

Anexo 2 INNOVA
MEMORIA FINAL. COMPROMISOS Y RESULTADOS
PROYECTOS DE INNOVACIÓN Y MEJORA DOCENTE
2025/2026

Identificación del proyecto	
Código	sol-202500299557-tra
Título	Integración de inteligencia artificial en las prácticas informáticas de Procesos Biotecnológicos.
Responsable	Martín Ramírez Muñoz

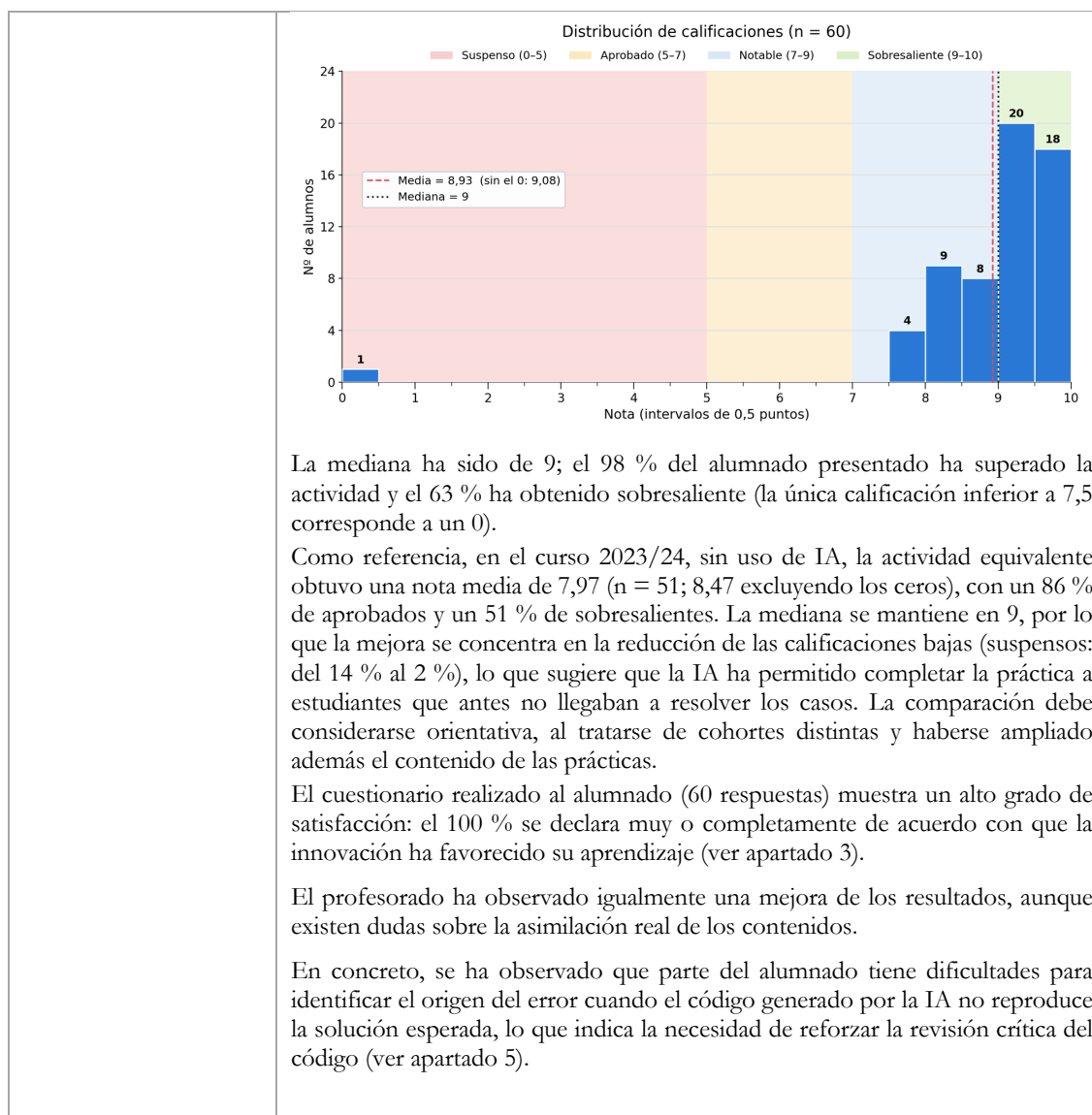
1. Describa los resultados obtenidos a la luz de los objetivos y compromisos que adquirió en la solicitud de su proyecto. Incluya tantas tablas como objetivos contempló.

Objetivo nº 1	Diseñar e implementar resolución de modelos dinámicos de bioprocesos asistido por IA en la asignatura "Procesos Biotecnológicos", centrada en la simulación y análisis de reactores biotecnológicos
Actividades que había previsto en la solicitud del proyecto:	A1. Diseño de ejercicios prácticos para las sesiones 2 y 3 orientados al uso de IA para modificar scripts MATLAB de simulación de biorreactores. A2. Selección y validación de las herramientas de IA más adecuadas y accesibles para el alumnado. A3. Elaboración de guías y materiales específicos (tutoriales, ejemplos comentados). A4. Adaptación de la guía del estudiante y de los materiales del Campus Virtual.
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	A1. Diseño detallado de ejercicios prácticos específicos para las sesiones 2 y 3 de las prácticas de informática, orientados al uso de herramientas de IA para modificar scripts MATLAB de simulación de biorreactores, incluir nuevas cinéticas, incorporar agitación y analizar el cambio parámetros operacionales y cinéticos. Las 4 sesiones se han distribuido de la siguiente forma, cumpliendo por tanto con lo propuesto. Día 1. Introducción. Biorreactor discontinuo - Práctica 1. Reactor discontinuo. Cinética tipo Monod - Práctica 1.1 Reactor discontinuo Cinética tipo Haldane - Práctica 1.2 Reactor discontinuo considerando muerte celular Día 2. Uso de IA para modificar scripts. Biorreactor fed-batch - Práctica 2. Uso de IA para modificar scripts - Práctica 2.1. Reactor realimentado con caudal constante Día 3. Uso de IA para modificar scripts. Biorreactor fed-batch II - Práctica 3. Reactor realimentado con caudal exponencial - Práctica 4. Reactor realimentado con sustrato constante - Práctica 5. Fed-batch con agitación - Práctica 6. Reactor RCTA - Práctica 7. RCTA con recirculación

	Día 4. Examen En la sesión 1 el alumnado programa manualmente en MATLAB los modelos del reactor discontinuo (definición de constantes, función de EDOs, resolución con ode45/ode15s, representación gráfica y exportación a Excel). En la sesión 2 se resuelven con IA esas mismas modificaciones (cinética de Haldane, muerte celular) y un análisis de sensibilidad del rendimiento $Y'x/s$, lo que permite al alumnado comparar ambos enfoques. En la sesión 3 la IA se emplea para abordar ejercicios de mayor complejidad: alimentación escalonada, barridos paramétricos de dos variables con exportación a Excel y superficies de respuesta 3D (p. ej., efecto de $Y'x/s$ y de la concentración de sustrato en la alimentación sobre $X \cdot V$ en el fed-batch, o de las fracciones de recirculación y purga sobre la biomasa en el RCTA con recirculación). Respecto a lo previsto en la solicitud, el ahorro de tiempo asociado al uso de la IA ha permitido incorporar dos casos nuevos de reactor continuo (Prácticas 6 y 7: RCTA y RCTA con recirculación), no incluidos en ediciones anteriores, sin aumentar las 10 horas de prácticas. A2. Selección y validación de las herramientas de IA más adecuadas y accesibles para los estudiantes de la UCA. Se han empleado varios LLM (ChatGPT, Claude, Gemini, etc.). Todos han sido capaces de resolver los problemas, por lo que el alumnado ha usado el que ha considerado más adecuado. Previamente, el profesorado validó los ejercicios con ChatGPT, Claude, Gemini, Copilot, Perplexity y DeepSeek, comprobando que en todos los casos se obtenía un script funcional y coherente con la solución de referencia. Las diferencias detectadas fueron menores y de uso (p. ej., alguna herramienta no permite adjuntar directamente archivos .m) y se indicaron al alumnado. Se priorizaron las versiones gratuitas, accesibles sin coste para todo el estudiantado. A3. Elaboración de guías y materiales específicos (tutoriales, ejemplos comentados) sobre cómo utilizar la IA como soporte en la programación y análisis de sistemas de ecuaciones diferenciales aplicadas a bioprocesos. Se ha elaborado material específico y se ha puesto a disposición del alumnado en el Campus Virtual: una presentación sobre el uso de IA para modificar scripts (herramientas disponibles, ejercicios resueltos con enlaces a las conversaciones compartidas con cada IA y migración del código de MATLAB a Python mediante Google Colab o VS Code), una carpeta con los scripts del biorreactor discontinuo modificados con IA, ejemplos comentados de modificación con Claude y con ChatGPT, hojas de clase y guías de cambio de modelo (de Monod a Haldane y de Monod a muerte celular). A4. Adaptación de la guía del estudiante y los materiales del Campus Virtual para incluir la descripción, metodología y evaluación de la nueva fase con IA El Campus Virtual se ha reorganizado en cuatro sesiones coincidentes con la nueva planificación (Sesión 1: introducción y biorreactor discontinuo; Sesiones 2 y 3: uso de IA para modificar scripts en biorreactores fed-batch y continuos; Sesión 4: examen), cada una con los enunciados en PDF, los scripts de partida (.m) y los ejemplos de uso de IA. Se ha habilitado además la tarea de entrega del ejercicio de MATLAB para la evaluación.
--	--

Objetivo nº 2	Desarrollar en el estudiantado la capacidad de utilizar herramientas de IA de forma efectiva para potenciar su análisis y resolución de problemas en ingeniería de bioprocesos
Actividades que había previsto en la solicitud del proyecto:	A5. Ejecución de la fase de prácticas asistida por IA. A6. Apoyo al alumnado en tutorías, prácticas y sesiones de trabajo de los casos prácticos. A7. Seguimiento del progreso del alumnado.
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	A5. Ejecución de la fase de prácticas asistida por IA, guiando a los grupos de estudiantes en el uso de las herramientas para resolver los ejercicios planteados. A6. Apoyo a los estudiantes en el horario de tutorías, durante las prácticas y en las sesiones de trabajo de los casos prácticos. A7. Seguimiento del progreso de los estudiantes durante la práctica y en las sesiones de trabajo de los casos prácticos. A5, A6 y A7 se han llevado a cabo durante las 10 horas de prácticas y en el horario de tutorías. Las dudas, no obstante, han surgido todas en clase, bien en el horario de las clases de informática o bien durante su aplicación en los casos prácticos. Durante las sesiones se revisaron con el alumnado las instrucciones (prompts) empleadas y, sobre todo, la validación de los resultados obtenidos (coherencia de los perfiles, valores finales y de estado estacionario, y comparación con la solución de referencia), insistiendo en que la IA es un asistente y no un sustituto del planteamiento del modelo. El alumnado aplicó posteriormente la metodología de forma autónoma en los casos prácticos grupales de aprendizaje basado en proyectos (ABP) de la asignatura.

Objetivo nº 3	Evaluar el impacto de la integración de la IA en el proceso de aprendizaje del estudiantado y su percepción sobre la utilidad de estas herramientas
Actividades que había previsto en la solicitud del proyecto:	A8. Evaluación de los entregables de la práctica en la última sesión. A9. Cuestionario anónimo de percepción y satisfacción del alumnado. A10. Recopilación de observaciones del profesorado.
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	A8. Evaluación de los entregables de la práctica en la última sesión (scripts modificados, análisis de resultados) utilizando rúbricas adaptadas. A9. Administración y análisis de un cuestionario específico (anónimo) para recoger la percepción y satisfacción del estudiantado respecto a la utilidad, dificultad y motivación generada por el uso de la IA. A10. Recopilación de observaciones del profesorado sobre el proceso de aprendizaje y el desempeño de los estudiantes durante la práctica con IA. La nota media de los alumnos ha sido muy alta (8,9, 60 alumnos). El siguiente gráfico muestra las notas de dicha actividad.



Objetivo nº 4	Difusión de resultados
Actividades que había previsto en la solicitud del proyecto:	A11. Difusión de resultados en Jornadas de Innovación Docente de la UCA y otros ámbitos.

Actividades realizadas y resultados obtenidos:	A11. Difusión de resultados en Jornadas de Innovación Docente de la UCA y otros ámbitos Los resultados han sido difundidos en el VIII Congreso de Innovación Docente en Ingeniería Química (CIDIQ 2026), celebrado en Valencia del 15 al 17 de julio de 2026. Título: Integración de inteligencia artificial y gemelos digitales en la docencia de ingeniería química: aplicación a DoE en bioprocesos y tecnología de partículas. Autores: Pablo García Triñanes, Fernando Almenglo Cordero, Martín Ramírez Muñoz El detalle de las medidas de difusión y de los desajustes respecto a lo previsto se recoge en el apartado 4.
--	---

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

Análisis del impacto de la innovación en las asignaturas relacionadas con el proyecto
La integración de la IA ha modificado de forma sustancial el desarrollo de las prácticas de informática de Procesos Biotecnológicos. La primera sesión se mantiene sin IA, de modo que el alumnado adquiere la base necesaria programando manualmente en MATLAB (estructura del script, sistema de EDOs, uso de ode45/ode15s, representación y exportación de resultados). A partir de la segunda sesión, la IA actúa como asistente para modificar y ampliar los scripts, lo que reduce el tiempo dedicado a depurar errores de sintaxis y permite dedicar más tiempo al planteamiento del modelo y a la interpretación de los resultados. Con las mismas 10 horas de prácticas se ha pasado de siete casos de reactor (discontinuo y realimentado) a nueve, incorporando dos configuraciones de reactor continuo (RCTA y RCTA con recirculación), y se han abordado análisis de sensibilidad multiparamétricos y representaciones 3D que antes no eran viables en el tiempo disponible. El rendimiento académico ha mejorado respecto al curso 2023/24, sin IA (nota media de 7,97 a 8,93; aprobados del 86 % al 98 %), pese a la ampliación del contenido. El impacto se extiende a los casos prácticos grupales de ABP de la asignatura (producción de levadura, bioetanol, ácido cítrico, vinagre, cerveza y penicilina; (González-Cortés et al., 2025)), en los que el alumnado ha utilizado la IA para adaptar los modelos a cada proceso. Como aspecto a vigilar, y en línea con lo señalado en la literatura (Kasneci et al., 2023), la facilidad para generar código puede enmascarar carencias en la comprensión del modelo, por lo que la evaluación debe verificar que el alumnado entiende y sabe justificar el código que entrega. Referencias González-Cortés, J. J., Cantero, D., & Ramírez, M. (2025). Project-Based Learning in Bioprocess Engineering: MATLAB Software as a Tool for Industrial-Scale Bioreactor Design. <i>Computer Applications in Engineering Education</i>, 33(1). https://doi.org/10.1002/cae.22811 Kasneci, E., Seßler, K., Küchemann, S., et al. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. <i>Learning and Individual Differences</i>, 103, 102274. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274

- 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:			61 alumnos/as	
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
-	-	-	-	-
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
3	48	9	-	-
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				
Nada de acuerdo	Poco de acuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	Muy de acuerdo	Completamente de acuerdo
-	-	-	35	25
En el caso de la participación de profesorado invitado				
La participación del profesorado invitado ha supuesto un gran beneficio en mi formación				
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				
No se realizó encuesta al inicio del proyecto, por lo que no es posible una comparación pre/post de la percepción del alumnado; como referencia objetiva se han utilizado las calificaciones del curso 2023/24, sin IA (apartado 1, objetivo 3).				
La encuesta final fue respondida por 60 de los 61 estudiantes matriculados (98 %). El 85 % (51 respuestas) consideró que la comprensión de los contenidos y la adquisición de competencias había supuesto poca o ninguna dificultad, el 15 % (9) una dificultad media y ninguno una dificultad alta. Asimismo, el 100 % se mostró muy de acuerdo (35; 58 %) o completamente de acuerdo (25; 42 %) con que los elementos de innovación aplicados habían favorecido su aprendizaje.				
Estos resultados, junto con la calificación media obtenida (8,93, frente a 7,97 en 2023/24), reflejan una percepción muy positiva del proyecto. No obstante, deben interpretarse con cautela: la baja dificultad percibida puede deberse tanto a una mejor comprensión como a la facilidad que ofrece la IA para obtener resultados correctos sin dominar completamente el código, tal como apunta uno de los comentarios recogidos. Esta observación coincide con la del profesorado y orienta las mejoras propuestas para próximos cursos.				
Incluyo alguna de las valoraciones, aunque muchos lo han dejado en blanco.				
- La IA facilita enormemente la modificación de los scripts - Mucho más fácil con la IA aunque cuando se tiene un error cuesta ver el fallo con respecto a la solución - Una maravilla, usaré la IA para hacer scripts sin duda alguna.				

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

cabo. Describe, analice y valore los desajustes respecto a lo previsto en el proyecto y las soluciones aplicadas.

Descripción de las medidas comprometidas en la solicitud
En la solicitud se comprometieron las siguientes medidas de difusión: - Presentación de la metodología y los resultados en las Jornadas de Innovación Docente de la Universidad de Cádiz (septiembre de 2026). - Comunicación de la experiencia y los resultados en reuniones del Departamento de Ingeniería Química y Tecnología de Alimentos (junio-julio de 2026). - Actualización de la Guía Docente de la asignatura "Procesos Biotecnológicos" (enero de 2026). - Adicionalmente, presentación en congresos nacionales o internacionales sobre educación en ingeniería y valoración de una posible publicación.
Descripción de las medidas que se han llevado a cabo
- Comunicación en el VIII Congreso de Innovación Docente en Ingeniería Química (CIDIQ 2026), Valencia, 15-17 de julio de 2026: "Integración de inteligencia artificial y gemelos digitales en la docencia de ingeniería química: aplicación a DoE en bioprocesos y tecnología de partículas". Autores: P. García Triñanes, F. Almenglo Cordero y M. Ramírez Muñoz. - Publicación de todos los materiales desarrollados (presentaciones, enunciados, scripts y ejemplos de conversaciones con IA) en el Campus Virtual de la asignatura, accesibles para todo el alumnado matriculado. - Actualización de la Guía Docente de la asignatura "Procesos Biotecnológicos" para recoger el uso de herramientas de IA en las prácticas de informática. Valoración de los desajustes: la presentación en las Jornadas de Innovación Docente de la UCA se ha sustituido por la comunicación en el CIDIQ 2026, congreso nacional de referencia en la docencia de Ingeniería Química. Se considera que esta medida amplía el alcance de la difusión comprometida, al dirigirse específicamente al profesorado del área de las universidades españolas. No se ha llevado a cabo la comunicación en reunión de Departamento; no obstante, se considera que la difusión en el CIDIQ, junto con la publicación de los materiales en el Campus Virtual, compensa ampliamente esta medida. La redacción de una publicación en una revista de didáctica de la ingeniería se mantiene como objetivo, incorporando los resultados de un segundo curso de aplicación para disponer de datos comparativos. Se aportan como evidencias el certificado de presentación de la comunicación y las capturas de los materiales disponibles en el Campus Virtual.

5. Conclusiones. Entre ellas, describa las aplicaciones futuras del proyecto, su sostenibilidad y posible continuidad y estrategias para ello.

Conclusiones
El proyecto ha alcanzado los cuatro objetivos planteados. La integración estructurada de la IA en las prácticas de informática ha permitido ampliar el contenido abordado en el mismo número de horas (incorporando los reactores continuos), aumentar la complejidad de los análisis realizados y obtener resultados académicos (nota media de 8,93 frente a 7,97 en 2023/24, sin IA) y de satisfacción (100 % de acuerdo) muy elevados. La principal limitación detectada es el riesgo de que el alumnado obtenga código funcional sin comprender plenamente el modelo, lo que se traduce en dificultades para localizar errores cuando la solución no es la esperada. Para el próximo curso se proponen tres mejoras: (i) mantener la primera sesión de programación sin IA como base; (ii) incluir ejercicios específicos de detección y corrección de errores en código generado por IA; y (iii) incorporar en la evaluación una justificación razonada del código y de los resultados que permita verificar la asimilación real de los contenidos. En cuanto a su sostenibilidad, el proyecto no ha requerido financiación y se basa en herramientas de IA de

acceso gratuito y en materiales ya disponibles en el Campus Virtual, por lo que su continuidad en próximos cursos está garantizada con un coste de mantenimiento mínimo (actualización de los ejemplos conforme evolucionen las herramientas). La migración de los scripts a Python, ya introducida en la sesión 2, reduce además la dependencia de licencias comerciales.

Como estrategia de continuidad, se ha solicitado en la convocatoria 2026/2027 el proyecto "BioSim-UCA: Desarrollo de simuladores web para el aprendizaje activo y la evaluación individualizada de competencias en Biorreactores" (sol-202600317238-tra), que extiende la línea de trabajo a la asignatura Biorreactores del mismo grado mediante simuladores web en Python de acceso abierto. Se prevé además preparar una publicación con los resultados de dos cursos académicos.

Información disponible en campus virtual

▼

Sesión 1. Introducción. Biorreactor discontinuo 

⋮

 Introducción EDOs con Matlab 

⋮

 Práctica 1. Reactor discontinuo. Cinética tipo Monod 

⋮

 Práctica 1. Hoja de clase 

⋮

 Monod 

⋮

 Práctica 1.1 Reactor discontinuo con cinética tipo Haldane 

⋮

 Cambio Monod a Haldane 

⋮

 haldane 

⋮

 Práctica 1.2 Reactor discontinuo considerando muerte celular 

⋮

 Cambio Monod a muerte 

⋮

 Muerte (actualizado 3/03/2026) 

⋮

+ Añadir una actividad o un recurso

▼ **Sesión 2. Uso de IA para modificar scripts - Biorreactor fed-batch** ✎ ⋮

PDF Practica 2 Uso de IA para modificar scripts ✎ ⋮

📁 Modificaciones biorreactor Batch con IA ✎ ⋮

PDF Práctica 2.1 Reactor realimentado con caudal constante ✎ ⋮

🔧 Biorreactor fed-batch con caudal constante ✎ ⋮

+ Añadir una actividad o un recurso

▼ Sesión 3. Uso de IA para modificar scripts. Biorreactor fed-batch II ✎ ⋮

 Practica 3 Reactor reallimentado con caudal exponencial ✎ ⋮

 Ejemplo de modificación con Claude ✎ ⋮

 fedbatchQexp ✎ ⋮

 Practica 4 Reactor reallimentado con sustrato constante ✎ ⋮

 fedbatchScte ✎ ⋮

 Practica 5. Fed-batch con agitación ✎ ⋮

 Práctica 5. Hoja de clase ✎ ⋮

 Constantes de biorreactor fed-batch con agitación ✎ ⋮

 Ejemplo de modificación con Chatgpt ✎ ⋮

 fedbatchExpAglt ✎ ⋮

 fedbatchExpAglt3D ✎ ⋮

 Practica 6 Reactor RCTA ✎ ⋮

 RCTA ✎ ⋮

 Practica 7 RCTA con recirculacion ✎ ⋮

 RCTA con recirculación ✎ ⋮

+ Añadir una actividad o un recurso



Sesión 4. Examen



Entrega ejercicio Matlab 



+ Añadir una actividad o un recurso



CERTIFICADO DE PARTICIPACIÓN AL CONGRESO

El comité organizador del congreso, certifica la participación de la comunicación:

CO1#4

Integración de inteligencia artificial y gemelos digitales en la docencia de ingeniería química: aplicación a doE en bioprocesos y tecnología de partículas

Presentada por:

Pablo García Triñanes, Fernando Almenglo Cordero, Martin Ramirez Muñoz

Para que sirva a efectos oportunos de los interesados.

Valencia del 15 al 17 de julio de 2026

Fdo: M.J. Muñoz Portero