

➤ **Redes de Investigación
e Innovación en Docencia
Universitaria**

➤ *Xarxes d'investigació
i Innovació en Docència
Universitària*

Volumen
2022

Volum
2022

UNIVERSITAT D'ALACANT | UNIVERSIDAD DE ALICANTE

UA

UNIVERSITAT D'ALACANT
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

ICE Institut de Ciències de l'Educació
Instituto de Ciencias de la Educación

Satorre Cuerda, Rosana (Coordinación)
Menargues Marcilla, María Asunción
Díez Ros, Rocío
Pellín Buades, Neus (Eds.)

Redes de Investigación e Innovación en Docencia Universitaria. Volumen 2022

Rosana Satorre Cuerda (Coord.),

Asunción Menargues Marcilla, Rocío Díez Ros & Neus Pellín Buades(Eds.)

Redes de Investigación e Innovación en Docencia Universitaria. Volumen 2022

Organització: Institut de Ciències de l'Educació de la Universitat d'Alacant/ *Organización: Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Alicante*

Edició / *Edición: Rosana Satorre Cuerda (Coord.), Asunción Menargues Marcilla, Rocío Díez Ros & Neus Pellín Buades(Eds.)*

Comité tècnic / *Comité técnico:*

Cristina Mansilla Martínez

Sergio Andrés Mijangos Sánchez

Neus Pellín Buades

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

Primera edició: / *Primera edición:*

© De l'edició/ *De la edición: Rosana Satorre Cuerda (Coord.), Asunción Menargues Marcilla, Rocío Díez Ros & Neus Pellín Buades(Eds.)*

© *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: 978-84-09-39082-3

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 resums publicats en aquesta obra són de responsabilitat exclusiva dels autors. / *Las opiniones y contenidos de los resúmenes publicados en esta obra son de responsabilidad exclusiva de los autores.*

13. Los modelos a escala como ayuda en la visualización de fenómenos físicos estudiados en ingeniería del terreno

Pastor, José Luis¹; Cano, Miguel¹; Riquelme, Adrián¹; Tomás, Roberto¹; Cano, David¹; Jordá-Bordehore, Luis²; Galindo, Rubén²

¹ *Universidad de Alicante*

² *Universidad Politécnica de Madrid*

RESUMEN

Algunas asignaturas del Área de Ingeniería del Terreno tienen un componente fuertemente conceptual que hace que algunos de los principios o teorías estudiadas sean complicados de entender por el alumnado. Una de estas asignaturas es la Mecánica del Suelo y de las Rocas de segundo curso del grado en Ingeniería Civil de la Universidad de Alicante. En estos casos, el contar con modelos a escala que permitan la observación directa del fenómeno físico que se está estudiando en las clases teórico – prácticas puede ser de gran ayuda para la comprensión de los conceptos estudiados. Con objeto de evaluar el efecto de estos modelos a escala se realizaron durante las clases de laboratorio de la asignatura modelos a escala para la visualización de los fenómenos de sifonamiento y de la licuefacción. Posteriormente, se recabó la opinión de los estudiantes sobre la utilidad de estos modelos a escala mediante la herramienta encuesta. Los resultados de dicha encuesta muestran que una mayoría de los estudiantes consideran que algunos de los conceptos vistos en la asignatura tienen cierta dificultad, considerando que los modelos a escala suponen una ayuda importante para comprender los fenómenos físicos estudiados en las sesiones teórico – prácticas. Con los resultados obtenidos se puede concluir que se debe potenciar el empleo de estos modelos para mejorar la comprensión de los fenómenos estudiados.

PALABRAS CLAVE: mecánica de suelos, sifonamiento, licuefacción, laboratorio, prácticas.

1. INTRODUCCIÓN

Algunas de las asignaturas estudiadas durante los primeros cursos de los grados en ingeniería cuentan con una dificultad añadida al ser fuertemente conceptuales y necesitar de un desarrollo matemático importante. A pesar de describir fenómenos físicos reales, la visualización de estos fenómenos es en algunos casos compleja, haciendo más difícil la comprensión de los procesos estudiados. La observación directa de estos fenómenos en laboratorio puede suponer una ayuda muy importante en la consolidación de lo estudiado en las sesiones teórico – prácticas. Además, mediante esta visualización el alumnado será consciente de la aplicación real de lo estudiado en clase, lo que sin ninguna duda supone una motivación extra para realizar el esfuerzo necesario para la comprensión y dominio de estos conceptos. En este sentido se expresaba Faisal-Anwar (2012), indicando que los estudiantes no llegan a entender la importancia del estudio teórico realizado en clases sino se dan cuenta de lo vital que son estos conceptos en el día a día del ingeniero. Añadiendo, además, que el trabajo de ejercicios y las prácticas en clase no pueden, por sí solos, ser capaz de proporcionar una aplicación práctica plena. Otros autores, como Formigós Bolea et al. (2013) abogaban por el fomento de las actitudes positivas del estudiantado a través de un diseño apropiado de las actividades docentes de cada asignatura. Esto supone que, al aspecto formativo de una actividad como el empleo de modelos a escala, hay que añadirle un aspecto motivacional de gran importancia. Ahondando en este tema, Tejada Fernández & Ruiz Bueno (2016) concluían que cuando se tiene la referencia profesional o aplicación práctica de un tema el aprendizaje se hace más efectivo. Este tipo de actividades, al igual que lo indicado por Cumbreña (2007) para el trabajo realizado en laboratorio, es un estímulo en el desarrollo de la capacidad de observación de los estudiantes, resultando en una mejora en la sistematización y utilización de datos experimentales. Otro efecto positivo de este tipo de actividades es el aumento del razonamiento crítico para la mejor comprensión de los problemas reales, siendo determinante en el proceso de enseñanza – aprendizaje.

El empleo de modelos físicos en la mejora de la visión espacial de los estudiantes ha sido demostrado recientemente por Gu (2017), en el que se observaba un aumento muy significativo de la visión espacial de los estudiantes que utilizaban estos modelos. Por su parte, en el trabajo realizado por Vega et al. (2014) en el que se realizaba una unidad de destilación a escala de laboratorio se concluía que la experiencia había resultado en un alto grado de participación y motivación del alumnado. Si bien en este caso, además de visualizarse los procesos mediante modelos a escala, los estudiantes tenían un papel activo en la realización del modelo. Conclusiones similares a las enunciadas por Olmedo (2019) donde se indicaba que la representación de los fenómenos en ingeniería mejora y acelera el logro de los objetivos de aprendizaje. Una experiencia de empleo de modelos a escala para facilitar la asimilación de conceptos difíciles y para mejorar los resultados académicos de diversas materias se realizó en la Universidad de la Coruña, en el laboratorio de Ingeniería Naval y Oceánica, con resultados satisfactorios (Míguez-González et al., 2020). La fabricación de modelos a escala de

estructuras es una actividad que se lleva a cabo en diversas facultades de arquitectura e ingeniería civil. Por ejemplo, en González-Rodrigo et al. (2018) se relata la experiencia llevada a cabo en la Universidad Politécnica de Madrid, concluyendo que estas actividades tienen un impacto muy positivo en los estudiantes que participan.

La utilidad de los modelos físicos para un mejor entendimiento del comportamiento de los suelos fue puesta de manifiesto por Andrei & Manea (2020), enfatizando que existen algunos principios de la mecánica de suelos que presentan dificultad de asimilación por parte de los estudiantes, indicando que el empleo de modelos físicos es una experiencia didáctica que permite un mejor entendimiento de la mecánica de suelos y rocas.

El objetivo fundamental de la presente investigación es conocer la valoración que hacen los estudiantes de la observación directa en laboratorio de los fenómenos físicos estudiados en clase de teoría. A tal objeto, se observarán estos fenómenos mediante modelos a escala fabricados para este fin, que simulan los fenómenos físicos que suceden a escala real y están relacionados con la ingeniería del terreno. Mediante la presente investigación se pretende conocer si el alumnado estima que la visualización de estos modelos a escala supone una ayuda a la comprensión de estos fenómenos, o si por el contrario esta actividad no supone un valor añadido para el entendimiento y la consolidación de las clases teóricas.

El presente trabajo ha contado con una ayuda del Programa de Redes de investigación en docencia universitaria del Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Alicante (convocatoria 2021-22). Ref.: 5615.

2. MÉTODO

2.1. Descripción del contexto y de los participantes

Se ha elegido la asignatura de Mecánica de Suelos y Rocas de segundo curso del grado en Ingeniería Civil de la Universidad de Alicante para el estudio del efecto del empleo de modelos a escala en el proceso de enseñanza – aprendizaje del área de ingeniería del terreno. Se ha elegido esta asignatura por ser una asignatura fuertemente conceptual en la que los estudiantes suelen encontrar dificultad para entender algunos de los fenómenos físicos que se estudian desde un punto de teórico y práctico en esta asignatura, como por ejemplo el flujo de agua en medios porosos, la consolidación o la resistencia al corte de los suelos. En el curso 2021-22 esta asignatura cuenta con un total de 41 estudiantes matriculados, de los que 39 contestaron la encuesta que se realizó para conocer la opinión del estudiantado sobre el empleo de los modelos a escala.

2.2. Instrumentos

Se incluye a continuación la encuesta realizada para conocer la valoración por parte de los estudiantes sobre los modelos a escala y su efecto en el proceso de enseñanza - aprendizaje, incluyendo las posibles respuestas.

- a) ¿Consideras que algunos de los fenómenos físicos estudiados en la asignatura (sifonamiento, licuefacción, consolidación, etc.) son conceptualmente complejos?

Nada complejos / Algo complejos / Bastante complejos / Muy complejos

- b) ¿Consideras que los modelos a escala ayudan a comprender mejor el fenómeno físico que se intenta caracterizar mediante ecuaciones (sifonamiento, licuefacción, etc.)?

No ayudan / Ayudan poco / Ayudan algo / Son de gran ayuda

- c) ¿Consideras que los modelos a escala ayudan a entender o consolidar los conocimientos vistos en las clases teórico – prácticas?

No ayudan / Ayudan poco / Ayudan algo / Son de gran ayuda

- d) ¿En qué momento de la planificación docente consideras más adecuada la introducción de estos modelos a escala?

En sesiones combinadas con las explicaciones teóricas / En sesiones combinadas con la resolución de problemas / En las prácticas de laboratorio / Me es indiferente

- e) Algún comentario sobre el empleo de modelos a escala dentro de la asignatura que quieras realizar:

2.3. Procedimiento

El desarrollo de la actividad con los modelos a escala se realizó durante las prácticas de laboratorio de la asignatura debido a la necesidad de contar con tomas de abastecimiento de agua y de los materiales necesarios para realizar el montaje de los mismos.

Los modelos a escala utilizados se emplearon para la visualización de dos fenómenos físicos en los que la resistencia al corte del terreno se ve disminuida hasta anularse la tensión efectiva del suelo, pudiendo producir el colapso de las estructuras apoyadas sobre este suelo. El primer fenómeno físico observado es el sifonamiento, relacionado con el flujo de agua a través del medio poroso que constituye el suelo, en este caso formado por unas arenas limpias. El sifonamiento del suelo se puede producir cuando existe un flujo de agua vertical y ascendente dentro de un terreno granular. Cuando el gradiente existente se iguala con el gradiente crítico del suelo, las partículas del suelo dejan de estar en contacto unas con otras produciéndose el sifonamiento. Gradientes ascendentes inferiores al

crítico disminuyen la tensión efectiva del suelo y por consiguiente su resistencia al corte. El modelo a escala utilizado para la visualización del sifonamiento consistía en una urna transparente fabricada en metacrilato que se rellenó de gravas en su parte inferior y de arenas limpias en la mitad superior (Figura 1, izquierda). En la parte inferior de la urna se conectó una tubería por la que entraría el agua procedente de la red de abastecimiento, regulando el caudal entrante mediante un grifo. Para observar no sólo el fenómeno físico que se produce sino también la influencia del tipo de cimentación de las estructuras, se colocaron sobre la urna 3 modelos de edificaciones simulando tres tipos de cimentación: cimentación aislada, cimentación por losa y cimentación profunda apoyada en las gravas (Figura 1, derecha). Aumentando el flujo de agua vertical de forma gradual se observaba como la primera “edificación” en colapsar es aquella que transmite una mayor tensión al terreno, seguida por la cimentación superficial de mayor área. Por su parte, la “estructura” cimentada en el estrato de gravas permanecía estable y no colapsaba.

El segundo fenómeno físico observado mediante el empleo del modelo a escala es la licuefacción de suelos. La consecuencia la licuefacción es similar a la del sifonamiento, una reducción de las tensiones efectivas del suelo y por tanto de la capacidad resistente del suelo, pudiendo llegar a ser una pérdida completa de resistencia, comportándose el terreno como un líquido denso. Si bien la consecuencia es similar, el origen y proceso que se produce es diferente. En este caso, no existe flujo de agua, aunque el suelo debe estar saturado para que se produzca la licuefacción, sino que es una excitación dinámica (como las ondas sísmicas) las que producen este fenómeno. El modelo utilizado para la visualización de la licuefacción fue el mismo que para el sifonamiento, si bien en este caso se indujo en la urna una vibración que produjo la licuefacción de las arenas.

Figura 1. Izquierda: Urna transparente de metacrilato con las gravas y arenas. Derecha: Modelos de edificaciones con distinta tipología de cimentación.

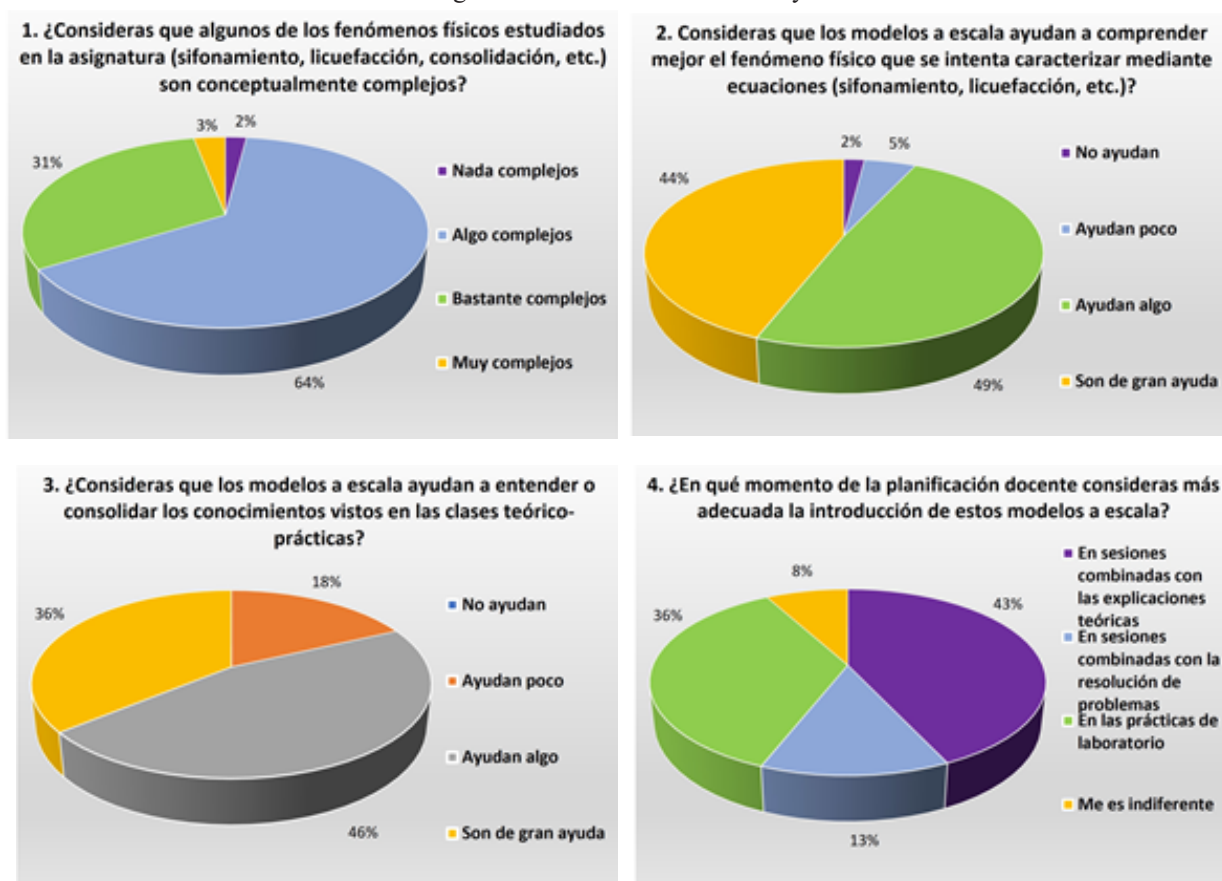


3. RESULTADOS

Tal y como se ha comentado anteriormente, la encuesta sobre el efecto de los modelos a escala en el proceso de enseñanza – aprendizaje fue contestada por un total de 39 estudiantes, de los 41 matriculados en la asignatura. La mayoría del alumnado, el 64%, consideraba que algunos de los fenóme-

nos físicos estudiados en la asignatura son algo complejos. Contestando que son bastante complejos el 31% del estudiantado. En cuanto a la ayuda que supone el observar los fenómenos físicos mediante modelos a escala para comprender dichos fenómenos, el 49% contestó que ayudan algo y el 44% que son de gran ayuda. Por su parte, únicamente el 5 y 2% respectivamente contestaron que ayudan poco o que no ayudan nada. También se preguntó a los estudiantes si pensaban que estos modelos a escala ayudaban a consolidar los conocimientos vistos en las clases teórico – prácticas, respondiendo un 46% que ayudan algo, por uno 36% que indican que son de gran ayuda, opinando el 18% restante que ayudan poco. Ningún estudiante marcó la opción de que no ayudan nada. Por último, se les preguntó sobre en que momento de la planificación docente pensaban que era más adecuado introducir estos modelos a escala. El 44% contestaron en sesiones combinadas con las explicaciones teóricas, el 36% durante las prácticas de laboratorio, el 13% en sesiones combinadas con las prácticas de problemas y el 8% que era indiferente.

Figura 2. Resultados de las encuestas realizadas para conocer la opinión del alumnado sobre el empleo de modelos a escala en la asignatura de Mecánica de Suelos y Rocas.



Respecto a la pregunta de respuesta libre sobre el empleo de modelos a escala dentro de la asignatura, los siguientes comentarios fueron expresados por los estudiantes:

- *Que a la hora de explicar en la clase teórica se muestren vídeos o fotos del modelo, y luego en el laboratorio enseñen el modelo en persona.*
- *Gracias a estos modelos es más fácil entender el desarrollo teórico de la práctica, y recordar con más facilidad los conceptos estudiados en teoría y prácticas.*
- *Los modelos a escala son de gran ayuda para visualizar aquellos fenómenos que suceden en el terreno. De no ser por esos modelos, no imaginamos bien, ni entendemos lo que sucede*
- *Ayudan mucho a comprender lo que está pasando, por lo que luego facilita la ejecución de los ejercicios. Creo que cuantos más se hagan, mejor, porque ayuda mucho a la hora de entender los conceptos.*
- *Ayudan bastante a entender los conceptos.*
- *Los modelos a escala son muy útiles y nos sirven para entender lo que escribimos en la pizarra con ecuaciones. Vemos de manera práctica los fenómenos y no números solamente. Debería haber modelos a escala, cuantos más, mejor.*

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Según los resultados de la encuesta realizada a los estudiantes que se han expuesto en el apartado anterior, se observa una gran aceptación de los modelos a escala como ayuda complementaria en el proceso de enseñanza – aprendizaje. En primer lugar, tal y como se afirma en Andrei & Manea (2020), los estudiantes opinan mayoritariamente que algunos de los principios de la mecánica de suelos son algo o bastante complejos, lo que refuerza la hipótesis de partida del presente trabajo de utilizar metodología alternativa que ayude a la comprensión de los conceptos vistos en las clases teórico – prácticas. La existencia de estos conceptos difíciles y del empleo de modelos a escala para facilitar su asimilación fue también enunciada por Míguez-González et al. (2020). Del mismo modo, el presente estudio corrobora que los modelos a escala para el estudio de algunos fenómenos físicos suponen una ayuda para comprender el fenómeno físico que se está estudiando. El 44% del alumnado los calificó de “gran ayuda”. Estos resultados también están en consonancia con lo indicado en las investigaciones citadas anteriormente. En cuanto al mejor momento de la planificación docente para introducir los modelos a escala, la mayoría indicó que “en sesiones combinadas con las explicaciones teóricas”, aunque seguido muy de cerca por la opción de “durante las prácticas de laboratorio”. Esto

difiere de lo realizado en la asignatura, ya que por cuestiones de montaje de los modelos a escala y de conexión a la red de abastecimiento y desagüe, esta actividad se realizó durante las prácticas de laboratorio. Por último, cabe indicar que se están fabricando nuevos modelos a escala que no sólo permitan la visualización del proceso o fenómeno físico, sino que estarán provistos de instrumentación para medida de parámetros físicos con el objeto de poder realizar toma de datos y que supongan una experiencia más completa.

5. REFERENCIAS

- Andrei, S., & Manea, S. (2020). Utility of physical models for a better understanding of soil behaviour. *Geotechnical Engineering Education and Training*, 257–263. <https://doi.org/10.1201/9781003078623-47>
- Cumbrera, R. A. (2007). El desarrollo de la actividad experimental en física general y el uso de las TICs en las prácticas de laboratorio. *Revista Pedagógica Universitaria*, 5 (XII).
- Faisal-Anwar, A. H. M. (2012). The role of site visit in learning Hydraulic Engineering. *International Conference on Education and Management Innovation*, Vol. 30.
- Formigós Bolea, G., García Cabanes, C., Campello Blasco, L., López Rodríguez, D., Gómez Vicente, V., Lax Zapata, P., Hurtado Sánchez, J. A., Esquivia Sobrino, G., Cuenca Navarro, N., & Maneu Flores, V. (2013). Diseño de nuevas experiencias docentes para el trabajo en grupo. In Universidad de Alicante (Ed.), *La producción científica y la actividad de innovación docente en proyectos de redes* (pp. 2422–2435).
- González-Rodrigo, S., González-Rodrigo, B., Magdalena-Layos, F., & García-López-de-la-Osa, G. (2018). Experimental learning through scale structural models. *Proceedings of ICERI2018 Conference*. <https://doi.org/10.21125/iceri.2018.1421>
- Gu, L. (2017). Using Physical Models in Improving Low Visualizers' Spatial Visualization Skills. *ASEE Annual Conference & Exposition*, 7. <https://doi.org/10.18260/1-2--29085>
- Míguez-González, M., Gosset, A., Díaz-Casás, V., Lema, M., & Santiago-Caamaño, L. (2020). Mejora docente e incremento de la visibilidad en la ingeniería naval e industrial a través del uso de instalaciones experimentales. In E. (ed. . (2020 De la Torre Fernández (Ed.), *Contextos universitarios transformadores: Boas prácticas no marco dos GID. IV Xornadas de Innovación Docente* (pp. 405–420). Universidade da Coruña. <https://doi.org/https://doi.org/10.17979/spudc.9788497497756.405>
- Olmedo, J. (2019). Physical models and blended learning: their impact in civil engineering students. *13th International Technology, Education and Development Conference*, 14. <https://doi.org/10.21125/inted.2019.0360>

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

Vega, F., Portillo, E., Cano, M., & Navarrete, B. (2014). Experiencias de aprendizaje en ingeniería química: diseño, montaje y puesta en marcha de una unidad de destilación a escala laboratorio mediante el aprendizaje basado en problemas. *Formación Universitaria*, 7(1), 13–22. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062014000100003>