

MEMORIA FINAL INNOVA¹ COMPROMISOS Y RESULTADOS PROYECTOS DE INNOVACIÓN Y MEJORA DOCENTE 2024/2025

Identificación del proyecto	
Código	sol-202400285128-tra
Título	Utilización de Modelos Físicos para el aprendizaje de Hidrogeología: aproximación al flujo y al transporte en el medio subterráneo (MOFISUB)
Responsable	Santiago García López

1. Describa los resultados obtenidos a la luz de los objetivos y compromisos que adquirió en la solicitud de su proyecto. Incluya tantas tablas como objetivos contempló.

Objetivo nº 1	<i>Preparación de modelos físicos para prácticas de diferentes asignaturas en materia de aguas subterráneas</i>
Actividades que había previsto en la solicitud del proyecto:	<i>Diseño y construcción de varios modelos físicos de arena en material transparente (metacrilato) con todos los accesorios necesarios para reproducir diferentes experiencias relativas al flujo del agua en el medio poroso. Las actividades en este apartado son:</i> <i>1.1. Revisión bibliográfica y documentación sobre características de modelos físicos hidrogeológicos elaborados en diversas instituciones universitarias.</i> <i>1.2. Diseño del modelo físico.</i> <i>1.3. Construcción del modelo físico.</i> <i>1.4. Relleno del modelo físico con materiales detríticos de diferente granulometría (grava, arena, limo y arcilla).</i>
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	<i>Se han diseñado y construido dos modelos físicos de arena para su uso docente que permiten reproducir diferentes experimentos en laboratorio relativos al movimiento del agua en el medio poroso y al transporte de contaminantes en el medio subterráneo.</i> <i>1.1. Se realizó una revisión bibliográfica que permitió localizar y examinar un total de 6 artículos científicos y 3 direcciones de internet con información relevante</i> <i>1.2. A partir de la información reunida, se procedió al diseño de los modelos físicos.</i> <i>1.3. Los modelos físicos fueron construidos. Uno de ellos fue construido desde el principio, mientras</i>

¹ Esta memoria no debe superar las 6 páginas.

	que el otro fue una adaptación/mejora de un tanque cilíndrico previamente instalado en el laboratorio docente que había servido para evaluar las posibilidades de este tipo de instalaciones docentes con anterioridad. 1.4. Tal y como estaba previsto, los modelos fueron rellenados con material detrítico de diferente granulometría, al objeto de poder simular diferentes fenómenos.
--	--

Objetivo nº 2	Elaborar varios experimentos demostrativos y de los correspondientes documentos explicativos.
Actividades que había previsto en la solicitud del proyecto:	Preparación de varios experimentos demostrativos con los modelos físicos que permitan visualizar y cuantificar fenómenos diversos en el seno del medio poroso. En principio se proponen los siguientes: 2.1. Piezometría y ley de Darcy. Determinación de gradientes, secciones y conductividad hidráulica. 2.2. Confinamiento y artesianismo. 2.3. Efecto de bombeo: conoide de depresión. Histéresis. Interferencia entre sondeos y teoría de las imágenes. 2.4. Medios con fluidos de diferentes densidades. Simulación de la cuña salina. 2.5. Uso de trazadores para observar velocidad y líneas de flujo, dispersión y propagación de contaminantes. 2.6. Efecto de superación de velocidad crítica: erosión interna y sifonamiento.
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	Han sido realizados una serie de experimentos demostrativos de laboratorio basados en el uso de los modelos físicos contruidos con objeto de comprobar su funcionamiento y poder luego trasladarlos a la docencia. En particular se han resuelto algunos problemas de estanqueidad, de deformación de la estructura debido al peso de la misma y de visualización de los fenómenos, quedando éstos listos para su empleo en docencia. Los experimentos realizados con los modelos físicos han sido los siguientes: 2.1. Piezometría y ley de Darcy. Determinación de gradientes, secciones, caudales y conductividad hidráulica. 2.2. Definición de equipotenciales y líneas de flujo en un medio bidimensional en diferentes situaciones: con/sin pantalla impermeable. 2.3. Confinamiento y artesianismo. Efecto en el medio de la simulación de un bombeo/drenaje localizado: conoide de depresión. Pérdida de carga debido a la rejilla y eficiencia de un sondeo.

	2.4. Fenómenos de dispersión mecánica y de advección en el medio poroso. Formación de una nube o penacho de transporte de un trazador para simular el avance de un contaminante.
Objetivo nº 3	<i>Elaboración de una relación de ejercicios y actividades que los alumnos puedan realizar con los modelos físicos con objeto de transmitir conocimiento y facilitar la comprensión de conceptos, mecanismos y efectos de diferentes procesos que afectan al medio subterráneo.</i>
Actividades que había previsto en la solicitud del proyecto:	<i>Reproducir una serie de experiencias que sean asequibles para los alumnos en los tiempos dedicados a prácticas de las asignaturas implicadas y preparación de la correspondiente relación de ejercicios y/o tareas de carácter práctico para fomentar el aprendizaje de los alumnos en aspectos diversos. comprensión de conceptos, cálculo de parámetros hidrogeológicos, determinación de velocidades de flujo, de velocidad y dispersión de contaminantes, radio de influencia en bombeos, profundidad y extensión de la cuña salina, etc.</i>
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	<i>De cada uno de los experimentos anteriormente citados se ha preparado un documento que incluye los principios físicos, la forma de operar y los principales resultados esperados. Así mismo, se ha confeccionado un documento docente con la presentación de este tipo de metodologías, las ventajas, limitaciones e inconvenientes y principales aplicaciones. Finalmente, en el grupo de alumnos de la asignatura de Conservación y Modelización de Sistemas Hidrológicos del Máster en Gestión Integral del Agua, que es la única asignatura en la que por motivos de calendario pudo ser presentada esta actividad en el curso 2024/25, se requirió a los alumnos la elaboración de un documento con la aplicación de este tipo de modelos con muy buena acogida por parte de los alumnos.</i>

- Realice una breve valoración sobre la influencia del proyecto ejecutado en la evolución de las asignaturas implicadas.

<i>Análisis del impacto de la innovación en las asignaturas relacionadas con el proyecto</i>
<i>El proyecto de innovación docente desarrollado en el presente curso académico tendrá repercusión efectiva sobre la docencia de las asignaturas implicadas a partir del próximo curso 2025/26. De las asignaturas señaladas en la memoria (Medio Físico, 12 créditos; Gestión de Espacios y Recursos Naturales, 9 créditos; Hidrología Superficial y Subterránea, 5 créditos; Obras Hidráulicas. Regulación y captación, 2,5 créditos y Conservación y modelización de sistemas hidrológicos, 5 créditos) solo una</i>

asignatura (Conservación y Modelización de Sistemas Hidrológicos del Máster en Gestión Integral del Agua) pudo beneficiarse de esta iniciativa en el curso que ahora termina, con el hándicap de que en el presente curso solo había matriculados 7 alumnos en dicha asignatura. Esto es debido a varias circunstancias:

En primer lugar, los fondos para la realización del proyecto fueron liberados cuando ya se había iniciado la docencia de las dos asignaturas más mayoritarias en cuanto a número de alumnos (Medio Físico, 70 alumnos) e Hidrología Superficial y Subterránea (25 alumnos), con lo que en la planificación docente de dichas asignaturas no pudieron incorporarse los contenidos relacionados con los ensayos de laboratorio. Hay que señalar que la finalización de ambas asignaturas, en la parte correspondiente a aguas subterráneas, se produjo conforme estaba contemplado en la planificación, muy pronto, mediados del mes de octubre la primera y mediados del mes de noviembre la segunda. Dado que el primer objetivo del proyecto era materializar los modelos, resultó imposible tenerlos a punto para esas fechas.

Una vez que se recibió la comunicación de la disponibilidad de los fondos, fue necesario en primer lugar afrontar la compra del material, para lo cual fueron desarrolladas las labores previas de diseño y definición de las instalaciones a construir. Posteriormente, y tras resolver las gestiones administrativas, fue recibido el material que fue montado por los miembros del equipo no sin tener que superar algunas incidencias relacionadas con la propia construcción. Los modelos no estuvieron disponibles para el desarrollo de los ensayos previos hasta prácticamente mediados del segundo semestre con lo cual la preparación y puesta a punto del material tendrá efectos docentes fundamentalmente para el curso siguiente.

No obstante, en la asignatura en la que sí se pudo implementar los contenidos relacionados con los modelos físicos en el presente curso, se considera que la aceptación del alumnado ha sido muy buena y la puesta en común por parte del grupo de alumnos de las ventajas y beneficios que para la docencia representan este tipo de dispositivos ha quedado claramente establecida. Lo que supone un incentivo para los próximos cursos.

- Incluya en la siguiente tabla el número de alumnado matriculado y el de respuestas recibidas en cada opción y realice una valoración crítica sobre la influencia que el proyecto ha ejercido en la opinión del alumnado.

Opinión del alumnado al inicio del proyecto				
Número de alumnado matriculado: 7				
Valoración del grado de dificultad que cree que va a tener en la comprensión de los contenidos y/o en la adquisición de competencias asociadas a la asignatura en la que se enmarca el proyecto de innovación docente				
Ninguna dificultad	Poca dificultad	Dificultad media	Bastante dificultad	Mucha dificultad
		7		
Opinión del alumnado en la etapa final del proyecto				
Valoración del grado de dificultad que ha tenido en la comprensión de los contenidos y/o en la adquisición de competencias asociadas a la asignatura en la que se enmarca el proyecto de innovación docente				

Ninguna dificultad	Poca dificultad	Dificultad media	Bastante dificultad	Mucha dificultad
		7		
<i>Los elementos de innovación y mejora docente aplicados en esta asignatura han favorecido mi comprensión de los contenidos y/o la adquisición de competencias asociadas a la asignatura</i>				
Nada de acuerdo	Poco de acuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	Muy de acuerdo	Completamente de acuerdo
			7	
En el caso de la participación de profesorado invitado				
<i>La participación del profesorado invitado ha supuesto un gran beneficio en mi formación</i>				
Nada de acuerdo	Poco de acuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	Muy de acuerdo	Completamente de acuerdo
Valoración crítica sobre la influencia que ha ejercido el proyecto en la opinión del alumnado				
Como se ha indicado en el apartado anterior, por motivos de calendario, el número de alumnos afectados por la iniciativa ha sido muy reducido, pero la valoración de todos ellos ha sido muy favorable y ha servido para la evaluación de la asignatura. Se está trabajando actualmente para que en el curso que empieza se le pueda sacar el máximo partido a las instalaciones puestas a punto.				

4. Describa las medidas de difusión a las que se comprometió en la solicitud y las que ha llevado a cabo².

Descripción de las medidas comprometidas en la solicitud
• Impartición de una charla/taller divulgativo para docentes y científicos para poner a disposición de la comunidad universitaria los recursos docentes generados y la experiencia adquirida en el proyecto. • Grabación de material audiovisual para la difusión de las experiencias con el fin de subirlos a plataformas institucionales y campus virtual del alumnado
Descripción de las medidas que se han llevado a cabo
• El equipo de trabajo del proyecto redactó y presentó oralmente una comunicación sobre la experiencia desarrollada en el Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas (CUIEET'32), celebrado en julio de 2025 en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Algeciras (ETSIA) de la Universidad de Cádiz. En este foro de intercambio de experiencias docentes, nuestro trabajo atrajo la atención de los asistentes y suscitó un interesante intercambio de ideas. De esta forma se considera que la primera acción está satisfactoriamente cumplida no solo a nivel interno de nuestra institución, sino a nivel de otros centros educativos superiores. • Respecto de la segunda acción, se ha realizado un reportaje fotográfico y se ha confeccionado material que fue subido al campus virtual en la única asignatura en la que por motivos de calendario, y como se ha explicado anteriormente, pudo desarrollarse la actividad. Para el curso que comienza el material docente será subido al campus virtual de las diferentes asignaturas que participen del uso de esta herramienta docente.

² Si en la solicitud no indicó compromiso de difusión de resultados, este criterio no se tendrá en cuenta en la evaluación.