

EDUCACIÓN, CREATIVIDAD E INTELIGENCIA ARTIFICIAL: NUEVOS HORIZONTES PARA EL APRENDIZAJE. ACTAS DEL VIII CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAJE, INNOVACIÓN Y COOPERACIÓN, CINAIC 2025

María Luisa Sein-Echaluce Lacleta, Ángel Fidalgo Blanco y Francisco José García Peñalvo (coords.)

1ª Edición. Zaragoza, 2025

Edita: Servicio de Publicaciones. Universidad de Zaragoza.



Servicio de
Publicaciones
Universidad Zaragoza

EBOOK ISBN 978-84-10169-60-9

DOI 10.26754/uz.978-84-10169-60-9



Esta obra se encuentra bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento – NoComercial (ccBY-NC). Ver descripción de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Referencia a esta obra:

Sein-Echaluce Lacleta, M.L., Fidalgo Blanco, A. & García-Peñalvo, F.J. (coords.) (2025). *Educación, Creatividad e Inteligencia Artificial: nuevos horizontes para el Aprendizaje. Actas del VIII Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Cooperación. CINAIC 2025 (11-13 de Junio de 2025, Madrid, España)*. Zaragoza. Servicio de Publicaciones Universidad de Zaragoza. DOI 10.26754/uz.978-84-10169-60-9

Plataforma interactiva para la asignatura de laboratorio Experimentación en Ingeniería Química I: evaluación individual de competencias instrumentales

Interactive Platform for the Experimentation in Chemical Engineering I Lab Course: A Tool for the Individual Assessment of Instrumental Skills

Miguel Macías², Felipe Landazabal², Jorge Plaza², David Castro², Juan Angel Botas¹, Raúl Molina², Fernando Martínez², Victoria Morales²

miguel.macias@urjc.es, felipe.landazabal@urjc.es, jorge.plaza@urjc.es, david.castro@urjc.es, juanangel.botas@urjc.es, raul.molina@urjc.es, fernando.martinez@urjc.es, victoria.morales@urjc.es

¹Departamento de Tecnología Química y
Energética
Universidad Rey Juan Carlos
Madrid, España

²Departamento de Tecnología Química y
Ambiental
Universidad Rey Juan Carlos
Madrid, España

Resumen- Este trabajo presenta una experiencia de innovación docente basada en el desarrollo e implementación de una plataforma virtual interactiva para la asignatura Experimentación en Ingeniería Química I del Grado en Ingeniería Química de la Universidad Rey Juan Carlos. La plataforma incluye recursos multimedia y simuladores que replican los equipos experimentales reales, proporcionando al alumnado una experiencia inmersiva previa al trabajo en el laboratorio. Su integración en la asignatura ha favorecido un aprendizaje más autónomo, traduciéndose en una mejora sustancial de los resultados académicos y en una reducción de la tasa de suspensos a menos del 10 %. Además, los simuladores se han empleado por primera vez como parte del examen final, lo que ha permitido evaluar individualmente competencias instrumentales que resultan difíciles de valorar mediante pruebas tradicionales. El alumnado ha valorado muy positivamente la herramienta, destacando su utilidad para la comprensión de los conceptos y procedimientos experimentales.

Palabras clave: *Plataforma virtual de laboratorio, Simulador de prácticas de laboratorio, Evaluación competencias instrumentales, Laboratorio de Ingeniería Química, Código en Matlab®*

Abstract - This work presents a teaching innovation experience based on the development and implementation of an interactive virtual platform for the course Experimentation in Chemical Engineering I in the Chemical Engineering Degree at Universidad Rey Juan Carlos. The platform includes multimedia resources and simulators that replicate real experimental setups, providing students with immersive experience prior to laboratory sessions. Its integration into the course has promoted more autonomous and meaningful learning, resulting in a significant improvement in academic performance and a reduction in the failure rate to below 10%. Furthermore, the simulators were used for the first time as part of the final exam, enabling the individual assessment of instrumental competences that are difficult to evaluate through traditional tests. Students rated the platform very positively, highlighting its usefulness for understanding experimental concepts and procedures.

Keywords: *Online laboratory platform, Laboratory practice simulator, Assessment of instrumental competences, Chemical Engineering laboratory, Matlab® code*

1. INTRODUCCIÓN

Las prácticas experimentales desempeñan un papel fundamental en la formación en ingeniería, especialmente en el ámbito de la ingeniería química, al permitir al alumnado conectar la teoría con su aplicación práctica. Estas sesiones no solo refuerzan los contenidos específicos de la materia, sino que también fomentan el desarrollo de competencias transversales esenciales como el trabajo en equipo, la autonomía, y habilidades técnicas y científicas vinculadas a la recogida y análisis de datos (Chan et al., 2021).

No obstante, el desarrollo de prácticas presenciales implica una elevada dedicación por parte del profesorado y un importante esfuerzo logístico. Además, la infraestructura necesaria para los laboratorios de ingeniería química representa una inversión considerable. Como consecuencia, la experiencia del estudiantado en el laboratorio suele verse limitada a sesiones breves y con un número elevado de participantes, lo que reduce las oportunidades de interacción con los equipos y de resolución de problemas inesperados durante la práctica (Laseinde y Dada, 2023). En muchos casos, los estudiantes se limitan a seguir instrucciones para tomar datos sin poder experimentar libremente o explorar posibles errores y alternativas metodológicas.

En respuesta a estas limitaciones, numerosas instituciones están impulsando el uso de recursos digitales para enriquecer la enseñanza práctica mediante laboratorios virtuales, que permiten simular el comportamiento de equipos reales y facilitan el aprendizaje autónomo (Granjo y Rasteiro, 2020). Estas herramientas han demostrado ser eficaces para potenciar el compromiso del alumnado y mejorar la comprensión conceptual, al promover un aprendizaje activo (Falconer, 2016). Entre las soluciones tecnológicas más empleadas se encuentran los simuladores, laboratorios virtuales y laboratorios remotos, que permiten experimentar con modelos matemáticos o sistemas reales controlados a distancia (Molina et al., 2021).

Los laboratorios remotos ofrecen ventajas adicionales al reproducir condiciones reales, como datos en tiempo real con ruido y un mayor margen de maniobra para el alumnado (Budai y Kuczmann, 2018). Sin embargo, desde la perspectiva del estudiante, si están bien diseñadas, todas estas opciones pueden resultar igualmente eficaces para simular el entorno de trabajo real, incluyendo tanto los resultados previstos como los imprevistos (Cruz del Álamo et al., 2022).

Una ventaja adicional de los simuladores inmersivos es que permiten evaluar de manera individual competencias instrumentales que, en entornos de laboratorio tradicionales, son difíciles de valorar debido a la dinámica de grupos grandes. Durante las prácticas en el laboratorio, los estudiantes realizan las tareas experimentales en equipos, lo que complica la evaluación precisa de las habilidades de manejo de las instalaciones experimentales de cada estudiante. En cambio, los simuladores permiten observar y evaluar, de manera individual, si el alumnado ha aprendido a manejar los equipos y aplicar los procedimientos adecuados. Este tipo de evaluación individualizada es fundamental para garantizar que cada estudiante haya adquirido las competencias instrumentales necesarias. En el curso académico 2023/24, esta metodología se implementó por primera vez en la asignatura Laboratorio de Ingeniería Química I, permitiendo que los estudiantes usaran dos simuladores como parte de su examen final. Esta actividad ofreció la oportunidad de comprobar, de manera más precisa y efectiva, si los estudiantes habían adquirido las competencias instrumentales de las instalaciones experimentales, superando las limitaciones de los exámenes tradicionales.

Los laboratorios virtuales también presentan algunas desventajas, como la percepción del alumnado de que se parecen a un videojuego o el hecho de que, al tratarse de entornos virtuales, realmente no existen y no ocurre nada si se operan de manera incorrecta. Esto convierte a la experimentación en laboratorios reales en una etapa clave final para adquirir completamente las habilidades y competencias relacionadas con el trabajo experimental (Veza et al., 2022). Por tanto, los laboratorios virtuales ofrecen beneficios económicos y organizativos, pero su efectividad en la mejora del aprendizaje del alumnado en asignaturas de ingeniería debe ser evaluada.

En este contexto, se presenta una experiencia de innovación docente centrada en el diseño e implementación de una plataforma virtual de prácticas experimentales para la asignatura Laboratorio de Ingeniería Química I del Grado en Ingeniería Química en la Universidad Rey Juan Carlos (URJC). Esta asignatura se desarrolla íntegramente en el laboratorio. Esta plataforma, inicialmente desarrollada en 2021 para otras asignaturas del área de mecánica de fluidos (Cruz del Álamo et al., 2022), ha sido adaptada y ampliada en el curso 2023/24 para cubrir prácticas clave del laboratorio de ingeniería química. Incluye simuladores interactivos y recursos multimedia que permiten al alumnado familiarizarse previamente con los equipos, reforzando así el aprendizaje autónomo, la comprensión teórica y la preparación para las sesiones presenciales.

2. CONTEXTO Y DESCRIPCIÓN

A. Implementación de una plataforma online de laboratorios virtuales como recurso didáctico en la enseñanza experimental

En el marco de la innovación docente en enseñanzas experimentales, se ha desarrollado una plataforma online de laboratorios virtuales que integra recursos interactivos y multimedia orientados a facilitar el aprendizaje autónomo del alumnado. Esta plataforma está compuesta por diferentes sitios web, cada uno dedicado a una práctica experimental concreta disponible en los laboratorios docentes de la Universidad Rey Juan Carlos. Su implementación inicial en 2021 incluyó prácticas de Mecánica de Fluidos, como el túnel de viento o el canal abierto. Posteriormente, se amplió con todas las prácticas de la asignatura “Experimentación en Ingeniería Química I”, del segundo curso del Grado en Ingeniería Química, incorporando prácticas sobre reología, equilibrio líquido-vapor, lechos fijo y fluidizado, sedimentación o bomba de calor, entre otras.

Las páginas web, diseñadas con Microsoft Sway®, están optimizadas para su visualización en ordenador, móvil o tableta, lo que permite al alumnado acceder de forma flexible y desde cualquier lugar. Cada entorno virtual está estructurado en torno a una introducción teórica, una descripción del equipo experimental, los procedimientos detallados de operación, la recogida de datos, los cálculos necesarios y recomendaciones para el análisis de resultados (Figura 1). El uso de contenidos audiovisuales —videotutoriales, animaciones y simuladores inmersivos— proporciona una experiencia más dinámica y cercana al entorno real del laboratorio.



Figura 1. Imagen de la información de la plataforma online.

Esta propuesta responde al perfil del estudiante actual, que muestra una clara preferencia por entornos digitales frente a los tradicionales guiones impresos. La plataforma se ha consolidado como una herramienta motivadora, que favorece una mejor preparación previa de la práctica, una mayor comprensión de los fenómenos estudiados y una mejora en los resultados académicos. Todos los recursos están disponibles desde el aula virtual de la asignatura y de forma voluntaria los alumnos pueden usarlo para la preparación de las prácticas.

B. Video tutoriales y simuladores inmersivos para preparar el trabajo experimental

Con el objetivo de mejorar la preparación del alumnado en prácticas experimentales, se ha integrado en la plataforma online una combinación de videotutoriales y simuladores inmersivos que replican fielmente los montajes reales disponibles en los laboratorios docentes de la Universidad Rey Juan Carlos. Esta estrategia responde a la necesidad de adaptar la enseñanza práctica a los nuevos entornos digitales, facilitando una experiencia de aprendizaje más atractiva, flexible y eficaz para el estudiante actual.

Cada práctica cuenta con un breve videotutorial que explica la instalación experimental y los pasos clave de la operación, con especial atención a elementos críticos como válvulas, bombas y sistemas de adquisición de datos. Estos recursos permiten al alumnado familiarizarse previamente con el equipo, reducir errores frecuentes y reforzar la comprensión de los objetivos de la práctica y las medidas de seguridad.

Complementariamente, se han desarrollado simuladores interactivos en Matlab® (AppDesigner), que permiten reproducir virtualmente todo el proceso experimental mediante una interfaz gráfica idéntica al equipo real (Figura 2). Los estudiantes pueden realizar la práctica completa desde cualquier lugar a través de la plataforma MyApps, accediendo al software universitario en remoto. Para aumentar el realismo, los simuladores incluyen un sistema de generación aleatoria de errores experimentales (REESS), que simula fallos comunes en las instalaciones del laboratorio, fomentando la toma de decisiones y el pensamiento crítico.

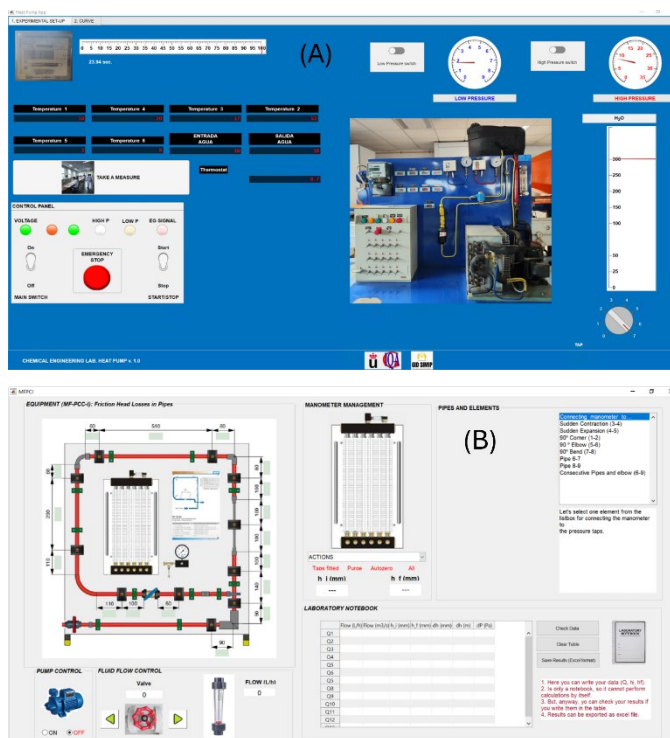


Figura 2. Imagen de la pantalla inicial del simulador de las prácticas (A) Bomba de calor (B) Pérdida de carga en tuberías

Esta aproximación didáctica potencia el aprendizaje activo, permitiendo al alumnado interactuar con los contenidos en diferentes formatos y familiarizarse con los equipos antes de su uso real. Asimismo, se promueve la autonomía y la accesibilidad, permitiendo al estudiantado avanzar a su propio ritmo desde cualquier dispositivo. La experiencia ha demostrado ser altamente motivadora y efectiva, consolidando esta plataforma como una herramienta innovadora en la docencia experimental universitaria.

En el presente curso académico, por primera vez, se han utilizado los simuladores inmersivos como herramienta de evaluación individual de competencias instrumentales. En el examen final de la asignatura *Laboratorio de Ingeniería Química I*, se incluyeron dos preguntas en las que el alumnado debía obtener datos experimentales empleando los simuladores desarrollados para las distintas prácticas. Esta estrategia ha

permitido comprobar de forma objetiva si los estudiantes sabían manejar correctamente las instalaciones experimentales, algo difícil de evaluar mediante un examen tradicional escrito. La incorporación de esta metodología ha supuesto un avance en la evaluación de habilidades prácticas en entornos virtuales, alineándose con los principios del aprendizaje activo y centrado en el estudiante.

3. RESULTADOS

La asignatura Experimentación en Ingeniería Química I es 100 % experimental y aplicada, y por tanto dependiente del trabajo del alumnado en el laboratorio. Los materiales proporcionados durante el curso 2023/24 y 2024/2025 a través de la plataforma en línea de laboratorios virtuales, permiten a los estudiantes acceder a ellos cuando lo deseen, promoviendo así el aprendizaje autónomo y autodirigido. Tras las sesiones experimentales en el laboratorio, se requiere que los estudiantes presenten informes grupales elaborados por el equipo de trabajo para cada práctica. Dichos informes implican la realización de cálculos basados en los datos experimentales recogidos en el laboratorio y la interpretación de los resultados dentro del marco teórico de cada experimento. Este enfoque práctico refuerza la conexión entre la teoría y la práctica, potenciando las habilidades analíticas y de resolución de problemas del alumnado, y preparándolos para los retos de la ingeniería en el mundo real. La evaluación final consiste en un examen global que incluye tanto preguntas teóricas como ejercicios prácticos de resolución de problemas basados en datos experimentales. El objetivo es evaluar no solo el dominio de los conceptos teóricos por parte del estudiantado, sino también su capacidad para aplicar estos conceptos en un entorno de laboratorio.

La evaluación de los potenciales beneficios o la influencia que supone la incorporación de laboratorios virtuales como herramienta docente se ha realizado desde dos puntos de vista: la experiencia del estudiantado, mediante encuestas y análisis del uso que hacen de la plataforma en línea, y los resultados académicos obtenidos en los cursos 2023/24 y 2024/2025.

El feedback del alumnado al final del curso se recabó mediante una encuesta compuesta por dieciocho preguntas cerradas y cumplimentada por 55 estudiantes durante el curso 23/24. Los aspectos mejor valorados son aquellos relacionados con la claridad de los objetivos de las actividades y la descripción del montaje experimental, destacándose en particular el video tutorial. Además, la claridad de las mediciones de laboratorio, los cálculos y el marco teórico también está bien valorada. Por otro lado, las cuestiones relacionadas con el uso de los simuladores alcanzaron alrededor de 3 puntos sobre 5, con especial énfasis en los video tutoriales que explican su utilización y su papel en el refuerzo del desempeño en el laboratorio, en los cálculos posteriores a los experimentos y en el análisis de resultados. La valoración global de la plataforma se sitúa en 3 sobre 5, lo que refleja una percepción del alumnado generalmente positiva, a la vez que señala áreas de mejora para futuras modificaciones de la plataforma.

Con la nueva metodología implementada se ha evidenciado una mejora significativa en los resultados académicos de la asignatura, reflejada tanto en las calificaciones obtenidas en los informes grupales de las prácticas experimentales como en el examen final. En el caso de los informes, se ha registrado un notable incremento, alcanzando una media de

aproximadamente 7,5 en el curso 2023/24, en comparación con promedios inferiores a 6 en años anteriores. Además, se han obtenido calificaciones superiores a 9 en algunos informes, logros inéditos en cursos previos. Respecto al examen final del curso 2023/24, la calificación mínima fue superior a la registrada anteriormente (4 sobre 10), y la media superó el 6. Durante el curso 2024/25, a la espera de los resultados de la convocatoria extraordinaria, se ha observado la continuidad de estas mejoras tanto en los informes de prácticas como en el examen final de la convocatoria ordinaria.

Adicionalmente, durante el curso 2024/25 se ha empleado el simulador como herramienta para la evaluación individual de competencias instrumentales. En el examen final se requirió a los alumnos demostrar su dominio en el manejo de los simuladores para las prácticas de bomba de calor y equilibrio líquido-vapor. Los resultados obtenidos en las preguntas relacionadas con estas instalaciones indican que, para la práctica de bomba de calor, el 80 % de los alumnos supo manejar la instalación, con un 66,1 % de ellos obteniendo calificaciones entre 7 y 10. Por otro lado, en la práctica de equilibrio líquido-vapor se observó que el 93,2 % de los estudiantes dominó el uso del simulador, con un 62 % de calificaciones en el rango de 7 a 10. La posibilidad de utilizar los simuladores para evaluar de forma individual las competencias instrumentales realza la versatilidad y eficacia de este tipo de plataformas virtuales.

4. CONCLUSIONES

La implementación de la plataforma virtual de laboratorios en la asignatura Laboratorio de Ingeniería Química I, ha impulsado mejoras sustanciales en el proceso de enseñanza-aprendizaje y en la implicación del estudiantado. Los datos recogidos durante el curso académico 2023/24 evidencian un impacto positivo en los resultados, manifestándose en un incremento en las calificaciones, así como en una reducción en la tasa de suspensos en comparación con años anteriores. De igual forma, los informes de prácticas han demostrado una mayor capacidad del alumnado para analizar e interpretar datos experimentales.

Destaca que, en el curso 2024/25, la plataforma se ha empleado asimismo como instrumento de evaluación individual de competencias instrumentales. En el examen final se incluyeron dos preguntas específicas en las que se requería que los estudiantes utilizaran los simuladores correspondientes a las prácticas de bomba de calor y de equilibrio líquido-vapor para obtener resultados experimentales. Los resultados obtenidos fueron muy satisfactorios, ya que se constató que el 80 % de los alumnos supo manejar el simulador de bomba de calor y el 93 % dominó el simulador de equilibrio líquido-vapor, demostrando habilidad para extraer las variables solicitadas.

De cara al futuro, se plantea seguir mejorando la accesibilidad y la estructuración de los contenidos, así como

introducir nuevas funcionalidades interactivas que refuercen el aprendizaje autónomo y práctico. En conjunto, estos hallazgos avalan la utilidad de la plataforma como un complemento esencial en asignaturas de carácter experimental dentro del ámbito de la Ingeniería Química y destacan su papel en la formación de competencias instrumentales en el alumnado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Centro de Innovación Docente y Educación Digital de la Universidad rey Juan Carlos por la concesión del proyecto de innovación educativa en la convocatoria 2024-25 titulado “Implementación de una plataforma online e interactiva para el desarrollo y evaluación de la asignatura de laboratorio experimentación en ingeniería química I” (PIE24_093).

REFERENCIAS

- Budai, T., Kuczmann, M., (2018). Towards a modern, integrated virtual laboratory system. *Acta Polytech. Hungarica* 15, 191–204.
- Chan, P., Van Gerven, T., Dubois, J.-L., Bernaerts, K., (2021). Virtual chemical laboratories: A systematic literature review of research, technologies and instructional design. *Comput. Educ. Open* 2, 100053.
- Cruz del Álamo, A., Megía, P., Plaza, J., Casado, C., Van Grieken, R., Martínez, F., Molina, R., (2022). FLUID-LABVIR, an immersive online platform as complement to enhance the student's learning experience in experimental laboratories of Fluid Mechanics and Fluid Engineering. *Educ. Chem. Eng.* 41, 1–13.
- Falconer, J.L., (2016). Why not try active learning? *AIChE J.* 62, 4174–4181.
- Granjo, J.F.O., Rasteiro, M.G., (2020). Enhancing the autonomy of students in chemical engineering education with LABVIRTUAL platform. *Educ. Chem. Eng.* 31, 21–28.
- Laseinde, O.T., Dada, D., (2023). Enhancing teaching and learning in STEM Labs: The development of an android-based virtual reality platform. *Mater. Today Proc.*
- Molina, R., Orcajo, G., Segura, Y., Moreno, J., Martínez, F., (2021). KMS platform: A complete tool for modeling chemical and biochemical reactors. *Educ. Chem. Eng.* 34, 127–137.
- Veza, I., Sule, A., Putra, N.R., Idris, M., Ghazali, I., Irianto, P., U.C., Mosliano, G., Arasmatusy, (2022). Virtual Laboratory for Engineering Education: Review of Virtual Laboratory for Students Learning. *Eng. Sci. Lett.* 1, 41–46.