

REDES DE INVESTIGACIÓN EN DOCENCIA UNIVERSITARIA

VOLUMEN 2018

Rosabel Roig-Vila (Coord.),
Asunción Lledó Carreres
Jordi M. Antolí Martínez,
& Neus Pellín Buades (Eds.)

Redes de Investigación en Docencia Universitaria. Volumen 2018

ROSABEL ROIG-VILA (COORD.),
JORDI M. ANTOLÍ MARTÍNEZ, ASUNCIÓN LLEDÓ CARRERES & NEUS PELLÍN BUADES
(EDS.)

Redes de Investigación en Docencia Universitaria. Volumen 2018

Edició / Edición: Rosabel Roig-Vila (Coord.), Jordi M. Antolí Martínez, Asunción Lledó Carreres & Neus Pellín Buades (Eds.)

Comité editorial internacional:

Prof. Dr. Julio Cabero Almenara, Universidad de Sevilla

Prof. Dr. Antonio Cortijo Ocaña, University of California at Santa Barbara

Prof. Dr. Ricardo Da Costa, Universidade Federal Espiritu Santo, Brasil

Prof. Manuel León Urrutia, University of Southampton

Prof. Dr. Gonzalo Lorenzo Lledó, Universitat d'Alacant

Prof. Dr. Enric Mallorquí-Ruscalleda, Indiana University-Purdue University, Indianapolis

Prof. Dr. Santiago Mengual Andrés, Universitat de València

Prof. Dr. Fabrizio Manuel Sirignano, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa di Napoli

Revisió i maquetació: ICE de la Universitat d'Alacant/ Revisión y maquetación: ICE de la Universidad de Alicante

Revisora tècnica/ Revisora técnica: Neus Pellín Buades

Primera edició: octubre 2018 / Primera edición: octubre 2018

© De l'edició/ De la edición: Rosabel Roig-Vila, Jordi M. Antolí Martínez, Asunción Lledó Carreres & Neus Pellín Buades

© Del text: les autores i autors / Del texto: las autoras y autores

© D'aquesta edició: Institut de Ciències de l'Educació (ICE) de la Universitat d'Alacant / De esta edición: Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad de Alicante

ice@ua.es

ISBN: 978-84-697-9430-2

Qualsevol forma de reproducció, distribució, comunicació pública o transformació d'aquesta obra només pot ser realitzada amb l'autorització dels seus titulars, llevat de les excepcions previstes per la llei. Adreceu-vos a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necessiteu fotocopiar o escanejar algun fragment d'aquesta obra. / Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

Producció: Institut de Ciències de l'Educació (ICE) de la Universitat d'Alacant / Producción: Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad de Alicante

EDITORIAL: Les opinions i continguts dels textos publicats en aquesta obra són de responsabilitat exclusiva dels autors. / Las opiniones y contenidos de los textos publicados en esta obra son de responsabilidad exclusiva de los autores.

6. Nueva normativa relacionada con la asignatura Geotecnia de Obras Hidráulicas del grado en Ingeniería Civil. Una oportunidad para implantar el aprendizaje basado en proyectos

Pastor, José Luis¹; Cano, Miguel²; Riquelme, Adrián³; Tomás, Roberto⁴; Santamarta, Juan Carlos⁵

¹ Universidad de Alicante, jose Luis.pastor@ua.es

² Universidad de Alicante, ariquelme@ua.es

³ Universidad de Alicante, miguel.cano@ua.es

⁴ Universidad de Alicante, roberto.tomas@ua.es

⁵ Universidad de La Laguna, jcsanta@ull.es

RESUMEN

Los estudiantes del grado en Ingeniería Civil deben adquirir una serie de competencias y habilidades a lo largo del estudio de las diferentes asignaturas de la titulación. En la asignatura Geotecnia de Obras Hidráulicas, optativa de cuarto curso, el alumno debe aplicar los conceptos estudiados en cursos anteriores en las asignaturas del Área de Ingeniería del Terreno. La reciente publicación de los borradores de las normas técnicas de seguridad de presas y embalses hace necesaria una modificación curricular de la asignatura, de modo que se incluya esta nueva normativa dentro del temario de la misma con objeto de garantizar la capacitación geotécnica de los estudiantes ante este tipo de proyectos hidráulicos. La necesidad de modificación del temario de la asignatura es una excelente oportunidad para potenciar el enfoque práctico de la asignatura mediante un nuevo planteamiento de aprendizaje basado en proyectos. Se ha potenciado este enfoque práctico mediante el estudio y la resolución de problemas reales de obras hidráulicas ya construidas. El resultado de este nuevo enfoque ha sido una mayor implicación de los estudiantes en el aprendizaje de la asignatura, así como una mayor toma de conciencia de las implicaciones del trabajo del Ingeniero Civil.

PALABRAS CLAVE: Ingeniería civil, obras hidráulicas, normativa, aprendizaje.

1. INTRODUCCIÓN

El grado de Ingeniería Civil de la Universidad de Alicante cuenta con unas competencias específicas en función del plan de estudios. El estudio y la superación de las diferentes asignaturas que conforman la titulación es la forma de garantizar que los estudiantes han adquirido estas

competencias. La asignatura Geotecnia de Obras Hidráulicas es una optativa de cuarto curso en la que además de completar la formación de los alumnos en el Área de Ingeniería del Terreno, se pretende que los estudiantes apliquen los conceptos teóricos aprendidos en las asignaturas de esta área en cursos anteriores.

Debido a que esta asignatura es eminentemente práctica y se trabaja con normativa técnica de aplicación a las diversas obras hidráulicas, es necesario realizar revisiones periódicas de la normativa vigente de aplicación a la ingeniería civil en general y a las obras hidráulicas en particular. En caso de que esta normativa haya cambiado se debe incluir dentro del temario de la asignatura la nueva normativa que va apareciendo y que afecta a este tipo de obras. En los últimos años se han publicado tres borradores de normas técnicas que afectan a las obras hidráulicas estudiadas en la asignatura: 1) Norma técnica de seguridad para el proyecto, construcción y puesta en carga de presas y llenado de embalses (Ministerio de Agricultura y Pesca Alimentación y Medio Ambiente, 2011a); 2) Norma técnica de seguridad para la clasificación de las presas y para la elaboración e implantación de los planes de emergencia de presas y embalses (Ministerio de Agricultura y Pesca Alimentación y Medio Ambiente, 2011b); y 3) Norma técnica de seguridad para la explotación, revisiones de seguridad y puesta fuera de servicio de presas y embalses (Ministerio de Agricultura y Pesca Alimentación y Medio Ambiente, 2011c). En estas normativas, entre otras cuestiones, se regulan los requisitos y condiciones mínimas que deben cumplir las presas y balsas a efectos de garantizar sus condiciones de seguridad durante las distintas fases de su vida útil. La mayoría de los requisitos que aparecen en dichas normas técnicas son de carácter geotécnico o están íntimamente ligados con la mencionada disciplina. Por esta razón, se ha considerado de gran importancia la inclusión de esta normativa en el temario de la asignatura Geotecnia de Obras Hidráulicas.

La modificación del temario de la asignatura ha supuesto una excelente oportunidad para realizar una revisión metodológica, avanzando en la metodología eminentemente práctica ya implementada en cursos anteriores. Mediante el proceso de aprendizaje se pretende potenciar no sólo la adquisición de conocimientos por parte del estudiante, sino el desarrollo de una serie de capacidades y destrezas necesarias en el desarrollo profesional del Ingeniero Civil. De esta forma, se abordan las competencias a adquirir desde un enfoque de flexibilidad y variabilidad (Bogoya, 2000), pero también de capacidad y abordaje de nuevas tareas (Vasco, 2003). La adquisición de estas competencias se desarrolla de una forma más clara en un proceso de aprendizaje basado en proyectos donde los estudiantes tienen que tomar un mayor número de decisiones mientras elaboran su proyecto. Es por esta razón por la que se tomó la iniciativa de avanzar en este sentido, a pesar de que la introducción de cambios en una asignatura que ha sido muy bien valorada por los alumnos en las encuestas docentes de años anteriores podría tener un efecto negativo. Sin embargo, se considera que la valoración positiva de los alumnos se debe en gran medida al enfoque tan práctico de la asignatura. Por lo tanto, avanzar en este sentido debería redundar en esa valoración positiva.

El diseño de las actividades docentes debe ser tal que fomente las actitudes positivas de los estudiantes y su implicación en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Formigós Bolea et al., 2013).

El aprendizaje basado en proyectos es una estrategia de enseñanza-aprendizaje que se basa en dos premisas fundamentales: 1) disponer de un problema o proyecto real que se plantee al alumnado impulsando a los estudiantes a trabajar en equipo y buscar una solución, y 2) una integración completa del proyecto en el currículo del módulo correspondiente, de forma que la materia a impartir se supedite a la resolución del mismo (Ministerio de Educación Cultura y Deporte, 2012).

Se ha planteado un esquema de aprendizaje activo, basado en la práctica de la ingeniería, en la que en primer lugar trabajan de forma individual resolviendo problemas concretos y posteriormente se organiza el aula en grupos de trabajo de dos o tres personas, empleando el modelo de aprendizaje cooperativo descrito en (Johnson & Johnson, 1991). Según Tejada Fernández & Ruiz Bueno (2016) “el aprendizaje se vuelve más efectivo al tener la referencia profesional, al estar ligado o vinculado a la resolución de dificultades o problemas reales, de esta forma se fortalece la dimensión social emocional y cognitiva de aprendizaje y desarrollo de las competencias”. Por esta razón, se han elegidos proyectos de construcciones hidráulicas reales para los proyectos en los que han trabajado los estudiantes de la asignatura de Geotecnia de Obras Hidráulicas.

2. OBJETIVOS

En la investigación realizada se pretenden alcanzar los siguientes objetivos:

- Adecuación del programa de la asignatura a la nueva normativa técnica de aplicación a las obras hidráulicas.
- Mejorar la metodología docente eminentemente práctica de la asignatura mediante la implantación de un sistema de aprendizaje basado en proyectos.
- Evaluación de la percepción de los cambios realizados mediante consulta de opinión a los estudiantes.

3. MÉTODO

La inclusión de la nueva normativa técnica se ha realizado en primer lugar mediante una presentación teórica de los puntos de mayor relevancia desde un punto de vista geotécnico. Posteriormente, los estudiantes trabajarán con esta normativa en sus ejercicios prácticos para pasar del plano teórico a la aplicación práctica, ejercicio de concreción en el que surgen numerosas dudas e inseguridades.

Para la implantación de la metodología del aprendizaje basado en proyectos se han analizado construcciones hidráulicas reales que han presentado fallos estructurales con consecuencias catastróficas, habiendo producido un impacto ambiental severo o incluso la pérdida de numerosas vidas humanas. En este curso, tres de estos fallos han sido estudiados con profundidad:

- 1) El desastre de Vajont, acaecido en 1963 en la provincia de Pordenone en Italia, donde tras el llenado del embalse se produjo un deslizamiento de tierras que provocó una ola que pasó por encima de la presa destruyendo completamente el pueblo de Longarone y otras pequeñas villas situadas aguas abajo de la presa. Cerca de 2000 personas murieron como consecuencia de este desastre.
- 2) La rotura de la presa bóveda de Malpasset. Esta presa de hormigón, situada cerca de la Costa Azul en el sur de Francia, sufrió un fallo estructural en 1959 provocando la inundación de varios pueblos, a consecuencia del cual fallecieron alrededor de 400 personas.
- 3) Rotura de balsa minera en Aznalcóllar. En este caso se produjo la rotura de una balsa que almacenaba residuos mineros altamente contaminantes en el término municipal de Aznalcóllar, Andalucía (España). Este vertido de lodos tóxicos sucedió en 1998, llegando al cercano Parque Nacional y Natural de Doñana causando un desastre ambiental de gran magnitud.

De los tres casos estudiados existe abundante documentación técnica que permite la comprensión de los condicionantes geológico-geotécnicos que se dieron para que sucedieran los fallos de las estructuras o del terreno. Sin embargo, debido a la cercanía tanto en tiempo como en localización, el caso de la rotura de la balsa de residuos mineros en Andalucía ha sido el que se ha visto con más detalle en el presente curso 2017-2018. Han sido varios los pasos seguidos en el empleo de este ejemplo de fallo geotécnico de una obra hidráulica real. En primer lugar, se presentaron las consecuencias del fallo a los estudiantes. A tal fin se utilizaron los medios audiovisuales presentes en el aula, proyectando un video extraído del programa Informe Semanal de Televisión Española. Este video llevaba por título “1998. Los lodos de la muerte” (Figura 1), en el que se hace hincapié en las consecuencias sociales y medioambientales del vertido accidental de lodos tóxicos. De la misma forma, diversos técnicos de todos los ámbitos implicados (geólogos, ingenieros, medioambientalistas, abogados, etc.) explican las características y/o consecuencias del vertido desde el punto de vista de su profesión.

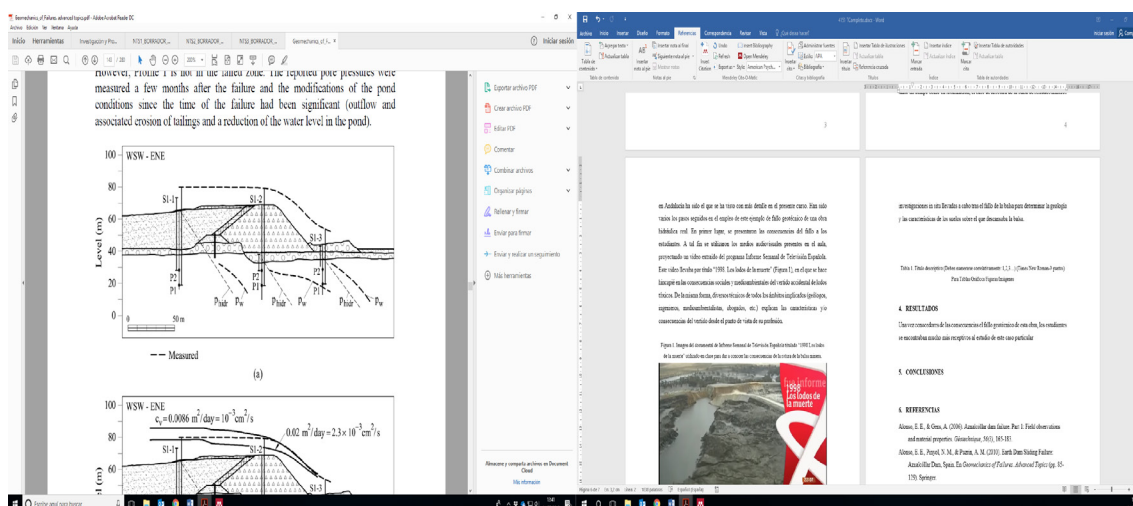
Figura 1. Imagen del documental de Informe Semanal de Televisión Española titulado “1998 Los lodos de la muerte” utilizado en clase para dar a conocer las consecuencias de la rotura de la balsa minera.



Una vez conocidas las consecuencias de la rotura de la balsa minera, el siguiente paso fue introducir a los estudiantes en las características geológicas – geotécnicas de esta rotura. A tal efecto, se hizo uso de las investigaciones realizadas por Alonso & Gens, (2006) y recogidas en Alonso, Pinyol, & Puzrin (2010). De esta forma, los alumnos conocían tanto las dimensiones geométricas con las que había sido construida la balsa como los parámetros geotécnicos de las tierras que conformaban la balsa y de los residuos mineros almacenados en ella. Por otro lado, también se les daba a conocer las investigaciones *in situ* llevadas a cabo tras el fallo de la balsa para determinar la geología y las características de los suelos sobre el que descansaba la balsa. A modo de ejemplo, se incluye la Figura 2, extraída de Alonso & Gens (2006), donde aparece parte de la información geotécnica suministrada a los estudiantes para la comprensión del problema y planteamiento de las posibles soluciones.

Una vez suministrada toda la información disponible, los estudiantes de forma individual primero y de forma grupal después, piensan y debaten sobre el método de realizar las comprobaciones pertinentes para conocer las causas del fallo que se produjo en esta balsa minera. En una fase posterior, realizan los cálculos numéricos en base a los cuales ya pueden extraer conclusiones ajustadas sobre las consideraciones geotécnicas causantes del fallo. Por último, los alumnos deben elaborar un proyecto en el cual hagan un análisis retrospectivo del fallo ocurrido, realizando un análisis crítico del proyecto original y tomando decisiones sobre cómo se debería haber hecho para que no se hubiera producido el fallo.

Figura 2. Ejemplo de la información suministrada a los estudiante para el conocimiento de las causas del fallo geotécnico acaecido (Alonso & Gens, 2006).



Debido a que esta asignatura es optativa y se encuentra fuera de itinerario cuenta con un número de alumnos reducido, por lo que durante la última sesión del curso se pudo realizar un debate con los alumnos acerca de la forma de trabajo llevada a cabo en las clases de la asignatura.

4. RESULTADOS

De la investigación realizada pueden extraerse varios resultados. En primer lugar, se desprende que la introducción de nueva normativa permite a los estudiantes de último curso salir al mercado laboral con el conocimiento de las normas que tendrán que aplicar en los proyectos y/o trabajos reales. A su vez, los estudiantes perciben un compromiso del profesorado por la asignatura que imparten, transmitiéndoles la impresión de que la técnica en ingeniería es cambiante y que por lo tanto necesitarán adaptarse a las nuevas circunstancias según vayan apareciendo.

Por otro lado, el profesorado de la asignatura ha percibido que la metodología eminentemente práctica utilizada motiva a los estudiantes a tomar un rol activo durante las clases, observándose un interés creciente al tratar proyectos de obras hidráulicas reales. Del mismo modo, se ha percibido que una vez conocedores de las consecuencias de los fallos de obras geotécnicas, los estudiantes se encontraban mucho más receptivos y motivados para conocer las causas y definir las medidas para evitarlos.

Del debate realizado con los alumnos acerca de la forma de trabajo llevada a cabo en la asignatura se pueden obtener dos resultados principales. En primer lugar, todos los alumnos destacaron la idoneidad y utilidad del método práctico de trabajo seguido, tanto en las primeras sesiones donde se realizaban problemas más cortos como en el proyecto final de mayor entidad. Valoraron esta metodología de forma muy positiva, destacando la opinión de dos alumnos del programa Erasmus procedentes de universidades italianas donde, según su opinión, las enseñanzas técnicas son mucho

más teóricas. Comentaron que, aunque había supuesto un reto por la mayor implicación que necesita esta forma de trabajo, les había permitido desarrollar en mayor medida un pensamiento crítico con respecto a cómo enfrentarse a los problemas reales de la ingeniería civil. Por último, las opiniones de los alumnos confirmaron las impresiones del profesorado acerca del efecto positivo de introducir el proyecto a realizar mediante noticias y/o reportajes de las consecuencias que habían tenido el fallo de la obra hidráulica en cuestión. A este respecto, comunicaron dos implicaciones importantes. En lo que respecta a la asignatura, aumentó la implicación de los estudiantes en la resolución del problema y en la elaboración del proyecto. A un nivel mayor, fueron conscientes de las enormes implicaciones sociales, económicas, medioambientales, etc. que llevan aparejadas el trabajo de ingeniero civil, llegando a mostrar incluso cierta preocupación por las consecuencias de sus posibles fallos.

5. CONCLUSIONES

Las conclusiones que se han extraído de la investigación realizada son las siguientes:

- La inclusión de la nueva normativa tiene un efecto doblemente positivo en los estudiantes que cursan la asignatura, por un lado, son conocedores de las normas en base a las cuales tendrán que realizar sus diseños en la vida profesional y por otro lado les hace conscientes de la necesidad de la formación continua en la profesión de la ingeniería civil.
- La metodología de aprendizaje basado en proyectos tiene un efecto positivo al menos en asignaturas de últimos cursos con un número bajo de alumnos matriculados.
- La implicación de los estudiantes en los proyectos que están realizando crece cuando los proyectos conciernen a obras reales. Especialmente si además esas obras han mostrado fallos con implicaciones muy importantes, y estas consecuencias son mostradas a los estudiantes antes de comenzar el proyecto.

6. REFERENCIAS

- Alonso, E. E., & Gens, A. (2006). Aznalcóllar dam failure. Part 1: Field observations and material properties. *Géotechnique*, 56(3), 165-183.
- Alonso, E. E., Pinyol, N. M., & Puzrin, A. M. (2010). Earth Dam Sliding Failure: Aznalcóllar Dam, Spain. En *Geomechanics of Failures. Advanced Topics* (pp. 85-129). Springer.
- Bogoya, D. (2000). Una prueba de evaluación de competencias académicas como proyecto. En Unibiblos (Ed.), *Competencias y proyecto pedagógico*. Santa fé de Bogotá.
- Formigós Bolea, G., García Cabanes, C., Campello Blasco, L., López Rodríguez, D., Gómez Vicente, V., Lax Zapata, P., ... Maneu Flores, V. (2013). Diseño de nuevas experiencias docentes para el trabajo en grupo. En Universidad de Alicante (Ed.), *La producción científica y la actividad*

de innovación docente en proyectos de redes (pp. 2422-2435). Alicante.

Johnson, D., & Johnson, R. (1991). *Learning together and alone: cooperative, competitive and individualistic learning*. (Prentice Hall, Ed.) (3rd ed.). Englewood Cliffs, N.J.

Ministerio de Agricultura y Pesca Alimentación y Medio Ambiente. (2011a). *Norma técnica de seguridad para el proyecto, construcción y puesta en carga de presas y llenado de embalses*. Madrid, España.

Ministerio de Agricultura y Pesca Alimentación y Medio Ambiente. (2011b). *Norma técnica de seguridad para la clasificación de las presas y para la elaboración e implantación de los planes de emergencia de presas y embalses*. Madrid, España.

Ministerio de Agricultura y Pesca Alimentación y Medio Ambiente. (2011c). *Norma técnica de seguridad para la explotación, revisiones de seguridad y puesta fuera de servicio de presas y embalses*. Madrid, España.

Ministerio de Educación Cultura y Deporte. (2012). *Competencias para la inserción laboral (Guía del profesorado)*.

Tejada Fernández, J., & Ruiz Bueno, C. (2016). Evaluación de competencias profesionales en educación superior: retos e implicaciones. *Educación XXI*, 19(1).

Vasco, C. E. (2003). Objetivos específicos, indicadores de logros y competencias ¿y ahora estándares? *Educación y cultura*, 62, 33-41.