. El objetivo que se persigue con su desarrollo es apoyar la docencia presencial mediante el uso de aplicaciones interactivas, ya que los laboratorios virtuales permiten a los alumnos realizar simulaciones en tiempo real, variando los parámetros de entrada y observando los resultados en forma gráfica. Además, estos objetos digitales interactivos son accesibles en cualquier momento y en cualquier lugar, necesitando únicamente navegadores y programas de acceso libre.

Los laboratorios virtuales desarrollados en la UPV se encuentran albergados en RiuNet, que es el repositorio institucional de la Universitat Politècnica de València. En él pueden encontrarse los cuatro laboratorios virtuales que se han desarrollado en la Unidad de Caminos del Departamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes para el apoyo de la docencia relacionada con el trazado de carreteras, especialmente en la asignatura Caminos y Aeropuertos de 3er Curso del Grado en Ingeniería Civil.

II. Los laboratorios virtuales como objeto de aprendizaje

Los laboratorios virtuales son simulaciones numéricas interactivas con cálculo que pueden ser realizadas en *Flash*, *Applet* de *Java*, *Matlab* y/o *Mathematica*. En el caso de los laboratorios virtuales que se presentan en este documento, el desarrollo se ha llevado a cabo con *Mathematica*. Estos laboratorios están basados en la

herramienta gratuita Wolfram CDF Player, que permite visualizar en un navegador web documentos creados con Mathematica.

Los laboratorios virtuales así desarrollados deben cumplir con una serie de características:

- Deben tener un propósito pedagógico
- Deben ser innovadores
- Deben tener un contenido interactivo
- Deben tener sentido en sí mismos, sin depender de otros objetos o materiales para su comprensión y aprendizaje
- Deben ser indivisibles
- Deben poder ser reutilizados en contextos educativos distintos al que fueron creados

Asimismo, deben seguir una estructura determinada:

- Introducción o descripción: en ella debe mostrarse al alumno, de manera sencilla y descriptiva, en qué consiste el laboratorio. Debe ser clara ya que se trata de un objeto de aprendizaje, por lo que debe guiar adecuadamente al alumno para que haga un uso didáctico del mismo.
- Objetivos: deben ser claros y concisos y mostrar adecuadamente cuáles son los objetivos didácticos del laboratorio.
- Instrucciones: en ellas se explica al alumno, de forma clara y sencilla, qué puede hacer con el laboratorio.
- Simulación: debe permitir la introducción de diferentes parámetros para obtener un resultado, que puede ser numérico o gráfico.

Cuando una simulación numérica interactiva tiene las características mencionadas y sigue la estructura anterior, puede considerarse un objeto de aprendizaje que permita un autoaprendizaje por parte de los alumnos.

III. Laboratorios virtuales de trazado de carreteras

Desde la Unidad de Caminos del Departamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, se han desarrollado cuatro laboratorios virtuales relacionados con el trazado de carreteras, abarcando conceptos relacionados tanto con el diseño en planta como con el diseño en alzado de una carretera, así como también con el diseño de su diagrama de peraltes.

III.1 Laboratorio virtual para el estudio del diseño del trazado en planta de una carretera

El diseño en planta de una carretera está compuesto por la sucesión de tres tipos de elementos: la recta, la curva circular y la clotoide. Este último elemento constituye un elemento de transición entre los otros dos, variando linealmente la curvatura desde la curvatura nula de la recta hasta la curvatura de la curva circular, y viceversa.

La ecuación característica de este tipo de curvas es la siguiente:

$$R \cdot L = A^2$$

Donde A es el parámetro de la clotoide, L es la longitud recorrida y R es el radio de curvatura correspondiente a dicha longitud.

Para un adecuado diseño de las curvas de transición deben cumplirse una serie de limitaciones tanto en cuanto a su parámetro como a su longitud. Para el estudio de estas limitaciones, se ha desarrollado el laboratorio virtual “Propiedades de las Clotoides” (<http://hdl.handle.net/10251/30796>).

Este objeto de aprendizaje muestra al alumno el rango de parámetros y longitudes válidos para el diseño de curvas de transición, de acuerdo con la Instrucción de Trazado 3.1 IC (1999). El alumno introduce los parámetros básicos del diseño, tales como el tipo de carretera, el radio y el ángulo de giro de la curva, así como la variación de la aceleración centrífuga y el laboratorio muestra la longitud mínima obligatoria del diseño, así como el resto de criterios. En verde muestra el rango válido, mientras que en naranja (en su caso)

se muestran los parámetros y longitudes que cumplen con los criterios obligatorios, pero no con el recomendable (Figura 1).

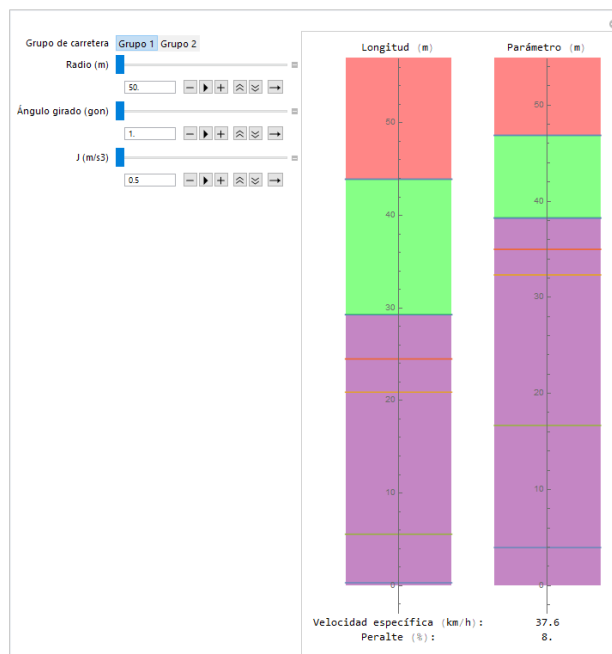


Figure 1. Laboratorio Virtual “Propiedades de las Clotoides”

III.2 Laboratorio virtual para el estudio del diseño del trazado en alzado de una carretera

El diseño del trazado en alzado de una carretera se basa principalmente en un perfil longitudinal compuesto de rasantes rectas con pendiente positiva (rampas) y/o pendiente negativa (pendientes) y acuerdos parabólicos. En el diseño en alzado de carreteras convencionales, es necesario disponer de acuerdos con el fin de dar continuidad en posición y pendiente a las diferentes rasantes existentes. Estos acuerdos pueden ser cóncavos (aumenta la pendiente) o convexos (disminuye la pendiente), además de estar siempre centrados en la hipotética intersección de las rasantes.

Para una mejor comprensión de esta fase del diseño de carreteras, se ha desarrollado el laboratorio virtual “Estudio del Comportamiento de los Acuerdos del Perfil Longitudinal de Carreteras” (<http://hdl.handle.net/10251/17572>). Este laboratorio comprende la representación gráfica de los acuerdos en carreteras, en función de las pendientes de las rasantes adyacentes y el parámetro (o la longitud) del acuerdo. Así, permite identificar fácilmente los condicionantes que afectan a las características de los acuerdos, destacando las pendientes de las rasantes y la longitud o el parámetro del acuerdo, así como también la velocidad de proyecto.

Este laboratorio dispone de varios controles:

- Pendientes de las rasantes: permite controlar la pendiente inicial y final (en tanto por ciento) de las rasantes. No pueden ser iguales, puesto que serían coincidentes y no existiría acuerdo.
- Acuerdo: los ítems que aparecen controlan los parámetros de diseño del mismo. En primer lugar, se deberá fijar bien la longitud del acuerdo (L) o bien su parámetro (Kv), ambos en metros. El parámetro no fijado será controlable con la barra deslizante inferior, mientras que el parámetro fijado vendrá dado en función del valor del otro.
- Opciones del proyecto: permite controlar la velocidad de proyecto del tramo en el que se sitúa la carretera, puesto que condiciona la longitud mínima del acuerdo.
- Opciones gráficas: permite controlar el máximo valor del eje X. La escala de representación siempre será la utilizada usualmente en los diagramas longitudinales de carreteras (la escala horizontal es 10 veces la vertical), permaneciendo el acuerdo centrado en el diagrama.

En la figura 2 puede observarse un ejemplo de un acuerdo generado con este laboratorio virtual.

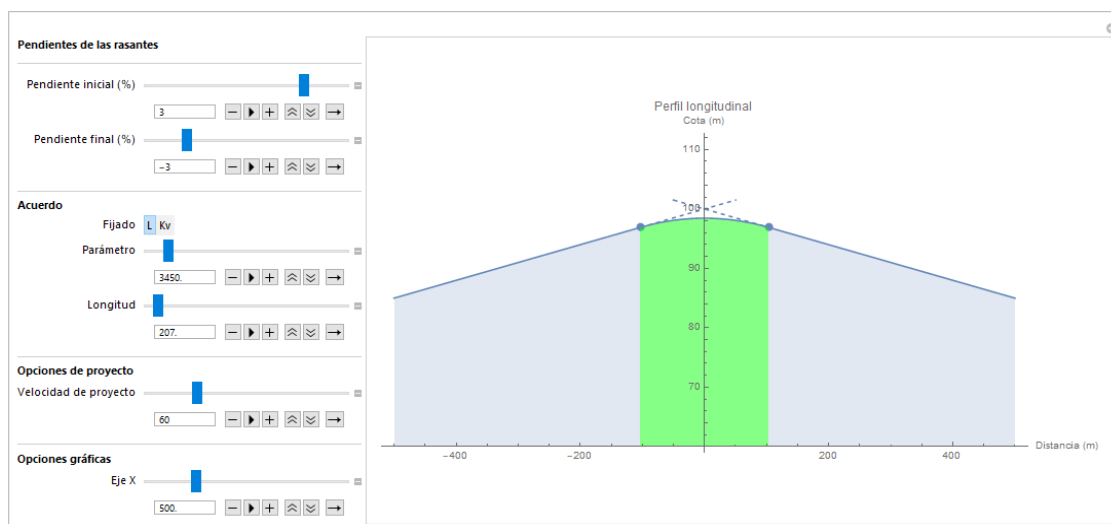


Figura 2. Laboratorio Virtual “Estudio del Comportamiento de los Acuerdos del Perfil Longitudinal de Carreteras”

III. Laboratorio virtual para el estudio del diagrama de peraltes de una carretera

El peralte es la pendiente transversal que se da en las curvas de una carretera con el fin de compensar la fuerza centrífuga del vehículo. En los diagramas de peraltes se representa cómo este varía a lo largo de la carretera, pasando, por ejemplo, de una pendiente transversal de - 2% en ambos carriles de circulación en una recta a una pendiente de - 7% en el carril derecho y + 7% en el carril izquierdo en una curva a derechas.

Este diagrama es más complicado al tratarse de una sucesión de curvas, que puede ser en “S”, si tienen diferente sentido de giro, o en “C”, si tienen el mismo sentido de giro. Para una mejor comprensión de estos diagramas de peraltes se han desarrollado sendos laboratorios virtuales:

- Diagrama de peraltes para curvas en “S” en carreteras de calzada única (<http://hdl.handle.net/10251/17573>)
- Diagrama de peraltes para curvas en “C” en carreteras de calzada única (<http://hdl.handle.net/10251/30571>)

En el primero de ellos se aborda el diseño de la transición del peralte entre curvas en planta de diferente sentido de giro. Existen dos posibles formas de realizar la transición del peralte, en función de la longitud de la recta intermedia. En caso de que la recta intermedia sea suficientemente larga, se dispondrá bombeo en la misma, para lo cual se realizará la transición del peralte y del desvanecimiento del bombeo propio de las curvas aisladas. En el caso de que la longitud de la recta intermedia sea insuficiente (menor de 150 m en carreteras del grupo 2 y 300 m en carreteras del grupo 1), la transición del peralte se realizará por medio de la comúnmente llamada 'pajarita', que impone un cambio rápido de peralte en la zona central, no existiendo bombeo en dicha recta. En el tramo circular de las curvas en planta se mantendrá el peralte constante en todo momento.

Este laboratorio dispone de varios controles:

- Propiedades del proyecto: permite controlar las características de la carretera a la que pertenece la curva en 'S': su grupo, el sentido de las curvas, la velocidad del proyecto y la distancia desde el eje de giro a los bordes de calzada.
- Propiedades curva 1 y Propiedades curva 2: permiten controlar las características de cada una de las curvas que se van a diseñar. A partir de sus radios se obtendrá un valor del peralte, representado en el diagrama. Las longitudes de las clotoides y de las curvas también son controlables desde la aplicación.
- Recta intermedia: controla la longitud de dicha recta, o su eliminación (en el caso de longitud nula).

Modificando los parámetros de estos controles se obtiene un diagrama de peraltes como el del ejemplo que se muestra en la Figura 3. En ella, la gráfica superior se corresponde con el diagrama de curvaturas y el inferior con el diagrama de peraltes.

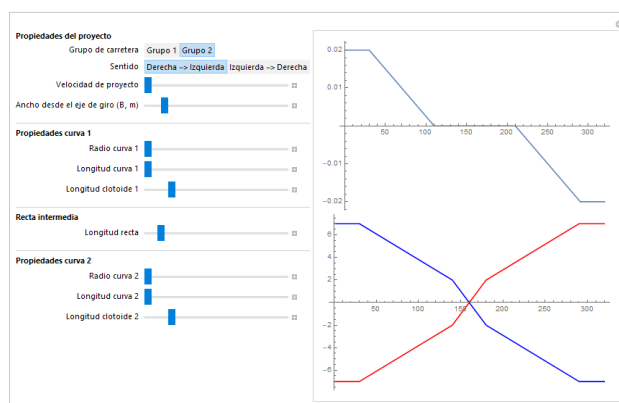


Figura 3. Laboratorio Virtual “Diagrama de peraltes para curvas en “S” en carreteras de calzada única”

Por su parte, el segundo de los laboratorios de diseño de diagramas de peraltes aborda el diseño de la transición del peralte entre curvas en planta con el mismo sentido de giro. Al igual que en el caso anterior, existen dos formas de realizar la transición del peralte, en función de la longitud de la recta intermedia. En caso de que la recta intermedia sea suficientemente larga, se dispondrá bombeo en la misma, para lo cual se realizará la transición del peralte y del desvanecimiento del bombeo propio de las curvas aisladas. En el caso de que la recta intermedia sea insuficiente (menor de 340 m en carreteras del grupo 1 y de 220 m en carreteras del grupo 2), se mantendrá un peralte de 2% en el mismo sentido de las curvas de transición, entre los puntos de radio de curvatura 5000 m para las carreteras del grupo 1 y 2500 m para las del grupo 2 de dichas curvas de transición. La transición del resto del peralte se realizará a partir de los citados puntos linealmente hasta el valor del peralte correspondiente a la curva circular inmediata.

Este laboratorio dispone de varios controles:

- Propiedades del proyecto: permite controlar las características de la carretera a la que pertenece la curva en 'C': su grupo, el sentido de las curvas, la velocidad del proyecto y la distancia desde el eje de giro a los bordes de calzada.
- Propiedades curva 1 y Propiedades curva 2: permiten controlar las características de cada una de las curvas que se van a diseñar. A partir de sus radios se obtendrá un valor del peralte, representado en el diagrama. Las longitudes de las clotoides y de las curvas también son controlables desde la aplicación.
- Recta intermedia: controla la longitud de dicha recta, o su eliminación (en el caso de longitud nula).

Modificando los parámetros de estos controles se obtiene un diagrama de peraltes como el del ejemplo que se muestra en la Figura 4. En ella, la gráfica superior se corresponde con el diagrama de curvaturas y el inferior con el diagrama de peraltes.

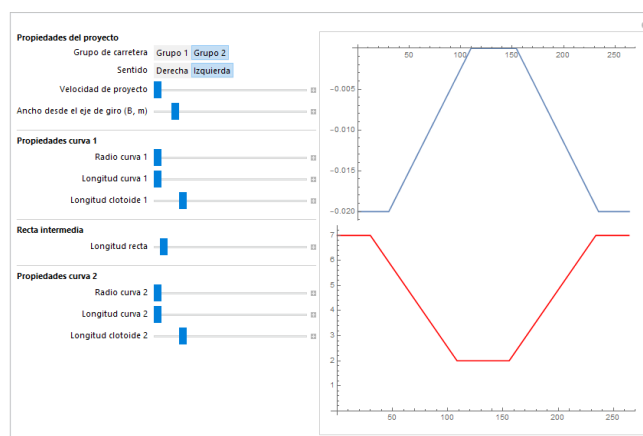


Figura 3. Laboratorio Virtual “Diagrama de peraltes para curvas en “C” en carreteras de calzada única”

IV. Competencias transversales desarrolladas

Gracias al desarrollo de los laboratorios virtuales descritos en los anteriores apartados, los profesores de las asignaturas relacionadas con el trazado de carreteras han podido replantear la metodología docente y de

evaluación. Se ha evolucionado desde la tradicional clase magistral, donde primaba el papel pasivo de los estudiantes, a una metodología más activa e interactiva, llevando a cabo actividades donde los alumnos pueden, además de adquirir conocimientos, desarrollar diferentes competencias transversales.

En el desarrollo de la clase, el profesor comienza con una explicación de los diferentes conceptos del trazado de carreteras y posteriormente los alumnos en grupo llevan a cabo diferentes ejercicios empleando los laboratorios virtuales expuestos anteriormente. De esta forma, de las 13 competencias transversales descritas en el plan llevado a cabo por la UPV, los alumnos trabajan, principalmente, las siguientes:

- CT01: Comprensión e integración
- CT02: Aplicación y pensamiento crítico
- CT03: Análisis y resolución de problemas
- CT05: Diseño y proyecto
- CT06: Trabajo en equipo y liderazgo
- CT11: Aprendizaje permanente

V. Conclusiones

Desde la Universitat Politècnica de València se está llevando a cabo el Plan Docencia en Red para potenciar la utilización de las TIC en la docencia. Dentro de este plan, los profesores de la asignatura Caminos y Aeropuertos de 3º del Grado en Ingeniería Civil han desarrollado cuatro laboratorios virtuales para potenciar el papel activo de los alumnos en el aprendizaje de los principios básicos del trazado de carreteras.

Los laboratorios virtuales son simulaciones numéricas interactivas con cálculo que permiten a los alumnos modificar varios parámetros y ver el resultado. Así, con los laboratorios virtuales que se presentan, los alumnos pueden realizar diferentes comprobaciones tanto en trazado en planta, como en trazado en alzado y en los diagramas de peraltes.

En cuanto al trazado en planta, pueden comprobar cómo varían los parámetros de las clotoideas, según normativa, al variar las características de la curva a diseñar. De esta forma, pueden realizar ellos mismos las comprobaciones marcadas por normativa y ver si sus resultados son adecuados. Asimismo, puede agilizarse el proceso de comprobación de normativa, al llevar a cabo un trabajo más extenso de estudio de alternativas de trazado para un tramo de carretera, por ejemplo.

En alzado, el laboratorio correspondiente permite identificar fácilmente los condicionantes que afectan a las características de los acuerdos, destacando las pendientes de las rasantes y la longitud o el parámetro del acuerdo, así como también la velocidad de proyecto. Con su representación gráfica, los conceptos son mejor asimilados por los alumnos.

Finalmente, los laboratorios virtuales desarrollados para la representación de los diagramas de transición del peralte pueden utilizarse tanto como comprobación de posibles ejercicios planteados por el profesor o por el propio alumno en su proceso de aprendizaje, como una herramienta adicional para el diseño de carreteras. En este sentido, los cuatro laboratorios virtuales pueden suponer una herramienta no sólo para alumnos sino también para ingenieros dedicados al trazado de carreteras.

Referencias

- COTANO, J.B. (2005). Las TICs en la docencia universitaria. Disponible en <http://www.edificacion.upm.es/ponencias/ponencias/Conferencia.pdf>
- MARTINEZ-NAHARRO, S.; BONET, P.; CÁCERES, P.; FARGUETA, F.; GARCÍA, E. (2007). Los objetos de aprendizaje como recurso de calidad para la docencia: criterios de validación de objetos en la Universidad Politècnica de Valencia, *IV Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño y Evaluación de Contenidos Educativos Reutilizables (SPDECE 2007)*.
- MASON, R.; WELLER, M.; PEGLER, C. (2003). Learning in the Connected Economy, *The Open University Course Team, IET, Open University*.
- WOLFRAM RESEARCH (2010) Inc., Mathematica, Versión 8.0, Champaign, IL.
- UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. Plan de acciones para la convergencia europea (PACE): "Los objetos de aprendizaje como recurso para la docencia universitaria: criterios para su elaboración". Disponible en <http://www.upv.es/contenidos/DOCENRED/infoweb/docenred/info/U0687016.pdf>

Internacionalización

enviEU. A Jean Monnet Module about the environmental framework for a sustainable Europe

Martín-Pascual, Jaime ⁽¹⁾; Gómez-Lorente, Daniel ⁽²⁾; Poyatos, José Manuel ⁽³⁾; Ramos, Ángel ⁽⁴⁾; Ruiz, Diego Pablo ⁽⁵⁾; Serrano, Francisco ⁽⁶⁾; Zamorano, Montserrat ⁽⁷⁾

(1) Department of Civil Engineering, University of Granada, impascual@ugr.es

(2) Department of Civil Engineering, University of Granada, dglorente@ugr.es

(3) Department of Civil Engineering, University of Granada, jpyatos@ugr.es

(4) Department of Civil Engineering, University of Granada, ramosr@ugr.es

(5) Department of Applied Physics, University of Granada, drui@ugr.es

(6) Department of Civil Engineering, University of Granada, fserber@ugr.es

(7) Department of Civil Engineering, University of Granada, zamorano@ugr.es

Abstract

The EU environmental policy contributes to make the economy more ecological, protect the nature and safeguard the health and life quality of the inhabitants. The objective of enviEU is to make the EU environmental policy known by means of introduction of innovative teaching methodologies, raising of critical knowledge leading to analyse how the existing EU policies and regulations.

Keywords

Erasmus+; Jean Monnet; European Union; Environmental Framework

I. Jean Monnet Programme

Launched in 1989, Jean Monnet is the part of Erasmus+ dedicated to promoting excellence in European Union (EU) studies in higher education around the world (European Commission, 2017). Jean Monnet Actions tries to create links between academics, researchers and EU policymakers. According to the Programme Guide, there is an emphasis on the study of and research on EU integration and in understanding Europe's place in a globalised world. Specifically, the Jean Monnet programme aims to stimulate teaching, research and reflection in the field of European integration studies at the level of higher education institutions.

European Commission (2017) defines European integration as the analysis of the origins and evolution of the European Communities and the EU in all its aspects covering both the internal and external dimension of European integration, including the EU's role in the dialogue between peoples and cultures and the EU's role and perception in the world.

Concretely, Jean Monnet Actions are organised and applied for via higher education institutions in three different ways:

- (i) Jean Monnet Module: they are short teaching programmes or courses on EU studies. They can be introductory modules on the EU, courses that concentrate on a specific aspect or discipline within EU studies, or be more multi-disciplinary in approach.
- (ii) Jean Monnet Chairs: they are teaching posts with a specialisation in EU studies for university professors or senior lecturers. These are posts lasting 3 years.
- (iii) Jean Monnet Centre of Excellence: It is a focal point of competence and knowledge on EU subjects. It brings together high-level experts to create links between the various disciplines and resources in European studies and to form links with academic institutions in other countries. The Centres play a key role in reaching out to students from faculties not normally dealing with EU issues as well as to policy makers, civil servants, organized civil society and the general public at large.

II. Jean Monnet activities 2017

In relation to the proposal of the last call (European Commission, 2016), 141 applications out of 833 have been selected for funding for this action according to type showed in Fig. 1a given the available budget for the program. From these applications, 22 of them have been selected from Spanish University classified as Fig. 1b shows. The proposal presented in this manuscript received 94.5/100 point based on the recommendations of an Evaluation Committee assisted by external experts.

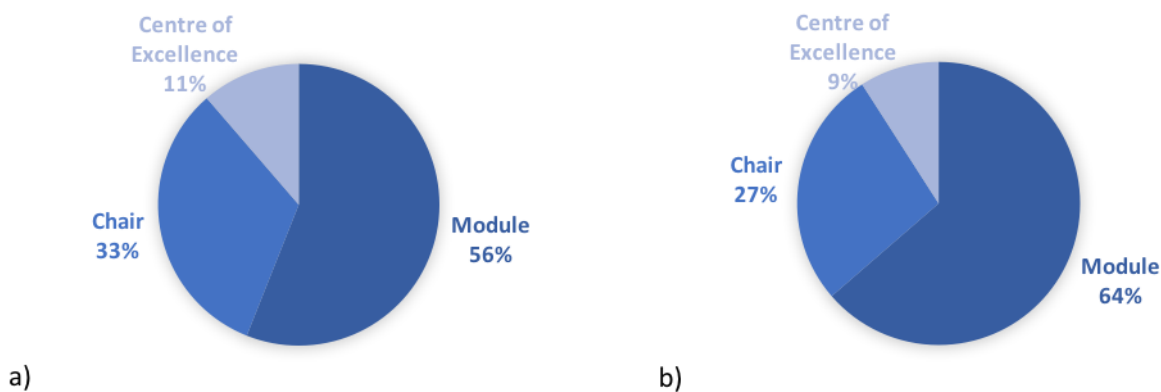


Figure 1. Jean Monnet Teaching activities selected for funding in 2017 globally (a) and in Spain (b)

III. Environmental framework for a sustainable Europe (enviEU)

III.1. Background context

The EU has some of the world's highest environmental standards and probably one of the most restrictive environmental regulations in the world, according to the reports published by the European Environment Agency. The EU environmental policy contributes to make the economy more ecological, protect the nature and safeguard the health and life quality of the inhabitants of the EU. The implementation of this environmental policy in the EU members and more specifically in Spain has become an impulse for the constant update of the existing environmental regulatory models towards an eco-friendly society and further integration of policies that promote a sustainable environmental framework.

In 2016, according to the conducted surveys among the students of Civil Engineering, Chemical Engineering and Environmental Sciences at the University of Granada (UGR), the lack of fundamental specific knowledge about the EU relevant legislations and regulations necessary for the curricula was identified (more than 90% of students demonstrated a considerable knowledge gap in the existing EU Environmental and Chemical legislations). This produces an effect on the appropriateness and quality of the engineering curricula and future performance of young professionals.

In addition, a deeper knowledge about the EU environmental legal framework permits to raise awareness with regard to the objectives of the EU and EU environment policy, especially, the 7th Environment Action Programme (European Commission, 2013). Likewise, the awareness in this topic of different agents of the society (citizens, professionals and politics) facilitates their involvement in decision making according to EU environmental objectives.

In this context, the key staff members of the proposal conceived the creation of a Jean Monnet teaching module to deal with this lack of knowledge titled Environmental framework for a sustainable Europe. This Jean Monnet module will be published for its abbreviated name enviEU with the logging shows in Fig. 2.

III.2. Objective of enviEU

The objective of this Jean Monnet teaching module is to make the EU environmental policy known by means of introduction of innovative teaching methodologies based on information and technology tools (ICT), raising of critical knowledge leading to analyse how the existing EU policies and regulations in the sphere of environmental protection affect the technologies design, development and implementation.

The targets of this initiative are primarily students of Civil Engineering, Chemical Engineering and Environmental Sciences. They have competences to solve technical problems; however most of them are unconscious about the importance of EU regulatory framework in their works. The rest of the students of the UGR and society will be invited to participate to create a multidisciplinary working group. The academic course starts with an initial lecture to introduce some EU legal concepts. Throughout the course, each topic will be developed during a complete day (once in six weeks approximately). In the morning two teaching activities with a total duration of 2 hours each will be carried out by the person in charge and, during the afternoon the project coordination will organize a public event for the audience. To increase the student's knowledge of some of the 6 topics, a summer course with 14 hours of duration will be carried out every summer. At least two events have been planned for each summer course.



Figure 2. Logging of enviEU (The Jean Monnet teaching module titled Environmental Framework for a sustainable Europe)

With this teaching module, it is intended to create a homogeneous teaching methodology within the field of environmental technologies in the School of Civil Engineering that can be developed beyond the duration of the project. For this reason, exhaustive monitoring and control methodology have been designed to evaluate the contents, the learning results and the satisfaction of students and staff. This action, which provides a tailor-made course on relevant environmental EU issues for future graduates to capacitate them for their professional careers; it will be integrated within the existent UGR Jean Monnet action. This junction permits to obtain synergies in a University with great tradition in the Erasmus programme.

III.3. Work programme

EnviEU is based on six topics related to the environment: environmental impact assessment, water; energy, air quality, environmental noise and waste. Each topic has a person of the key staff members in charge, who is an expert in the topic with wide teaching and researching experience in this field.

At the beginning of each academic course, a promotional event of enviEU will be carried out to promote the teaching module and the Jean Monnet and Erasmus+ programme in the UGR. Throughout the academic course, each topic will be developed during a complete day (a Friday every six weeks approximately). In the morning two teaching activities of 2 hours, such as Fig. 3 shows, each will be carried out by the person in charge and, in the afternoon there will be an event organized for the audience (study visit or conference given by an expert from a private or public company followed by a roundtable debate).

In order to increase the student's knowledge of some of the 6 topics, a summer course with 14 hours of duration will be carried out every summer of the three years duration Jean Monnet teaching module. The first

summer course will be about water, the second one about waste and the third one will deal with the use of biomass as renewable energy.

In relation to the deliverables, it is planned to use a virtual platform of UGR for the interaction between teachers and students. However, to open the teaching module to the general public a website will be created in the UGR URL. This web will include the different events managed by the Jean Monnet teaching module and a downloading section. It is expected to publish a book of the teaching module and a CD for each summer course as open educational resources (ORE). Moreover, a newsletter subscription section will be included on the website. The newsletter planned will be called “Environmental time” and will include information about each teaching topic as well as a calendar of the planned events.

1st Semestre (25 h)	<div>Regulations, directives and other European acts</div>		
	<div> Environmental noise <ul style="list-style-type: none"> •The Environmental Noise Directive •Assessment and management of environmental noise </div>		
	<div> Water <ul style="list-style-type: none"> •The new EU Water Framework Directive •How are European Directives changing the conventional process in water and wastewater treatment? </div>		
	<div> Energy <ul style="list-style-type: none"> •The European Directive on the promotion of the use of energy from renewable sources •Plan of renewable energies in Spain motivated by European Directive </div>		
2 nd Semestre (25 h)	<div> Environmental impact assessment <ul style="list-style-type: none"> •Fundamental and applications •Landscape Restoration </div>		
	<div> Air quality <ul style="list-style-type: none"> •Common noise assessment methods for Europe (CNOSSOS-EU): implementation in the context of EU noise policy developments •Management measures of air pollution and engineering technologies </div>		
	<div> Waste <ul style="list-style-type: none"> •European Waste Framework •European packaging waste </div>		
Summer Course (25 h)	Water	Waste	Biomass

Figure 3. Work plan during each course

The evaluation of the teaching activities will be carried out by the students throughout a question list for each topic in the virtual platform. At the end of the academic course, a new questionnaire will be carried out in order to analyse the global acquisition of competences about the European regulatory framework in terms of environment. The follow-up of the module will be done by each teacher in charge with a standard questionnaire designed by the module leader.

In addition to the traditional dissemination systems (website and newsletter), an informational campaign will be designed during the module. The campaign will be designed in relation to the target group as summarized: on the UGR (annual promotional event, participation in the “Student welcome days” and in the “Incoming

student welcome days” both managed by the UGR); on other teaching organisations (annual assistance in an international teaching conference); on other European research group; and on professional organisations.

IV. Conclusions

The developed of this Jena Monnet teaching module will provide a tailor-made course on the EU environmental policy for graduates of the UGR to be useful for their professional life, fostering the introduction of an EU angle into mainly non-EU related studies.

References

- European Commission (2013). Living Well, within the Limits of Our Planet, 7th EAP: The New General Union Environment Action Programme to 2020. doi:10.2779/57220. Bruxelles: Publication Office of European Union
- European Commission (2016). Call for proposals 2017 — EAC/A03/2016, Official Journal of the European Union. C 386/14
- European Commission (2017). Erasmus+ Programme Guide, Version 2. Bruxelles: Publication Office of European Union

Internacionalización del diseño curricular de los alumnos de primero del Grado en Ingeniería Civil de la UGR

*Clifford Guzmán, Pablo⁽¹⁾; Fortes Escalona, Miguel Ángel⁽²⁾; López Alonso, Mónica⁽³⁾;
Martín Pascual, Jaime⁽⁴⁾; Martínez-Echevarría Romero, María José⁽⁵⁾; Mellado Moreno, Miguel⁽⁶⁾;
Puertas García, Esther⁽⁷⁾; Rodríguez Rojas, María Isabel⁽⁸⁾*

(1) Alumno del Grado de Ingeniería Civil, ETSICCP, Universidad de Granada, pabloclifford@correo.ugr.es

(2) Departamento de Matemática Aplicada, Universidad de Granada, mafortes@ugr.es

(3) Departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de la Ingeniería, Universidad de Granada, mlopeza@ugr.es

(4) Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Granada, jmpascual@ugr.es

(5) Departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de la Ingeniería, Universidad de Granada, mjmartinez@ugr.es

(6) Alumno del Máster ICCP, ETSICCP, Universidad de Granada, miguel3m@correo.ugr.es

(7) Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, Universidad de Granada, epuertas@ugr.es

(8) Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio, Universidad de Granada, mabel@ugr.es

Resumen

En este trabajo presentamos una iniciativa llevada a cabo por los profesores de la ETSI de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Granada más ligados a la gestión de la movilidad de los estudiantes del Grado en Ingeniería Civil. El objetivo es fomentar la internacionalización del currículo de los estudiantes así como el aprendizaje de idiomas.

Palabras clave: Internacionalización, movilidad, idiomas, alumnos de nuevo ingreso.

I. Motivación

El objetivo de este proyecto es poner en funcionamiento una nueva experiencia dirigida a los alumnos que en el curso académico 2017-2018 hacen estudios de primer curso del Grado en Ingeniería Civil en la Universidad de Granada. Se trata de una iniciativa de la ETSI de Caminos, Canales y Puertos que, a través de su Subdirección de Internacionalización y en colaboración la Subdirección de Docencia y Estudiantes, quiere fomentar en los alumnos de nuevo ingreso la toma de conciencia de la importancia que en su desarrollo personal y profesional tienen los aspectos de su currículo relacionados con la internacionalización. Más concretamente, este proyecto pretende que el alumno de nuevo ingreso conozca, entienda y asuma, desde el comienzo de su andadura universitaria, las ventajas que tendrá en su formación conocer otros idiomas, así como la importancia de hacer estancias de movilidad en otros países. Para conseguir este objetivo, la ETSICCP-UGR está poniendo en marcha, en el marco de este proyecto, distintas actuaciones orientadas a proporcionar a los alumnos de nuevo ingreso en la ETSICCP toda la información y el asesoramiento necesarios para que, en primer lugar, conozcan todos los programas de movilidad que la UGR tiene implementados, así como todas las opciones que la ETSICCP pone a su disposición para realizar estancias de movilidad internacionales (universidades socias con las que tenemos acuerdos para movilidad de estudiantes, requisitos lingüísticos a acreditar en cada caso, especialización de los distintos destinos,...) y las opciones que tienen de formarse en idiomas en la Universidad de Granada -a través del Centro de Lenguas Modernas-. Queremos fomentar la movilidad "de calidad", basada en que los alumnos adquieran las competencias lingüísticas que den garantías de una movilidad de éxito, especialmente en destinos que no se cubren por ausencia de acreditación lingüística (mayoritariamente Francia y Alemania). Asimismo, queremos fomentar la movilidad en otros idiomas, no sólo inglés. Este proyecto tendrá una segunda fase en la que la ETSICCP, con la implicación directa de los tutores docentes del Centro, ayudará a los estudiantes a definir el carácter internacional de su itinerario, proporcionándoles el asesoramiento necesario y haciéndoles un seguimiento personalizado.

II. Origen de la propuesta

El origen y la motivación de este proyecto se basa en la experiencia que en la ETSICCP tenemos en lo que respecta a la movilidad de nuestros estudiantes del Grado en Ingeniería Civil. Venimos observando que la formación en otros idiomas es aún bastante deficiente, limitándose en la mayor parte de los casos a los

conocimientos que se han adquirido en Bachillerato, claramente insuficientes para la acreditación de los niveles B1 o B2 que la mayor parte de las universidades socias requieren para aceptar a alumnos en movilidad. Además, detectamos también un elevado número de alumnos que no se plantean hacer movilidad internacional, bien por desconocimiento o bien por desinformación, así como de otros que se interesan por los programa de movilidad en segundo o incluso en tercer curso, resultando en algunos casos demasiado tarde para poder efectivamente realizar la movilidad. En este sentido, nos consta que son bastantes los estudiantes que se quedan fuera de los programas de movilidad por no acreditar idiomas en tiempo y forma, situación que en la ETSICCP queremos revertir.

III. Necesidad

El objetivo básico que origina la solicitud de este proyecto es tratar de aumentar la movilidad internacional en los estudiantes del Grado en Ingeniería Civil. En la ETSICCP somos conscientes de la importancia que las experiencias de movilidad internacional tienen en la formación académica, profesional y personal de los estudiantes y, en este sentido, estamos decididos a aumentar el número de alumnos que en los próximos cursos saldrán en movilidad. Para ello hay que actuar tanto en la capacitación lingüística de nuestros estudiantes como en los procesos de información, asesoramiento y seguimiento a los mismos.

IV. Objetivos y metodología de trabajo

El equipo de personas que trabaja en la Internacionalización de esta Escuela ha diseñado el siguiente esquema de trabajo para llevar a cabo este objetivo:

1. Información a los alumnos de los distintos aspectos relacionados con la internacionalización de su currículo: programas de movilidad, destinos internacionales ofertados por la ETSICCP, opciones de formación en idiomas en la UGR.

Se están organizado las *Jornadas de Internacionalización* de la la ETSICCP-UGR, a celebrar los días 25, 26 y 27 de octubre, en la que se expondrá a los alumnos todas las opciones de programas de movilidad internacional que tienen a su disposición, haciendo especial énfasis en la movilidad ERASMUS, en la que la Universidad de Granada es líder a nivel europeo tanto en estudiantes entrantes como salientes desde hace una década. En esta sesión se les informará también sobre los aspectos más relevantes de la normativa [BOUGR] que rige la movilidad internacional de los estudiantes de la Universidad de Granada.

2. Recopilación de datos sobre la capacitación lingüística e intereses de los estudiantes.

Se creará una base de datos con el nivel de idioma que, en su caso, acredite cada alumno con el fin de orientarle sobre el destino más apropiado en función de su preparación lingüística. En esta fase recopilaremos también la información sobre los intereses particulares de los estudiantes, en caso de tenerlos, sobre destinos y menciones del Grado. Informaremos a los alumnos sobre las distintas opciones que ofrece la Universidad de Granada para el aprendizaje de idiomas.

3. Diseño individualizado de la dimensión internacional del currículo de cada estudiante

Una vez trasladada la información a los estudiantes y una vez conocidos por parte de la Escuela la preparación lingüística de los estudiantes así como sus intereses personales en cuanto a destinos, procederemos a ponerlos en contacto con los tutores docentes correspondientes para que les diseñen un itinerario docente personalizado que incluya recomendación y orientación sobre qué mención cursar y que preparación adicional se requiere en idiomas.

4. Seguimiento individualizado de la dimensión internacional del currículo de cada estudiante

Los tutores docentes harán un seguimiento personalizado de cada estudiante que participe en este proyecto, prestándole orientación y asesoramiento continuo en lo que refiere a la internacionalización de su currículo.

V. Miembros del equipo de trabajo

Clifford Guzmán, Pablo: Alumno del Grado en Ingeniería Civil y becario de la Subd. de Internacionalización.
Encargado del trabajo de campo con los estudiantes del Grado en Ingeniería Civil.

Fortes Escalona, Miguel Ángel: Subdirector de Internacionalización de la ETSICCP-UGR.
Encargado de la coordinación general del proyecto.

López Alonso, Mónica: Tutora docente de la ETSICCP-UGR.
Asesora docente para los alumnos interesados en destinos europeos no ubicados en Francia, Italia o Portugal.

Martín Pascual, Jaime: Tutor docente de la ETSICCP-UGR.
Asesor docente para los alumnos interesados en destinos portugueses.

Martínez-Echevarría Romero, María José: Tutora docente de la ETSICCP-UGR.
Asesora docente para los alumnos interesados en destinos no europeos.

Mellado Moreno, Miguel: Alumno del Máster en ICCP y antiguo becario de la Subd. de Internacionalización.
Encargado de la preparación y elaboración de bases de datos de movilidad.

Puertas García, Esther: Tutora docente de la ETSICCP-UGR.
Asesora docente para los alumnos interesados en destinos italianos.

Rodríguez Rojas, María Isabel: Tutora docente de la ETSICCP-UGR.
Asesora docente para los alumnos interesados en destinos franceses.

References

[BOUGR] *Reglamento de la Universidad de Granada sobre Movilidad Internacional de Estudiantes*, Boletín Oficial de la Universidad de Granada nº 67, 21 de diciembre de 2012.

Métodos de Evaluación

Estrategias para autoevaluar la docencia universitaria en materias del Área de Ciencias Sociales y Jurídicas en titulaciones técnicas

Rodríguez Martín, José Antonio⁽¹⁾; Añaños Bedriñana, Karen Giovanna.⁽²⁾;

(1) Departamento de Economía Aplicada, Universidad de Granada, josearm@ugr.es

(2) Departamento de Derecho Constitucional, Universidad de Granada, karengananos@ugr.es

Resumen

En los nuevos Grados universitarios, en la adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), adquiere un papel fundamental la evaluación del profesorado implicado en las diferentes Titulaciones, como la de Edificación. En este proceso, desde del Sistema Europeo de Garantía de la Calidad y de la Universidad de Granada, se recomiendan cambios en el seguimiento de la labor docente.

Palabras clave: Docencia, Equipos docentes, Espacio Europeo de Educación Superior, Evaluación docente, Garantía de la calidad.

I. Introducción y objetivos

En el nuevo mapa universitario comunitario y español, en el marco del Plan Bolonia, se recomiendan cambios en la metodología y evaluación docente, hasta ahora utilizada, debiéndose también modificar el seguimiento a la labor docente del profesorado, a lo largo del curso académico, en línea con autores como Fera, Barquero y León (2011). Como ejemplo, se puede citar el documento DOCENTIA (Programa de apoyo para la evaluación de la actividad docente del profesorado universitario) http://www.aneca.es/modal_eval/docentia_present.html. Este documento, publicado por la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad (ANECA), centra sus objetivos en la evaluación de la actividad docente del profesor, tanto a nivel individual como de las actividades que realiza, en coordinación con otros profesores.

En ese contexto de cambio, la calidad de la docencia universitaria constituye una prioridad estratégica de las instituciones de Educación Superior en todo el mundo (Zabalza, 2002). Así, la evaluación, bien sea para analizar el funcionamiento de las unidades docentes (evaluación de certificación), bien para proporcionar información de la labor del profesor, durante un periodo docente (evaluación formativa), o bien para evaluar su eficiencia (evaluación de certificación), plantea una serie de preguntas básicas al respecto, tales como: qué se debe valorar, quién debe hacerlo y cómo debe hacerse (De Juan et al, 2007). En esta trayectoria, los docentes son los que tienen que asumir el protagonismo de sus procesos de mejora, y desde la Universidad, apoyar y mediar para que se desarrollen, con éxito, en el conjunto del sistema educativo, en sintonía con autores como Rivera (2012); coordinador, además, del curso de formación del profesorado sobre el que se sustenta la presente experiencia de autoevaluación.

En tal sentido, es pertinente recordar que, según la Unesco (1998), la calidad es uno de los mayores retos que debe enfrentar la educación a nivel mundial, sobre todo la Educación Superior. Téngase en cuenta que, hasta hace pocos años, las experiencias de evaluación realizadas en España, se han centrado preferentemente en la opinión de los alumnos sobre la actuación del docente en el aula, que conviene completarla con otros puntos de vista, en especial, del profesor, analizando la utilidad de los mecanismos actuales de evaluación docente (Díaz, 2016). En este sentido, Gimeno (2005), sostiene que la evaluación es la ponderación de una realidad, en función de ciertos criterios, de manera que, cuando es permanente, dinámica y sistemática, lleva a la obtención de información, que retroalimenta el currículo, la enseñanza, el aprendizaje y la investigación.

Sin embargo, el problema que plantea la evaluación (o autoevaluación) docente es múltiple: por un lado, hay que seleccionar los indicadores adecuados para medir cada actividad docente y medirlos (con la dificultad que ello supone). Por otro, a la hora de agregarlos en un índice debemos conocer la puntuación que hay que asignar a cada ítem, teniendo en cuenta que cambios en las ponderaciones pueden implicar cambios en la valoración de un determinado profesor (Pulido y Pérez, 2003).

En el presente trabajo, nos centramos en la autoevaluación docente del profesor universitario en una titulación técnica, en asignaturas del campo de Ciencias Sociales y Jurídicas, del Grado en Edificación, incluidas algunas en la Plataforma Virtual Aplicate (Rodríguez y Ubiña, 2010). En este marco conceptual, se consideran las creencias pedagógicas como las concepciones o teorías implícitas del docente, que generan una disposición a actuar de una manera determinada (Chacón 2006). Este tipo de creencias influyen en todos los aspectos de la práctica en clase, debido a la imposibilidad de desvincular lo que las personas se juzgan capaces de hacer y las acciones que, en función de ello, deciden emprender, situando la autoeficacia docente en una posición preferente, en relación con otras variables del profesorado (Prieto, 2005).

Nuestro cuestionario propuesto de autoevaluación docente, con preguntas abiertas y cerradas, se contextualiza en la consideración de que la autoeficacia percibida afecta el ambiente de aprendizaje del alumnado, propiciado por el docente y sus acciones, así como el esfuerzo y la persistencia para lograr el aprendizaje de los estudiantes. Precisamente, se considera que una de las características de los profesores, que mayor incidencia tiene en el rendimiento de los alumnos, es el sentido de eficacia de los primeros (Stresser, 2008).

La autoeficacia percibida del docente, se asocia con su mayor apertura a nuevas ideas, a probar métodos innovadores, a ser más comprometidos en su profesión (Prieto, 2005). Por lo tanto, esta relación debiera verse reflejada en la visión que los alumnos tienen respecto a la labor docente, y en los resultados de las evaluaciones que los estudiantes efectúan, respecto al desempeño de sus profesores, tal y como planteamos en el presente trabajo.

En este orden de ideas, a través de la aplicación próxima de este estudio, se quiere conocer qué relación existe entre las creencias de autoeficacia de un docente en una titulación técnica y los resultados de la evaluación docente realizada por sus alumnos, en la asignatura, que impartió, a título de ejemplo, en el Grado en Edificación.

Por lo que resulta interesante realizar esta comparación, para ver si ésta guarda algún tipo de relación con la escala de autoeficacia en la acción docente y, en tal caso, emprender las acciones de mejora pertinentes. Por lo anterior, a través de esta propuesta de innovación docente, se busca establecer la correlación entre las creencias del docente, respecto a su desempeño diario, y la opinión de su alumnado.

Finalmente, quiero expresar mi agradecimiento al Vicerrectorado para la Garantía de la Calidad de la Universidad de Granada, por la organización, en el marco del Programa de Formación Permanente, del Curso de Estrategias para autoevaluar la docencia universitaria: Un enfoque desde la utilización de herramientas informatizadas de análisis de datos cuantitativo y cualitativo.

II. Metodología: cuestionario sobre autoeficacia docente del profesor universitario en una titulación técnica

Siguiendo las instrucciones de Prieto (2007), los profesores cumplimentarán el siguiente cuestionario sobre autoeficacia del docente universitario, tal y como se plantea a continuación. En particular, la recolección de datos, se realizará a mitad del primer cuatrimestre del próximo curso académico.

De un universo total posible de profesores, el estudio se propondrá, entre otros Grados, en la titulación técnica de Edificación de la Universidad de Granada, en el que se imparten asignaturas del Área de Ciencias Sociales y Jurídicas. Este estudio, cuyo enfoque es cuantitativo, parte de un diseño de la investigación no experimental, transeccional y correlacional (Rodríguez, 2012).

Específicamente, antes de cumplimentar el formulario, se indicarán las siguientes instrucciones:

Por favor, lea atentamente cada uno de los ítems y señale en qué medida se siente usted capaz de realizar las siguientes actividades docentes. Las respuestas pueden ir desde 1= me siento poco capaz; hasta 6= me siento muy capaz, y abarcan los siguientes aspectos:

En qué medida, como docente universitario, en un Grado técnico como el de Edificación, o en otra titulación, me siento capaz de:

1. Especificar los objetivos de aprendizaje, que espero que alcancen los alumnos.
2. Implicar activamente a los alumnos en las actividades de aprendizaje, que propongo en clase.
3. Crear un clima de confianza en el aula.
4. Revisar mi práctica docente para identificar aspectos de mejora.
5. Diseñar pruebas de evaluación acordes con los objetivos de aprendizaje previamente establecidos.
6. Evaluar mi enseñanza, teniendo en cuenta los datos que sobre ella aportan los alumnos.
7. Fomentar la participación de los alumnos en clase.
8. Utilizar diversos métodos de evaluación.
9. Preparar el material, que voy a utilizar en clase.
10. Conseguir que los alumnos resuelvan las dificultades, que encuentran mientras aprenden.
11. Potenciar en los alumnos actitudes positivas hacia la lección.
12. Adaptar mi enseñanza, a partir de las evaluaciones que realizan los alumnos sobre mi eficacia.
13. Comprobar, a través de la evaluación, el grado en que los alumnos utilizan distintas capacidades.
14. Decidir el sistema de evaluación, que voy a utilizar en la asignatura.
15. Conseguir que los alumnos se consideren, a sí mismos, capaces de aprender.
16. Emplear métodos sistemáticos, que me permitan analizar mi conducta docente.
17. Comentar a los alumnos los resultados de su evaluación.
18. Identificar claramente los objetivos de cada clase.
19. Mantener, a pesar de posibles dificultades, expectativas positivas hacia los alumnos
20. Utilizar los datos, que obtengo a partir de la reflexión, sobre mi docencia para intentar mejorar.
21. Calificar adecuadamente los trabajos y exámenes, que realizan los alumnos.
22. Adaptarme, cuando planifico las clases, a las necesidades de los alumnos.
23. Otorgar a los alumnos un papel activo en clase, más constructores de conocimiento, que receptores de la información.
24. Ofrecer apoyo y ánimo a los alumnos, que tienen dificultades en su aprendizaje.
25. Actualizar mis conocimientos, sobre los contenidos de la asignatura.
26. Dar a los alumnos, tras la evaluación, una información detallada sobre su desempeño.
27. Modificar el desarrollo de la lección, si así lo requiere el proceso que siguen los alumnos.
28. Permitir que los alumnos preparen y/o desarrollen algunos temas de la asignatura.
29. Tratar con calma los posibles problemas, que pueden surgir en el aula.
30. Recurrir a distintos medios (conferencias, manuales, etc.), para desarrollar una destreza.
31. Realizar en clase pruebas de evaluación sencillas para tener algunos datos del proceso de aprendizaje de los alumnos.
32. Animar a los alumnos a formular preguntas durante la clase.
33. Transmitir a los alumnos que me preocupo por ellos y por su aprendizaje, de modo personal.
34. Evaluar en qué medida se han alcanzado los objetivos de aprendizaje previamente establecidos.
35. Diseñar la estructura y el contenido de cada clase.
36. Aceptar las iniciativas de los alumnos relacionadas con su aprendizaje.
37. Mostrar respeto a los alumnos, a través de las conductas que manifiesto en clase.
38. Ser flexible en la enseñanza, aunque haya de alejarme de lo planificado.
39. Lograr que los alumnos perciban la utilidad de lo que aprenden.
40. Dominar el contenido que voy a explicar en clase.
41. Favorecer la confianza de los alumnos en sí mismos.
42. Hacer sentir a los alumnos que el éxito en su aprendizaje, se debe a ellos mismos y a su esfuerzo.
43. Dedicar tiempo suficiente a planificar las clases.
44. Seleccionar los recursos materiales más adecuados para cada clase.

En este instrumento de autoevaluación docente, se pueden distinguir cuatro dimensiones o factores.

Dimensión 1: Planificación del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Ítems 1, 5, 9, 14, 18, 22, 25, 27, 35, 38, 40, 43, 44 (13 ítems). Breve descripción:

Estos ítems contemplan aspectos referentes a la capacidad percibida por el profesor para preparar y planificar su docencia, para desarrollar estrategias tales como establecer los objetivos de aprendizaje, preparar los materiales que se van a utilizar en clase, actualizar los conocimientos necesarios, diseñar la estructura de la lección, etc. Se trata de la fase previa a la enseñanza en el aula, que agrupa una serie de conductas didácticas, para las que los profesores pueden sentirse más o menos preparados.

Dimensión 2: Implicación de los alumnos en el aprendizaje.

Ítems 2, 7, 10, 15, 23, 28, 32, 36, 39, 42 (10 ítems). Breve descripción:

Los ítems de este bloque, se orientan a evaluar la confianza que tiene el profesor en su capacidad para hacer que los alumnos se sientan implicados en su propio proceso de aprendizaje. Las estrategias didácticas que utilizan para ello, que son las que reflejan los ítems pertenecientes a esta dimensión, tienen que ver con la capacidad del profesor para fomentar la participación de los alumnos, hacerles ver la utilidad de lo que aprenden, darles un papel activo en el aula, etc., de tal modo que se sientan implicados para formarse con mayor eficacia.

Dimensión 3: Interacción y creación de un clima positivo en el aula.

Ítems 3, 11, 19, 24, 29, 33, 37, 41 (8 ítems). Breve descripción:

Esta es la dimensión más emocional de la enseñanza, e incluye aspectos relacionados con la autoeficacia percibida por el profesor para facilitar el aprendizaje de los alumnos. Este conjunto de ítems refleja el papel de la interacción y el respeto hacia los alumnos, la preocupación por cada uno de ellos, la adaptación a sus necesidades de aprendizaje, etc.

Dimensión 4: Evaluación del aprendizaje de los alumnos y autoevaluación de la función docente.

Ítems 8, 13, 17, 21, 26, 31, 34 e ítems 4, 6, 12, 16, 20, 30 (13 ítems). Breve descripción:

Las estrategias didácticas, que reflejan los ítems de esta dimensión, permiten conocer la eficacia percibida por los profesores para evaluar el aprendizaje de los alumnos y el grado en el que se sienten eficaces para autoevaluar su propia función docente.

En síntesis, la escala global está compuesta por 44 ítems para evaluar la autoeficacia del profesor para llevar a cabo las estrategias didácticas recogidas en cada una de las dimensiones anteriores, relacionadas todas ellas con un aprendizaje universitario de calidad.

En un futuro próximo, se propondrá completar el cuestionario anterior con una serie de preguntas abiertas, relativas a la planificación docente y al planteamiento de objetivos, por parte del profesor.

Sobre los resultados obtenidos, se precisará un plan personal de mejora (Prieto, 2005, 2007), con los aspectos fuertes y los elementos débiles apreciados (González, 2009).

Para ello, se debe:

a) Definir QUÉ OBJETIVOS quieres alcanzar, si es posible, en términos de una meta concreta, con un plazo determinado. De esta forma, tendrás la posibilidad de verificar su logro.

b) Intenta concretar CÓMO piensas alcanzar tus objetivos de mejora (qué acciones de mejora docente emprenderás, cuáles son tus necesidades de desarrollo y perfeccionamiento profesional, etc.).

Por último, se plantea en la presente autoevaluación docente, un conjunto de preguntas más genéricas, relativas a la labor del profesor en su desempeño en clase, presentadas con una escala de valores, que se mueve entre el mínimo y el máximo de satisfacción, preparación, responsabilidad, influencia y apoyo, respectivamente, en su labor docente; así como se presenta una cuestión directa sobre una hipotética decisión de dejar o continuar con su actividad docente:

1. ¿Cuál es actualmente su nivel de satisfacción como docente?
2. En general, ¿en qué medida se siente preparado para enseñar su asignatura?
3. ¿En qué grado se siente responsable de los resultados de aprendizaje de sus alumnos?
4. ¿Cuánta influencia considera que tiene su docencia en el aprendizaje de los estudiantes?
5. ¿En qué medida se siente apoyado por la institución en el desarrollo de su tarea docente?
6. Si de usted dependiese, ¿desearía permanecer en la profesión?

III. Consideraciones finales

Con la presente propuesta de mejora docente, se pretende, básicamente, cotejar los datos arrojados por el formulario del profesor, relativos a la creencia de su autoeficacia, frente a los resultados de su evaluación docente realizada por sus alumnos, en una titulación técnica como el Grado en Edificación.

Se trata de que la evaluación docente realizada por los alumnos, se relacione directamente con la percepción de la eficacia manifestada por el docente. Hay que destacar la relativa dificultad que podría suponer la obtención futura de la información relativa a la autoeficacia docente del profesorado, de forma voluntaria, y evitando un sesgo subjetivo en sus respuestas, por el temor a la no consecución de objetivos docentes, por parte de la Agencia de Evaluación correspondiente.

Sin embargo, pretendemos realizar, en las próximas fechas, análisis más profundos y detallados, con unas bases de información más amplias, representativas y elaboradas, tanto en Edificación como en otros Grados de la Universidad de Granada.

En definitiva, hay que subrayar que las altas creencias de autoeficacia del profesor, se suele reflejar en el desempeño docente, el cual es percibido de manera positiva por sus alumnos. Como plantea la literatura revisada, no se pueden separar las creencias de autoeficacia, que el profesor posee, de las acciones docentes que ejecuta.

Como principal fortaleza de la propuesta de formulario planteado, se puede destacar que revisar la docencia propia puede centrar la reflexión del profesor, respecto a los aspectos más relevantes de su labor, de cara a inferir el grado en el que se siente capaz de enseñar con eficacia.

En este orden de ideas, este tipo de autoevaluación ayuda al docente a extraer una visión general de sus fortalezas y debilidades didácticas, de manera que puede detectar las cuatro esferas básicas de la enseñanza, en la que se percibe como más o menos eficaz: 1) planificación; 2) interacción en el aula; 3) implicación activa de los estudiantes; 4) evaluación externa y autoevaluación.

Como consecuencia, se podrán plantear soluciones para mejorar la labor del profesor y, en esencia, mejorar la calidad de la docencia.

Sobre este punto, los cursos de formación del profesorado, como en el que se contextualiza el presente trabajo, auspiciado por el Vicerrectorado de la Calidad de la Universidad de Granada, pueden ser muy válidos para alcanzar este objetivo en el proceso de mejora de la docencia, tanto a nivel del Grado técnico de Edificación, como en otras titulaciones.

Referencias

- CHACÓN, C. (2006). Las creencias de autoeficacia: un aporte para la formación docente de inglés. *Acción Pedagógica*, 15: 44-54.
- DE JUAN, J.; PÉREZ, R. M.; GÓMEZ-TORRES, M. J.; VIZCAYA, M.F.; MORA, J. M. (2007). *Buenas prácticas en la evaluación de la docencia y del profesorado universitario* [en línea], disponible en: <http://blogs.ua.es/jdjdjp/files/2007/06/evaluadocencia.pdf>, recuperado el 7 de noviembre de 2016.
- DÍAZ, W. (2016). University teachers' training, teachers' practice assessment, resources and professional development. *Estudios Pedagógicos*, 42(1): 65-85.
- FERIA, D. J.; BARQUERO, A; LEÓN, R. (2011). La Evaluación Docente en los nuevos Grados Universitarios. *Index de Enfermería*, 20(1-2): 106-110.
- GIMENO, O. (2005). *El currículo: una reflexión sobre la práctica*. Madrid: Morata.
- GONZÁLEZ, I. (2009). La Autopercepción de la Formación Universitaria: Evaluación y Calidad. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 2(2): 158-170.
- PRIETO, L. (2005). *Las creencias de autoeficacia docente del profesorado universitario*. Universidad Pontificia Comillas de Madrid: Tesis doctoral no publicada.
- PRIETO, L. (2007). *Autoeficacia del profesor universitario. Eficacia percibida y práctica docente*. Madrid: Narcea.
- PULIDO, A Y PÉREZ, J. (2003). *Propuesta metodológica para la evaluación de la calidad docente e investigadora*. Madrid: Instituto Klein.
- RIVERA, E. (2012). [Reflexionando en torno a la investigación educativa](#): una mirada crítica desde la auto etnografía de un docente. *Qualitative Research in Education*, 1(1) 58-79.
- RODRÍGUEZ, J.A. (2014). *Trabajo Final del Curso: Estrategias para autoevaluar la docencia universitaria. Un enfoque desde la utilización de herramientas informatizadas de análisis de datos cuantitativo y cualitativo*. Universidad de Granada: Vicerrectorado de Garantía de la Calidad.
- RODRÍGUEZ, J.A. y UBIÑA, A.J. (2010). *Proyecto Aplicarte: potenciación del trabajo colectivo utilizando las nuevas tecnologías en la docencia de la materia de Economía, en el grado de Ingeniería de la Edificación*. Actas de las I Jornadas sobre Innovación Docente y adaptación al EEES. Granada: Ed. Godel.
- STRESSER, K. (2008). *Manual de Psicología Educativa*. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile.
- UNESCO (1998). *La Educación Superior en el siglo XXI*. París: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- ZABALZA, M.A. (2002). Estrategias didáctica orientadas al aprendizaje. *Revista Española de Pedagogía*, 217: 459-490.

Influence of training in academic performance: Comparison between Chemical Engineering and Environmental Sciences

Leyva-Díaz, Juan Carlos ^(1,a); Álvarez-Arroyo, Rocío ^(1,a); Gómez-Nieto, Miguel Ángel ⁽¹⁾; Poyatos, José Manuel ^(1,*)

(1) Department of Civil Engineering, University of Granada, 18071 Granada, Spain
jcleyva@ugr.es; rocioaarroyo@ugr.es; mgomezn@ugr.es; jpoyatos@ugr.es

(a) J.C. Leyva-Díaz and Rocío Álvarez-Arroyo contributed equally to this work

(*) Corresponding author

Abstract

As a result of the guidelines from the European Higher Education Area of an education system based on learning more than teaching, this study compares the performance of students in theoretical and practical teaching in Degree in Chemical Engineering and Degree in Environmental Sciences, and concludes the necessity of introducing teaching more applied as a learning strategy more effective.

Keywords: EHEA; learning; teaching; Chemical Engineering; Environmental Sciences.

I. Introduction

The European Higher Education Area (EHEA) was introduced in Spain in 2010 through the known Bologna Process, which has set out an important challenge for the Spanish education from a traditional education system based on the teaching to a new system based on the learning (MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA, 2007; BAYÓN et al., 2013). This challenge is higher in technical degrees, where there is a strong conservatism concerning the traditional teaching (MOLINA ÁLVAREZ, 1999).

Among the objectives of the new European framework, it should be noted the necessity of favoring the labor insertion of their graduates through a training based on the acquisition of competences (McCLELLAND, 1973). Therefore, the new plans of study of the different degrees have been prepared to accomplish this new perspective, without excluding the traditional methods of training based on contents and school hours (MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA, 2007). As a consequence of this changing process in the education field, it is necessary to quantify the outcomes obtained by students in this new education system (MARCERANO and NAVARRO, 2007).

The evaluation of students is the process by which their progress is determined during a period of teaching and learning (LÓPEZ-PASTOR et al., 2013). This process of evaluation must provide enough information to take decisions and to make judgements at the end of the assessment process (TEMBRINK, 2006). This means that the evaluation process directs the students' learning (by continuous evaluation), as well as measuring the learning outcomes (by summative evaluation), showing a clear effect on teaching and learning (HAVNES, 2004).

There are few works dealing with the evaluation of the academic performance due to the implementation of this teaching methodology (MULDER et al., 2009). Based on these ideas, this study intends to evaluate the performance obtained by the students through the theoretical and practical teaching applied to the Degree in Chemical Engineering (CE) and Degree in Environmental Science (ES).

II. Methodology

II.1 Participants

In order to have as many participants as possible, the study was carried out in two academic courses (2013/2014 and 2014/2015). In this research, a total of 208 participants at University of Granada were involved, who belonged to the scientific-technical field: 104 students of Degree in CE and 104 students of Degree in ES. Given that the aim of this study was to compare the academic performance in both groups, one subject with common contents was selected from each of these degrees.

Concerning the Degree in CE, the subject selected was Environmental Engineering, which is an obligatory subject. It has 6 credits ECTS and is taught in the seventh semester of the fourth course of this degree. Regarding the Degree in ES, the subject selected was Water Treatment and Technology, which is also an obligatory subject. It has 6 credits ECTS and is taught in the fifth semester of the third course. Both subjects have identical laboratory practices.

For the purpose of ascertaining the influence of knowledge acquired previously on the subsequent performance, it is important to describe the existence of differences between the plans of study of both degrees concerning the fields of mathematics and physics and, to a lesser extent, in fields such as chemistry, computer science or analysis techniques, which is necessary for the suitable development of the subjects selected in this research.

In light of this, the plan of study of Degree in CE shows a higher proportion of credits ECTS in most of these fields compared with Degree in ES. Regarding mathematics, the students of Degree in CE have 18 credits ECTS (distributed in three subjects) in their first two years, while the students of Degree in ES have 6 credits ECTS corresponding to one subject. The same happens in the field of physics, in which the plan of study of Degree in CE contains 12 credits ECTS, whereas the plan of study of Degree in ES only has 6 credits ECTS. Additionally, Degree in CE has an amount of credits higher in the field of chemistry with a value of 24 credits ECTS compared with Degree in ES containing 6 credits ECTS corresponding to one subject of general chemistry. Concerning the teaching of analysis techniques, both plans of study have theoretical and practice subjects in this field.

II.2 Procedure

According to the guidelines from the EHEA, and considering the plans of study of Degree in CE and Degree in ES (ANECA, 2000a; ANECA, 2000b), the methodology followed for the academic courses analyzed in this study was formed by three methodological typologies that are developed as follows.

One of the methodologies is called *master lecture*. Despite this method has a traditional nature based on the teaching, this is necessary to introduce the theoretical concepts and to develop the contents proposed in the subjects.

The second type of methodology used is the *monitoring*, which consists of the resolution of different exercises, tests and problems by the students to apply the theoretical knowledge that has been acquired in the master lecture. This methodology is focused on assessing the teaching-learning process continuously.

Finally, the *laboratory practice teaching* is based on the experimental application of the knowledge and skills acquired through the master lecture and monitoring of students. In order to carry out the laboratory practices, the students previously receive an independent learning guide to facilitate the understanding of the practice and to get that students are capable of doing the practice independently. It should be noted that laboratory work is carried out in small groups of two students with the aim of encouraging the teamwork.

Each of the teaching methodologies previously described was evaluated through the system that was considered more suitable, as indicated next, to evaluate and compare objectively the performance of all the students participating in this study.

The master lecture was evaluated through a final written exam due to its traditional character. This exam contained theoretical questions and numerical problems. Regarding the monitoring, each student had to hand in exercises resolved and understanding tests of theoretical concepts during the academic course. Despite the fact that the laboratory practice was carried out in groups of two students, each one had to hand in a report including all the results and conclusions obtained in the practice session, which were requested in the

independent learning guide of laboratory practices. Each of these activities and reports was evaluated and graded by the professor.

The final grade of each student was the weighted sum of the grades of the written exam (70%), monitoring activities (15%) and laboratory practices (15%).

II.3 Data analysis

The software IBM® SPSS® Statistics v22.0 for Windows was utilized to determine statistically significant differences between the grades obtained by the students of Degree in CE and Degree in ES in each of the methodologies evaluated in this study. The data obtained concerning the grades of the laboratory practices, written exam and monitoring activities depending on the degree were analyzed by ANOVA under the null hypothesis of independence and homogeneity with a significance level of 5% ($\alpha=0.05$).

III. Results and Discussion

Having collected all the necessary information to accomplish the aims of this study, an analysis of all the grades obtained by the students was carried out according to the evaluation system indicated previously.

The results obtained by the students belonging to Degree in CE and Degree in ES in each of the three modules that have been evaluated, as well as the final grades, can be observed in Fig. 1.

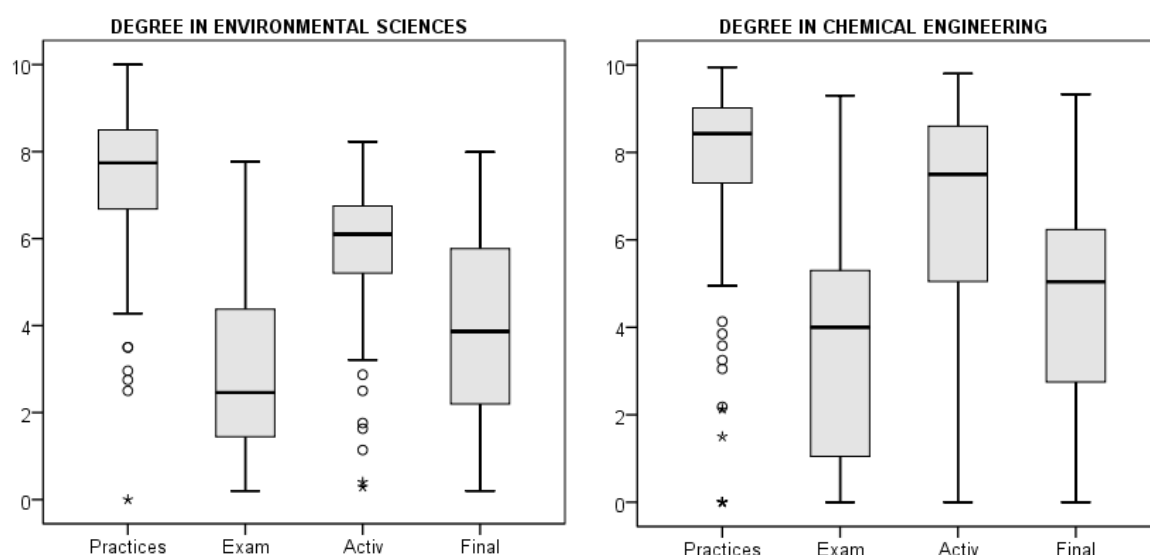


Figure 1. Grades obtained by the students in the laboratory practice, exam and monitoring depending on the degree.

Furthermore, Table 1 shows these results numerically, as well as descriptive statistics of the analysis of variances (ANOVA).

Table 1 - Average of exam, monitoring and laboratory practice grades of CE and ES students, success rate of students in each evaluation system and comparison of both degrees by ANOVA.

Evaluation system	Average \pm SD		<i>p</i> -value	Success rate (%) ^a	
	ESD	CED		ESD	CED
Exam	2.93 \pm 1.90	3.44 \pm 2.53	0.075	14.79	29.20
Monitoring	5.54 \pm 1.65	6.58 \pm 2.66	0.000 *	76.06	75.91
Laboratory practices	7.02 \pm 1.96	7.62 \pm 2.29	0.019 *	90.14	97.60
Final	3.68 \pm 2.01	4.52 \pm 2.14	0.001 *	27.46	49.64

ESD: Environmental Sciences Degree; CED: Chemical Engineering Degree; SD: standard deviation. * $p < 0.05$; ^a The success rate is expressed as number of students passed (grade equal or higher than 5) in relation to the number of students presented (BALLESTER-SARRIAS et al., 2012).

Based on the grade of the exam, Table 1 shows that there were no statistically significant differences between the students of Degree in CE and the students of Degree in ES (p -value > 0.05). In this regard, the grades got by the students of Degree in CE were slightly higher than those corresponding to the students of Degree in ES, as indicated in Table 1 and Fig. 1.

In the evaluation module of monitoring, there were statistically significant differences between the students of both degrees with a p -value lower than 0.05 (Table 1). In light of this, the students of Degree in CE obtained higher grades than those belonging to Degree in ES (Table 1).

Concerning the grade obtained by the students in the laboratory practices, it should be noted that the students of the Degree in CE obtained grades significantly higher than those of the Degree in ES (7.62 ± 2.29 vs. 7.02 ± 1.96) at a significance level of 5% (Table 1).

Considering the results obtained, an important aspect to point out is the fact that the students from both degrees always obtained the higher grades in the module of laboratory practices, followed by the grades got in the modules of monitoring and exam (Fig. 1 and Table 1). This corroborates that the practice teaching is a tool which is advisable to introduce and encourage in the teaching methodology as the active strategies promote the learning (LARA and RIVAS, 2009; BALLESTER-SARRIAS et al., 2012; FITT and HEVERLY, 2012). Within this context, BALLESTER-SARRIAS et al. (2012) obtained that the changes in the teaching-learning system mainly influence the academic performance of scientific subjects.

Table 1 also shows the success rate of the students of Degree in CE and Degree in ES in each of the three modules analyzed, as well as the final evaluation.

In this regard, other fact to highlight, which is supported by the values shown in Table 1, is that the students corresponding to Degree in CE had a higher success rate than the students belonging to Degree in ES in all the modules evaluated. Actually, 49.64% of the students presented of Degree in CE finally passed the subject, while 27.46% got to pass the subject in Degree in ES, which approximately means the half of the students in relation to Degree in CE. This could be due to the existing differences between the plans of study of both degrees as explained in the section Methodology, where an evident difference can be seen in the previous training of the students, which is necessary for the good development of the subject regarding the three modules evaluated.

IV. Conclusions

In general, there were statistically significant differences in the academic performance shown by the students of Degree in CE and Degree in ES, obtaining the students of Degree in CE higher grades in all the modules assessed (laboratory practices, exam and monitoring). The results show that the students of Degree in CE had a success rate in the final evaluation of 49.64% in relation to 27.46% of the students belonging to Degree in ES.

The grades obtained by the students from both degrees in the laboratory practices were higher than those got in the modules of exam and monitoring, which proves the importance of encouraging the practice teaching as EHEA recommends.

References

- ANECA (2000a). Plan of study. Degree: Chemical Engineering (University of Granada). Retrieved from [http://vicengp.ugr.es/pages/_grados-verificados/38ingenieriaquimicaverificado/!](http://vicengp.ugr.es/pages/_grados-verificados/38ingenieriaquimicaverificado/)
- ANECA (2000b). Plan of study. Degree: Environmental Sciences (University of Granada). Retrieved from [http://vicengp.ugr.es/pages/_grados-verificados/07cienciasambientalesverificado/!](http://vicengp.ugr.es/pages/_grados-verificados/07cienciasambientalesverificado/)

- BALLESTER-SARRIAS, E.; PUYUELO-CAZORLA, M.; CONTAT-RODRIGO, L.; GASCH-SALVADOR, M.; SÁNCHEZ-RUIZ, L.M. (2012). Analyzing students performance in an EHEA BEng Industrial Design Engineering degree. In *Proceedings - Frontiers in Education Conference*, FIE 6462530.
- BAYÓN, L.; GRAU, J.M.; RUIZ, M.M.; OTERO, J.A.; SUÁREZ, P.M. (2013). EEES: Nuevas actividades de Enseñanza / Aprendizaje en asignaturas de Matemáticas. In *2º Congreso virtual sobre tecnología, educación y sociedad* (p. 16), México.
- BERGAN, S. (2007). *Qualifications. Introduction to a concept*. Strasbourg: Council of Europe Publishing.
- FITT, D.X.; HEVERLY, M. (2012). Classroom assessment of student competencies. *Assessment Eval. High. Educ.* 19, 215–224.
- GONZÁLEZ, J.; WAGENAAR, R. (2008). *Universities' contribution to the Bologna Process: An introduction*. Universidad de Deusto.
- HAVNES, A. (2004). Examination and learning: an activity-theoretical analysis of the relationship between assessment and educational practice. *Assessment Eval. High. Educ.* 29 (2), 159–176.
- LARA, S.; RIVAS, S. (2009). Self-regulated learning and promotion of competences in two master-level subjects, by means of assessment templates, case method, role-playing and digital video. *Educación XXI* 12, 67–96.
- LÓPEZ-PASTOR, V.M.; PINTOR, P.; MUROS, B.; WEBB, G. (2013). Formative assessment strategies and their effect on student performance and on student and tutor workload: the results of research projects undertaken in preparation for greater convergence of universities in Spain within the European Higher Education Area (EHEA). *J. Further High. Educ.* 37 (2), 163–180.
- MARCERANO, O.D.; NAVARRO, M.L. (2007). El éxito en la universidad: una aproximación cuantílica. *Revista de Economía Aplicada* 15 (44), 5–39.
- McCLELLAND, D.C. (1973). Testing for competence rather than for “intelligence”. *Am. Psychol.* 28 (1), 1–14.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA (2007). Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, 260 BOE 25 (2007). Retrieved from <http://www.boe.es/boe/dias/2007/10/30/pdfs/A44037-44048.pdf>
- MOLINA ÁLVAREZ, A.T. (1999). Problemática actual en la enseñanza de la ingeniería: una alternativa para su solución. *Ingenierías* 2 (3), 10–15.
- MULDER, M.; GULIKERS, J.; BIEMANS, H.; WESSELINK, R. (2009). The new competence concept in higher education: error or enrichment? *J. Eur. Ind. Training* 33 (8/9), 755–770.
- RICO, M.; COPPENS, J.; FERREIRA, P.; SÁNCHEZ, H.; AGUDO, J.A. (2013). Everything Matters: Development of Cross- Curricular Competences in Engineering Through Web 2.0 Social Objects Mercedes. In *Ubiquitous and Mobile Learning in the Digital Age* (pp. 139–157), New York.
- TEMBRINK, T.D. (2006). *Evaluación. Guía práctica para profesores*. Madrid: Narcea, 8th ed.

Evaluación automática de problemas: experiencias en Resistencia de Materiales

Carbonell-Márquez, Juan Francisco^(1,2);

(1) Departamento de Mecánica, Universidad de Córdoba, jcarbonell@uco

(2) Departamento de Ingeniería, Universidad Loyola Andalucía

Resumen

La evaluación continua es primordial en la propuesta realizada por el Espacio Europeo de Educación Superior para los nuevos grados universitarios. Sin embargo, dicho sistema de evaluación puede cargar de trabajo al docente de manera superlativa. Se presenta un sistema de evaluación automática de problemas personalizados a cada alumno y la experiencia obtenida tras su uso en Resistencia de Materiales

Palabras clave: Evaluación automática, Evaluación continua, E-learning, Teoría de Estructuras, Docencia virtual.

I. Introducción

El nuevo marco docente dictado por el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) propone la reformulación de la docencia poniendo el foco, aparte de en la enseñanza, también en el aprendizaje del alumno, específicamente en términos de adquisición de competencias (CANO-GARCÍA 2008). Este nuevo enfoque conduce a un cambio de paradigma en la evaluación, ya que ésta no debería constituir sólo un hito final en el proceso de aprendizaje mediante el cual el docente valora la asimilación de conocimientos y el desarrollo de competencias por parte de los alumnos, la denominada función sumativa de la evaluación (GOOD y BROPHY 1996), sino que debe emplearse además su función formativa (GOOD y BROPHY 1996), es decir, acompañar a los alumnos durante todo el proceso formando parte constitutiva dentro de él (DELGADO GARCÍA y OLIVER CUELLO 2006), constituyendo también una oportunidad de aprendizaje (CANO-GARCÍA 2008).

La evaluación continua hace que el docente disponga de una visión de las dificultades y de los progresos de los alumnos en la adquisición de competencias y, en este sentido, López-Mojarro (LÓPEZ MOJARRO 2001) apunta que este tipo de evaluación monitoriza en tiempo real el estado del aprendizaje de los estudiantes, haciendo posible que el profesor pueda actuar a tiempo con el objetivo de reorientar y mejorar el proceso, informar a los alumnos y, finalmente, calificar sus rendimientos.

Así pues, la evaluación continua no puede limitarse solamente a la realización de pruebas de manera más o menos periódica, sino que debe permitir valorar y perfeccionar el aprendizaje de los estudiantes a lo largo del periodo docente. Además, la evaluación continua no debe confundirse con la evaluación fragmentada en la que se eliminan bloques de materia, sino que debe motivar al alumno a seguir estudiando y afianzando los conocimientos y competencias adquiridas para se mantengan vigentes (BERNAD 2000).

Es habitual en asignaturas de enseñanzas técnicas la evaluación (final o parcial) de los alumnos por medio de la resolución de problemas numéricos. Durante el desarrollo del curso académico, el alumno suele disponer de boletines de problemas tipo para poder practicar, aunque esta tarea no suele venir calificada de ninguna forma. Muchos alumnos no se sienten incentivados, pues, al estudio continuo y tienden a intentar resolverlos justo antes del examen de la asignatura, no teniendo tiempo para la maduración y asimilación de los conceptos y competencias implícitos en la resolución de los ejercicios. Parecería lógico, entonces, proponer al profesor un sistema de evaluación continua que contase con la recogida periódica de estos boletines de problemas resueltos por los alumnos.

Sin embargo, la realidad indica que la aplicación de un sistema de evaluación continua basado en la calificación de boletines de problemas puede resultar complicada, sobretudo, en los casos de asignaturas con grupos muy numerosos. El profesor debe seleccionar, primero, las tareas adecuadas para la adquisición de competencias, asignarlas a los alumnos, atenderlos para la resolución de posibles dudas y, una vez entregados los trabajos de los estudiantes, evaluarlos y calificarlos uno a uno. La calificación no puede ceñirse a un resultado final, por el mero carácter de la evaluación continua, sino que el profesor debe prestar atención a todo el procedimiento seguido por el alumno en la resolución del problema o tarea designada. A poco que el número de alumnos sobrepase la veintena, algo no muy extraño en ciertos grados de Ingeniería, la labor del

docente puede ser hartamente consumidora de tiempo. Además, si las tareas asignadas a cada alumno son las mismas, el riesgo de copia es muy elevado, desvirtuándose completamente la evaluación.

Con el advenimiento de la llamada Web 2.0, son numerosas las plataformas *online* que se han desarrollado para la gestión de los contenidos de las asignaturas, los denominados sistemas de gestión del aprendizaje, LMS (*learning management system*). De los más empleados son Moodle y WebCT, aunque existen otras como eCollege, Dokeos, Claroline, Blackboard, etc. Estas plataformas proveen al profesor de herramientas para la interacción con los alumnos pero, en general, ofrecen una capacidad de evaluación automática limitada a cuestionarios de respuesta múltiple que no permiten el planteamiento de problemas de disciplinas ingenieriles con fuerte carga numérica (MUÑOZ DE LA PEÑA et al. 2012).

Aunque no muy numerosos, existen ya herramientas web que permiten automatizar la recogida y evaluación e tareas por parte de los alumnos consistentes respuestas cortas de texto (SUWANWIWAT et al. 2015; BURROWS et al. 2015) o en ejercicios prácticos de diferentes disciplinas de ingeniería (MATT 1994), entre las que destaca Goodle GMS o su nueva versión Doctus, ideado por profesores del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad de Sevilla (GÓMEZ-ESTERN et al. 2010; MUÑOZ DE LA PEÑA et al. 2012). Dicho sistema ha sido empleado ya por sus creadores en la evaluación de problemas de Teoría de Sistemas, Fundamentos de Informática (GÓMEZ-ESTERN et al. 2010; MUÑOZ DE LA PEÑA et al. 2012) o en prácticas de Química con análisis instrumental avanzado (MUÑOZ DE LA PEÑA et al. 2013) y una experiencia docente similar se ha llevado a cabo en la Universidad Loyola Andalucía en la asignatura de Resistencia de Materiales en el Grado de Ingeniería Electromecánica.

II. El sistema de evaluación automática Doctus

Doctus es un sistema Web que permite la entrega de problemas por parte de los alumnos y la evaluación automática por parte del profesor. Este sistema permite a los estudiantes entregar los resultados de los ejercicios que le han sido asignados en la plataforma desde cualquier dispositivo con acceso a internet y recibir no sólo su nota, sino también comentarios de retroalimentación indicando los posibles errores que haya podido cometer u otra información relevante en la resolución de los ejercicios.

Para la propuesta de un determinado problema o ejercicio empleando Doctus, el profesor debe primero diseñar un código que evalúe y califique la respuesta del alumno empleando un lenguaje de programación a elegir entre Matlab, C, Java, EJS o Excel. La entrega del alumno consistirá en otro código en el mismo lenguaje que será ejecutado por Doctus para evaluar su respuesta.

Doctus permite el empleo de tres paradigmas distintos de evaluación (MUÑOZ DE LA PEÑA et al. 2012): evaluación basada en resultado exacto, evaluación competitiva en la respuesta correcta no es única pero en la que existe algún criterio que pueda comparar la calidad de las respuestas de los alumnos (p. ej.: minimizar el peso de un elemento estructural cumpliendo una serie de requisitos de seguridad frente a fallo) y ejercicios de desarrollo de algoritmos, que se basa en ejecutar el algoritmo escrito por el alumno con un input aleatorio y comparar los resultados con los obtenidos empleando el algoritmo diseñado por el profesor.

Otra potencialidad que ofrece el sistema Doctus es la posibilidad de personalizar los ejercicios al parametrizar los datos mediante, por ejemplo, el DNI de cada alumno. Dicha funcionalidad mitiga el riesgo de ayuda no autorizada de los alumnos más aventajados al resto o de fraude (GÓMEZ-ESTERN et al. 2010). Además, Doctus permite la generación automática de boletines de problemas con los datos personalizados para cada alumno.

III. El empleo de Doctus en la asignatura de Resistencia de Materiales

III.1 Antecedentes

Durante el curso 2015/16, la asignatura de Resistencia de Materiales del Grado de Ingeniería Electromecánica en la Universidad Loyola Andalucía tenía asignado un 10% de la calificación final para la entrega de boletines de problemas por parte de los alumnos. Inicialmente, cada boletín de problemas constaba de 4 o 5 ejercicios (los mismos para todos los alumnos), cada tema tenía asignado un boletín y los estudiantes tenían que entregar los problemas resueltos a mano en fechas periódicas fijadas tras finalizar cada bloque temático de la asignatura.

Tras la entrega de 4 boletines (cada uno en una fecha distinta) y su posterior evaluación y calificación por parte del profesor, se detectó que en numerosos casos los errores cometidos por los alumnos se repetían y que las consultas en tutorías eran escasas. Además, se empleó una gran cantidad de tiempo en la evaluación de los boletines de cada alumno, dejando al docente con poco tiempo para la realización de otras tareas. Como posible solución a dicha problemática se decidió diseñar los 2 boletines restantes a entregar empleando el

sistema Doctus basados en evaluación por resultado exacto. Por otra parte, los problemas quedarían personalizados según el DNI de cada alumno para reforzar el trabajo autónomo.

III.2 Ejemplo de ejercicio programado en Doctus para Resistencia de Materiales

Un ejemplo de ejercicio a entregar se muestra en la Fig. 1, donde se aprecia que tanto las longitudes de las vigas, como la posición y magnitud de las cargas aplicadas varían en función de las cifras del DNI del alumno. Los alumnos debían rellenar un formulario para la entrega del ejercicio escrito en lenguaje Matlab tal y como se muestra en la Fig. 2.

Obtégase el valor de las reacciones en los apoyos (40%) en cada estructura. Además, dado el sistema de referencia para las coordenadas x e y en cada estructura, proporcione el valor de los esfuerzos (axil, cortante y flector) en cada uno de los puntos requeridos en cada estructura (60%).

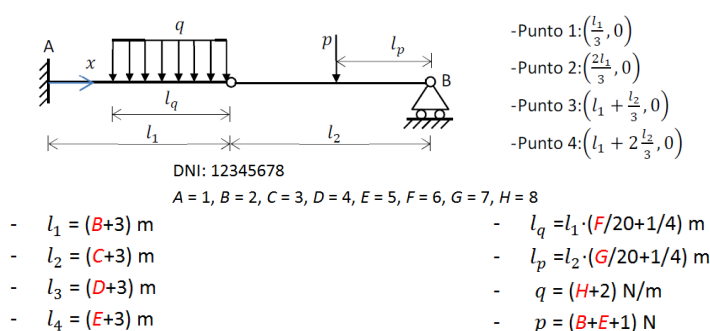


Figura 1. Distribución de la nota media en los boletines de problemas planteados sin y con Doctus

```
% - Reacciones en los apoyos [Fh Fv M]:
RA = [0 0 0];
RB = [0 0 0];
% - Esfuerzos en los puntos requeridos [N V M]:
% -- Punto 1 (l1/3,0)
EsfP1 = [0 0 0];
% -- Punto 2 (2*l1/3,0)
EsfP2 = [0 0 0];
% -- Punto 3 (l1+l2/3,0)
EsfP3 = [0 0 0];
% -- Punto 4 (l1+2*l2/3,0)
EsfP4 = [0 0 0];
```

Figura 2. Datos a introducir por el alumno en lenguaje Matlab para la resolución del problema mostrado en la Fig. 1

Una vez ejecutado el código del alumno y almacenados los valores de sus resultados en las variables adecuadas, se ejecuta el evaluador. El código empleado para evaluar los ejercicios de los alumnos consta de varias partes. Inicialmente es preciso cargar las cifras del DNI del alumno en las variables B, C, D, E, F, G , y H , y comprobar que los resultados han sido introducidos correctamente. Si el estudiante deja algún resultado de la plantilla sin rellenar, el evaluador le asigna valores muy altos para evitar que dicho resultado sea calificado como correcto casualmente, Fig. 3.

```
%% Comprobación introducción de resultados por parte
del alumno
if ~exist('RA','var')
    RA=[1e9 1e9 1e9];
elseif isempty(RA)
    RA=[1e9 1e9 1e9];
end
```

Figura 3. Ejemplo de las sentencias empleadas para comprobar que si un resultado, en este caso RA (los parámetros de reacción en el apoyo A de la estructura), ha sido eliminado de la plantilla o se ha dejado sin contestar. El evaluador asigna un valor muy elevado para evitar coincidencias con el resultado correcto.

A continuación, se calculan las variables auxiliares del problema que están parametrizadas según el DNI, Fig. 4. En el caso del ejemplo mostrado en la Fig. 1, las variables auxiliares son las longitudes de las barras, las posiciones de las cargas y sus magnitudes. Posteriormente se calculan los resultados correctos

correspondientes al DNI del alumno y se almacenan para poder ser comparados con la entrega del estudiante, Fig. 5 (las reacciones) y Fig. 6 (los esfuerzos en los puntos requeridos).

```
%% Cálculo de datos auxiliares
l1 = B+3; %En m
l2 = C+3; %En m
l3 = D+3; %En m
l4 = E+3; %En m
lq = l1*(F/20+1/4); %En m
lp = l2*(G/20+1/4); %En m
q = H+2; %En N/m
p = (B+E+1); %En N
```

Figura 4. Cálculo de variables auxiliares en el problema presentado en la Fig.1

```
% - Reacciones
RvA_c = q*lq+p*lp/l2;
RhA_c = 0;
MA_c = RvA_c*l1-q*lq^2/2;
RA_c = [RhA_c RvA_c MA_c];
RvB_c = p*(l2-lp)/l2;
RhB_c = 0;
MB_c = 0;
RB_c = [RhB_c RvB_c MB_c];
```

Figura 5. Cálculo de reacciones de la estructura del problema presentado en la Fig. 1

<pre>% - Esfuerzos en puntos solicitados % -- Punto 1 (l1/3,0) xP1 = l1/3; NP1 = 0; if xP1>l1-lq VP1 = -RvA_c+q*(xP1-(l1-lq)); MP1 = -MA_c-q*(xP1-(l1-lq))^2/2+RvA_c*xP1; else VP1 = -RvA_c; MP1 = -MA_c+RvA_c*xP1; end EsfP1_c = [NP1 VP1 MP1]; % -- Punto 2 (2*l1/3,0) xP2 = 2*l1/3; NP2 = 0; if xP2>l1-lq VP2 = -RvA_c+q*(xP2-(l1-lq)); MP2 = -MA_c-q*(xP2-(l1-lq))^2/2+RvA_c*xP2; else VP2 = -RvA_c; MP2 = -MA_c+RvA_c*xP2; end EsfP2_c = [NP2 VP2 MP2];</pre>	<pre>% - Esfuerzos en puntos solicitados % -- Punto 3 (l1+l2/3,0) xP3 = l1+l2/3; NP3 = 0; if xP3>l1+l2-lp VP3 = RvB_c; MP3 = RvB_c*(l1+l2-xP3); else VP3 = RvB_c-p; MP3 = RvB_c*(l1+l2-xP3)-p*((l1+l2-lp)-xP3); end EsfP3_c = [NP3 VP3 MP3]; % -- Punto 4 (l1+2*l2/3,0) xP4 = l1+2*l2/3; NP4 = 0; if xP4>l1+l2-lp VP4 = RvB_c; MP4 = RvB_c*(l1+l2-xP4); else VP4 = RvB_c-p; MP4 = RvB_c*(l1+l2-xP4)-p*((l1+l2-lp)-xP4); end EsfP4_c = [NP4 VP4 MP4];</pre>
--	--

Figura 6. Cálculo de esfuerzos en los puntos requeridos en el problema mostrado en la Fig. 1

Una vez obtenidos los resultados correctos, la entrega del alumno puede ser evaluada y calificada comparándola con dichos resultados. En este ejemplo concreto, se admitía una desviación del 5% respecto del resultado correcto. La Fig. 7 muestra el bloque de código que califica los parámetros de las reacciones en el apoyo A de la estructura. Una vez asignada la *nota*, se añade un comentario de retroalimentación en caso de que alguno no se haya calculado correctamente.


```

nota = 0; epsilon = 0.05; comentarios = '';
% - Reacciones en los apoyos (40%)
Notareac1 = 0.4;
% A
NotareacA = 2/3;
error = abs(RA-RA_c);
comparacion = error <= epsilon*abs(RA_c);
nota = nota+Notareac1*NotareacA*sum(comparacion)/3;
if comparacion < 3
    comentarios = strcat(comentarios,sprintf('\nTienes mal algún parámetro de RA \n<br>'));
end

```

Figura 7. Bloque de código que califica los parámetros de la reacción en el apoyo A de la estructura de la Fig. 1

III.3 Reflexiones tras el empleo de Doctus

Una vez propuesto uno de los boletines que se diseñaron en Doctus, los alumnos tenían 2 semanas para realizar los ejercicios asignados. Se fijó una fecha intermedia para lanzar una evaluación en el sistema para que los estudiantes pudiesen tener una primera retroalimentación de los fallos que pudieran haber tenido, repasar sus resultados y entregarlos antes de la fecha límite para mejorar su nota. Se observó que a los pocos días de proponer el boletín, los alumnos insistían en que se lanzase una primera evaluación antes de la fecha intermedia prevista, demostrando una mayor implicación de los estudiantes en la realización de los problemas. Por otra parte, el uso de las tutorías para la resolución de dudas por parte de los alumnos también se vio incrementado, algo que presenta el interés creciente que los alumnos mostraron por la asignatura. Un resultado llamativo se puede desprender de la Fig. 8, donde se presenta la distribución de notas medias obtenidas, primero, en los boletines 1 a 4 (que no estuvieron basados en Doctus) y, después, en los boletines 5 y 6 (programados en Doctus). Se observa que cuando los ejercicios se entregaban manuscritos y sin parametrizar, todos los alumnos hacían entrega. Sin embargo, cuando se recurrió a Doctus con ejercicios personalizados, muchos alumnos que realmente no estaban siguiendo la asignatura no entregaron (se calificaba con 0) ante la imposibilidad de poder contar con la ayuda de otros compañeros que les pudieran facilitar los ejercicios resueltos. Otro dato significativo es que con la entrega de los ejercicios manuscritos, no hubo ningún alumno con calificación máxima (10), mientras que con Doctus, al poder hacer evaluaciones intermedias, hubo alumnos que insistieron en la resolución de los problemas hasta obtener la calificación máxima.

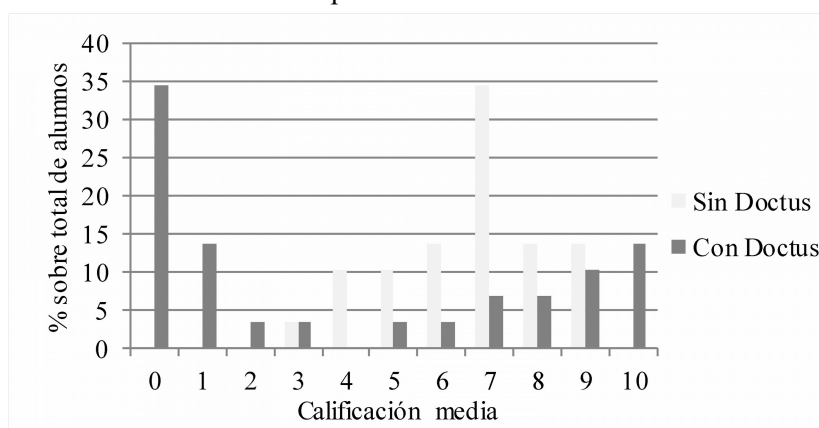


Figura 8. Distribución de la nota media en los boletines de problemas planteados sin y con Doctus

IV. Conclusiones

El empleo de boletines de problemas para su resolución por parte de los estudiantes en asignaturas de Ingeniería es una práctica que ha venido empleándose desde hace mucho tiempo. Sin embargo, al recibir poca o nula compensación en forma de calificación por evaluación continua, los alumnos dejan de lado la resolución de los problemas a medida que la asignatura desarrolla sus contenidos y tienden a resolverlos en fechas próximas al examen final de la asignatura cuando apenas pueden contar con el profesor para la resolución de dudas. Sin embargo, el proponer boletines de problemas calificados hace que el profesor se cargue de un trabajo muy voluminoso. Se ha presentado un sistema web que permite la asignación de problemas numéricos personalizados para cada alumno y su empleo en la asignatura de Resistencia de Materiales del Grado de Ingeniería Electromecánica en la Universidad Loyola Andalucía. El empleo de dicho sistema a la hora de asignar boletines de problemas calificados ha mostrado que la implicación real de los

alumnos en la asignatura crece, haciendo uso de las tutorías a lo largo de todo el periodo docente, reduciendo el riesgo de plagio entre los alumnos y descargando al profesor de una tarea muy consumidora de tiempo como puede ser el evaluar de manera detallada problemas entregados por los alumnos.

Referencias

- BERNAD, J.A. (2000). *Modelo cognitivo de evaluación educativa: escala de estrategias de aprendizaje contextualizado*. Madrid: Narcea.
- BURROWS, S.; GUREVYCH, I.; STEIN, B. (2015). The eras and trends of automatic short answer grading. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 25(1): 60-117.
- CANO-GARCÍA, M.E. (2008). La evaluación por competencias en la educación superior. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 12(3): 1-16.
- DELGADO GARCÍA, A.M.; OLIVER CUELLO, R. (2006). La evaluación continua en un nuevo escenario docente. *Revista de Universidad y Sociedad del conocimiento*, 3(1): 1-16.
- GÓMEZ-ESTERN, F.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, M.; MUÑOZ DE LA PEÑA, D. (2010). Sistema de Evaluación Automática Vía Web en Asignaturas Prácticas de Ingeniería. *Revista iberoamericana de automática e informática industrial*, 7(3): 111-119.
- GOOD, T.L.; BROPHY, J.E. (1996). *Psicología educativa contemporánea*. McGraw-Hill/Interamericana.
- LÓPEZ MOJARRO, M. (2001). *La evaluación del aprendizaje en el aula*. Edelvives.
- MATT, U. von. (1994). Kassandra: The Automatic Grading System. *ACM SIGCUE Outlook*, 22(1): 26-40.
- MUÑOZ DE LA PEÑA, A.; GONZÁLEZ-GÓMEZ, D.; MUÑOZ DE LA PEÑA, D.; GÓMEZ-ESTERN, F.; SÁNCHEZ SEQUEDO, M. (2013). Automatic Web-Based Grading System: Application in an Advanced Instrumental Analysis Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 90(3): 308-314.
- MUÑOZ DE LA PEÑA, D.; GÓMEZ-ESTERN, F.; DORMIDO, S. (2012). A new Internet tool for automatic evaluation in Control Systems and Programming. *Computers & Education*, 59(2): 535-550.
- SUWANWIWAT, H.; BLUMENSTEIN, M.; PAL, U. (2015). A complete automatic short answer assessment system with student identification. En: *Proceedings of the International Conference on Document Analysis and Recognition, ICDAR*. (pp. 611-615).

Kahoot!: herramienta docente para la evaluación continua

Diez-Mesa, Francisco⁽¹⁾; de Oña, Rocio⁽²⁾; de Oña, Juan⁽³⁾

(1) Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Granada, franmesa@ugr.es

(2) Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Granada, rociadona@ugr.es

(3) Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Granada, jdona@ugr.es

Resumen

Metodología para la evaluación continua del alumnado, utilizando “Kahoot!”, como herramienta de apoyo, que permite realizar cuestionarios online. Dicha metodología consta de tres etapas: 1) Desarrollo de una base de datos de dificultades de la asignatura; 2) Aplicación de “Kahoot!”; 3) Análisis de problemas persistentes. Por último se muestra la aplicación en una asignatura del Grado de Ingeniería Civil.

Palabras clave: Kahoot!; Evaluación Continua; Seguimiento Académico; Evaluación del trabajo en casa

I. Introducción

Actualmente, el sistema de evaluación de las Universidades Españolas, se encuentra regido por el Plan Bolonia, en el cual, la medida de aprendizaje está orientada a que se adquieran tanto los conocimientos teóricos, como las habilidades y capacidades generales y específicas de la carrera. Además, está basada en una nueva forma de enseñanza donde el alumno, como protagonista principal, posee una forma de estudio más autónoma, reflexiva, multidisciplinar, cooperativa y práctica, con el objetivo de formar profesionales críticos, creativos e independientes, capaces de resolver problemas y de continuar aprendiendo a lo largo de la vida.

En este contexto, todo el trabajo realizado por el alumno tanto en casa, como en la universidad o durante las prácticas, es fundamental para alcanzar los objetivos fijados en el título, de forma que se reconoce como créditos europeos, es evaluado de forma continua a lo largo del curso académico y, cada parte, cuenta una determinada proporción en la nota final. No obstante, el trabajo realizado fuera de la universidad, suele ser complicado de evaluar, ya sea porque las formas de realizar esta evaluación son “anticuadas” y no motivan lo suficiente al alumno a realizar dicho trabajo, o, porque realmente sea de gran complejidad la evaluación de la misma en determinadas asignaturas, por ejemplo, en aquella de alta carga teórica.

Este hecho, podría ser subsanado mediante la introducción de las nuevas tecnologías, las cuales, permiten compartir información en tiempo real y abren un abanico de posibilidades, en cuanto a herramientas concierne, para poder realizar dichas evaluaciones continuas. Ejemplo de ello, son las tutorías on-line, los diccionarios audiovisuales, las plataformas donde crear un documento de forma conjunta con participación del alumnado, etc.

En este trabajo, se va a exponer una metodología para la evaluación del trabajo realizado fuera de la universidad del alumno, así como de su seguimiento de la asignatura, mediante el uso de la plataforma interactiva “Kahoot!”. Dicha plataforma se trata de una reconocida aplicación web o herramienta interactiva que permite la programación y aplicación de cuestionarios, encuestas, discusiones, etc., a modo de juego de preguntas con tiempo de respuesta. Su facilidad y rapidez para introducir tus propias preguntas, crear diferentes formatos de encuestas, añadir vídeos, imágenes y/o diagramas, etc., hacen de ésta, una herramienta idónea para las evaluaciones de cualquier tipo de asignatura o clases (p.e., teóricas, prácticas, magistrales, etc.). Además, se puede tanto compartir tus propios formatos, como utilizar el de otros miembros de la comunidad de “Kahoot” de todo el mundo, participar en discusiones, recibir opiniones de mejora, valoraciones, etc.

Para mostrar el funcionamiento de esta metodología, se propone como ejemplo un caso real de aplicación para la evaluación continua del trabajo realizado fuera de la universidad, de la parte práctica de la asignatura “Sistemas de Transporte” del Grado en Ingeniería Civil, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Granada (UGR). Cabe destacar que, aunque la aplicación se ha llevado a cabo para evaluar la parte práctica de una asignatura de la rama de Ingeniería, esta metodología es totalmente compatible y aplicable a cualquier otra tipología de asignatura de cualquier rama (p.e., Medicina, Informática, Sociología, etc.).

II. Objetivos

En este trabajo se pretende mostrar una metodología, aplicable a cualquier ámbito de conocimiento, que ayude a realizar la evaluación continua de una asignatura, así como del trabajo realizado fuera de la Universidad y del seguimiento del alumno de la misma. Los objetivos específicos de este trabajo son:

- Solventar el hándicap, en determinados casos, de la evaluación del trabajo realizado fuera de la Universidad y del seguimiento del alumno de una asignatura.
- Proponer una metodología fácil, intuitiva, rápida y económica para el docente en sus tareas, que no le demande gran parte de su tiempo.
- Aplicar una herramienta interactiva que capte y fomente el interés en las clases mediante la competencia directa, así como demande el trabajo del alumno fuera de la Universidad.
- Mejorar la forma de detección, así como solventar, las principales dificultades que el alumno puede encontrar a la hora de estudiar una determinada asignatura y pueda comprender los conceptos necesarios para su superación y adquisición de sus competencias.
- Creación y actualización cada año, de una base de datos con las principales dificultades del alumno, que sirva, tanto para la autocrítica y mejora del docente, así como para ayudar en su refuerzo y comprensión al alumno.
- Fomentar el espíritu de superación y de aprendizaje del alumnado mediante la aplicación de “Kahoot!”, la cual es capaz de cumplir esta tarea, gracias a su configuración tipo “juego de preguntas” con tiempo de respuesta.

III. Metodología

La metodología propuesta en este trabajo, está basada en tres etapas:

- 1) Creación y actualización de una base de datos con los aspectos más interesantes y/o complejos. En esta etapa, el docente debe identificar las carencias o puntos de mayor dificultad de las clases impartidas, bien mediante las dudas que surjan en clase, bien mediante problemas propuestos y su corrección. De esta forma, aquellos aspectos más repetitivos o interesantes, de cara a la comprensión de la materia, serán almacenados en una base de datos, la cual, el docente deberá ir desarrollando, actualizando y completando con el transcurso de las clases y los años.
Como se observa, es compromiso de este último que dicha base sea actualizada y completada, año a año, con los diferentes problemas o puntos de mayor dificultad que él mismo vaya identificando en sus diferentes clases. Sirviendo, no solo como base para la programación de las preguntas en “Kahoot!”, si no como una referencia de autoevaluación y mejora de la explicación de esos aspectos en sus clases (p.e., enfocar desde otra perspectiva la explicación, resaltar el aspecto como muy importante, realizar más ejemplos sobre un concepto, etc.). De esta forma, se asegura una mejora en la calidad de sus clases, solventando los puntos conflictivos generales de la asignatura y corrigiendo las carencias específicas de cada curso académico.
- 2) Aplicación de la herramienta “Kahoot!”. Dicha etapa, trata simplemente de la configuración del cuestionario, o dicho en otras palabras, de introducir las diferentes preguntas que se observen oportunas para poder evaluar el conocimiento del alumno sobre cada tema visto en clase, su trabajo realizado fuera de la Universidad y poder así llevar un seguimiento del mismo. Posteriormente, cuando el docente considere oportuno, se realizará dicho cuestionario o “juego” en clase.
- 3) Análisis de los resultados e identificación de los aspectos problemáticos o confusos. En esta etapa, el docente analizará los resultados conseguidos en “Kahoot!”, a través de los cuales, se podrá identificar qué puntos siguen siendo problemáticos o confusos y para lo que se deberá pensar en medidas para su corrección (p.e., clase de dudas, de repaso, etc.).

Por tanto, de este modo, se vuelve a alimentar la base de datos de la primera etapa y, junto al hecho de que esta metodología puede ser aplicada cada cierta periodicidad (p.e., cada mes, cada 15 días, cada dos meses, etc.) o tras alcanzar determinados hitos (p.e., impartición hasta un número determinado de temas, tras la realización de determinadas prácticas, etc.), se cierra el ciclo de evaluación del alumnado, todo en forma de círculo vicioso, de autocorrección y mejora (Fig.1).



Figura 1. Ciclo de evaluación del alumnado.

IV. Descripción de “Kahoot!”

La plataforma “Kahoot!” se trata de una herramienta interactiva o aplicación web, que puede ser definida como “juego de preguntas con tiempo de respuesta”, las cuales, han sido previamente, o de forma improvisada, programadas (Byrne, 2013; Cross, 2014; Kahoot!, 2014; Dellos, 2015; Thomas, 2014). Dicha plataforma es de acceso libre y gratuito, y los estudiantes pueden acceder a la misma utilizando cualquier medio electrónico con acceso rápido a internet (p.e., Portátiles, Smartphone, Tablet, etc.) sin necesidad de estar registrados (Byrne, 2013). Únicamente, deberán introducir un código, vinculado al cuestionario o prueba programada en “Kahoot!” para dicha ocasión, y que es proporcionado por el docente, el cual sí deberá estar registrado (Thomas, 2014). La creación y programación de dicho “juego” es rápida y fácil, permitiendo la introducción de preguntas, material audiovisual, imágenes, etc., que se consideren oportunas.

“Kahoot!” permite crear además de cuestionarios, encuestas y/o discusiones, las cuales, constan de una estructura muy parecida entre sí y sencillas de programar. En este trabajo, se presenta la tipología de cuestionario.

El primer paso, es que el docente se registre y seleccione la opción de crear un cuestionario, al cual, se le deberá otorgar un nombre identificativo (p.e., Cuestionario_Grado_Ingeniería_Civil). A continuación, aparece la pantalla donde introducir las preguntas (Fig.2), así como cualquier otro material adicional (imágenes, vídeos, audios y/o diagramas) a través de un interfaz muy intuitivo.

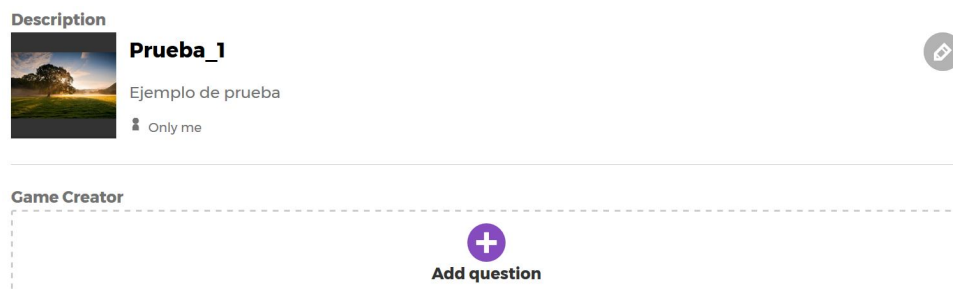


Figura 2. Pantalla inicial de creación de cuestionario en “Kahoot!”.

Las características mínimas a introducir para configurar una pregunta son (Fig.3):

- La pregunta en sí misma (Hasta 80 caracteres).
- Hasta 4 posibles respuestas, siendo necesario identificar la correcta (Hasta 60 caracteres cada una).
- Tiempo de respuesta disponible para responder cada pregunta.
- Habilidad de pregunta con puntuación, o no.

Y de forma opcional: Imágenes, vídeos, audios, diagramas, etc. El docente, podrá introducir tantas preguntas como desee.

Question (required)

EJEMPLO. ¿Quien es el mejor equipo de fútbol de España?

Time limit: 20 sec

Award points: YES

Media:  Remove Replace

Answer 1 (required): Real Madrid ✓

Answer 2 (required): Betis ✓

Answer 3: Barcelona ✓

Answer 4: Granada ✓

Credit resources

Figura 3. Ejemplo de introducción de una pregunta en “Kahoot!”.

Se debe resaltar que “Kahoot!” permite la introducción de videos de YouTube mediante la introducción de la dirección de la URL en el lugar requerido para la dirección ID de las páginas web. Además, introduciendo el tiempo exacto en segundos se puede reproducir solo la porción de video deseado (Dellos, 2015).

Finalizada la programación, el docente debe guardar el cuestionario. “Kahoot!” ofrece más opciones sobre el mismo, como por ejemplo, introducir una imagen o vídeo de presentación del cuestionario, que se reproducirá previo a su comienzo mientras los estudiantes introducen su nombre y el código (PIN) para acceder al cuestionario, descripción del cuestionario así como indicar su dificultad, etc. Además, proporciona una URL para compartirlo vía Facebook, Twitter, Pinterest, Google+ o e-mail, así como de compartirlo en la propia comunidad que hay creada en “Kahoot!”.

La forma de proceder en clase con dicha aplicación web, sería la siguiente: En primer lugar, el docente debe proyectar sobre una pantalla visible (p.e., pizarras electrónicas, cañón audiovisual, proyección, etc.) para toda la clase el contenido de su ordenador. De esta forma se mostraran las preguntas a todos los alumnos. Se debe conectar a la plataforma de “Kahoot!” y elegir el cuestionario que se desea aplicar, el cual, al picar sobre él, proporcionará un código (PIN) que deberá ser introducido por los alumnos desde donde se hayan conectado a la plataforma, introduciendo, además, un identificador de los mismos (p.e., Nombre, Apellido, DNI, apodo, etc.) (Fig.4).

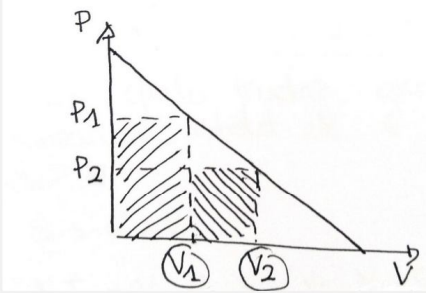


Figura 4. Ejemplo de código de ingreso y lista de alumnos ya conectados al cuestionario.

Una vez el docente haya comprobado que todos los miembros de la clase se han conectado, dará comienzo el cuestionario o “juego”. En la pantalla donde el docente se haya conectado, irán apareciendo las preguntas con sus imágenes y respuestas, cada una, de un color distinto. Por su parte, el alumno verá en su dispositivo la representación de cuatro botones de colores, asociados a cada respuesta según el color que aparezca en la pantalla proyectada. De esta forma, seleccionará pulsando la respuesta que considere oportuna (Fig.5) El papel del docente en este momento se ceñirá a la supervisión y buen hacer del juego.

Si en discriminación de precios se introduce una subvención por viajero transportado, ésta será

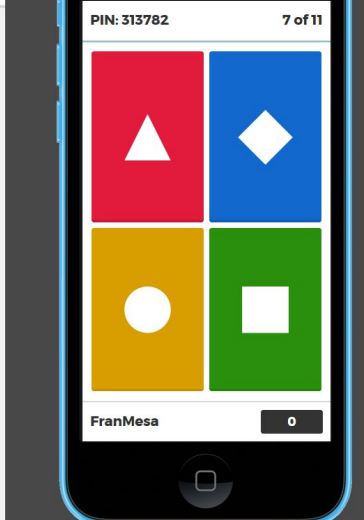
14



Skip

0

Answers



▲

Si la subvención es 0,50€ por viajero: $S = 0,50 \times V_2$

◆

Si la subvención es 0,20€ por viajero: $S = 0,20 \times (V_2 + V_1)$

●

Si la subvención es 0,30€ por viajero: $S = 0,20 \times V_1$

■

Si la subvención es 0,10€ por viajero: $S = 0,10 \times (V_2 - V_1)$

Figura 5. Ejemplo pantalla con pregunta y Smartphone del alumno en "Kahoot!".

Finalizada la respuesta por parte de todos los alumnos o el tiempo disponible asignado por el docente a esa pregunta, se mostrará en pantalla la respuesta correcta y se pausará el cuestionario, de forma que el docente tendrá tiempo para realizar las aclaraciones oportunas sobre la pregunta y su respuesta. Este hecho permite, no solo evaluar, si no también explicar. Tras dicho paso, el docente pasará a una pantalla donde se mostrará el ranking de los alumnos hasta el momento, el cual se construye pregunta a pregunta, y está basado en el acierto o no de la respuesta y en el tiempo que se ha dedicado a responder. De esta forma, los que respondan correctamente y en el menor tiempo posible obtendrán la mayor puntuación, que se irá acumulando hasta el final. De forma individual, los estudiantes recibirán en su dispositivo la posición ocupada en el ranking (Thomas, 2014) (Fig.6). El ganador será el que mayor número de respuestas correctas haya acertado y utilizando el menor tiempo posible para cada una.

Si en discriminación de precios se introduce una subvención por viajero transportado, ésta será

✓0

▲

0

◆

0

●

0

■

Show media 📺

End Game

Next

▲

Si la subvención es 0,50€ por viajero: $S = 0,50 \times V_2$ ✓

◆

Si la subvención es 0,20€ por viajero: $S = 0,20 \times (V_2 + V_1)$

●

Si la subvención es 0,30€ por viajero: $S = 0,20 \times V_1$

■

Si la subvención es 0,10€ por viajero: $S = 0,10 \times (V_2 - V_1)$

Figura 6. Ejemplo de resolución de preguntas en "Kahoot!".

Como se puede apreciar, la facilidad y rapidez de acceso a la plataforma "Kahoot!" beneficia tanto a estudiantes como a docentes, ya que fomenta la atención y espíritu de superación mediante una forma nueva, alejada de los viejos métodos. Y, además, permite la recogida de los datos y su revisión en una hoja Excel de fácil entendimiento y utilización para los docentes.

247

V. Caso práctico

Esta metodología fue aplicada durante el curso 2016-2017 en el grado de Ingeniería Civil, concretamente en la asignatura Sistemas de Transporte de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Granada (UGR). Dicha asignatura, con 38 alumnos matriculados, tiene dos partes bien diferenciadas, una teórica y otra práctica, siendo esta última el ámbito donde se aplicó la metodología. Es necesario resaltar que en las clases prácticas se impartieron 5 tipologías diferentes de problemas.

El primer paso, fue la creación de una base de datos con preguntas que abarcaban los aspectos más interesantes y/o complejos de cada tipología de problema. Para dicha identificación, además de los aspectos que el docente identificó como claves para el buen entendimiento y resolución de estos problemas, se tuvieron en cuenta las dudas de los alumnos, así como, se propusieron ejercicios para entregar en la clase siguiente, los cuales, serían corregidos y devueltos por el docente. De esta forma, se hacía un proceso de evaluación continua del alumno y de identificación de problemas mucho más preciso.

Creada esta base y entregados los ejercicios corregidos por parte del docente, se pasó al segundo paso de dicha metodología. Este fue la programación de “Kahoot!” y su aplicación durante las clases. Para ello, se avisó a los alumnos el día de antes que llevaran a la siguiente clase algún aparato electrónico con acceso rápido a internet, sin mencionar el propósito. De esta forma, nos asegurábamos que no se iba a proceder a realizar un estudio intenso durante la misma noche por parte de los alumnos y los resultados reflejarían el verdadero seguimiento de los alumnos.

Todos los alumnos que asistieron a clase el día de aplicación de “Kahoot!” tenían dispositivo con acceso rápido a internet. No hubo por tanto problemas de conexión o falta de acceso. Para realizar dicho cuestionario se dejó cualquier tipo de material que el alumno considerase oportuno. El cuestionario constaba de 11 preguntas (1 pregunta explicativa del proceso y 2 sobre cada una de las tipologías de problemas, con tiempos de respuesta de 20 segundos. El máximo de puntuación alcanzable era de 10.000 puntos y entre pregunta y pregunta se fueron explicando las respuestas correctas en cada caso. De esta forma se conseguía el objetivo de que fuera tanto una evaluación continua como una clase de repaso y dudas.

Se destaca que la mayoría de los alumnos mostraron su euforia durante el juego, creándose ese ambiente de competencia por ganar.

Tras la prueba, el docente preguntó por la opinión al respecto de la prueba, habiendo consenso en que era muy divertida y había sido bastante didáctica.

VI. Conclusiones

La metodología presentada permite la evaluación continua del seguimiento de una asignatura, por parte del alumnado, así como del trabajo realizado fuera de la Universidad. El uso de la plataforma “Kahoot!”, siendo extremadamente sencillo e intuitivo de programar y aplicar, ayuda en todo el proceso de evaluación y sirve como estímulo, mediante la competencia directa con el compañero, para mostrar más atención y realizar los pertinentes trabajos en casa. Además, esta metodología no está reñida a ser aplicada a ningún ámbito específico, si no que puede ser aplicado a cualquier rama de conocimiento. Para soportar dicha idea, en este trabajo se ha mostrado su eficacia y rendimiento con un caso práctico realizado en una asignatura del Grado de Ingeniería Civil, en la E.T.S.I de Caminos, Canales y Puertos, de la Universidad de Granada (UGR). Obteniendo grandes beneficios referidos a educación, mostrado por los alumnos, y facilidad de evaluación, mostrada por el docente.

References

- BYRNE, R. (2013). Free technology for teachers: Kahoot! – create quizzes and surveys your students can answer on any device. Retrieved September 14, 2017, from <http://www.freetch4teachers.com/2013/11/kahoot-create-quizzes-and-surveys-your.html#.VLnc78buzuU>
- CROSS, J. (2014). Introduction to Kahoot for your classroom assessment. Retrieved September 15, 2017, from <https://www.youtube.com/watch?v=PYfoRRtLXys>
- DELLOS, R. (2015). Kahoot! A digital game resource for learning. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 12(4), 49-52.
- KAHOOT! Game-based blended learning & classroom response system. (2014). Retrieved September 14, 2017, from <https://getkahoot.com>
- THORMAS, C. (2014). Kahoot! Retrieved September 14, 2017, from <https://www.graphite.org/website/kahoot>

Exámenes con corrección automática para la mejora de los sistemas de evaluación

Martínez-Castro, Alejandro E.

(1) Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica. Universidad de Granada, amcastro@ugr.es

Resumen

Se presenta un sistema de exámenes escritos basado en test de marcas con justificación de respuestas. La digitalización se basa en un escáner convencional, y en algoritmos de Visión por Computador. Los exámenes corregidos se envían a los alumnos de forma automática y personalizada. El sistema presenta importantes ventajas, tanto para el alumno como para el profesor.

Palabras clave: Exámenes, marcas, evaluación, visión por computador.

I. Introducción

En los sistemas docentes presenciales, la realización de pruebas escritas constituye un recurso fundamental que permite medir, de forma objetiva, los conocimientos y competencias adquiridos por el alumnado. Dentro de los sistemas de evaluación continua, y para garantizar el adecuado rendimiento del alumnado, el profesor debe, como tarea fundamental de la labor docente, elaborar un seguimiento individual y objetivo que permita al alumno conocer en todo momento su evolución. Esto permite incentivar el proceso de aprendizaje continuo, hasta llegar a superar los límites establecidos en la evaluación de competencias.

La elaboración de pruebas escritas presenta problemas cuando se realizan de forma tradicional exclusivamente: los tiempos requeridos para preparar las pruebas de evaluación, corregirlas, comunicar los resultados a los estudiantes, y revisar la corrección de las mismas, acaban haciendo inviable la posibilidad de realizar varias pruebas en un semestre. Es necesario por tanto un sistema que permita que el alumno tenga su corrección en un tiempo rápido, que reciba de forma individual la información detallada de la corrección de su prueba, y que pueda así modificar los conceptos mal adquiridos en aras a un aprendizaje continuo. Esto además permite generar una motivación positiva en el alcance de metas y logros (KOTSIANTIS, 2010).

Durante los últimos años se han desarrollado diferentes iniciativas que ayudan a reducir de forma significativa los tiempos de evaluación, corrección y comunicación. En general, los intentos llevados a cabo se han basado en exámenes con corrección automática basados en reconocimiento óptico de marcas (Optical Mark Recognition, OMR en lo que sigue). En estos casos, se requiere de un software y hardware específico, ajeno al profesor, para la corrección de las pruebas. El sistema es rígido, ya que sólo permite que el alumno escriba marcas a lápiz. Dentro de la Universidad de Granada, existe este servicio, el cual genera un coste adicional para los usuarios.

En los últimos años se han desarrollado alternativas a los sistemas clásicos de OMR, incorporando software de Visión por Computador, para la fase de reconocimiento de marcas impresas (QUEROL, 2014). La principal ventaja de estos sistemas es que no se necesitan dispositivos especializados en lectura de marcas. Estos sistemas pueden utilizarse con software libre, y con equipos disponibles en los departamentos (escáner multipáginas). Partiendo de exámenes de marcas escaneados, estos sistemas son capaces de reconocer las zonas marcadas y evaluar en base a unas reglas definidas por el usuario. El profesor puede diseñar directamente las pruebas, y plantear diferentes estrategias de verificación. Dentro de esta línea, aparece software libre, como SDAPS, QueXF, o Auto-Multiple-Choice.

En esta comunicación se presenta una experiencia llevada a cabo en diferentes asignaturas del departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, para las cuales, se ha utilizado la herramienta Auto-Multiple-Choice para generar un sistema de pruebas automáticas de evaluación. Se han desarrollado asimismo estrategias que permiten incorporar y evaluar partes escritas. El sistema se ha enriquecido con un conjunto de utilidades, basadas en Python, que permiten enviar el examen a cada estudiante, o proporcionarle su código de

identificación personal. La experiencia se ha llevado ya a cabo en dos cursos académicos, con gran satisfacción tanto para el profesorado como para el alumnado.

II. Metodología propuesta.

En esta experiencia llevada a cabo se han evaluado diferentes programas disponibles. Dentro de ellos, se ha elegido el software *Auto-Multiple-Choice* (AMC en lo que sigue). AMC ha sido desarrollado por Alexis Bienvenüe, y está disponible bajo licencia GPLv2+ para libre descarga y uso. Su instalación debe hacerse en sistema Linux (nativo o virtualizado desde Windows) Este código está disponible bajo sistema Linux. Sus características pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Reconocimiento del alumnado en base a un código de identificación personal.
- Posibilidad de realizar el documento en LaTeX.
- Admite diferentes tipos de preguntas, incluidas las preguntas de evaluación directa de partes escritas (preguntas abiertas), donde es el profesor el que marca una calificación tras la lectura de lo escrito por el alumno en zonas habilitadas.
- Posibilidad de generar preguntas diferentes para cada alumno, seleccionadas dentro de un banco de preguntas, clasificadas por categorías.
- Posibilidad de modificar el orden de las preguntas en cada examen, así como de barajar las posiciones de las respuestas.
- Los ejercicios se imprimen con anotaciones, para facilitar la revisión individual de cada examen.
- Generación de hoja de cálculo con resultados individualizados y estadísticas del grupo de evaluación.

Para poder implementar el sistema completo, ha sido necesario además desarrollar dos códigos propios, implementados en el lenguaje Python.

- Código encargado de comunicar a cada estudiante su código CID personal.
- Código encargado de enviar a cada estudiante su examen corregido.

El código AMC está planteado para que la respuesta se establezca en base a marcas que el alumno rellena con bolígrafo. El código incorpora diversas opciones para puntuar cada respuesta, e incluso de penalizar. No obstante, para algunas asignaturas, se ha valorado como necesario que las respuestas marcadas sean justificadas por parte del alumno, acercando así el tipo de examen a uno tradicional, donde el planteamiento de los problemas sea o pueda ser también tenido en cuenta. Esto puede ser un requisito totalmente opcional, a disposición del profesorado. Para esto, se han generado ventanas donde el alumno debe escribir, como ocurre con un examen tradicional, el razonamiento que le lleva a determinar la solución de las casillas marcadas. Esto hace que el profesorado tenga que revisar algunas de las preguntas, como paso previo al escaneo final de los ejercicios y marcas.

La implantación de este sistema requiere que el estudiante conozca y utilice durante el curso este sistema, en pruebas cortas, de menor peso académico. De esta forma, en pruebas de mayor relevancia, el estudiante conocerá perfectamente cómo funciona el sistema, y cómo debe enfocar estos exámenes.

A continuación se describen las diferentes etapas.

II.1 Comunicación del código de identificación personal al alumnado.

El primer paso consiste en asignar a cada estudiante un código de identificación personal (CID en lo que sigue). Por cuestiones prácticas, este código se ha planteado a partir del propio DNI del estudiante. Al principio de curso, el profesor deberá disponer de una lista con el nombre, apellidos, DNI y email de sus estudiantes. Para estudiantes extranjeros es necesario generar un código CID basado en el número disponible de identificación para ellos.

Para comunicar a cada estudiante su código CID, se ha desarrollado una herramienta basada en Python. El lenguaje Python permite, de forma muy sencilla, realizar tareas cotidianas y repetitivas. En este caso, el script utiliza las librerías *smtplib* y *email*. De forma sencilla, el script genera un mensaje personalizado para cada alumno, informándole de sus datos personales y asignándole su código CID. La Figura 1 muestra un ejemplo impreso, aportado por un estudiante en un examen, de correo tipo que recibe el estudiante.

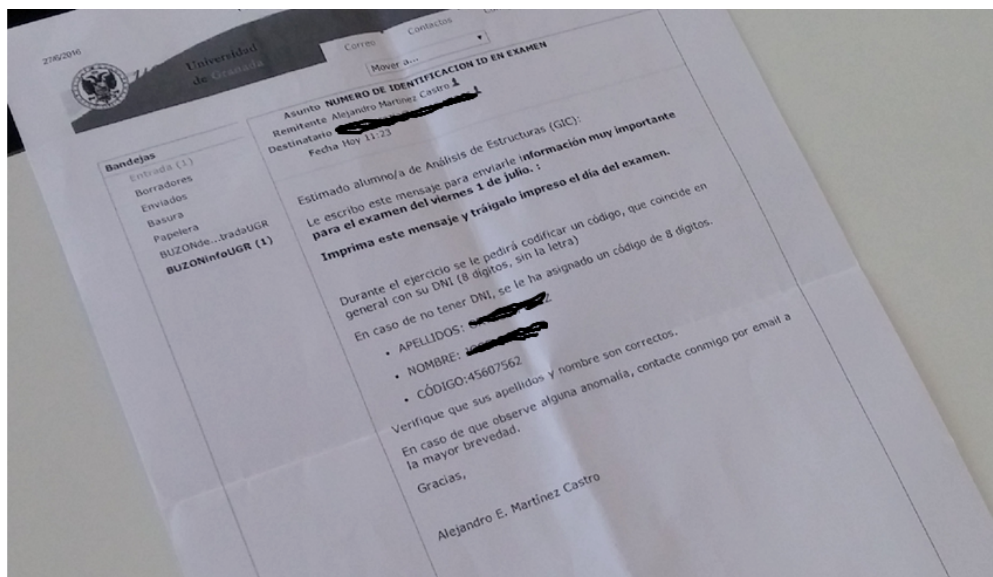


Figura 1: Ejemplo de correo personalizado enviado a estudiante informándole de su código de identificación personal

II.2 Preparación del examen.

La preparación del examen se realiza mediante un documento escrito en código LaTeX. Aunque AMC permite preparar los exámenes desde un fichero de texto, la preparación en código LaTeX permite un mayor control sobre las preguntas, así como activar otras ventajas conocidas de los documentos de LaTeX. Al instalar el código AMC, se instala un paquete de LaTeX, denominado *automultiplechoice*.

El programa principal requiere utilizar un entorno Linux. En general, se ha verificado sobre diferentes versiones de Ubuntu y Debian. Para Ubuntu, el paquete se instala de forma muy simple, ya que es oficialmente un paquete de la distribución (se instala con la utilidad *apt-get install*). La posibilidad de instalarlo en entorno Windows es posible, mediante una virtualización basada en Virtual Box de Oracle. Por tanto, no es una limitación que el entorno principal del equipo donde se esté trabajando esté en un sistema operativo diferente de Linux.

La documentación disponible en la página principal de AMC describe bien los diferentes tipos de preguntas. El propio programa aporta ejemplos donde se clarifican los sistemas de puntuación y las alternativas de tipos de preguntas. Dentro de los tipos de preguntas, cabe destacar algunos aspectos:

- El uso del paquete *fp* permite generar preguntas con respuesta numérica calculada, pero basada en números aleatorios. Este tipo de preguntas permiten presentar un problema para el cual, los datos de partida son diferentes para cada alumno, y la respuesta se obtiene mediante una fórmula que es programada.
- El uso de preguntas de respuesta simple o múltiple, con opciones de puntuación dependiente y diferenciada. Por ejemplo, es posible generar varias respuestas, y que la calificación de la pregunta dependa de qué respuestas se activen (llegándose en algún caso a la anulación total de la respuesta si el alumno marca alguna respuesta particularmente mal valorada).
- Preguntas abiertas. En este tipo de preguntas, se genera una escala de puntuaciones, y un espacio libre para que el alumno responda por escrito. En este caso, el alumno no marca sobre ninguna casilla, sino que es el profesor el que, tras leer lo que el alumno escribe, asigna la puntuación, marcando la casilla de la escala de puntuaciones.

Al elaborar el documento, se definen los bancos de preguntas, mediante etiquetas. En las últimas líneas, se define el examen-tipo, incluyéndose el número de copias que se generarán. El código genera copias individuales, todas ellas diferentes en cuanto a orden de preguntas, posiciones de respuestas, números aleatorios, etc. El control de cada examen es posible mediante un código binario escrito en la parte superior.

II.3 Impresión de los ejercicios individuales.

Los ejercicios individuales se deben imprimir en impresora. Deben imprimirse tantas copias como exámenes individuales se deseen generar. Se han realizado pruebas con exámenes a doble cara o a simple cara. Los mejores resultados se obtienen con exámenes a simple cara, aunque con la debida preparación, es posible diseñar exámenes a doble cara, evitando solapamientos en las zonas de marcas. La elección del formato de impresión depende en gran medida del tipo de impresora y escáner en el que se vaya a trabajar.

II.4 Desarrollo de las pruebas presenciales.

En el día de la prueba oficial, el alumno va a encontrar diferencias con los sistemas tradicionales. Por este motivo, se ha planteado en esta experiencia una implantación paulatina, realizándose pruebas cortas en clase (de 15 minutos), que permiten que el alumno se familiarice con este nuevo tipo de examen. Gracias a esto, se ha podido implementar este sistema en exámenes oficiales.

La realización de la prueba (Figura 2), se asemeja a una prueba tradicional, con las siguientes particularidades.

- Cada estudiante recibe todo el examen completo, o parte del examen. Típicamente, el estudiante recibe impreso un examen único, diferente del de todos sus compañeros, pero parecido en su temática y problemas planteados.
- El alumno sólo escribe su nombre una vez, aunque reciba varios folios. El resto de folios quedan ligados al primero a través de los códigos binarios que aparecen en la parte superior.
- El estudiante debe venir provisto de bolígrafo negro (o azul oscuro), y cinta correctora.
- El estudiante conoce su código CID, el cual debe marcar en la primera hoja.
- Para contestar a las preguntas, el estudiante debe trabajar en borrador (en hojas aparte), y transcribir la justificación de las respuestas, si así se le requiere. En otros casos se podrá optar, si se desea, por recoger los folios de justificación (aparte), o por penalizar respuestas negativas.
- Puesto que cada estudiante tiene un documento único, se observa que cada estudiante está concentrado en su trabajo, observándose menores incidencias en intentos de copia o fraude.

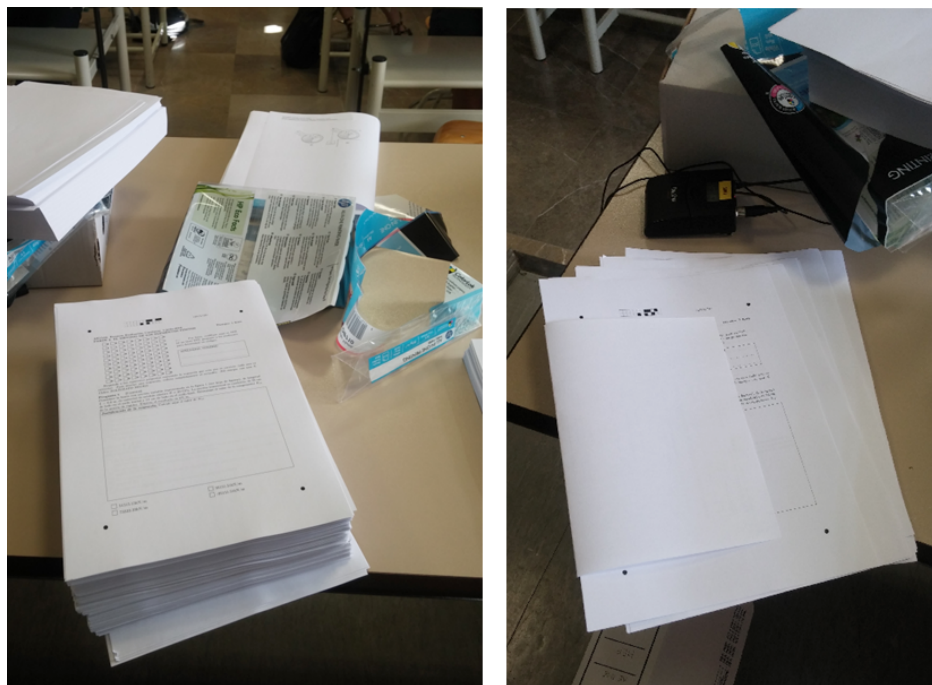


Figura 2: Grupo de exámenes impresos (izquierda) y examen individual para cada alumno

II.5 Corrección de las pruebas. Revisión del profesor.

Tras la realización del examen, el profesor debe revisar determinadas partes de los ejercicios, si así lo ha planteado. En el contexto de asignaturas de mecánica estructural, esta revisión afecta a las preguntas en las que se pide justificación expresa. En caso de encontrarse errores en la justificación, el profesor tiene dos mecanismos básicos para anular una pregunta: por un lado, puede marcar cualquier otra, en otro color (por

ejemplo, verde). De esta forma, el sistema lo va a interpretar como respuesta doble, y procederá a anularla. Otro recurso consiste en introducir una casilla especial, con un texto tipo “pregunta eliminada por el profesor”. Asimismo, en preguntas de tipo “abierto”, el profesor deberá marcar la nota asignada, en función de la evaluación de las partes escritas.

La intervención del profesor en fase de corrección es totalmente opcional, ya que el profesor puede optar por un examen de tipo test, en el cual no se revisan las preguntas, o no hay preguntas de tipo “abierto”. Por ejemplo, en una asignatura como *Puentes* del Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, se ha optado por realizar un test final de 20 preguntas (con penalización por respuestas incorrectas) que no requiere ningún tipo de revisión post-examen. En cambio, en *Análisis de Estructuras*, del Grado en Ingeniería Civil, sí se pide en ciertas partes que se obtenga la solución de un problema, y se justifique la respuesta.

II.6. Escaneo masivo de las pruebas.

La siguiente fase del sistema consiste en llevar los ejercicios a un escáner convencional, capaz de almacenar los exámenes en un documento de tipo *pdf*. El escaneo puede hacerse en bloques (varios ficheros) o en uno solo.

II.7. Corrección y preparación de pruebas corregidas.

La corrección de las pruebas se realiza dentro del software *Auto-Multiple-Choice*. El programa permite introducir uno o varios documentos *pdf*, y procede a corregir las pruebas. Una vez corregidas, se puede asignar un fichero de alumnos, para que el programa asigne cada examen con un alumno. El sistema es rápido y ágil. Para la asignación de estudiantes, el sistema permite utilizar el nombre escrito por el alumno para ayudar en la identificación de alumnos, en aquellos casos en los que se obtenga error de lectura del código CID.

Desde el programa AMC, se pueden exportar las calificaciones obtenidas en varios formatos: en un documento *pdf* único, o en una hoja de cálculo de Libre Office. En este último formato, el programa muestra de forma detallada qué respuestas dieron los estudiantes a las preguntas, destacando asimismo las que se dejaron en blanco, como aquellos alumnos que no asistieron a la prueba. Asimismo, se muestran estadísticas de respuestas, permitiendo así el profesor identificar qué preguntas fueron más complejas y cuáles tuvieron mayor porcentaje de respuestas correctas.

La hoja de cálculo resultante permite, a través de un identificador único, enlazar las calificaciones obtenidas con el resto de calificaciones del curso. En esta experiencia se ha utilizado el campo *email* para identificar a los estudiantes, ya que cuando estos resultados se quieren integrar en el sistema global de la asignatura, el código CID no necesariamente está presente en otros sistemas evaluadores (como los basados en Moodle).

El último paso de corrección lo establece también AMC. Consiste en la anotación detallada sobre el propio examen, generándose nuevos ficheros *pdf* que contienen el examen escaneado, y de forma detallada, el programa indica qué puntuación se ha obtenido en cada pregunta. Asimismo, el programa indica cuál era la respuesta correcta en cada caso.

II.8. Envío de pruebas corregidas a estudiantes.

Tras el paso anterior, se generan un conjunto de ficheros que pueden enviarse a los estudiantes. Mediante un script en Python, el sistema se encarga, de forma automática, de enviar a cada estudiante su examen corregido. El estudiante recibe un correo personal, con su prueba. De esta forma, el estudiante no sólo obtienen en un tiempo rápido el resultado de su prueba, sino que puede revisar de forma detallada cómo se ha corregido la misma. En este proceso, hay estudiantes que pueden encontrar algún error que deba subsanarse. Esto permite agilizar la revisión de los exámenes. En estas experiencias se ha observado que se reduce notoriamente el número de estudiantes que acude a revisión de examen.

IV. Conclusiones y aportaciones.

Se presenta un sistema de exámenes con corrección automática basado en software libre y el uso de un escáner de uso habitual en los departamentos. El sistema se ha implantado desde el curso 2015-2016 en diferentes asignaturas del área de Mecánica de Estructuras (*Análisis de Estructuras*, *Teoría de Estructuras*,

Mecánica, Análisis Avanzado de Estructuras, Puentes). Las principales ventajas del sistema se resumen en los siguientes puntos:

- Gran rapidez en las etapas de evaluación y difusión de los resultados. Prácticamente al día siguiente de realizarse un examen, pueden recibir los estudiantes las correcciones en su correo electrónico.
- Mayor confort para el profesorado en la etapa de corrección.
- Mayor objetividad de las pruebas. Las calificaciones se reparten entre más ítems que se evalúan de forma objetiva.
- El estudiante recibe en su correo electrónico su examen corregido. Esto es opcional, si el profesor así lo desea.
- Las pruebas quedan escaneadas en formato digital, pudiéndose almacenar durante décadas siempre que se disponga de espacio de almacenamiento. No es necesario conservarlas en papel.
- El sistema permite introducir varias pruebas intermedias, que pueden realizarse en clase, que pueden ayudar a evaluar el aprendizaje del alumno. Estas pruebas sirven también para que el alumno conozca el sistema de examen.
- Gran flexibilidad para el profesor en la elaboración de las pruebas, ya que, al ser un documento LaTeX, se tiene gran libertad para incluir figuras, efectos tipográficos, fórmulas matemáticas, etc. Este aspecto es muy importante en enseñanzas técnicas.
- Puesto que el examen de cada estudiante es único, se observa una mayor concentración del alumnado en el trabajo individual, evitándose intentos de fraude o copia en exámenes.
- La introducción (totalmente opcional) de ventanas de verificación permiten que el examen no pierda la necesidad de una lectura por parte del profesor, en determinadas preguntas. Se abandona así ciertas dificultades asociadas a los exámenes de tipo test, abriendo las puertas a un examen semi-automático, asistido por computador, pero que no pierde la esencia de exámenes con partes escritas.
- El software *Auto-Multiple-Choicek* es totalmente libre y gratuito.

Agradecimientos

Este sistema se ha implantado durante dos cursos académicos en asignaturas del área de Mecánica de Estructuras del departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica de la Universidad de Granada. Esto ha sido posible porque un equipo docente ha apostado por incorporar este tipo de exámenes en sus pruebas de evaluación. Las contribuciones de los profesores compañeros han permitido explorar nuevas vías de aplicación y particularización a las diferentes asignaturas. En este sentido son muy notorias las contribuciones de mis compañeros, Rafael Gallego Sevilla, María Esther Puertas García, Juan José Granados Romera, y Germán Rodríguez Salido. Ningún sistema de este tipo puede implantarse sin el apoyo del equipo docente de las asignaturas. Sirvan estas líneas para agradecerles su entusiasmo y apoyo desde el primer momento, y sus brillantes contribuciones.

Referencias

- KOTSIANTIS, S., PATRIARCHEAS, K. (2010). A combinational incremental ensemble of classifiers as a technique for predicting students' performance in distance education. *Knowledge-Based Systems*, 23, 529-535.
- QUEROL, E., PEREZ-BENEDITO, J.L., MEDIC, L.(2014). Aplicación del reconocimiento óptico de marcas en el proceso de evaluación continua. *IEEE-VAEP-RITA*, 2, 29-35.

Automatización de la generación de enunciados y de la evaluación en asignaturas de CAD en grados de ingeniería

Salmerón Medina, Francisco ^(1,3); Gómez-Estern, Fabio ⁽²⁾; Valderrama Gual, Francisco ⁽³⁾, Carbonell Márquez, Juan Francisco ⁽⁴⁾;

(1) Departamento de Ingeniería, Universidad Loyola Andalucía, fsalmeron@uloyola.es

(2) Departamento de Ingeniería, Universidad Loyola Andalucía, fgestern@uloyola.es

(3) Departamento de Ingeniería Gráfica, Universidad de Sevilla, fsalmeron@uloyola.es, fvg@us.es

(4) Departamento de Mecánica, Universidad de Córdoba, jcarbonell@uco.es,

Resumen

En este trabajo se presenta una tecnología innovadora para el apoyo a la docencia de asignaturas de CAD en ingeniería. Mediante una aplicación web de desarrollo propio denominada Doctus, los estudiantes resuelven problemas individualizados y evaluados automáticamente. En el caso de las asignaturas de CAD, una vez generado el modelo tridimensional por el alumno, la evaluación del trabajo se hace de manera completamente automática, mediante la verificación las características numéricas del sólido presentes en el modelo generado, como son la posición del centro de masas y los momentos de inercia. El sistema abarca el ciclo completo de diseño de enunciados y evaluación de resultados sin intervención del docente, que podrá concentrar su dedicación a facetas más abstractas como el apoyo al aprendizaje del alumno y el diseño de estrategias educativas eficientes. Además, este sistema posibilita la convergencia al aprendizaje basado en problemas en grupos de estudiantes de gran tamaño, donde la penetración de dichas metodologías sigue siendo baja en la actualidad.

Palabras clave

Evaluación Automática, Modelado 3D, Docencia en ingeniería, aplicaciones web, Solidworks.

I. Introducción

El interés por la tecnología aplicada a la innovación docente ha progresado significativamente en las últimas décadas. Dicho progreso ha sido acelerado por el desarrollo de las comunicaciones e Internet (véase un análisis en Borrego *et al* 2010). La plataforma web Doctus (Gómez-Estern *et al* 2010, Muñoz de la Peña *et al* 2012, Sánchez *et al* 2012) fue desarrollada por profesores de la Universidad Loyola Andalucía y la Universidad de Sevilla en 2007. Dicha plataforma estaba destinada inicialmente a evaluar los trabajos de programación de alumnos de primeros cursos de ingeniería, mediante la ejecución en el servidor de los programas entregados. En cursos numerosos, con más de 100 alumnos por grupo, esta herramienta supuso un paso notable desde un modelo de formación unidireccional, en el que los estudiantes solo tenían una oportunidad al cabo del cuatrimestre de ser evaluados, a un modelo donde la evaluación continua era determinante en el aprendizaje y la calificación del alumno, facilitando la cultura de *aprender haciendo*, necesaria en asignaturas de carácter tan práctico como la programación de ordenadores. En cursos posteriores, el uso de la herramienta Doctus se extendió a otro tipo de materias: Matemáticas, Ingeniería Mecánica, Química, Organización Industrial, Electricidad y Electrónica, Regulación Automática, Robótica, etc.

Casi todas las materias mencionadas tenían un denominador común: gran parte de su actividad práctica consistía en hacer cálculos, para los que había una serie de parámetros numéricos de entrada que concretaban el planteamiento de los problemas a resolver, y una serie de parámetros de salida que el alumno obtenía como resultado de sus cálculos. Bajo esta sencilla premisa, el sistema Doctus puede recoger esta información numérica a través de un sistema de entrega universal que permite una flexibilidad casi total en el formato, y admite un paradigma de evaluación de los resultados también universal, ya que no exige que las soluciones sean *numéricamente correctas*, sino *funcionalmente válidas*. Por ejemplo, para validar las soluciones de los ejercicios relativos a una disciplina como la robótica, el sistema podría lanzar simulaciones de uno o múltiples robots con parámetros especializados para cada alumno, y verificar, en dicho entorno simulado, si las respuestas del alumno codificadas como valores numéricos, eran válidas y/o eficientes.

La universalidad del interfaz de entrada y del método de evaluación empleado se deben a que Doctus presenta una metodología de trabajo *programática* en la interacción con el usuario. Esto quiere decir que los estudiantes entregan el resultado de su trabajo en forma de líneas de código fuente de un lenguaje de programación de ordenadores, generalmente MATLAB. Por ejemplo, si el estudiante tiene que proporcionar

un valor X, la respuesta sería en modo texto, a través del navegador, una vez identificado el alumno y el ejercicio, y tendría una sintaxis del tipo “X=10;”. Si en lugar de proporcionar un valor, el alumno entregará 100 valores distintos, el interfaz no cambiaría, solo habría que añadir líneas de código con distintos nombres de variables.

El interfaz del profesor en Doctus es también universal y programático, es decir, admite la sintaxis de un lenguaje de programación, y lo que entrega el docente es efectivamente un programa de ordenador. El instructor, para evaluar el trabajo del alumno, debe desarrollar un algoritmo que identifique los parámetros personalizados del estudiante (basados en su DNI, disponible en la base de datos), acceda a los valores entregados como respuesta a al ejercicio, y calcule, mediante instrucciones, bucles, cálculos y simulaciones, la nota correspondiente a dicha respuesta. Más que un mecanismo de evaluación automática, Doctus ofrece un *sandbox* para la programación de mecanismos de evaluación automática, donde el principio de funcionamiento consiste en ejecutar, en secuencia, el código fuente entregado por el alumno, y después el código entregado por el profesor. La ejecución secuencial permite que el código del profesor acceda a las variables creadas por el alumno (‘X’ en el ejemplo), opere con ellas con la libertad que otorga un entorno de programación –MATLAB, u otras opciones–, calcule la calificación numérica, y genere un informe textual automatizado con detalles orientativos para el alumno respecto a su desempeño.

Además, la plataforma ofrece numerosas utilidades auxiliares, como filtros de sintaxis y de código maligno, plantillas de ayuda a la entrega del alumno, automatización de la generación de enunciados personalizados, evaluación competitiva, conexión con laboratorios virtuales y remotos (G. Farias *et al*, 2012), etc. El uso de la plataforma Doctus ha dado lugar a numerosas publicaciones, seminarios, premios y tesis doctorales, pero su característica más significativa es la extensión de su uso –más de 100.000 pruebas evaluadas– y la disponibilidad como código abierto.

II. Evaluación no paramétrica en Doctus

En la introducción se ha descrito el sistema Doctus como una herramienta de evaluación paramétrica, es decir, los ejercicios tienen una naturaleza numérica: tienen parámetros de entrada (dependientes del DNI) y parámetros de salida (soluciones). ¿Qué sucede en asignaturas donde el producto del trabajo del alumno no conduce a una serie de valores numéricos? En principio, no cabría este tipo de ejercicios en Doctus. Pero antes de descartar esta opción, podemos identificar una serie de actividades no paramétricas comunes en escuelas de ingeniería y facultades de ciencias: 1) Elaboración de textos y presentaciones, 2) Actividades grupales y orales, 3) Trabajo de laboratorio y de campo, 4) Trabajo con aplicaciones informáticas, 5) Trabajo con simuladores y 6) Trabajo con herramientas de CAD/CAM.

Tras una mirada más detenida, observamos que estas categorías son también susceptibles de evaluar automáticamente en Doctus. Concretamente, los puntos 3, 4 y 5 de dicha lista han sido objeto de experiencias previas con alumnos y sus resultados han sido publicados. A modo de ejemplo, el trabajo de alumnos con simuladores industriales en asignaturas de diseño autómatas de control, ha sido integrado en Doctus, en un trabajo publicado en (Sánchez del Pozo *et al*, 2013), donde se desarrolló un motor que registraba los eventos generados en la simulación del sistema automatizado, se codificaban en variables numéricas, y finalmente se evaluaban como medida del rendimiento del autómata. En cuanto a las tareas de laboratorio, varias publicaciones (G. Farias, *et al* 2012, Gomez-Estern *et al* 2014) acreditan el uso de Doctus en distintos entornos, llegando a evaluar las medidas obtenidas por los estudiantes en una asignatura de Química Inorgánica de la Universidad de Extremadura, donde se evaluaba la coherencia de los datos obtenidos (concentración de reactivos a lo largo del tiempo) y de las rectas de regresión calculadas a partir de ellos.

El caso de herramientas de CAD, sin embargo, es totalmente novedoso, y apenas ha sido abordado en la literatura. Cuando el producto del trabajo del estudiante es un modelo de CAD (2D o 3D), hay un amplio consenso en que la tarea de evaluación recae íntegramente en el docente. Pero si analizamos las tareas del mismo a la hora diseñar una actividad de CAD evaluada, identificamos los siguientes pasos:

Tarea	Carga cognitiva	Habilidad interpersonal requerida	Tiempo relativo estimado	Posibilidad de automatización
1. Diseñar la geometría objetivo, en función de los resultados de aprendizaje esperados, es decir de las operaciones (informáticas, perceptivas o cognitivas) que se considera de el alumno debe dominar.	Alta	Baja	15%	Baja
2. Diseñar el enunciado del ejercicio y presentarlo de manera objetiva y clara, con información de cotas y otras relaciones espaciales.	Media	Baja	10%	Alta
3. Establecer el marco de trabajo: funcionamiento en grupo, plazos, herramientas.	Alta	Baja	10%	
4. Establecer las garantías de fiabilidad en la calificación: mecanismos de control de plagio.	Depende del método	Baja	5%	Alta
5. Asistir al alumno en el desarrollo del trabajo.	Alta	Alta	20%	Baja
6. Analizar visualmente la geometría entregada: grado de terminación del trabajo, estructura general de la pieza.	Alta	Baja	10%	Baja (transferible a tarea 7)
7. Analizar numéricamente la ejecución del trabajo: obtención de cotas, medición de distancias, ángulos y radios, empleando las utilidades de la herramienta de CAD.	Baja	Baja	20%	Alta
8. Realizar un informe de deficiencias y recomendaciones.	Media	Baja	10%	Media

Tabla 1. Tareas relativas a la evaluación de modelos CAD

De estos aspectos, observamos que las tareas 1, 3, 5, 6 y 8 son puramente humanas, con una alta carga cognitiva. Mediante Doctus, pretendemos abarcar los aspectos 2, 4 y 7. Además, observamos que la tarea 7, bien desarrollada, puede reducir considerablemente el peso de la 6 y la 8, ya que una revisión exhaustiva de los parámetros medibles de la pieza entregada puede otorgar una medida muy exacta de la calidad del trabajo, y al mismo tiempo puede generar información muy útil para que el alumno corrija sus errores (lo cual sirve de apoyo a la tarea 4). En consecuencia, nos planteamos la posibilidad de que el docente se centre principalmente en las tareas 1, 3 y 5, las de más valor cognitivo e interpersonal.

Con esta idea, hemos desarrollado mecanismos para la generación automática de enunciados personalizados (tareas 2, 4), en forma de perspectivas de piezas personalizadas para cada alumno, y para la evaluación automática de los modelos 3D desarrollados (tarea 7), basada en propiedades de los sólidos modelados. Los detalles de dichos mecanismos se presentan a continuación.

III. Generación automática de enunciados personalizados

El proceso seguido para la generación automática de enunciados personalizados en una asignatura de CAD pasaremos a descomponerlo en los siguientes pasos (que se ilustrarán mediante un ejemplo real):

1. El docente prepara un modelo de un sólido tridimensional ayudándose un programa de CAD. En nuestro caso utilizaremos SolidWorks ® desarrollado por la compañía Dassault Systemes (podríamos haber usado otros como SolidEdge, Siemens NX, Catia, etc.)

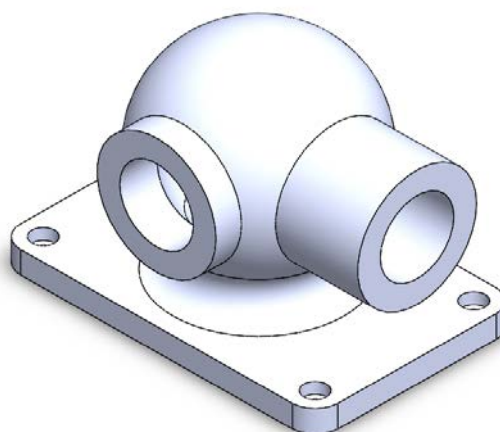


Figura 1. Modelo tridimensional de ejemplo

2. Las dimensiones de dicho sólido tridimensional son parametrizadas -como se puede ver en la Figura 2, mediante fórmulas sencillas, haciéndolas depender –en el ejemplo- de 4 parámetros fundamentales D1, D2, D3 y D4. Las variables independientes de estos parámetros, son –como se pueden observar en la Figura 2- tales como el número de repeticiones en una matriz rectangular/circular, los grados de rotación para la generación de una revolución alrededor de un eje, etc.

Nombre	Valor/Ecuación	Equivalencia	Comentarios
Variables globales			
"D1"	= 112	112	
"D2"	= 72	72	
"D3"	= 42	42	
"D4"	= 8	8	
Agregar variable global			
Operaciones			
Agregar supresión de operación			
Cotas			
D1@Croquis1	= "D2"	72mm	
D2@Croquis1	= "D1"	112mm	
D1@Saliente-Extruir1	= "D4"	8mm	
D1@Croquis2	= "D2" * 0.95 / 2	34.2mm	
D2@Croquis2	= "D4"	8mm	
D3@Croquis2	= "D2" * 1.05 / 2	37.8mm	
D1@Revolución1	360	360°	
D1@Redondeo3	= "D4"	8mm	
D1@Croquis4	= "D3"	42mm	

Figura 2. Ejemplo de parametrización

3. Dichos parámetros fundamentales, a su vez, han sido limitados para que el sólido siga siendo congruente para cada una de las posibles combinaciones de variables. Para ello, se usa un mecanismo de interpolación entre los valores mínimos y máximos posibles para los parámetros de la geometría. Los valores interpolados son calculados a partir de los dígitos (en esta ocasión seleccionados de dos en dos) del DNI de cada alumno.

```

Const D1 As String = "D1"
Const D2 As String = "D2"
Const D3 As String = "D3"
Const D4 As String = "D4"

v_ord(0) = Math.Round(((130 - 110) / (99 - 0)) * (v_ord(0) - 0) + 110)
v_ord(1) = Math.Round(((90 - 70) / (99 - 0)) * (v_ord(1) - 0) + 70)
v_ord(2) = Math.Round(((60 - 40) / (99 - 0)) * (v_ord(2) - 0) + 40)
v_ord(3) = Math.Round(((12 - 8) / (99 - 0)) * (v_ord(3) - 0) + 8)

```

Figura 3. Ejemplo de limitación de variables

4. Mediante una macro (programada en Visual Basic for Applications, VBA) y usando una tabla en la que disponemos de los DNIs de todos los alumnos, relacionamos valores de dígitos de los DNIs con los parámetros que hemos generado en el modelo de SolidWorks. De esta forma, y de manera iterativa, somos capaces de generar un enunciado particularizado para cada alumno (en formato PDF), en el que la geometría es similar para todos, pero cambiando la totalidad de sus dimensiones de un enunciado a otro.
5. Estos dichos PDFs pueden ser generados como PDF plano o PDF3d, formato que permite mover, rotar, escalar o medir (entre otras cosas) sobre el mismo enunciado y sin necesidad de software adicional. Por tanto, el alumno puede observar el enunciado como si tuviera una pieza sólida entre las manos. Sobre este PDF se encuentran las cotas necesarias para poder modelar la pieza sin problemas, no obstante, la posibilidad de medir sobre la misma abre un abanico de posibilidades al alumno en la elección de las cotas para evolucionar en el proceso de modelado. Los enunciados quedan aproximadamente de la forma mostrada en la Figura 4.

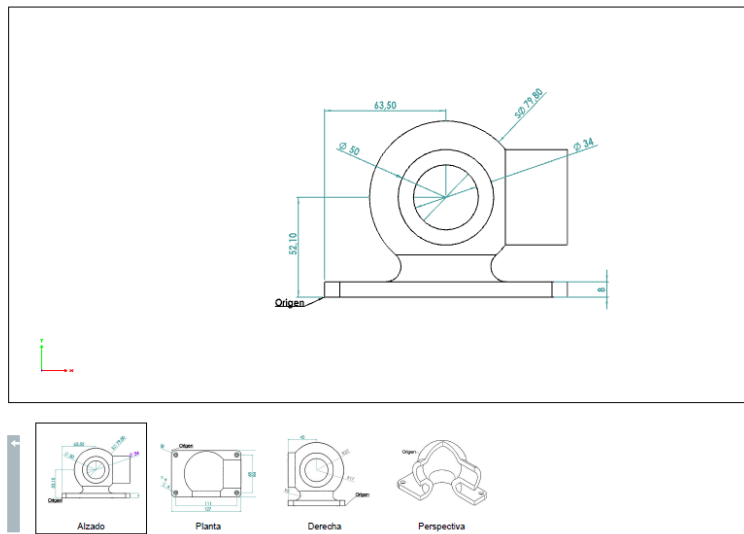


Figura 4. Enunciado PDF3D de ejemplo

6. Dentro del mismo proceso iterativo, obtenemos algunas características físicas de los sólidos en cada uno de los supuestos de los DNIs. Esto es, la tabla que contenía los números de DNIs es rellenada ahora con los valores físicos de cada uno de los enunciados propuestos. Estas propiedades pueden ser las coordenadas del centro de masa, el valor de la masa (dada una densidad predeterminada), el valor de su volumen o la superficie total del sólido (podríamos ampliar este listado a momentos y ejes de inercia, pero creemos que es más que suficiente con lo planteado). Finalmente, se obtiene una lista de valores como los mostrados en la Figura 5.

DNI	X centro de masa	Y centro de masa2	Z centro de masa3	Masa	Area	Volumen
49...W	69	36,28	42,31	230,78	63539,61	230776,33
2...C	69,36	39,07	44,84	279,04	68700,14	279039,84
2...F	66,34	33,88	38,41	213,55	53547,78	213552,89
77...W	69,03	38,05	43,42	265,67	65816,17	265673,56
7...D	67,82	36,85	43,22	234,31	64092,21	234308,77
2...T	68,43	34,9	40,78	216,11	59604,74	216108,98
5...H	69,88	38,35	43,01	287,52	65027,36	287515,94

Figura 5. Tabla de resultados según DNI

IV. Evaluación automática de modelos 3D

En la plataforma web Doctus se depositan los enunciados particularizados para cada alumno, que verán al acceder al sistema de entregas. Además, se acompaña un enunciado de texto en el que se explica detalladamente los pasos a dar para la correcta ejecución de la entrega dentro de la plataforma.

```
% Coordenadas del centro de masas
% En solidworks, pulsar calcular y luego pulsar en propiedades físicas
% Solo debe modificar los valores numéricos de esta plantilla (inicialmente a 0). El resto debe permanecer sin cambios.

X=0; % Coordenada x del centro de masas (mm, 2 cifras decimales)
Y=0; % Coordenada y del centro de masas (mm, 2 cifras decimales)
Z=0; % Coordenada z del centro de masas (mm, 2 cifras decimales)
Masa=0; % Masa del sólido completo (en gramos, 2 cifras decimales)
Area=0; % Área de superficie del sólido completo (en mm^2, 2 cifras decimales )
Volumen=0; % Volumen del sólido completo (en mm^3, 2 cifras decimales )

% Cada parámetro erróneo descuenta un 20% de la nota máxima
```

Figura 6. Ejemplo de pasos para la entrega

Así mismo, se crea el evaluador (programado en este caso en Matlab) que hará el trabajo automáticamente, recogiendo las respuestas de los alumnos y comparándolas con la solución teórica calculada mediante la macro de SolidWorks (programada en VBA) anteriormente mencionada. Así pues, el alumno recibe -una vez evaluadas las entregas- de manera automática la nota obtenida, pudiendo incluirse automáticamente comentarios en las mismas para orientar al alumno qué tiene que modificar y/o repasar. Este proceso se ha llevado a cabo durante el curso 2016/17 en la Universidad Loyola Andalucía con un grupo pequeño de alumnos y los resultados numéricos serán publicados próximamente.

V. Conclusiones

En este trabajo se ha presentado un proyecto de innovación docente que dota de una funcionalidad nueva a una herramienta preexistente de evaluación automática. A partir de un análisis de las tareas del docente en asignaturas de CAD, se han desarrollado mecanismos para la generación automática de enunciados personalizados, en forma de perspectivas de piezas personalizadas para cada alumno, y para la evaluación automática de los modelos 3D desarrollados. La evaluación se basa en el cálculo de las propiedades de los sólidos modelados mediante Solidworks. El mecanismo propuesto se ha puesto en práctica en un grupo experimental de estudiantes, obteniendo resultados satisfactorios gracias a que los estudiantes han disfrutado de un feedback inmediato de la calidad de sus trabajos. Esta información les ha motivado a continuar perfeccionando los trabajos, a aprender de los errores y a comprender los detalles más opacos. El objetivo de la herramienta no es la mera descarga de tareas del docente, sino la incorporación de una docencia más basada en el aprendizaje por problemas y la mayor dedicación a tareas más cognitivas, abstractas e interpersonales.

Referencias

- Borrego Maura, Froyd E., Jeffret, Hall, T. Simin. Diffusion of Engineering Education Innovations: A survey of Awareness and Adoption Rates in U.S. Engineering Departments. *Journal of engineering Education*, Julio 2010.
- Farias G., Gómez-Estern F., De la Torre L., Muñoz de la Peña D., Sánchez C., Dormido S. Enhancing Virtual and Remote Labs to Perform Automatic Evaluation. 9th IFAC Symposium Advances in Control Education. 2012.
- Gómez-Estern F., López-Martínez M., Muñoz de la Peña D. Plataforma para la formación práctica individualizada en fundamentos de control automático. XXXV Jornadas de Automática. Valencia 3-5 Septiembre 2014.
- Sánchez del Pozo A., Muñoz de la Peña D. y Gómez-Estern F. Simuladores 3D y Evaluación Automática para prácticas de Automatización Industrial. XXXIV Jornadas de Automática, Terrasa, Barcelona, 2013.
- Gómez-Estern F., López-Martínez M., Muñoz de la Peña D. Sistemas de Evaluación Automática Vía Web en Asignaturas Prácticas de Ingeniería. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*. Vol. 7. Núm. 3. 2010. Pag. 111-119.
- López-Martínez M., Gómez-Estern F., Muñoz de la Peña D. Automatic Web-Based Evaluation of C-Programming Exercises in Engineering Education. *International Journal for Knowledge, Science and Technology*. Vol. 1. Núm. 2. 2010. Pag. 1-6.
- Muñoz de la Peña D., Gómez-Estern F., Dormido S. A new Internet tool for automatic evaluation in Control, Systems and Programming, *IEEE Computers & Education* Vol. 59, Pag. 535-550, 2012.
- Sánchez C., Gómez-Estern F., Muñoz de la Peña D. A virtual lab with automatic assessment for nonlinear controller design exercises. 9th IFAC Symposium Advances in Control Education. 2012.
- Sánchez C., Gómez-Estern F., Muñoz de la Peña D. Virtual assistant for individualized practical training on controller design. 3rd Internet Based Control Education Conference, Brescia, Italia, Noviembre 2015.

General. Temática Abierta

Solver como herramienta para la resolución de problemas de optimización de redes de cambiadores de calor en Ingeniería Química

Solver as a tool to solve heat exchangers networks optimization problems in Chemical Engineering

Escola, José María; Briones, Laura

Grupo de Ingeniería Química y Ambiental (GIQA), Universidad Rey Juan Carlos, Escuela de Ciencias Experimentales y Tecnología (ESCET), c/ Tulipán s/n, 28933, Móstoles. josemaria.escola.saez@urjc.es; laura.briones.gil@urjc.es

Resumen

En este trabajo se utiliza la herramienta Solver de Excel para resolver de forma rápida y sencilla un problema de optimización de cambiadores de calor basado en el algoritmo *transshipment*. Dicha herramienta es más fácil de utilizar que los tradicionales programas de optimización como GAMS (*General Algebraic Modelling System*) y es generalmente conocida por los alumnos de ingenierías.

Palabras clave: Solver, optimización, redes de cambiadores de calor, ingeniería.

Abstract

In this work Excel-Solver is used to solve a heat exchangers networks optimization problem based on the *transshipment* algorithm. Solver is more easy to use than specific software like GAMS (*General Algebraic Modelling System*) and it is generally known by engineering students.

Keywords: Solver, optimization, heat exchangers networks, engineering.

I. Introducción

La optimización es una técnica matemática ampliamente utilizada en la resolución de problemas en los que se trata de maximizar o minimizar una función dentro de un dominio definido por una serie de restricciones. Es un método matemático ampliamente extendido en la resolución de problemas relacionados con la economía, la informática, la física y las ingenierías. Dentro de la Ingeniería Química uno de los usos fundamentales de la optimización es el diseño de procesos con el objetivo de minimizar los consumos y costes y maximizar la producción. Es especialmente relevante su uso en el diseño de redes de cambiadores de calor en donde se pretende aprovechar el calor de las corrientes calientes del proceso, y que es necesario enfriar, para calentar las corrientes frías que se necesitan calentar. La integración energética de estas corrientes conlleva un considerable ahorro energético, mejorando la economía del proceso. El objetivo es minimizar el número de emparejamientos entre corrientes frías y calientes y los consumos de servicios generales (vapor de agua, agua fría, etc.) necesarios para alcanzar el resultado deseado. En estos problemas es frecuente que no todos los intercambios de calor estén permitidos, esto es, que no todos los emparejamientos de corrientes frías y calientes sean posibles (SEIDER y col., 2004).

Matemáticamente, estos problemas pueden plantearse y resolverse mediante modelos matemáticos como el *transshipment*, que conduce al planteamiento de un problema de programación lineal (LP), en el que la función objetivo y las restricciones son ecuaciones lineales. En el caso de redes de cambiadores de calor se utiliza un modelo denominado *Mixed Integer Lineal Programming* (MILP) en el que se determinan secuencialmente los consumos mínimos de servicios generales, que serían variables no enteras, y el número mínimo de intercambios entre corrientes, que sería una variable entera (BIEGLER y col., 1999).

Tradicionalmente, estos problemas se han resuelto utilizando el software GAMS (*General Algebraic Modelling System*), que es un programa de alto nivel, relativamente complejo y que requiere un considerable adiestramiento por parte del alumno hasta conseguir dominarlo y utilizarlo con fluidez.

Este trabajo describe una metodología sencilla para resolver este tipo de problemas mediante el uso de la herramienta Solver de Microsoft Excel. El manejo de Solver es sencillo e intuitivo y permite resolver los problemas de optimización de redes de cambiadores de calor de forma inmediata. El alumno apenas requiere un adiestramiento específico en manejo de Solver, puesto que esta herramienta se aprende a utilizar en los primeros cursos de Ingenierías en asignaturas relacionadas con las Matemáticas o la Informática, de manera que se ahorra en tiempo de aprendizaje del software, tiempo que puede destinarse a la docencia de los contenidos concretos de la asignatura. Además, Solver permite resolver problemas, lineales o no, con hasta 200 variables, por lo que resulta adecuado para la optimización de redes de cambiadores. Esta metodología ha sido utilizada con éxito en la asignatura Simulación y Optimización de procesos del Master Interuniversitario de Ingeniería Química entre la Universidad Rey Juan Carlos y la Universidad Autónoma de Madrid.

II. Planteamiento teórico del problema

II.1. Datos de partida y función objetivo

En este trabajo se ha utilizado un algoritmo *transshipment* para resolver un problema sencillo de redes cambiadores de calor. Este modelo implica que las corrientes frías y calientes no se dirigen directamente desde su origen a su destino final, sino que su flujo se interrumpe en, al menos, un punto, donde se realiza el intercambio de calor. La resolución del problema consta de tres etapas:

1. Planteamiento de la tabla de partición de intervalos de temperatura.
2. Realización del diagrama de bloques de calores en cascada.
3. Planteamiento de la función objetivo y las restricciones y resolución del problema mediante la herramienta Solver de Excel.

El ejemplo planteado consiste en dos corrientes calientes que se van a enfriar (H1 y H2) y dos corrientes frías que se van a calentar (C1 y C2). Los datos generales de estas corrientes se muestran en la tabla 1:

Tabla 1: Temperaturas de entrada y salida de cada corriente.

Corriente	FC _p (MW/°C)	T _{entrada} (°C)	T _{salida} (°C)
H1	1	400	120
H2	2	340	120
C1	1,5	160	400
C2	1,3	100	250

El código de colores tiene por finalidad identificar cada corriente en la Figura 1.

FC_p es el producto del caudal másico (F) y el calor específico de cada corriente (C_p).

Como servicios generales, se utilizan vapor a 450°C y agua fría a 25°C. No se van a establecer emparejamientos prohibidos, pero la diferencia de temperatura mínima entre corrientes para que se produzca el intercambio debe ser de 20°C.

La función objetivo que se quiere minimizar es la suma de las potencias de vapor (Q_s) y agua fría (Q_w), en Mw, necesarias para alcanzar las temperaturas de salida requeridas:

$$\text{Min } C = Q_s + Q_w$$

II.2. Tabla de intervalos de temperatura

El siguiente paso consiste en plantear la tabla de partición de intervalos de temperatura. Esta tabla se construye poniendo en orden decreciente todas las temperaturas puestas en juego por parte de las corrientes calientes y frías, de forma que se sitúa a la izquierda las temperaturas de los fluidos calientes y a la derecha las temperaturas correspondientes de los fluidos fríos. Entre ambas debe existir una diferencia de temperatura fija correspondiente a la fuerza impulsora, que en este caso se ha establecido en 20°C. Cuando no exista una temperatura real de fluido caliente o frío, se supone una temperatura virtual. Para distinguirlas, en la tabla de

partición se han indicado las temperaturas virtuales entre paréntesis. La figura 1 presenta la tabla de particiones de intervalos de temperatura, en la que se han obtenido 5 intervalos.

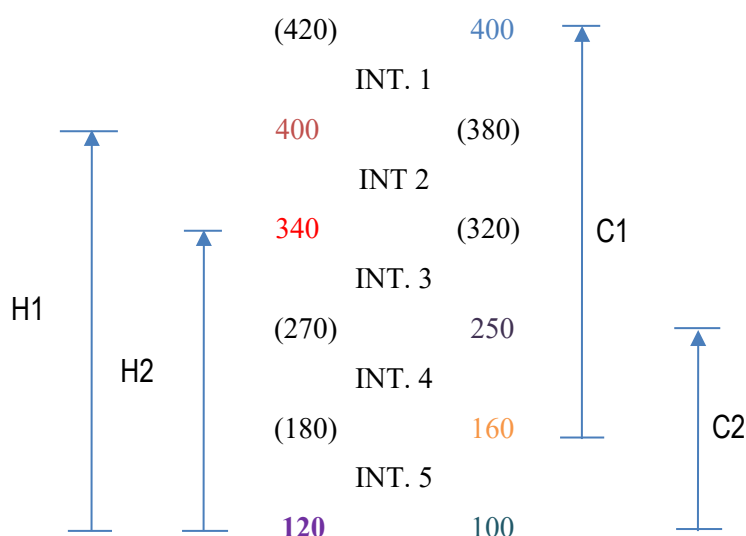


Figura 1: Tabla de partición de intervalos de temperatura (°C)

A partir de esta tabla de intervalos de temperatura se obtiene las potencias caloríficas puestas en juego en cada uno de ellos. Para ello, se aplica la siguiente ecuación:

$$P = FC_p (T_1 - T_2)$$

donde P representa la potencia (Mw), y $(T_1 - T_2)$ es la diferencia de temperatura de cada intervalo.

Las potencias se calculan para cada una de las corrientes y sólo en los intervalos de temperatura que afectan a cada una. Por ejemplo, la corriente C2 se calienta de 100 a 250°C, que son las temperaturas extremas de los intervalos 4 y 5. En el intervalo 5 pasa de 100 a 160°C, para lo que necesita una potencia de 78 Mw ($P = 1,3 \cdot 60 = 78$). En el intervalo 4 pasa de 160 a 250°C y necesita una potencia de 117 Mw. Una vez alcanzados los 250°C, que es su temperatura de salida, no participa en ningún otro intercambio y no consume más potencia en ningún otro intervalo. El mismo procedimiento es aplicable a las demás corrientes. Los resultados se recogen en la Tabla 2.

Tabla 2: Potencias caloríficas intercambiadas en cada intervalo (Mw).

Corriente	H1	H2	C1	C2
INTERVALO 1	-	-	30	-
INTERVALO 2	60	-	90	-
INTERVALO 3	70	140	105	-
INTERVALO 4	90	180	135	117
INTERVALO 5	60	120	-	78
TOTAL	280	440	360	195

II.3. Diagrama de bloques de calor en cascada y restricciones

Con los datos de la tabla 2 es posible construir el diagrama en cascada de calor, en donde cada intervalo se representa como una caja. A las cajas entran y salen corrientes en función de las potencias caloríficas puestas en juego en cada intervalo. Por ejemplo, la corriente H1 cede 60 Mw al intervalo 2, 70 Mw al 3, 90 Mw al 4 y 60 Mw al 5. Del mismo modo, la corriente C2 coge 117 Mw de la caja 4 y 78 Mw de la caja 5 para calentarse. De cada intervalo sale una corriente de calor residual R que se alimenta al intervalo de temperatura inferior. Por otro lado, al intervalo 1, que es el de mayor temperatura, se alimentará la corriente de vapor, mientras que en el intervalo 5, que es el de menor temperatura, se pondrá en contacto con la corriente de agua fría. La figura 2 representa el diagrama en cascada de calor del problema estudiado.

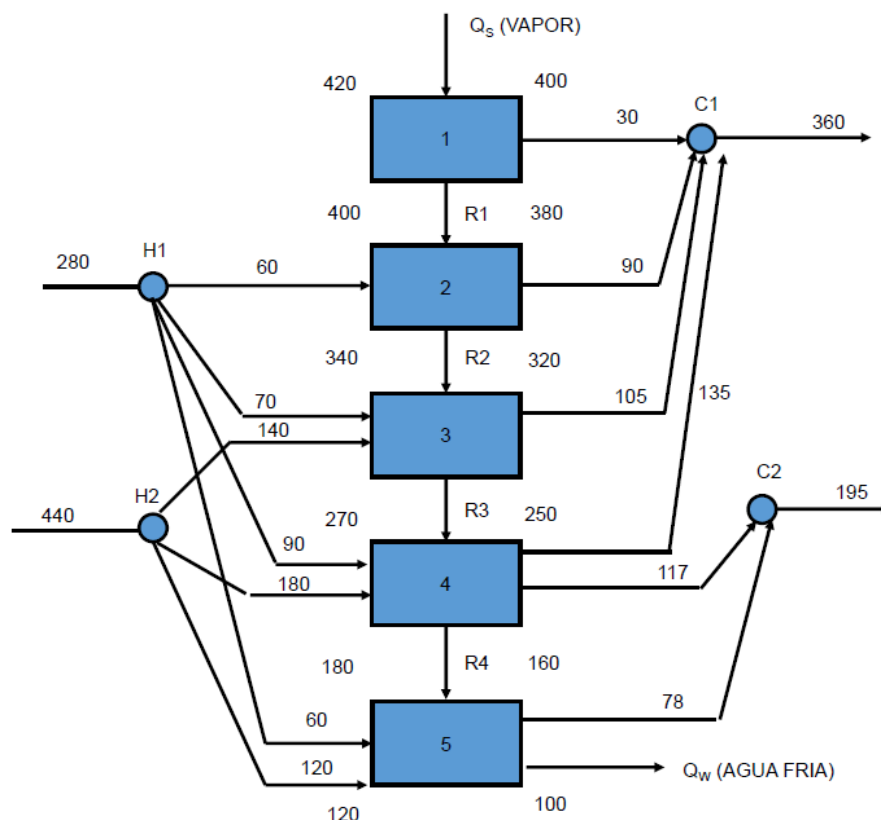


Figura 2. Diagrama de cascada de calor del problema.

En cada uno de estos intervalos se realiza el balance energético, de manera que el calor que entra en cada caja sea igual al que sale. Cada uno de los balances constituirá una restricción de igualdad del problema de optimización. Como existen 5 intervalos de temperatura, se plantearán 5 balances de energía, resultando 5 restricciones de igualdad, que serían las siguientes:

$$\text{Intervalo 1: } Q_s = R_1 + 30$$

$$\text{Intervalo 2: } R_1 + 60 = 90 + R_2$$

$$\text{Intervalo 3: } 70 + 140 + R_2 = 105 + R_3$$

$$\text{Intervalo 4: } 90 + 180 + R_3 = 135 + 117 + R_4$$

$$\text{Intervalo 5: } 60 + 120 + R_4 = 78 + Q_w$$

Por lo tanto, el planteamiento matemático del problema de optimización sería el siguiente:

$$\text{Min } C = Q_s + Q_w$$

sujeto a:

$$Q_s - R_1 - 30 = 0$$

$$R_1 - R_2 - 30 = 0$$

$$R_2 - R_3 + 105 = 0$$

$$R_3 - R_4 + 18 = 0$$

$$R_4 - Q_w + 102 = 0$$

$$\text{Siendo } Q_s, Q_w, R_1, R_2, R_3 \text{ y } R_4 \geq 0$$

III. Resolución del problema con Solver

El primer paso para resolver el problema es el elegir las celdas de las variables. En las celdas de la A4 a la A9

se han introducido los nombres de las variables y se han seleccionado las celdas de la B4 a la B9 para que contengan los valores de las mismas. En la casilla B10 se ha escrito el miembro derecho de la función objetivo y en las celdas de la B12 a la B16 los miembros izquierdos de las restricciones de la siguiente manera:

$$B10 = B4 + B5$$

$$B12 = B4 - B6 - 30$$

$$B13 = B6 - B7 - 30$$

$$B14 = B7 - B8 + 105$$

$$B15 = B8 - B9 + 18$$

$$B16 = B9 - B5 + 102$$

Las correspondientes celdas de la columna A se han utilizado para nombrar cada una de las ecuaciones.

A continuación se introducen las celdas que contienen la función objetivo y las restricciones en la herramienta Solver, que se encuentra en la Ficha Datos, tal y como muestra la figura 3.

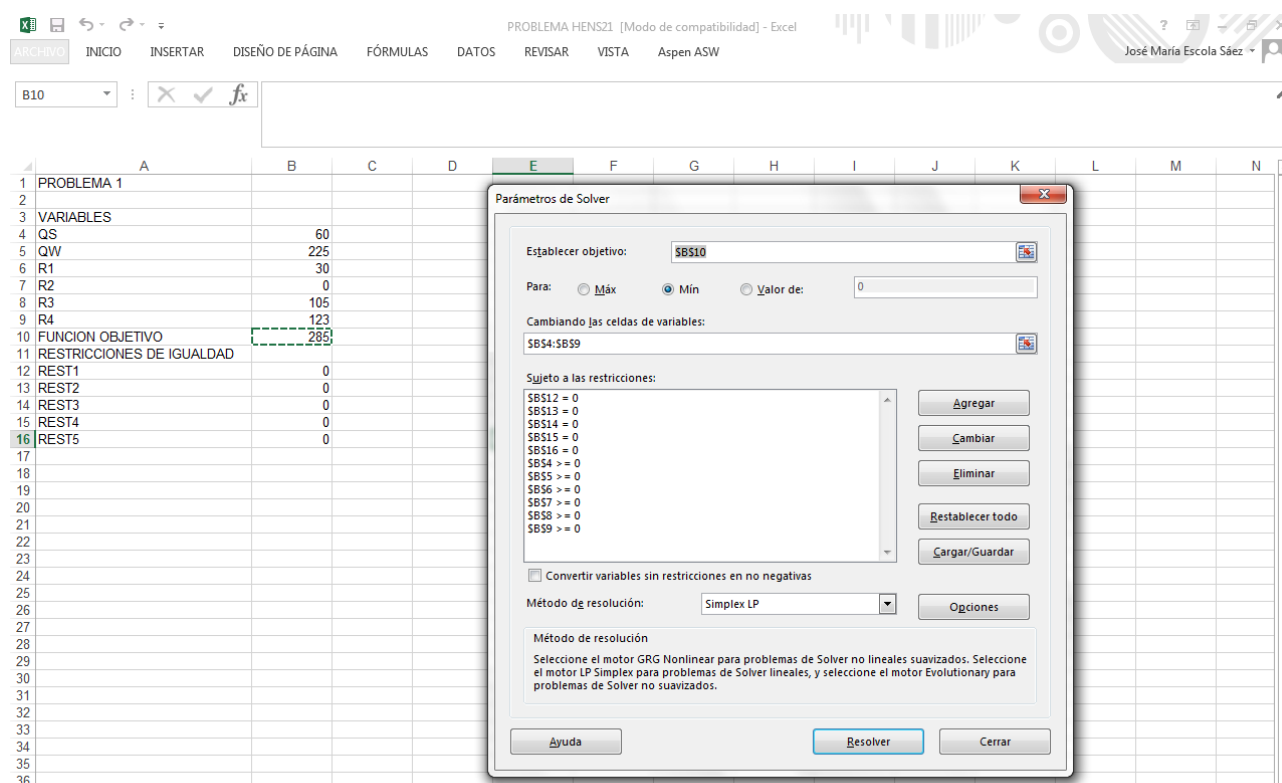


Figura 3. Introducción de los datos en Solver y resultado del problema.

En primer lugar, se selecciona la casilla función objetivo: \$B\$10. Después, se marca la opción mínimo y se seleccionan las celdas cambiantes, las que contienen las variable: \$B\$4: \$B\$9. Posteriormente, se agregan las restricciones. Para ello, se pulsa el botón agregar que situado a la derecha y aparece el siguiente cuadro de diálogo (figura 4):

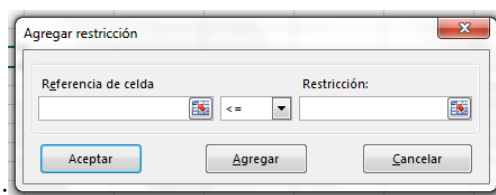


Figura 4. Cuadro de diálogo para la introducción de restricciones en Solver.

Para cada restricción, se introduce la referencia de la celda que la contiene, por ejemplo B\$12\$, y se indica que es igual a cero. De la misma forma, se procede con B13, B14, B15 y B16. Por otra parte, también se fuerza a que las celdas de las variables, B4, B5, B6, B7, B8 y B9, sean mayores y/o iguales a 0, es decir,

positivas. Como método de resolución, se selecciona el Simplex LP. Una vez concluida la introducción de datos, se ejecuta el programa pulsando resolver y se obtiene la siguiente solución:

PROBLEMA 1	
VARIABLES	
QS	60
QW	225
R1	30
R2	0
R3	105
R4	123
FUNCIÓN OBJETIVO	285
RESTRICCIONES DE IGUALDAD	
REST1	0
REST2	0
REST3	0
REST4	0
REST5	0

La solución indica que los menores consumos que permiten obtener los intercambios de calor necesarios son 60 Mw de calor procedente de una corriente de vapor a 450°C y 225 Mw retirados mediante una corriente de agua a 25°C.

IV. Conclusiones

El presente trabajo demuestra que es posible resolver problemas de optimización de redes de cambiadores de calor utilizando la herramienta Solver de Excel, de manera que no es necesario adquirir y aprender a manejar ningún software específico. Esta herramienta es sencilla de manejar y es fácilmente accesible para cualquier ingeniero o estudiante de ingeniería.

Referencias bibliográficas

- BIEGLER, L.T.; GROSSMAN, I.; WESTENBERG, A.W. (1999). *Systematic Methods of Chemical Process Design*. Upper Saddle River:Prentice Hall PTR.
- SEIDER, W.D.; SEADER, D.; LEWIN, D.R (2004). *Product & Process Design Principles. Synthesis, Analysis and Evaluation*. Hoboken: John Wiley & Sons.

iSprinkle: when education, innovation and application meet

Carlos Adrian Gomez, Michael Soltys⁽¹⁾, Adam Sędziwy⁽²⁾

(1) Department of Computer Science, California State University Channel Islands,
One University Drive, Camarillo, CA 93012, USA

(2) Department of Applied Computer Science, AGH University of Science and Technology,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Poland

Abstract

This paper presents a senior undergraduate project which consists in the implementation of a Raspberry Pi based sprinkler system. The outcome is ingenious and innovative for several reasons: it is a low cost product, but of high quality and versatility (arguably better and cheaper than most household products on the market); it is well suited for usage in draught stricken regions (such as Southern California); it interfaces automatically with weather stations on the Internet, and adapts its sprinkling according to forecasts. For the student this was an opportunity to apply a wide range of technologies, APIs, and to work with watering regulations. The project was both pedagogically rich and intellectually challenging.

Keywords: iSprinkle, water management, draught, open source, Raspberry Pi

I. Introduction

The aim of this paper is to report on the design and implementation of a weather forecast data driven sprinkler timer for home usage, as well as to expound on the pedagogical value of the exercise. The work provides enough details and references so that the reader can replicate the final product, and thus obtain a working sprinkler timer, as well as reports on the insights for instructors who may wish to repeat this project and draw learning value for the student.

The end result is a functioning prototype, but, more importantly, the project has tremendous pedagogical value as it combines advanced programming, introduction to embedded systems and controllers, application, as well as aspects of sustainability and California State law. Moreover, it opens prospects for future development for commercial purposes. This last aspect strongly motivates a student toward creating a high quality solution.

iSprinkle is a Raspberry Pi-powered irrigation controller which allows the user to set an initial, default irrigation schedule for a sprinkler system using a web interface. The crucial feature of the project is that iSprinkle can connect a weather forecast provider to obtain predicted local weather conditions and to adjust the base watering schedule as-needed. By doing so, iSprinkle is able to irrigate more efficiently compared to a system with a fixed schedule (most household systems) in terms of water usage; by programmatically modifying the user's watering schedule, iSprinkle increases/decreases the irrigation time that the schedule dictates depending on data that it receives from a weather API. iSprinkle hopes to make it easier for homeowners to conserve water by automating adjustments to their irrigation schedule.

II. Motivation

The student was easily motivated by the real-life application of the project. The Southern California draught is a complex problem that affects everyone. This project allows the student to make a contribution to the solution; this in itself has the effect of placing the project beyond “academia.” From the point of view of the instructor, the project is an excellent opportunity for the student to put into action concepts and techniques learned throughout the student's undergraduate years: software design, programming, embedded systems, human-computer interaction, and how these technologies connect with social issues and the law. The students' work is both conceptual, and highly technical.

II.1 Problem analysis

The current draught in California has become so severe that the state and local governments have begun regulating water consumption, imposing sanctions and even passing legislation in order to curb water usage.

On average, the statewide ratio for water usage is about 50% environmental, 10% urban, and 40% agricultural (Mount et al, 2014).

Irrigation is one of the widest uses of water nationwide, accounting for more than 60% of water withdrawals in our state (Maupin et al, 2010). Fortunately, the amount of water used in both urban and agricultural irrigation has been reduced through a variety of measures, including a strong trend in the use of precision irrigation techniques (e.g., drip irrigation) (Hanson, 2007). However, research suggests our current unprecedented drought is only expected to get worse; for this reason, it is imperative to be proactive and reduce our water consumption further (Cook et al, 2015).

In a random survey of single-family water customers sponsored by the California Department of Water Resources, results showed that 87% of homes appeared to be irrigating with only 54% doing so in excess (DeOreo, 2015). However, the surveyors also mentioned that most water customers were irrigating at or below average levels. The survey found that 62% of excess usage occurred on 18% of all irrigating lots, leading the surveyors to conclude that “the majority of savings from outdoor use will be found from around 15% of the customers.” For this reason, they suggested that a solution to reduce outdoor water usage should be focused on those households which over-irrigate, so that households who are irrigating at appropriate levels are not affected. Of the survey respondents, only 4% were said to be using weather-based irrigation controllers (or WBIC), despite some municipalities offering rebates towards commercially available products. The low levels of adoption surrounding WBIC's is especially concerning given the potential savings; it is estimated that a WaterSense-labeled irrigation controller, or one that meets the EPA's requirements for watering without doing so in excess, can save the average home almost 9,000 gallons (approx. 34,000 liters) of water per year (US EPA, 2017). The EPA estimates that if every US home replaced their sprinkler timer with a WaterSense labeled controller, the potential savings “could save \$435 million in water costs and 120 billion gallons (approx. 454 billion liters) of water across the country” (US EPA, 2017).

Over the past 15 years, there have been numerous studies intended to evaluate the reduction of water usage of WBIC's, compared to traditional timers, when retrofitted at an over-irrigating household. Most studies suggest that “savings of 40-50 gallons (approx. 150-190 liters) per household per day, or roughly 10% of total use can be expected from a residential WBIC retrofit program assuming such programs target high water users” (Western Policy Research, 2014)

The aforementioned studies differed in the criterion for targeting over irrigators, citing difficulty in devising a methodology that was effective. However, as WBIC's become more commonplace and more households in general begin to adopt the technology, we can be sure that at least a percentage of these will be over irrigating households and will reap the benefits of “smart” irrigation.

II.2 Pedagogical value

Smart water irrigation is a well-defined topic, and the motivation is clear to the student. The possibility of wielding current low-cost technologies to solve an important problem is very attractive. Also:

1. The student carries out the system development process beginning from the requirement analysis stage through integration of particular logical and physical project's components, up to the final stage of tests and completing the end-user documentation. It should be remarked that the system is a composition of software and hardware parts, so this gives the student the opportunity to work with both abstract concepts (algorithms and methods) and technical issues (assembling physical components and deploying software on them).
2. Preparing a solution fulfilling the requirements such as low cost, usability, etc., is truly a real-life exercise. The student must document the process in order so that the solution can be replicated (and indeed it has been, at all stages, by the instructor and others).
3. The solution has significant market potential if the student decides to develop it. In fact, it would have been an interesting extension of the project if the student provided a “take-to-market” plan.

III. iSprinkle

This section contains an overview of the system. As it is beyond the scope of this article we do not describe in depth the solution details (we will make the full technical solution available online). Instead we present the

main components of iSprinkle. Its logical diagram is shown in Figure 1. It consists of three layers representing a user, iSprinkle and the irrigation devices.

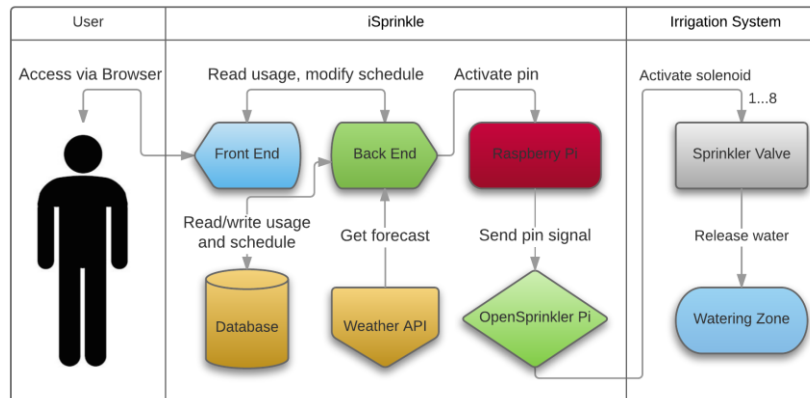


Figure 1. Diagram of the project.

III.1 Hardware components

One of the most important assumptions about iSprinkle was that its cost should be minimized as much as possible. The hardware configuration applied in the project, including Raspberry Pi 2 unit (RPi) as its core element, required about \$150 which is an acceptable price for such a solution. Figure 2 shows the pictures of hardware components and Table 1 contains an itemized list of their prices. Note that we do not include the sprinkler system itself, that is the valves, the pipes, the sprinklers, etc., as iSprinkle is only intended to be a replacement for the sprinkler scheduling system.

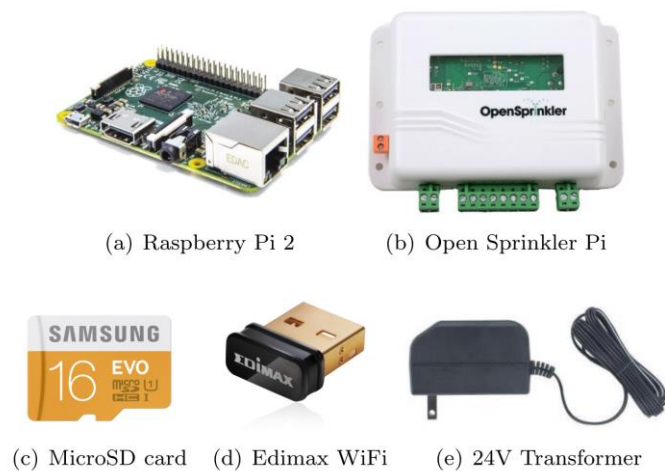


Figure 2. Pictures of hardware components

Component	Price
Raspberry Pi 2 (RPi)	\$39.99
OpenSprinkler Pi (OSPi)	\$77.99
Samsung 16Gb MicroSD card (SD)	\$7
Edimax USB WiFi adapter (Edimax)	\$8.50
24V Transformer (T)	\$12.97
Total:	\$146.45

Table 1. Itemized hardware components

The next step after collecting all hardware items is establishing a software environment consisting of an operating system for the RPi and the necessary software updates, customizations and components. Next, the Raspbian environment had to be configured appropriately.

III.2 Software components

Once all the hardware components are out of the box, we must start by downloading and installing an **operating system** for the RPi. We use Raspbian, a Debian Linux-based OS. In order to keep Raspbian updated with the latest software patches, we need to update the system's package list and then upgrade relevant items. Before setting up iSprinkle, one of the most critical parts of configuration is the RPi's timezone settings; they must be configured to local time so that the watering schedule start times are accurate.

Other configuration options include the ability to remotely access the Raspbian's desktop environment via Virtual Network Computing (VNC), disabling the desktop environment altogether, and modifying the amount of memory allotted to the Graphical Processing Unit (GPU).

The server-side software of iSprinkle is written solely in Python, a versatile scripting language which has been adopted by many learning institutions for teaching programming to beginners. Python is an excellent choice for new and experienced programmers due to its ecosystem. Because Python is open-source, there is a wide variety of freely-available learning materials as well as online communities providing support.

Although Python's standard library is already quite extensive, offering features such as built-in support for networking and interfacing with the underlying OS (Python Software Foundation, 2017a), there are also thousands of third-party libraries available via PyPI, the Python Package Index (Python Software Foundation, 2017b). Due to Python's open nature, users will find it easy to modify and extend iSprinkle's existing codebase.

III.3 Performance

iSprinkle users are able to create, read, update, and delete watering times for stations on the schedule page exposed by a web browser-based GUI. The entire weekly schedule can be seen at a glance, with one station per row and every weekday as a column. Each station can have multiple start times in a day.

When iSprinkle executes, a job scheduler provided by the Advanced Python Scheduler module is instantiated (Grönholm, 2017). As the watering schedule is loaded into memory from disk, new jobs are added to the job scheduler for each station. Each job can be thought of as a tuple which contains the watering function, start time, and watering function arguments, where the latter consists of the station number and watering duration. The job scheduler runs in a separate thread from the main application and executes the watering function when a start time for a job is reached.

When the start time for a job is reached (i.e. a station is due to start watering), iSprinkle retrieves weather data from the past month. The average temperature, along with the current temperature and desired watering duration, are used to produce an optimized watering duration which is then used in place of the user's original value.

IV. Learning Experience

Although this project involves both hardware and software, the learning potential leans greatly on the latter. We will expand on the learning value of the project from the initial setup to the functioning prototype.

The Linux environment offered by Raspbian offers a wealth of learning opportunities. While Raspbian is easy to use due to the graphical user interface (GUI), users are free to explore the underlying system using the Bash shell.

Assuming the user interacts with the RPi via a remote shell using the SSH, they will become intimately familiar with Linux commands, if they are not already. New users are encouraged to review the Console Basics section in the Debian Reference manual. In addition, Linux provides convenient documentation for Unix utilities via the man pages.

IV.1 Web Development

The user-interface for iSprinkle combines HTML, CSS, as well as JavaScript. Bootstrap, a popular framework for developing web sites, is used to easily create stylish pages, many of which can contain components such as buttons, forms, and icons, and are responsive (i.e. adaptable to the viewer's screen size and platform) (Otto, Thornton, 2017c). Bootstrap provides a gentle introduction to web development in that it makes it easy to create pages which follow a convention rather than spending time on configuration; however, because the documentation is so extensive, users will easily be able to learn about HTML and CSS for both structuring and styling websites, as well as JavaScript, for adding interactivity. However, because Bootstrap only provides structure, style, and a limited set of dynamic features for the user interface, another component is required.

Angular, a client-side JavaScript framework maintained by Google, is used to "extend the vocabulary" of HTML by adding templating, bi-directional data binding, and scope to the traditional static HTML page (Google, 2017d). Users will learn to use "scopes", in the traditional computer science sense, as they declare variables and use logic to add even more dynamic features to web pages. In addition, Angular makes it easy to start learning about asynchronous programming, such as when making requests to a server, be it local (such as iSprinkle's backend) or remote (such as an external API), without affecting the user's experience by waiting for the reply. Finally, JavaScript itself has seen enormous changes within the last decade; countless web frameworks have been built upon it, making it an enormously versatile language to learn.

IV.2 Software Engineering

The design of a system such as iSprinkle requires a holistic approach that is very different from most class assignments. The former usually span a few files that are to be turned in within a week or two, making it difficult to implement a system with many "moving parts." However, iSprinkle's functionality is divided between the front-end and backend, both of which need to communicate so that the user's requests are fulfilled. Designing such a system requires taking into consideration many aspects; from major decisions such as selecting a backend language to use, to minutiae such as the date and time formats to use across the backend and front end to maintain consistency.

The server-side software of iSprinkle is written solely in Python, a versatile scripting language which has been adopted by many learning institutions for teaching programming to beginners. Python is an excellent choice for new and experienced programmers due to its ecosystem. Because Python is open-source, there is a wide variety of freely-available learning materials as well as online communities providing support.

Although Python's standard library is already quite extensive, offering features such as built-in support for networking and interfacing with the underlying OS (Python Software Foundation, 2017e), there are also thousands of third-party libraries available via PyPI, the Python Package. Due to Python's open nature, users will find it easy to modify and extend iSprinkle's existing codebase.

Throughout the design and implementation of iSprinkle, a major consideration was to emphasize modularity, allowing for separation of concerns between components while maintaining a standard way to communicate between them. For this reason, iSprinkle's functionality is split between the front end, allowing the user to interact with the software in a user-friendly way, and the back end, which does most of the work.

Finally, the project allowed the student an opportunity to present their work to a larger audience. The first version of the project was presented at SCCUR 2016 (Southern California Conference of Undergraduate Research). As part of their senior project, Capstone students present their work to industry representatives.

This is done in a conference booth style, and it provides an opportunity for students to interact with an interested audience.

V. Conclusion

This article presented a senior capstone project aimed at preparing a low cost, open source-based sprinkler timer capable of performance adjustment on the basis of weather forecast data being gathered in the background. The project covered assembling both hardware and software components. The latter ones were based on open source solutions and technologies: the Raspbian operating system, Python-based components, Angular, Bootstrap and others. The project required the student to develop skills in several areas: assembling together all hardware items; installing and setting up the OS and the software environment; programming using advanced web technologies. As mentioned in Section III, the basic assumption was reducing the cost of the solution. Meeting this requirement and relying on the open software, make iSprinkle to be easily replicable. This fact together with the environmental context, i.e. the common water shortages in California, open good prospects for commercial application of iSprinkle.

References

- United States Environmental Protection Agency. (2017). *WaterSense Labeled Irrigation Controllers*. WaterSense. US EPA. <http://bit.ly/2i7pSeH>. (Accessed on 06/01/2017).
- COOK B. I., AULT T. R., SMERDON J. E. (2015). *Unprecedented 21st century drought risk in the American Southwest and Central Plains*. *Climatology*, February 2015.
- DEOREO W. B., MAYER P. W., MARTIEN L., HAYDEN M., FUNK A., KRAMER-DUFFIELD M., DAVIS R. (2015). *California Single Family Water Use Efficiency Study*. Aquacraft. <http://bit.ly/2qDJ0Wo> (Accessed on 06/01/2017).
- Python Software Foundation. (2017a) . The Python Standard Library – Python 3.5.2 documentation. <http://bit.ly/2rnuNdm>, September 2016. (Accessed on 06/01/2017).
- Python Software Foundation. (2017b). *PyPI - the Python Package Index*. <https://pypi.python.org/pypi>, 2016. (Accessed on 06/01/2017).
- OTTO M., THORNTON J. (2017c). *Bootstrap – The World's Most Popular Mobile-First And Responsive Front-End Framework*. <http://getbootstrap.com/>. (Accessed on 06/01/2017).
- Google. (2017d). AngularJS. A Superheroic JavaScript MVW Framework. <https://angularjs.org/>. (Accessed on 06/01/2017).
- Python Software Foundation. (2017e). *The Python Standard Library*. <http://bit.ly/1OXdaKw>, 2017. (Accessed on 06/01/2017).
- HANSON B. (2007). *Irrigation Of Agricultural Crops In California*. Technical Report, University of California Davis.
- MAUPIN M. A., KENNY J. F., HUTSON S. S., LOVELACE J. K., BARBER N. L., LINSEY K. S. (2010). *Estimated Use Of Water In The United States In 2010*. Circular 1405, United States Geological Survey.
- MOUNT J., FREEMAN E., LUND J. (2014). *Water Use In California*. Technical Report. Public Policy Institute of California.
- Western Policy Research. (2014). *Weather Based Irrigation Controllers*. <http://bit.ly/2qDSSeY>. (Accessed on 06/01/2017).
- Grönholm A. (2017). *Advanced Python Scheduler – APScheduler 3.3.1 Documentation*. <http://bit.ly/2rg8bwW>. (Accessed on 06/01/2017).

Acercamiento del alumno al comportamiento real de las estructuras mediante el uso de una estructura modular de barras

Suárez, Fernando⁽¹⁾; García Torres, Diego⁽¹⁾

(1) Departamento de Ingeniería Mecánica y Minera, Universidad de Jaén, fsuarez@ujaen.es, Campus Científico-Tecnológico de Linares. Cinturón Sur 23700-Linares (Jaén)

Resumen

Como apoyo al aprendizaje del estudiante de asignaturas de cálculo de estructuras, y enmarcado en un proyecto de innovación docente, se ha diseñado una estructura modular de barras que permita desarrollar prácticas de laboratorio consistentes en contrastar los resultados teóricos obtenidos mediante los métodos tradicionales explicados en clase con mediciones obtenidas experimentalmente.

Palabras clave: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica, Cálculo de estructuras, Estructuras articuladas, Estructuras reticuladas

I. Introducción

Actualmente, en la Escuela Politécnica Superior de Linares (EPSL), se imparten diversas asignaturas con contenidos relacionados con el cálculo de estructuras, tanto articuladas (giros relativos permitidos en los nudos) como reticuladas (giros relativos impedidos entre los elementos que confluyen en un mismo nudo).

Hasta el momento las prácticas de dichos contenidos han consistido exclusivamente en la resolución de ejercicios empleando software específico de cálculo de estructuras, como Cype o Robot. Esto ha demostrado ser muy útil al alumno, pues refuerza los conocimientos adquiridos en las clases teóricas y además resulta atractivo para el mismo, pues éste se familiariza con programas informáticos de empleo real en el ejercicio de la profesión. No obstante, el alumno no visualiza en ningún momento el comportamiento real de una estructura, especialmente desplazamientos nodales y deformaciones de los elementos resistentes, más allá de los resultados que ofrecen los métodos explicados en clase y los programas informáticos empleados en las prácticas.

Por otra parte, el plan de Innovación e Incentivación de las Buenas Prácticas Docentes de la Universidad de Jaén (I2D-UJA) define seis objetivos estratégicos entre los que se encuentran la implantación de buenas prácticas docentes de resultados contrastados y la implementación de nuevos instrumentos o sistemas de evaluación. En este sentido, y con motivo de mejorar la docencia y facilitar al alumno la comprensión del funcionamiento de las estructuras, aspecto central en varias de las titulaciones que se imparten en la EPSL, se solicitó un proyecto de innovación docente, que fue concedido en el curso 2016-2017, y en el que se enmarca el trabajo que aquí se presenta.

En esta contribución se muestra el empleo de una estructura modular de barras, desarrollada con el objetivo de ensayar en laboratorio estructuras de barras con extremos articulados y empotrados, permitiendo al alumno comprobar en un caso real el comportamiento de diferentes tipos de estructuras. Existen interesantes experiencias con propuestas parecidas, como las realizadas en la Universidad de Alicante (BRU ORTS et al, 2013) en la Universidad de Valencia (ROMERO et al, 2002) y en la Universidad de Sevilla, pero con diferencias notables respecto al trabajo que aquí se presenta. A diferencia de ellas, en las que los modelos físicos eran de escalas reducidas o de celosías cuya configuración era fija y no admitía variaciones, el objetivo perseguido aquí es el empleo de una estructura de dimensiones asimilables a las de estructuras reales y con carácter modular, esto es, que permita la configuración de distintas geometrías y cuyas uniones puedan articularse o bloquearse, permitiendo así un amplio abanico de estructuras analizables.

Para ello, a continuación se describe en primer lugar el proceso de diseño de la estructura, posteriormente se detalla cómo se realizarán las prácticas y, finalmente, se detallan las conclusiones, indicando las futuras tareas previstas para el completo desarrollo del proyecto.

II. Diseño de una estructura modular de barras

II.1 Requisitos de la estructura

Con el objetivo de que un mismo dispositivo permita estudiar estructuras de barras de dimensiones asimilables a estructuras empleadas en la realidad y cuyas uniones puedan ser rígidas o articuladas, se establecieron los siguientes requisitos:

- Debe ser desmontable, de modo que puedan configurarse distintas geometrías con los mismos elementos.
- Las dimensiones de las barras deben ser de orden métrico, de modo que se puedan configurar estructuras suficientemente grandes.
- Las uniones deben permitir bloquear o liberar el giro relativo entre las barras confluyentes en ella.

II.2 Dispositivos similares disponibles en el mercado

Existen equipos docentes distribuidos por casas especializadas que ofrecen la posibilidad de realizar prácticas en laboratorio sobre estructuras de barras. No obstante, todos los equipos analizados presentan limitaciones y no se ajustan a los objetivos perseguidos. A continuación se muestra una breve descripción de los mismos:

- a) Equipo GUNT SE 110.21: Es un equipo docente destinado a medir esfuerzos en barras en una celosía plana sometida a una única carga externa. Contiene barras con cierres especiales en los extremos, lo que posibilita un ajuste sencillo en los discos nodales. El suministro de barras de distinta longitud permite configurar tres tipos de celosías diferentes estáticamente y de tamaños reducidos (en torno a los 50 ó 60 cm.) (GUNT, 2017). La Figura 1 muestra una imagen de este dispositivo para una de las tres celosías configurables.

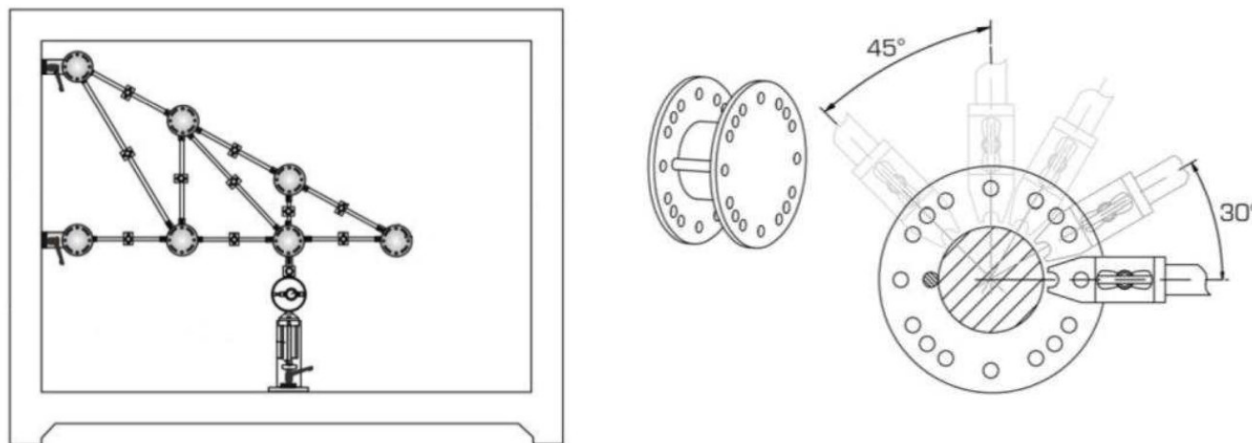


Figura 1. Dispositivo GUNT SE 110.21 y detalle de una de sus uniones (GUNT, 2017).

- b) Equipo EDIBON MFCS3: Este equipo, que puede observarse en la Figura 2, sirve para el estudio de la deformación elástica de celosías cargadas en un nudo, cálculo de esfuerzos en barras y reacciones en los apoyos, cálculo de la deformación en un punto, comparación de diferentes celosías bajo la misma carga y comparación de la deformación experimental con la teórica. Las barras están únicamente sometidas a esfuerzos de tracción o compresión, pues las uniones son todas articuladas y no transmiten momentos flectores (EDIBON, 2014).

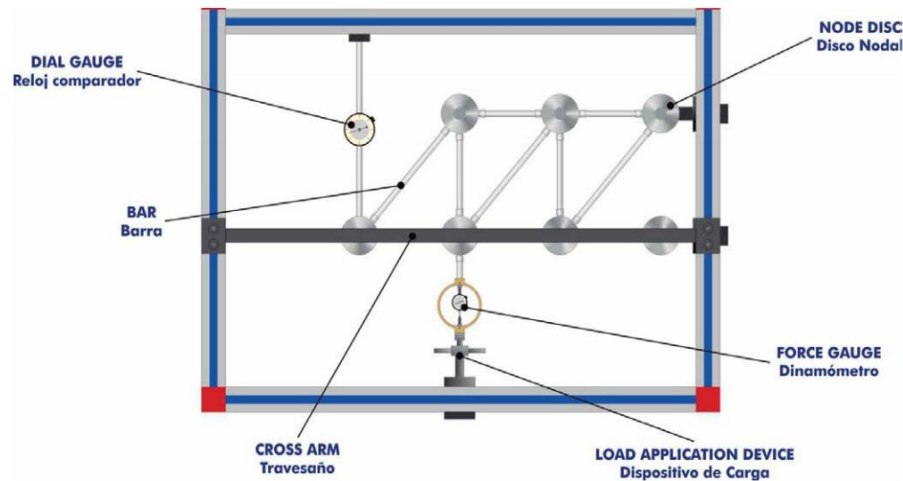


Figura 2. Dispositivo EDIBON MFCS3 (EDIBON, 2014).

- c) Bastidor universal MAGNUS 300kN con celosía: Este equipo consiste en un bastidor universal con unas dimensiones de 4,6x1,2x2,5 m siendo el área de trabajo de 4x1,6m. Dispone de dos dispositivos de carga que con un máximo de 200 kN si se utilizan simultáneamente y 300 kN si sólo se utiliza uno. Presenta diferentes celosías prefabricadas. Éstas celosías son de nudos rígidos en las que las uniones de barras están soldadas y formadas por perfiles de acero de sección cuadrada de 40x40x3 mm. (HILTON, 2011a). Únicamente existen dos celosías para este bastidor en el mercado, que se muestran en la Figura 3.

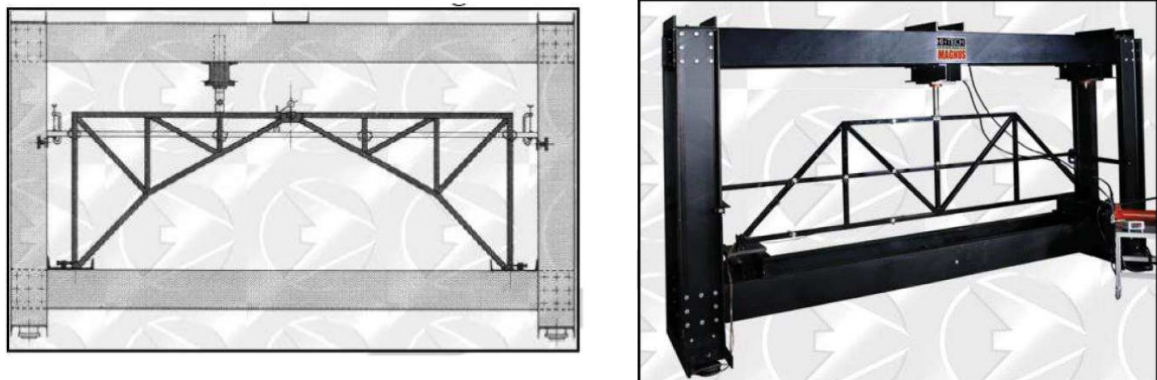


Figura 3. Las dos celosías disponibles para el bastidor MAGNUS 300kN (HILTON, 2011a).

- d) HI-TECH HST16: Consiste en una celosía premontada formada por ocho barras que forman ángulos de 45° entre sí. Esta configuración sirve para el estudio de una estructura hiperestática debido a una barra redundante. Cada miembro de la armadura incorpora unas galgas extensométricas para medición directa de tensión. La carga se aplica a la armadura por un mecanismo de gato de tornillo con célula de carga integral. Se permite hasta un máximo de 500 N. Un reloj comparador con una resolución de 0,01 mm mide los desplazamientos de las articulaciones (HILTON, 2011b).

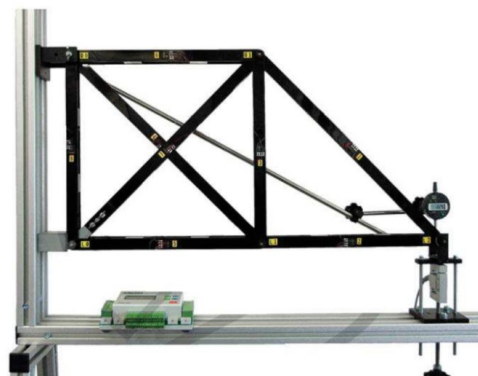


Figura 4. Dispositivo HI-TECH HST16 (HILTON, 2011b).

La Tabla 1 recoge las principales características de los dispositivos mencionados.

Tabla 1. Comparativa de los equipos descritos

	GUNT SE 110.21	EDIBON MFCS3	MAGNUS 300 Kn	HI-TECH HST16
Modular	Sí	Sí	No	No
Tipo de uniones	Articuladas	Articuladas	Rígidas	Articuladas
Material barras	Acero	PVC	Acero	Acero
Carga máxima	500 N	200 N	300 kN	500 N
Tipos de barras	Perfiles no normalizados	Perfiles no normalizados	Perfiles normalizados	Perfiles no normalizados

Como se observa en la tabla, en todos los dispositivos disponibles únicamente se permite ensayar un número muy limitado de estructuras, bien porque en unos casos las celosías disponibles no pueden ser modificadas o bien porque el número de configuraciones posibles es sumamente limitado.

Con motivo de dar solución a esta situación se desarrolló el diseño de una estructura modular de barras, objeto de un Trabajo Fin de Grado realizado por Diego García Torres y dirigido por Fernando Suárez, alumno y profesor de la EPSL, respectivamente. Los detalles de este diseño se encuentran actualmente en fase de estudio para su patente, por lo que no puede proporcionarse más información sobre el mismo.

El diseño realizado presenta varias ventajas:

- Las barras están fabricadas con perfiles comerciales de aluminio, lo que facilita su manipulación y permite la futura incorporación de nuevos elementos a un bajo coste.
- Se pueden configurar cientos de geometrías distintas únicamente con barras de cuatro longitudes, que oscilan entre los 58 cm. y los 141 cm. Esto, a su vez, implica que las estructuras que pueden montarse son de dimensiones medias, aproximándose a estructuras reales empleadas en el ámbito de la ingeniería estructural (cerchas metálicas en edificios o subestructuras auxiliares en instalaciones industriales, por ejemplo).
- Las uniones permiten configurar, empleando únicamente chapas metálicas y tornillos, uniones que permiten bloquear o liberar el giro relativo de los elementos que une. En definitiva, son uniones sumamente sencillas tanto en su funcionamiento como en su montaje.

Todo lo anterior cubre aspectos que quedan limitados en los equipos disponibles actualmente en el mercado y que han sido descrito anteriormente (ver Tabla 1). Los modelos de GUNT, EDIBON y HI-TECH permiten estudiar estructuras articuladas, pero no de nudos rígidos; lo contrario ocurre con el modelo de MAGNUS, que únicamente permite estudiar estructuras rígidas. Además, los modelos de MAGNUS y HI-TECH únicamente permiten analizar un número muy limitado de geometrías, dos o una con una barra redundante; en el caso de los modelos de GUNT y EDIBON sí se pueden analizar distintas geometrías, pero en un número y variedad sumamente limitado.

Mediante el uso de la estructura diseñada se solventan las limitaciones descritas, ya que con un único dispositivo se pueden realizar prácticas que permiten analizar estructuras de dimensiones medias. De este modo, se abarca un contenido considerable de las asignaturas que cubren aspectos relacionados con la resistencia de materiales o el cálculo de estructuras: vigas isostáticas, vigas hiperestáticas, estructuras planas articuladas y estructuras planas reticuladas, fundamentalmente.

III. Desarrollo de las prácticas

Todavía no ha habido ocasión de desarrollar las prácticas de ninguna asignatura con la estructura diseñada, no obstante, está previsto que se implementen en el presente curso 2017-2018 en dos asignaturas en la que se estudia el cálculo de celosías articuladas y reticuladas.

Las prácticas consistirán en las siguientes actividades:

1. Elección de una configuración determinada de una estructura articulada o reticulada, según se requiera, sometida a un cierto estado de cargas.
2. Cálculo de la estructura con ayuda de un software de cálculo de estructuras de barras (Cype o Robot), que proporcione axiles en barras y desplazamientos en nudos.
3. Ensayo de la estructura en laboratorio midiendo deformaciones en barras con ayudas de galgas extensométricas o sistemas de correlación digital de imágenes (DIC) y desplazamientos en nudos.
4. Cada alumno entregará un informe donde detalle el trabajo realizado y compare los resultados experimentales con los obtenidos numéricamente.

Debido a que la estructura es modular y los nudos permiten materializar uniones rígidas o articuladas, podrá estudiarse la posibilidad de, dentro de una misma práctica, realizar pequeñas variaciones en la estructura, de modo que los distintos grupos de alumnos estudien el comportamiento de estructuras geoméricamente iguales pero con comportamiento mecánico diferente.

El objetivo con el esquema propuesto es que el alumno pueda contrastar resultados de deformaciones y desplazamientos en nudos de tres maneras diferentes, resumidas en la Figura 5 y que se detallan a continuación:

- Cálculo mediante un método de cálculo clásico explicado en las clases teóricas (Método de Cross, Teorema de Castigliano, Principio de Trabajos Virtuales o Cálculo Matricial, fundamentalmente).
- Obtención de resultados mediante modelización numérica con un software comercial.
- Medición experimental en laboratorio.

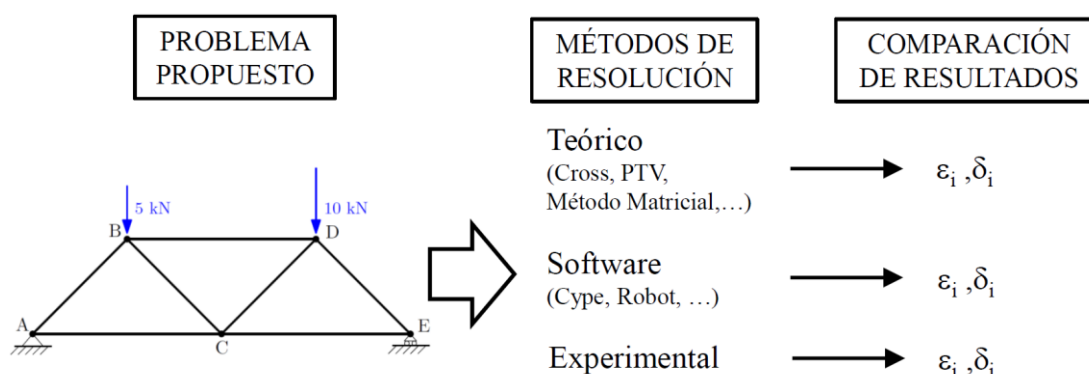


Figura 5. Esquema de desarrollo de una práctica tipo.

IV. Conclusiones y trabajo futuro

Como complemento a las prácticas que actualmente se desarrollan en asignaturas de cálculo de estructuras en diversas titulaciones impartidas en la EPSL, se ha promovido el diseño y fabricación de una estructura modular de barras que permita diversas configuraciones y permita analizar tanto estructuras articuladas como reticuladas. Para ello, y enmarcado en un Proyecto de Innovación Docente de la Universidad de Jaén, se ha desarrollado el diseño de dicha estructura a través de un Trabajo Fin de Grado, que actualmente se encuentra en proceso de estudio para su patente.

La estructura modular de barras ha sido diseñada con éxito y permite estudiar tanto estructuras articuladas como reticuladas, de dimensiones asimilables a estructuras reales del ámbito de la construcción, de la industria o de la ingeniería civil.

No obstante, todavía no ha sido desarrollada ninguna práctica con la estructura diseñada, cuya implementación está prevista para el curso 2017-2018. A lo largo de este curso se realizarán diversas prácticas con este nuevo dispositivo y se evaluará el impacto que haya tenido sobre el aprendizaje del alumnado. Esta evaluación está aún por planificar, pero está previsto que se base en encuestas y pruebas tipo test que se distribuirán entre los alumnos al finalizar las clases.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado a través del Plan de Innovación e Incentivación de las Buenas Prácticas Docentes en la Universidad de Jaén 2016-2019 (Plan I2D-UJA 2016).

References

- BRU ORTS, D.; BAEZA DE LOS SANTOS, F.J.; IVORRA CHORRO, S.; SEGOVIA EULOGIO, E.; NAVARRO MENARGUES, M. (2013). Seguimiento de las nuevas metodologías docentes en Cálculo de Estructuras del Grado en Ingeniería Civil . *XI Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria*. 190-202.
- EDIBON (2014). *Unit for studying deformation of trusses: MFCS3*.
<http://www.edibon.com/en/files/equipment/MFCS3/catalog>
- GUNT (2017). Manual Gunt SE 110.21. *Esfuerzos en diversos montajes en celosías planas*.
http://www.gunt.de/images/datasheet/1281/SE-110.21-Esfuerzos-en-diversos-montajes-de-celosas-planas-gunt-1281-pdf_1_es-ES.pdf
- HILTON (2011a). *Universal testing material Magnus 300kN test frame*.
<http://www.p-a-hilton.co.uk/products/HPM61a-Plane-Frame-With-Strain-Gauges>
- HILTON (2011b). *HST16 Redundant Truss*.
<http://www.p-a-hilton.co.uk/products/HST16-Redundant-Truss>
- ROMERO, M.L.; MUSEROS, P. (2002). Structural analysis education through model experiments and computer simulation. *Journal of Professional issues in engineering education and practice*, 128(4): 170-175.

Los dispositivos de Realidad Aumentada: innovaciones en la educación

Augmented Reality devices: innovations in education

García Lorenzo, Marina ⁽¹⁾; Fernández Oliveras, Paz ^{(2)*}

(1) Alumna del Grado de ciencias Ambientales de la Universidad de Granada

(2) Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Granada; pazferol@ugr.es

Abstract

Augmented reality is the technique by which users can perceive reality by superimposing real objects with virtual models. Under this definition we find applications of great utility in education, including higher education. This work compiles them and exposes the advantages and disadvantages of its use. Finally we propose the applicability of several of these applications for the teaching of natural hazards.

Key Words: Augmented Reality, Educational Innovation, Natural Hazards

I. Introducción

La realidad aumentada (RA) se podría definir como la técnica mediante la cual los usuarios pueden percibir la realidad superponiendo a los objetos reales modelos virtuales enriquecidos. El observador puede trabajar y examinar objetos en la tercera dimensión (3D) reales mientras recibe información adicional sobre estos objetos o sobre la tarea que se está realizando. De este modo, la RA permite al usuario permanecer en contacto con su entorno de trabajo, mientras su foco de atención no está en el ordenador, sino en el mundo real (Navarro y Ortegón, 2010) (Figura 1)

La RA se caracteriza por mantener el mundo real que ve el usuario complementándolo con información virtual superpuesta al real. El usuario nunca pierde el contacto con el mundo real que tiene al alcance de su vida y al mismo tiempo puede interactuar con la información virtual superpuesta. La Realidad Aumentada se presenta como el medio que combina y une información con los objetos del mundo real, es por ello por lo que no reemplaza el mundo real por el virtual (Basogain et al, 2010).

Bajo esta definición y el desarrollo de este concepto podemos encontrar distintas aplicaciones que pueden ser de gran utilidad en educación a distintos niveles, incluyendo la educación superior.

Un elemento clave de la configuración de la RA como factor de innovación docente lo encontramos en lo que sería la construcción emergente de una Educación Personalizada, esto es, una educación que pretende dar respuesta a las necesidades personales de aprendizaje del alumnado con calidad educativa y, a la vez, fomentar un estilo híbrido de aprendizaje que podamos considerar como más avanzado y creativo. Esto ocurre como consecuencia de una socialización digital que está combinando la forma en que los jóvenes aprenden (Olivencia y Martínez, 2015).

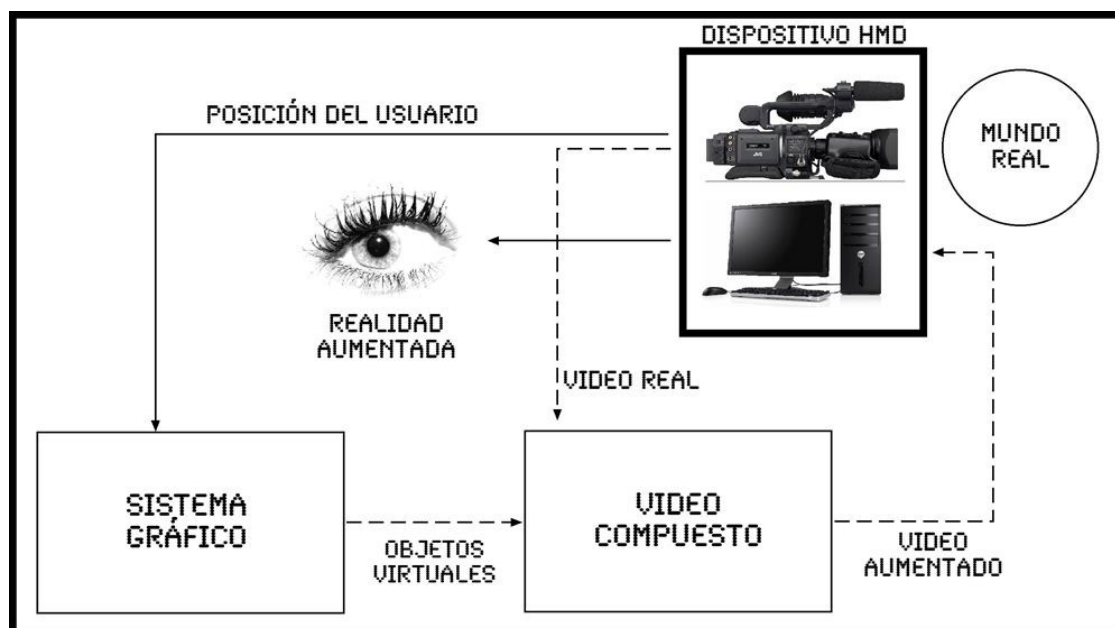


Figura 1 Diagrama Conceptual de un sistema de Realidad Aumentada.

Fuente: <http://andresfeliguevararuacpm.blogspot.com.es/2014/04/realidad-aumentada.html>

II. Realidad aumentada en educación

La capacidad de unir el mundo real con el virtual ofrece grandes posibilidades en el ámbito educativo, como así lo demuestran experiencias realizadas hasta la fecha, que se recogen en la sección III.

Las características de aprendizaje híbrido que aporta la RA podrían resumirse en:

1. La RA se caracteriza por un proceso de desarrollo cognitivo divergente, esto es, se aprende haciendo y planteando a la vez distintas fórmulas o caminos para la resolución de problemas prácticos (Di Serio et al, 2013).
2. Aporta inmediatez e interactividad intuitiva en el aprendizaje del alumnado. La realización de actividades de enseñanza-aprendizaje con RA son inminentemente prácticas. Así, el papel del docente no implica una lección magistral, huyendo de que el alumno memorice conceptos sin ningún tipo de comprensión. Lo que se persigue con las actividades educativas de RA son la inmediatez, la rápida asimilación de procesos de aprendizaje, el incremento de motivación intrínseca y la búsqueda de respuestas pedagógicas múltiples y creativas (Di Serio et al, 2013).
3. Para de la idea del carácter multifacético de los recursos didácticos: Supone que cualquier elemento didáctico debe entenderse como pertinente en la medida en que responde a las demandas de necesidades personales de aprendizaje. No se trata de hacer una única actividad a partir de un enunciado o material en concreto, sea virtual o presencial, textual o audiovisual, sino de que este ofrezca diversas opciones de elaboración pedagógica. Obviamente, esto debe ser asumido por los docentes quienes deben ser facilitadores y orientadores del aprendizaje, sugiriendo y nunca imponiendo formas de resolución de problemas (Martínez et al, 2017).
4. La RA es, en sí misma, una forma global de enseñar y de aprender, lo que supone un cambio de mirada en la forma tradicional de enseñar y aprender dado su carácter globalizador y holístico. Así, un estilo de aprendizaje híbrido únicamente se desarrolla en un contexto de aprendizaje en el que las actividades tienen un sentido continuo de desarrollo (Di Serio et al, 2013).

III. Ejemplos de herramientas usadas en Realidad Aumentada

A pesar de ser una tecnología reciente, existen ya bastantes ejemplos de la aplicación de la RA en el ámbito educativo a distintos niveles y con múltiples aplicaciones. A continuación resumimos algunas de ellas:

- Aurasma: Es una aplicación móvil multiplataforma que permite crear de forma sencilla y rápida escenarios de Realidad Aumentada a partir de cualquier fotografía y que actuará como marcador. La aplicación nos ofrece una amplia galería de objetos virtuales y tridimensionales animados, aunque nos posibilita utilizar cualquier fotografía, imagen objeto del mundo real, lo que permite aumentar cualquier cosa sin necesidad de imprimir ningún marcador o imagen. Además, crea en pocos minutos escenas de RA añadiendo capas virtuales de imagen, video, animaciones o modelos 3D, con posibilidad de compartirlas públicamente al instante. De esta forma, cualquier persona,

siguiendo el canal público de la aplicación, podrá ver desde su dispositivo móvil las “auras” o escenas de Realidad Aumentada. Inclusive, esas auras o imágenes creadas, se pueden geolocalizar, de tal forma que aunque fuesen públicas solo se verían desde una zona geográfica determinada. Los creadores de la aplicación han puesto a disposición de los usuarios una plataforma web a través de la cual se puede realizar una mayor variedad de acciones desde la aplicación web, como crear auras con modelos 3D para posteriormente importarlas al móvil. Inclusive edita las auras y añade más de una capa virtual a una imagen. (<http://www.aurasma.com>)

- Libre Soft Gymkhana: aplicación desarrollada por un grupo de ingenieros de telecomunicaciones de la Universidad Rey Juan Carlos, contando con el apoyo de la red e-Madrid, para fomentar la investigación y el desarrollo de tecnologías para favorecer el aprendizaje. Esta aplicación consiste en un juego libre, geolocalizado y educativo, relacionado con aplicaciones LibreGeoSocial (<http://www.libregeosocial.org>), que incluye una interfaz de realidad aumentada móvil, en la cual se puede organizar y gestionar una gymkhana de nueva generación adecuada para realizar al aire libre en grupos (Olivencia y Martínez, 2015).
- My Maps (antes denominada Google Maps Engine): es una herramienta que nos ofrece Google para la creación de mapas interactivos dinámicos, con posibilidad de trazar itinerarios, seleccionar secciones de territorio, insertar marcadores de posición y añadir información, imágenes, videos, url, etc., de un modo sencillo e intuitivo (Olivencia y Martínez, 2015).
- AR SandBox. AR Sandbox, se puede considerar como un mapa topográfico interactivo ya que permite recrear un paisaje en tiempo real, representando cualquier accidente geográfico con su escala de colores hipsométrica y curvas de nivel. Además permite crear lluvia de forma virtual que se desplaza en el mapa siguiendo las pendientes y almacenándose en el punto más bajo de la tierra. Con todo ello es posible simular fácilmente múltiples fenómenos de la naturaleza como sequías, inundaciones, erupciones volcánicas etc. El sistema enseña de forma práctica conceptos geográficos, geológicos e hidrológicos tales como leer mapas topográficos, el significado de curvas de nivel, cuencas hidrográficas, áreas de captación, diques, zonas expuestas a riesgos por diversos procesos naturales, consecuencias de la modificación de la topografía, etc. (Figura 2)

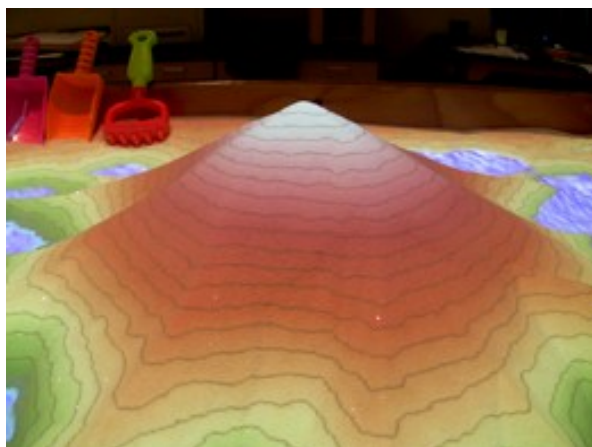


Figura 2 Imagen representativa de la herramienta AR Sandbox (Fuente: (Reed et al., 2014))

- Big Bang 2.0. Proyecto que se encuadra dentro del programa Eskola 2.0, perteneciente al Departamento de Educación, Universidades e Investigación del Gobierno Vasco (<http://virtualwaregroup.com/es/portfolio/big-bang-20>). Pretende fomentar la utilización de materiales didácticos digitales para la asignatura de Conocimiento del Medio de Educación Primaria, para ser usados en el aula con la utilización de nuevos recursos docentes de implantación reciente como las pizarras digitales u ordenadores portátiles. La Realidad Aumentada forma parte de los recursos que se utilizan para el proyecto en el que se pueden obtener objetos virtuales (Torres, 2011).
- Villalba en tu mano. Consiste en una experiencia de realidad aumentada geolocalizada implementada en Educación Infantil. Es un proyecto Mobile Learning desarrollado en el municipio Collado de Villalba, a través del cual los alumnos pueden observar, empleando tecnología AR, la flora y fauna de la zona y trazar una ruta geolocalizada. Para ello, emplearon la

aplicación móvil espira (<http://olmedarein7.wixsite.com/collado-villalba>). Esta aplicación obtuvo el Premio Nacional de Educación del año 2014.

- Map Educa: Difusión de herramientas cartográficas digitales y colaborativas en el marco del proceso educativo en el ámbito universitario. Dentro de este proyecto de innovación educativa se ha llevado a cabo una experiencia cartográfica digital haciendo uso de la herramienta Google Maps Engine para la creación de mapas interactivos desde una perspectiva colaborativa y un carácter formativo y práctico en el ámbito de la Educación superior en la Facultad de Ciencias de la Educación en asignaturas como la Educación Ambiental.
- Otra de las aportaciones de importancia es la desarrollada en la Universidad Jaime I de Castellón, por los departamentos de Química Inorgánica y Orgánica y el Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, que presentaron un recurso de Realidad Aumentada para las asignaturas del área de conocimiento de Química Inorgánica. Aquí se diseñaron varios modelos virtuales tridimensionales de ciertas estructuras cristalinas de difícil comprensión por lo abstracto de su composición, que a través de la RA se pudieron manipular como si fueran objetos reales a través de diferentes marcadores colocados en una pieza irregular. La experiencia se desarrolló conjuntamente en las clases docentes permitiendo a los alumnos una mejor comprensión mediante la manipulación de las mismas (Núñez et al., 2008).
- Magic Book. Desarrollado por Human Interface Technology Laboratory de la Universidad de Washington, muestra el valor didáctico y gran atractivo de esta tecnología que supone en contextos educativos. (Figura 3). La misma aplicación ha sido desarrollada en nuestro país con el “Libro Interactivo de Monumentos Andaluces”, que contiene distintos marcadores en sus páginas que al visionarlos a través de la webcam, permiten observar las reproducciones virtuales tridimensionales en la pantalla del ordenador, ofreciendo maquetas pequeñas que los usuarios pueden manipular como si se tratara de una real, acercando o moviendo el libro respecto a la cámara (Torres, 2011).

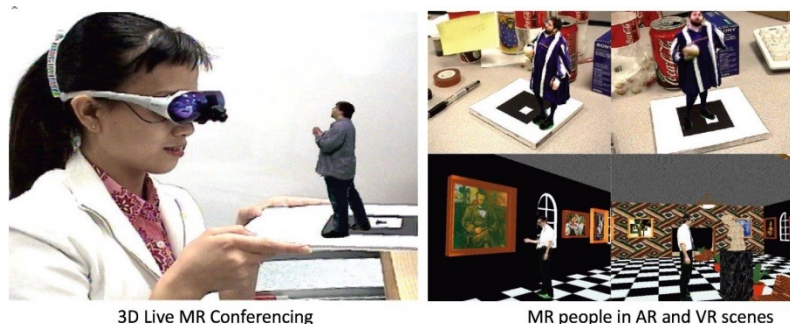


Figura 3 Imagen mostrando la herramienta de Magic Book sobre un libro de Ciencias Naturales donde se puede observar la Realidad Aumentada en imagen 3D (Fuente: (Billinghurst et al., 2001)).

- Proyecto “APRENDRA”: desarrollado por el grupo de Gráficos y Multimedia del Instituto de Automática e Informática Industrial de la Universidad Politécnica de Valencia, junto con el Instituto Tecnológico del Juguete (AIJU) de Alicante, pretende usar la tecnología de la Realidad Aumentada para elaborar juegos educativos para el aula mediante la fórmula de educación+entretenimiento (“edutainment”) (Torres, 2011). Los primeros resultados han consistido en una aplicación para Iphone (iOS) en la que a través de marcadores, es posible observar a través de la pantalla diferentes modelos virtuales 3D que se corresponden con la flora, fauna y monumentos de continentes (Aprendra, 2010). (Figura 4)

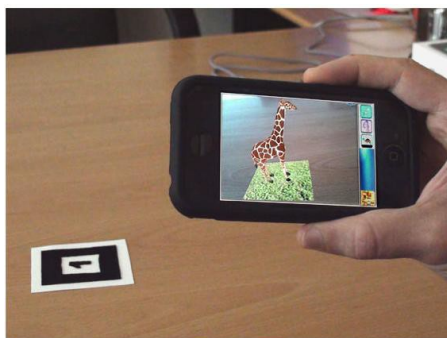


Figura 4: Ejemplo del proyecto “APRENDRA” con App Móvil para Iphone (Fuente: <http://www.aprendra.es>)

III. Ventajas e Inconvenientes de la Realidad aumentada

- Ventajas
 - Los libros mejorarían en cuanto a interactividad, ya que permitirían la visualización de objetos en 3D, donde el alumno pudiese explorar dichos objetos desde todas las posibles perspectivas.
 - La realidad aumentada permitiría conocer información y datos sobre ubicaciones concretas, pudiéndose crear itinerarios y experiencias basados en geolocalización.
 - Es una interesante tecnología en la cual los alumnos pueden explorar la realidad desde otra perspectiva.
 - Se puede integrar en cursos on-line para la adquisición de prácticos conocimientos e incluso incorporarlos a través de juegos virtuales.
 - Una ventaja más del uso de esta tecnología es su integración con distintas áreas de conocimiento relacionadas con matemáticas, ingeniería y ciencias, entre otras.
 - En definitiva, la educación sería más interactiva, intuitiva y dinámica; los alumnos estarían más dispuestos y motivados para aprender.
- Inconvenientes
 - El coste de producir herramientas con este tipo de tecnología es muy elevado a día de hoy.
 - Necesita una alta velocidad de procesamiento. Hay que tener en cuenta que se deben estar analizando todas las imágenes que capta un vídeo para reconocerlas en todo momento y actuar consecuentemente.
 - En su uso en el ámbito educativo se debe tener cuidado de que no se produzcan distracciones y tener presente el principal objetivo con el que se usa esta herramienta en el aprendizaje.

IV. Tabla comparativa sobre herramientas y dispositivos de Realidad Aumentada.

Una vez realizada esta recopilación presentamos una comparativa con las distintas herramientas y dispositivos, señalizando la utilidad a destacar que presentan en cuanto al estudio y enseñanza de una disciplina como es la de los Riesgos Naturales (Tabla 1).

APLICACIÓN	CARACTERÍSTICAS	UTILIDAD EN RIESGOS NATURALES	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Big Bang 2.0	Aprender el hábitat propio de cada especie y sus características.	Elaboración de planes de introducción de especies y/o reforestación.	Amplía el conocimiento del medio natural, cultural y social.	Alta velocidad de procesamiento de la información.
Villalba en tu mano	Trata de que el alumno sepa valorar, cuidar, respetar y conocer su entorno.	Respetar el medio ambiente realizando rutas geolocalizadas intentando reducir el riesgo en la medida de lo posible.	Al tratarse de una App, se puede usar al instante en cualquier lugar donde te encuentres.	No abusar de su uso por la calle, ya que puede ocasionar percances al distraer la atención.
Map Educa	Posee la capacidad de crear mapas incluyendo información detallada.	Creación de mapas interactivos para trazar rutas y senderos.	Localizar las especies vegetales del territorio, para poder proceder a su protección ante cualquier riesgo.	Se aconseja tener unos conocimientos elevados debido a que su utilización es más compleja.
Magic Book	Usada para enseñanza lúdica en mayor medida en niños.	Hacer simulaciones de catástrofes naturales para poder observar las consecuencias.	Gran valor didáctico y atractivo para contextos educativos.	Puede crear distracción, olvidando que el principal objetivo es el aprendizaje.
Proyecto APRENDRA	Creación de módulos virtuales sobre flora, fauna, monumentos, terrenos, etc.	Planificar obras sobre el terreno para evitar inundaciones, sequías, incendios, etc.	Proporciona tanto aprendizaje como diversión.	Puede crear distracción, olvidando que el principal objetivo es el aprendizaje.
AR Sandbox	Representa cualquier accidente geográfico.	Comprensión de conceptos meteorológicos y topográficos. Simulación de múltiples fenómenos naturales.	Puede ser usada por varias personas interactuando y ampliando conocimientos.	Se ocasionar lluvia sin quererla con cualquier parte del cuerpo. Necesita más investigación y mejoras.

Tabla1: Tabla de recopilación de Herramientas y dispositivos de RA, analizando ventajas e inconvenientes así como su utilidad en la enseñanza de los Riesgos Naturales.

V. Conclusiones

De todo lo expuesto anteriormente podemos concluir con ideas que resultan definitivas para la efectividad de esta tecnología de Realidad Aumentada en el ámbito educativo.

Al tratarse la Realidad Aumentada de una tecnología tan novedosa, nos ha resultado complicado adquirir información sobre esta herramienta que poco a poco ocupa un hueco en nuestros días y próximamente en nuestro futuro. El elevado coste que conlleva su investigación y producción, y el gran tiempo y esfuerzo que necesita, hace que los avances e introducción en educación sean lentos.

La práctica de la RA como instrumento de aprendizaje, se debe verificar por medio de una valoración que examine tanto el rendimiento académico del estudiante como aspectos cualitativos de los contenidos académicos.

En cuanto a lo que se refiere al uso de esta tecnología en Riesgos Naturales, se pueden poner en práctica numerosas actividades para garantizar un aprendizaje más lúdico y dinámico en cuanto a medidas de reducción de los riesgos. Un claro ejemplo de esto lo encontramos en Sandbox.

Además, esta novedosa tecnología se basa en compartir datos, contenidos y recursos a través de redes expertas en educación. Estas tecnologías abarcan un cambio en el presente, debido a que los docentes se convierten en creadores de conocimiento, promotores de tareas, intercambiadores de recursos y acciones didácticas que tienen el deseo de compartir como expertos en educación.

Debido a que los estudiantes jóvenes tienen muy presentes en su día a día los dispositivos móviles, los centros escolares no pueden quedar al margen de tecnologías como la Realidad Aumentada y deben de aprovechar su utilización de una forma responsable e inteligente. Al tratarse de actividades más interactivas, se espera que los alumnos muestren mayor interés y estén más motivados en el proceso de aprendizaje.

Referencias bibliográficas

- BASOGAIN, X., OLABE, M., ESPINOSA, K., ROUÈCHE, C., & OLABE, J. C. (2010). Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente. Bilbao, España.
- BILLINGHURST, M., KATO, H., & POUPYREV, I. (2001). The magicbook-moving seamlessly between reality and virtuality. *IEEE Computer Graphics and applications*, 21(3), 6-8.
- DI SERIO, Á., IBÁÑEZ, M. B., & KLOOS, C. D. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, 586-596.
- MARTÍNEZ, I. L., MONTESINOS, R. S., ABURTO, V. R., & JUÁREZ, A. G. R. (2017). Realidad Aumentada Educativa: una propuesta desde las perspectivas y enfoques. *Interconectando Saberes*, 1(3), 1-14.
- NAVARRO, R. E., & ORTEGÓN, C. E. G. (2010). Recursos didácticos para la educación a distancia: hacia la contribución de la realidad aumentada. *Ide@s CONCYTEG*, 5(61), 702-715.
- NÚÑEZ REDÓ, I., NÚÑEZ REDÓ, M., QUIRÓS BAUSET, R., & CARDA CASTELLÓ, J. B. (2008). Interactuando con las estructuras cristalinas. Realidad Aumentada aplicada al estudio y comprensión de estructuras cristalinas tridimensionales en Química Inorgánica. III Reunión INDOQUIM 2008, Innovación Docente en Química.
- OLIVENCIA, J. J. L., & MARTÍNEZ, N. M. M. (2015). Tecnologías de geolocalización y realidad aumentada en contextos educativos: experiencias y herramientas didácticas. *DIM: Didáctica, Innovación y Multimedia*, (31), 1-18.
- REED, S. E., KREYLOS, O., HSI, S., KELLOGG, L. H., SCHLADOW, G., YIKILMAZ, M. B., & SATO, E. (2014). Shaping watersheds exhibit: An interactive, augmented reality sandbox for advancing earth science education. *AGU Fall Meeting Abstracts*.
- TORRES, D. R. (2011). Realidad Aumentada, educación y museos. *Revista Icono14*, 9(2), 212-226.

<http://www.aprendra.es> (2017)

<http://www.aurasma.com> (2017)

<http://www.libregeosocial.org> (2017)

<http://olmedarein7.wixsite.com/collado-villalba> (2017)

<http://virtualwaregroup.com> (2017)

VISUALIZACIÓN DE LAS ZONAS ANÓDICAS Y CATÓDICAS PARA EL APRENDIZAJE DE LOS PROCESOS DE CORROSIÓN METÁLICA

María José Martínez-Echevarría Romero⁽¹⁾, Mónica López Alonso⁽¹⁾, José Rodríguez Montero⁽¹⁾, José Antonio Fernández Ruiz⁽²⁾, Juan Manuel Castillo Mingorance⁽²⁾, Isabel María Guerrero Vilchez⁽²⁾, Santiago Díaz Osuna⁽³⁾,

(1) Departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería, Universidad de Granada, mjmartinez@ugr.es

(2) Estudiantes de Grado en Ingeniería Civil

(3) Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica

Resumen

Se ha puesto a punto un procedimiento experimental sencillo que permite observar visualmente la localización de las reacciones que intervienen en un proceso corrosivo en algunas circunstancias y sistemas metálicos con objeto de que los alumnos puedan entender mejor y afianzar los conceptos básicos sobre este proceso tan transcendental para la durabilidad de los metales.

Se ha preparado un medio electrolítico adecuado, con cierta viscosidad, gran conductividad y con reactivos que adquieren colores ostensibles al reaccionar con los productos de corrosión, donde diversas probetas metálicas experimentan las reacciones anódicas y catódicas y muestran las coloraciones que permiten identificarlas.

Palabras clave: corrosión, metales, conductividad, medio electrolítico

I. Antecedentes

Este trabajo se enmarca en un proyecto de innovación que surge ante la necesidad de que los alumnos, experimentando por ellos mismos, afiancen el conocimiento de las bases del proceso corrosivo debido a la gran trascendencia que tiene en la durabilidad de los metales, en especial del acero, tan extensamente empleado en el campo de la ingeniería civil.

Es un hecho demostrado que la realización de un proceso experimental en el que participe activamente el alumno, contribuye eficientemente a la comprensión y maduración de los conceptos implicados, y así mismo supone una motivación extra para intentar entender el fenómeno que se está observando.

II. Objetivo y descripción

Se trata desarrollar una práctica de laboratorio en la que se ponen de manifiesto las bases fundamentales de la corrosión metálica centrándose en la identificación de zonas anódicas y catódicas y en la detección de la naturaleza eléctrica del proceso. Consiste esencialmente en introducir una serie de piezas metálicas en una disolución relativamente viscosa de alta conductividad iónica y con diferentes reactivos indicadores para observar algunos de los aspectos básicos de la corrosión metálica.

III. Materiales y métodos

II.1 Materiales. Preparación del medio electrolítico

Para la identificación de las zonas anódicas y catódicas se ha preparado un medio electrolítico acuoso de elevada viscosidad a fin de dificultar la difusión de las especies iónicas formadas y lograr que se mantengan en las proximidades de las zonas de donde han surgido. La alta viscosidad del medio se ha logrado adicionando al agua metilcelulosa

Este medio contiene, entre otros componentes, fenolftaleína (el cual hace que permanezca incoloro en soluciones ácidas pero en presencia de alcalinidad adquiera un intenso color rosado) que identifica las zonas catódicas, y ferrocianuro potásico (que da coloración azul con los iones de hierro) para visualizar las zonas anódicas.

La elevada conductividad iónica, necesaria para favorecer el proceso corrosivo, se ha conseguido con la adición de NaCl en la misma proporción en la que se encuentra en el agua de mar.

Finalmente, se ha incrementado el carácter oxidante del electrolito con unas gotas de agua oxigenada.

II.2 Materiales. Preparación para la serie galvánica

Se ha elaborado un dispositivo para confeccionar una serie galvánica en agua de mar (aireada) con diversos metales, consistente en un recipiente donde se colocan las barras metálicas (como electrodos de trabajo) y un electrodo de referencia de Cu/CuSO₄ saturado. Para la conexión iónica entre ambos tipos de electrodos se ha empleado un puente salino de naturaleza cerámica (Fig. 1).

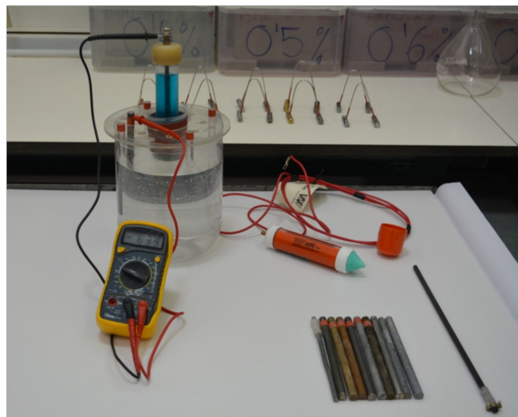


Fig. 1. Dispositivos para la realización de la serie galvánica

Los electrodos de trabajo se han preparado cortando trozos de 20 cm de barras cilíndricas de los siguientes metales: Acero al carbono, cobre, latón, estaño, acero galvanizado, aluminio y magnesio.

III.3 Materiales. Preparación de piezas y probetas metálicas

Se ha elaborado una serie de piezas metálicas para introducirlas en el medio electrolítico y observar la evolución de su corrosión. En unos casos se trataba de trozos de pletina de acero al carbono pintados por todas sus caras a excepción de una de ellas que se pulía cuidadosamente para eliminar las posibles heterogeneidades superficiales.

En otros, se han preparado probetas cortando trozos de 5 cm de las mismas barras con las que se ha confeccionado la serie galvánica, puliendo su superficie con lijas de distinto grano y taladrándolas finalmente para realizar las conexiones eléctricas necesarias. En muchas ocasiones se han conectado las probetas de acero con las de los otros metales para formar pares galvánicos y en un caso se ha insertado un dispositivo electrónico (reloj) para poner de manifiesto la naturaleza eléctrica del proceso corrosivo. Finalmente, se ha recurrido al empleo de clavos de acero al carbono, cuyos extremos han sido conformados mediante deformaciones plásticas, para observar los efectos corrosivos que podría conllevar este tipo de tratamiento. (Fig.2)



Fig. 2. Piezas metálicas y dispositivos preparados para el proyecto

III.4 Metodología-

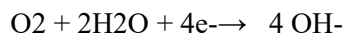
Para la observación de las zonas anódicas y catódicas se han introducido las probetas metálicas correspondientes en el medio electrolítico preparado.

Como se sabe, la reacción anódica es la ionización del metal, es decir:



En el caso del acero, esta reacción puede localizarse en la zona donde aparezca un color azulado, gracias a que los iones de hierro reaccionan con el ferrocianuro generando esta coloración.

La reacción catódica en los medios acuosos aireados es fundamentalmente la reducción del oxígeno molecular con formación de iones OH^{-} , es decir:



la cual se pondrá de manifiesto por la aparición de una intensa tonalidad rosada en las superficies donde se está produciendo, en virtud de que la fenoltaleína presenta esta coloración cuando se encuentra en ambiente alcalino.

Se han analizado distintas circunstancias para visualizar en cada una de ellas los procesos de la corrosión metálica. Todas han sido reproducidas en laboratorio y se ha tomado información gráfica de las mismas (fotos) para que el alumno pueda contrastar en el momento en que realice la práctica los resultados esperados. Se resume a continuación cada una de las circunstancias estudiadas.

a) Superficies metálicas homogéneas

Cuando no se presentan heterogeneidades significativas, ni en el medio donde se está produciendo la corrosión ni en los metales que la sufren, sino que las únicas presentes son las inherentes a la microestructura normal de los metales, es decir, las metalúrgicas (límites de grano, fases aleantes), los ánodos se localizan donde los “átomos” metálicos están más débilmente enlazados y los cátodos en la superficie restante o donde afloran algunas fases de la aleación. Esto es lo que constituye la base de las preparaciones metalográficas.

En general, esto no se aprecia al introducir las piezas metálicas en el medio electrolítico preparado, sino que se observa una distribución aleatoria de coloraciones azuladas y rosadas de tamaño superior a las heterogeneidades metalúrgicas, debidas a sutiles diferencias de absorción de las especies contenidas en el medio.

Para comprobarlo experimentalmente, se ha introducido un trozo de barra y un trozo de pletina, ambos de acero y con la superficie perfectamente limpia y pulida, en el medio electrolítico preparado y se han observado con claridad las coloraciones que han surgido correspondientes a las zonas anódicas y a las catódicas (Fig. 3).



Fig. 3. Probeta y pletina de acero con superficies "homogéneas"

b) Efecto de las deformaciones plásticas

Las deformaciones plásticas colocan los “átomos” metálicos en posiciones menos estables que las de los cristales que no las han experimentado, lo cual supone una cierta heterogeneidad metalúrgica. En consecuencia, estas zonas deformadas plásticamente probablemente presenten un comportamiento anódico frente a las no deformadas.

Su influencia en el medio corrosivo puede observarse introduciendo en el electrolito unos clavos de acero cuyos extremos han sido conformados mediante deformaciones plásticas (cabeza y punta). Éstos presentarán un aspecto parecido al que se muestra en la figura 4.



Fig. 4. Aspecto de un clavo metálico en el que se inicia el proceso corrosivo

c) Corrosión favorecida por un par galvánico (cobre, latón y estaño)

El contacto de dos metales de diferente actividad electroquímica, lo que se denomina par galvánico, provoca una localización preferente de las reacciones anódicas y catódicas de la corrosión. Es lo que puede apreciarse entre parejas de distintos metales inmersos en un mismo ambiente con elevado contenido de humedad, favoreciendo la corrosión del metal más activo. En la figura 5 se recoge una serie galvánica de donde puede deducirse la actividad electroquímica de los metales que pueden formar pares galvánicos.

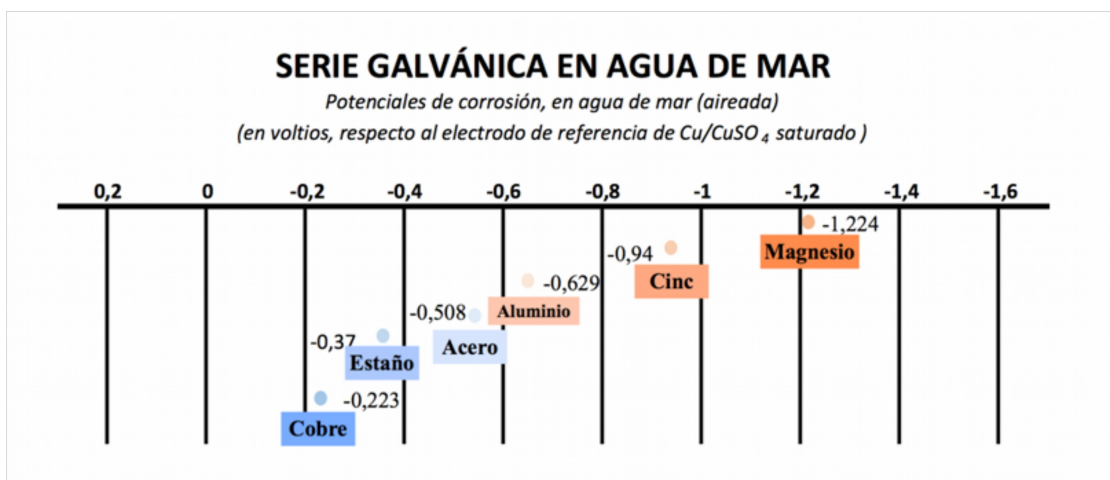


Fig. 5. Serie galvánica en agua de mar

Para comprobar los efectos del par galvánico, se ha introducido una probeta cilíndrica de acero y otra de cobre conectadas eléctricamente en el medio electrolítico preparado. Así mismo se ha procedido pero con una probeta de acero y otra de estaño (Fig. 6). Por la coloración adquirida en cada uno de los casos, se comprueba visualmente que los metales que tornan a rosado intenso actúan como cátodos y los azulados como ánodos. Interlineado sencillo.

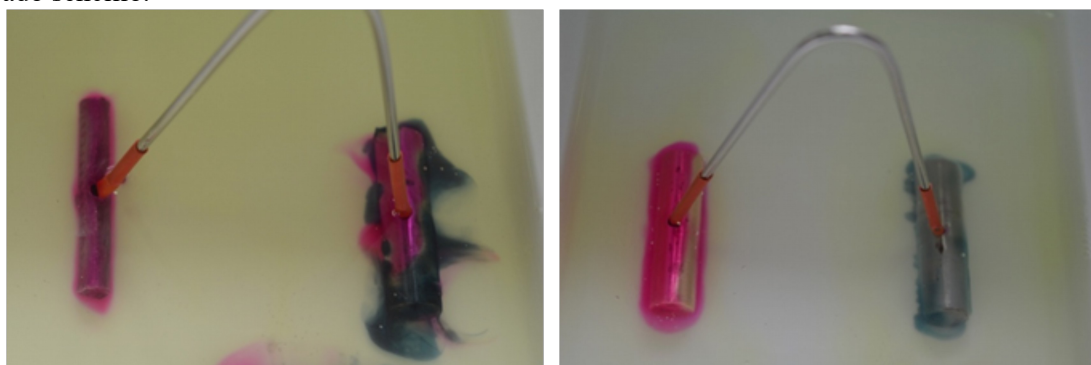


Fig. 6. Pares galvánicos de acero-estaño y acero-cobre

d) Protección mediante un par galvánico (aluminio, cinc)

Aprovechando el mismo principio expuesto anteriormente se puede lograr la protección de un metal conectándolo a otro que muestre más actividad según la serie galvánica.

Para verificarla, se ha introducido una pareja de probetas de acero y aluminio en el medio electrolítico preparado. Se ha metido así mismo una probeta cilíndrica de acero independiente y también otra de aluminio, ambas como testigos. El aspecto de la pareja se presenta en la figura 7.



Fig. 7. Pares galvánicos para la protección del acero

Se observa cómo la probeta de acero se constituye en un cátodo efectivo prácticamente en la totalidad de la superficie, mientras que el aluminio no muestra ninguna coloración debido a que actúa como ánodo, si bien no se observa coloración azulada pues sus iones no se colorean con los reactivos del medio. En este caso el aluminio está actuando como ánodo de sacrificio, protegiendo catódicamente al acero al que se encuentra conectado.

La misma comprobación se realiza con la pareja acero-cinc y una vez concluidas las experiencias propuestas en estos apartados (c y d) se podrá rellenar la siguiente tabla indicando la congruencia de los resultados obtenidos en la serie galvánica recogida en la figura 5.

<i>Par Galvánico</i>	<i>COMPORTAMIENTO DEL METAL</i>	
	<i>Como ánodo de sacrificio</i>	<i>Recibe protección catódica</i>
Acero-Cobre		
Acero-Latón		
Acero-Estaño		
Acero-Aluminio		
Acero-Cinc		

e) Corriente eléctrica en un par galvánico

Como en un par galvánico hay una transmisión de electrones desde el metal más activo al más noble, ésta podría detectarse, por ejemplo, intercalando en el circuito un dispositivo eléctrico que requiera corriente eléctrica para accionarse.

Para ponerlo de manifiesto, se conectan a los extremos conductores de un reloj electrónico una probeta de cobre y otra de magnesio y se introducen ambas en el medio electrolítico. Se observa cómo se pone en funcionamiento el reloj.

Introduciendo cada probeta del par en dos bandejas diferentes se observa como el dispositivo deja de funcionar (por interrumpirse el circuito al no estar inmersas en el mismo medio. Finalmente, se comprueba que de nuevo vuelve a funcionar cuando el medio electrolítico de ambas bandejas se conectan mediante puente salino.

IV. Conclusiones

El resultado fundamental es el montaje de una práctica de laboratorio para la asignatura “Ampliación de materiales” del tercer curso del grado de Ingeniería Civil.

Partiendo de los trabajos desarrollados en este proyecto se elaborará un guión para facilitar la realización de la práctica en el Laboratorio de Metales del departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería. La ejecución de dicha práctica facilitará al alumnado la comprensión y aprendizaje de los conceptos esenciales de la corrosión metálica, materia fundamental estudiada en la parte teórica de la asignatura.

Este proyecto ha sido elaborado por un grupo interdisciplinar perteneciente a la Escuela de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos [de la Universidad de Granada](#) en el que todos se han apoyado y complementado de forma que se ha podido elaborar una práctica de laboratorio completa y detallada que facilitará al alumnado la asimilación de la materia impartida en clase. La colaboración entre alumnos, profesorado y personal de administración y servicios ha permitido trabajar desde diversos puntos de vista y conformar una práctica final muy ilustrativa donde se aprecian de forma muy clara a simple vista las bases del proceso corrosivo de los metales. Se ha logrado conformar una práctica inédita en esta Universidad, que podría aplicarse a otras titulaciones.

Referencias

FELIU, S. “Principios de corrosión y protección de metales” Colección de artículos aparecidos en la revista Corrosión y protección (partes I a XVI), año 1970.

GONZALEZ, J.A., Teoría y práctica de la lucha contra la corrosión, CSIC(CNIN), Madrid, 1984.

SCULLY, J.C., The Fundamentals of Corrosions, Pergamon Press, 1990.

UHLIG, H.H., Corrosión y control de corrosión, Urmo, Bilbao, 1979.