



UNIVERSIDAD  
**COMPLUTENSE**  
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2023/2024

Nº de proyecto: 328

Elaboración de una metodología basada en el aprendizaje autónomo de herramientas informáticas para fomentar las competencias digitales de los estudiantes de Ingeniería Química

Responsable del Proyecto: David

Lorenzo Fernández

Facultad de Ciencias Químicas

Ingeniería Química y de Materiales

## 1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto.

En este proyecto se propuso una metodología enfocada en el aprendizaje autónomo del estudiante en el área de la Ingeniería Química de herramientas informáticas para la resolución de problemas. Esta metodología ha servido de apoyo a la docencia en las asignaturas: Ingeniería de la Reacción Química (IRQ, asignatura obligatoria de 12 ECTS de 3º del Grado en Ingeniería Química) e Ingeniería de la Catálisis Ambiental (ICA, asignatura optativa de 6 ECTS del primer curso del Máster de Ingeniería Química: Ingeniería de Procesos).

En el presente proyecto de innovación se han empleado tres herramientas informáticas muy empleadas y demandadas por los profesionales del sector como son el Solver de Microsoft Excel, Matlab, Aspen Custom Modeller a los estudiantes de tercer curso del Grado de Ingeniería Química (GIQ) y del Máster de Ingeniería Química (MIQ).

Los objetivos del proyecto de innovación docente: *Elaboración de una metodología basada en el aprendizaje autónomo de herramientas informáticas para fomentar las competencias digitales de los estudiantes de Ingeniería Química* se dividieron en objetivos generales (OG) y objetivos específicos (OE).

### Objetivos generales (OG)

1. Exponer diferentes herramientas informáticas aplicadas a la resolución de problemas en el área de conocimiento de la Ingeniería Química.
2. Generar material docente asociado a la instalación y uso de los programas seleccionados.
3. Formular cuatro retos relacionados con un problema real y de actualidad en el ámbito de la Ingeniería Química.
4. Fomentar el autoaprendizaje en el uso de programas específicos muy empleados tanto en la industria como a nivel de investigación en el área de la Ingeniería Química.
5. Fomentar el autoaprendizaje colaborativo de los estudiantes en la resolución de los retos propuestos utilizando las herramientas informáticas.
6. Utilizar los eventos “hackathon” para incentivar la motivación y la participación de los estudiantes.
7. Fomentar competencias transversales relacionadas con las habilidades de trabajo en grupo, pensamiento estratégico y creatividad.

8. Evaluar la metodología y el material docente al finalizar el proyecto.

Los objetivos 1 a 3 se definieron para incluir los conceptos necesarios en la aplicación de las herramientas informáticas, así como establecer la aplicación de estos a problemas industriales de actualidad dentro de los temarios de las asignaturas de IRQ e ICA. Los objetivos 4-7 se orientaron a completar el perfil de los egresados del Grado y del Máster en competencias digitales y habilidades sociales. Por último, el objetivo 8 surge de la necesidad de evaluar y adecuar las metodologías propuestas en este proyecto a fin de conocer y mejorar la opinión de los estudiantes.

#### Objetivos Específicos (OE)

1. Crear videos cortos donde se explique el funcionamiento básico de cada una de las cuatro herramientas informáticas elegidas: Microsoft Excel, Matlab, Aspen Custom Modeller y Pyomo (Python).
2. Elaborar "cheatsheet" donde se explique el funcionamiento básico de cada una de las cuatro herramientas informáticas elegidas aplicadas a un problema concreto de las asignaturas de IRQ e ICA: Microsoft Excel, Matlab, Aspen Custom Modeller y Pyomo (Python).
3. Definir cuatro retos relacionados con problemas de la industria química y el sector medioambiental, dentro de los temarios de IRQ e ICA.
4. Establecer los hitos que se deben conseguir en cada uno de los retos.
5. Introducir al personal en formación en la actividad docente, implicando al personal en formación, estudiantes de doctorado, en la supervisión y planteamiento de los retos.
6. Evaluar la consecución de los objetivos de los retos mediante cuestionarios.
7. Trabajar de competencias transversales de creatividad, trabajo en equipo y comunicación interpersonal.
8. Evaluar la metodología seguida mediante encuestas de satisfacción por parte de los estudiantes.

## 2. Objetivos alcanzados

Tras la ejecución del proyecto la consecución de los objetivos alcanzados ha sido bastante satisfactoria. De manera general se ha conseguido una actualización curricular, ya que los recursos desarrollados han sido integrados en el currículo, proporcionando a los estudiantes herramientas y conocimientos actualizados, consiguiendo a su vez la mejora de la Calidad Educativa, ofreciendo a los estudiantes una experiencia de aprendizaje más enriquecedora y acorde a las demandas del entorno profesional.

Los objetivos generales 1 a 3 se definieron para incluir los conceptos necesarios en la aplicación de las herramientas informáticas, así como establecer la aplicación de estos a problemas industriales de actualidad dentro de los temarios de las asignaturas de IRQ e ICA. Los objetivos 4-7 se orientaron a completar el perfil de los egresados del Grado y del Máster en competencias digitales y habilidades sociales. Por último, el objetivo 8 surge de la necesidad de evaluar y adecuar las metodologías propuestas en este proyecto a fin de conocer y mejorar la opinión de los estudiantes.

De la consecución de gran parte de los OE se han conseguido de manera directa los OG, lo cual se resumen de la siguiente manera:

Se han elaborado 4 cheatsheet y 4 vídeos cortos (OE1 y OE2), dando a conocer a los estudiantes 3 (Solver Excel, Aspen Custom Modeller y Matlab) herramientas informáticas para la resolución de problemas complejos en el campo de la Ingeniería Química (OG 1). Estos materiales dicentes han estado a disposición de los estudiantes en el campus virtual (OG 2). En la propuesta original también se incluía el uso de Pyomo, sin embargo, dado los escasos conocimientos del estudiantes en Python se optó por reforzar el uso de Aspen Custom Modeller, y sustituir el video y la CheetSheet con esta herramienta por el uso de ACM en simulación de procesos y estimación de parámetros..

Se han formulado 4 problemas de interés (OE 3 y OE 4), y se han resuelto de manera grupal por los estudiantes utilizando las herramientas informáticas explicadas (OG 4 a 7). De las calificaciones obtenidas y de las evaluaciones de Docentia se evaluó la metodología y el material docente generado (OG 8).

La composición de los equipos de trabajo ha involucrado estudiantes de doctorado, en la supervisión y planteamiento de los retos (OE 5).

De la evaluación de los entregables, (planteamiento del problema en papel y resolución

mediante el envío del archivo realizado con el software empleado) de la consecución de los hitos en cada uno de los retos se ha evaluado a través de (OE 6 y OE 7).

En resumen, el proyecto ha logrado con éxito una actualización curricular significativa, integrando recursos desarrollados que han mejorado la Calidad Educativa y proporcionando a los estudiantes herramientas y conocimientos contemporáneos. Los objetivos generales fueron alcanzados mediante la implementación de diversos objetivos específicos, que incluyeron la creación de materiales docentes, la resolución de problemas complejos en grupo, y la participación de estudiantes de doctorado en la supervisión de proyectos. La evaluación continua de la metodología y los materiales generados ha garantizado una experiencia de aprendizaje alineada con las demandas profesionales actuales, completando el perfil de los egresados con competencias digitales y habilidades sociales relevantes.

### **3. Metodología empleada en el proyecto**

La metodología empleada en este proyecto se basó en el autoaprendizaje de herramientas informáticas aplicadas a cuatro retos en la industria química y medioambiental, emulando un evento "hackathon". Dos de estos retos se enfocaron en problemas de la asignatura IRQ del Grado en Ingeniería Química y los otros dos en la asignatura ICA del Máster en Ingeniería Química, permitiendo a los estudiantes aplicar conceptos adquiridos en dichas asignaturas para resolver problemas actuales utilizando diversas herramientas informáticas.

En la asignatura IRQ, el planteamiento de los problemas se realizó en el aula. Los estudiantes, organizados en grupos de 4-5 personas, tuvieron una hora para trabajar en la solución del problema de manera colaborativa y sin la ayuda de apuntes. Al finalizar la hora, entregaron su planteamiento en papel para ser evaluado. Posteriormente, se habilitó en el campus virtual la solución del planteamiento junto con un video corto y una CheatSheet que explicaba los fundamentos básicos de la herramienta informática necesaria para implementar y resolver el problema propuesto. Los estudiantes tuvieron un plazo de 15 días para entregar el archivo generado para su evaluación a través del campus virtual.

Para los retos en la asignatura ICA, se realizó una adaptación de la metodología planteada en la propuesta inicial en respuesta a las sugerencias de los egresados del MIQ, quienes señalaron una excesiva carga de trabajo en las asignaturas del máster. Para no aumentar dicha carga, se modificó la metodología manteniendo la esencia del planteamiento original. Se utilizó Aspen Custom Modeller para el tratamiento de datos en dos prácticas de laboratorio ya incluidas en la guía docente del curso 2023-2024. Las actividades consistieron en realizar las prácticas de laboratorio tradicionales, pero empleando estas herramientas informáticas. Se prepararon videos y CheatSheets para cada herramienta, disponibles para fomentar el autoaprendizaje y su aplicación en la resolución de los laboratorios. La evaluación de estas actividades se realizó mediante la corrección de los archivos entregados en el campus virtual.

Con esta metodología se busco proporcionar tutoriales interactivos y CheatSheets, ofreciendo horarios flexibles en el auto aprendizaje y aplicación de herramientas informáticas.

#### 4. Recursos humanos

El proyecto de innovación ha sido llevado a cabo por un equipo innovador, descrito en la solicitud del proyecto que ha estado compuesto por profesores del Departamento de Ingeniería Química y de Materiales, junto con dos investigadores predoctorales colaboradores en tareas docentes, pertenecientes al mismo Departamento. Los miembros del proyecto han trabajado en cuatro equipos separados y coordinados para la realización de las tareas propuestas. La formación de estos equipos se basó en: i) la experiencia docente previa de los miembros en la enseñanza de las asignaturas para las cuales están orientados los recursos docentes desarrollados, ii) la familiaridad con el software empleado en el proyecto, asegurando una implementación efectiva y eficiente de las herramientas tecnológicas y iii) la experiencia reciente como estudiantes de grado de los estudiantes de doctorado y su colaboración en la docencia del Departamento, aportando una visión fresca y actualizada sobre las necesidades y desafíos educativos.

**Equipo 1:** Carmen María Domínguez Torre (CMDT) participa en la asignatura desde hace seis años, fundamentalmente en la parte de seminarios y problemas. Salvador Cotillas Soriano (SCS) Profesor Ayudante Doctor del departamento de Ingeniería Química y de Materiales de la UCM, con varios años de experiencia docente en la Universidad de Castilla-La Mancha en asignaturas relacionadas con la Ingeniería de la Reacción Química. Y Cristina Alicia Checa Fernández (CACF), reciente doctora en ingeniería Química. **Equipo 2:** Mercedes Martínez Rodríguez (MMR) Catedrática de Universidad de Ingeniería Química, presenta una larga trayectoria docente, más de 40 años y Sergio Rodríguez Vega (SRV) que es Profesor Titular del departamento de Materiales de la UCM, con más de 10 años de experiencia docente. Además, este grupo de trabajo estuvo compuesto por David Lorenzo Fernández (DLF) Profesor Ayudante Doctor del departamento y Miguel Herraiz Carboné (MHC) investigador postdoctoral con una ayuda Juan de la Cierva. **Equipo 3:** Estuvo compuesto por DLF y ASL y contando con los conocimientos técnicos de Raúl García Cervilla (RGC) reciente doctor en Ingeniería Química y actualmente es investigador postdoctoral en la Universidad de Castilla la Mancha. **Equipo 4:** este equipo estuvo compuesto por DLF y Andrés Sánchez Yepes (ASY, ayuda FPI) estudiante de doctorado.

Este proyecto de innovación, caracterizado por una metodología de trabajo colaborativa y una formación de equipos estratégica, ha logrado desarrollar e implementar recursos docentes avanzados. Esto no solo ha beneficiado a los estudiantes, al mejorar su experiencia educativa, sino que también ha fortalecido las competencias y la colaboración entre los miembros del Departamento de Ingeniería Química y de Materiales.

## 5. Desarrollo de las actividades

Las actividades se han desarrollado, en términos generales, de acuerdo con el cronograma especificado en la solicitud del proyecto de innovación, con reuniones periódicas de seguimiento entre todos los miembros del grupo innovador, especialmente al inicio del periodo de realización del proyecto.

**Tarea 1: Formulación de los Retos:** Para la asignatura de IRQ, se formularon dos retos que fueron abordados y resueltos en el aula por los estudiantes, organizados en grupos de 4-5 personas. Estos retos cubrieron conceptos y competencias específicas de la asignatura. Tras la sesión en clase, los problemas se resolvieron utilizando Matlab y Excel, aplicando los conocimientos adquiridos por los estudiantes a través de videos y utilizando las cheatsheets.

Para la asignatura de ICA, después de la práctica de laboratorio, se recopilaron y distribuyeron los datos recogidos a todos los participantes a través del campus virtual. Los estudiantes utilizaron estos datos, junto con las pautas para el uso de las herramientas Aspen Custom Modeller para obtener los parámetros cinéticos que explican las velocidades de reacción y los perfiles de concentración medidos en el laboratorio.

**Tarea 2: Elaboración de Videos Breves:** El equipo de trabajo del proyecto elaboró cuatro videos breves de aproximadamente cinco minutos cada uno. Estos videos cubrieron los conceptos básicos de las aplicaciones usadas y se distribuyeron en las asignaturas virtuales del campus virtual. Los videos se adjuntan como anexos a esta memoria.

**Tarea 3: Elaboración de Cheatsheets:** Complementando la tarea anterior, el equipo de trabajo preparó cheatsheets para cada reto, mostrando de manera esquemática el procedimiento de resolución con las herramientas. Se generaron cuatro documentos, los cuales se adjuntan como anexos.

**Tarea 4: Generación de Cuestionarios para el Seguimiento de los Retos:** Esta tarea consistió en la elaboración y evaluación de actividades. Para IRQ, se generaron cuestionarios en papel y tareas en el campus virtual, evaluadas dentro de las actividades obligatorias de la asignatura. En ICA, la evaluación de los retos se realizó mediante tareas en el campus virtual, con la entrega de los archivos utilizados.

**Tarea 5: Evento “Hackathon”:** En grupos de cuatro, los estudiantes resolvieron los problemas planteados aplicando los conceptos aprendidos a través de los videos y las

cheatsheets generadas en las tareas 2 y 3.

Problema I IRQ: Se preparó un problema de puesta en marcha de un reactor continuo de mezcla completa, donde se debía plantear el balance de materia de estos reactores. La resolución se propuso con Matlab aplicando la función ODE45.

Problema II IRQ: Consistió en un problema de optimización para calcular la temperatura de diseño de entrada a un reactor de lecho fijo catalítico, donde se produce una reacción reversible exotérmica.

Problema I ICA: Tradicionalmente, en esta asignatura se realizaba la obtención de aditivos de gasolina a partir de glicerina, con el objetivo de obtener parámetros cinéticos. Esta tarea se mejoró significativamente con la introducción de Aspen Custom Modeller.

Problema II ICA: Similar al Problema I ICA, pero aplicado a la obtención de parámetros cinéticos en la reacción de eliminación de un colorante con la reacción Fenton.

**Tarea 6: Evaluación de la Metodología:** Se propuso la realización de encuestas para valorar la impresión de los estudiantes sobre el material docente y la metodología aplicada. En IRQ, la implementación de esta tarea fue compleja debido al gran número de estudiantes, por lo que se decidió evaluar el impacto en las encuestas de grado, donde tradicionalmente los estudiantes han reclamado la inclusión de herramientas informáticas.

En ICA, el contacto con los estudiantes fue más directo debido al reducido tamaño del grupo. Se les preguntó directamente sobre sus impresiones respecto a los materiales y herramientas informáticas empleadas. Algunas opiniones recogidas fueron:

Apreciaron la iniciativa de no aumentar la carga de trabajo. Consideraron útil y manejable el material generado, aunque desde su punto de vista fue escaso.

Evaluaron positivamente la metodología, pero sugirieron la necesidad de un curso de iniciación a los lenguajes de programación utilizados.

A modo de resumen, el proyecto de innovación educativa se llevó a cabo con éxito, siguiendo el cronograma establecido y mediante reuniones periódicas que garantizaron la coordinación entre los miembros del equipo. Las actividades incluyeron la formulación de retos académicos en las asignaturas de IRQ e ICA, donde los estudiantes aplicaron sus conocimientos utilizando herramientas como Matlab, Excel, y Aspen Custom Modeller. Además, se elaboraron videos breves y CheatSheets para apoyar el aprendizaje, y se organizaron eventos tipo "Hackathon"

que permitieron a los estudiantes resolver problemas prácticos. La evaluación de la metodología a través de encuestas reflejó una valoración positiva de los materiales y herramientas proporcionadas, aunque se destacó la necesidad de más recursos educativos y formación en los lenguajes de programación utilizados.

Para el futuro, se propone ampliar y mejorar los materiales didácticos, incluyendo cursos introductorios a las herramientas utilizadas y más videos educativos. Se sugiere digitalizar y automatizar los cuestionarios para facilitar la evaluación continua, así como organizar hackathons con mayor frecuencia y fomentar comunidades de aprendizaje en el campus virtual. También se recomienda evaluar continuamente la metodología mediante encuestas detalladas y análisis de impacto, explorar nuevas tecnologías educativas, e integrar habilidades blandas y proyectos interdisciplinarios en el currículo. Estas iniciativas buscan consolidar los logros alcanzados y asegurar una educación de calidad, adaptada a los desafíos actuales.

## 6. Anexos

Como anexos se incluyen los materiales docentes generados en las actividades del proyecto de innovación docente, para cada software se ha generado 4 archivos pdf con las CheatSheet (CS), 4 videos (VS) y 3 archivos de solución de cada uno de los retos propuestos (SOL).

- i) Matlab:
  - a. CheatSheet: resolución con Matlab. CS\_MATLAB.pdf
  - b. Video del problema con Matlab: VD\_MATLAB.mp4  
<https://youtu.be/bB6tHFJFZn0>
  - c. Solución de problema: SOL\_MATLAB.m
- ii) Solver Excel:
  - a. CheatSheet resolución en Solver: CS\_SOLVER.pdf
  - b. Video problema con Solver: VD\_SOLVER.mp4.  
<https://youtu.be/50hnFvxHO4>
  - c. Solución de problema: SOL\_SOLVER.xlsx
- iii) Aspen Custom Modeller I:
  - a. CheatSheet simulación ACM: CS\_ACM.pdf
  - b. Video modelado ACM: VD\_ACM.mp4.  
<https://youtu.be/-o44qTt7EN0>
- iv) Aspen Custom Modeller II:
  - a. CheatSheet estimación ACM II: CS\_ACMII.pdf
  - b. Video estimación ACM II: VD\_ACMII.mp4  
<https://youtu.be/QeaFuJnqQT4>
  - c. Solución de problema: SOL\_ACM

Los materiales generados se adjuntan con la presentación de esta memoria del proyecto.