



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

Intensificación en el desarrollo de competencias generales en la asignatura de Ingeniería Química a través del análisis de diagramas de flujo de procesos químicos (PINN-18-A-32)

Convocatoria de los Proyectos de Innovación Docente 2018

Pablo Marín González – marinpablo@uniovi.es –
Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente
Juan Carlos Leyva Díaz – jcleyvadiaz@uniovi.es –
Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente

Palabras clave: *balances de materia, operaciones unitarias, diagramas de flujo, Ingeniería Química*

Tipo de proyecto

Tipo A (PINN-18-A)	X
--------------------	---

Tipo B (PINN-18-B)	
--------------------	--

Resumen / Abstract

El proyecto se enmarca en la asignatura “Ingeniería Química” del Grado en Química. En este contexto, la interpretación y análisis de diagramas de flujo de procesos químicos se ha planteado como una herramienta clave para la adquisición de competencias básicas o generales y el desarrollo de habilidades en el manejo de herramientas informáticas. Por un lado, se ha considerado un enfoque más aplicado para el estudio de las operaciones básicas y reactores químicos, basado en la interpretación y análisis crítico de diagramas de flujo por medio de casos prácticos. Por otro lado, se ha introducido la hoja de cálculo Excel, como herramienta informática básica en la resolución de problemas de balances de materia y se ha aplicado al análisis de diagramas de flujo de procesos químicos.

El grado de implicación de los alumnos ha sido elevado (95%), y ha venido acompañado de altas tasas de rendimiento en el trabajo presentado (79%) y las preguntas del examen relacionadas con el proyecto (58%). La satisfacción del alumnado, medido por una encuesta (77%), y del profesorado con el Proyecto de Innovación han sido igualmente elevadas.



1 Contribución del proyecto a la consecución de los objetivos específicos y de los objetivos de la convocatoria

1.1 Objetivos específicos y objetivos prioritarios de la convocatoria conseguidos

El Proyecto de Innovación Docente se ha estructurado de acuerdo a tres objetivos específicos que, a su vez, se relacionan con cuatro de los objetivos prioritarios de la convocatoria. En la Tabla 1, se enumeran dichos objetivos, así como su peso en el proyecto.

El primer objetivo “*Interpretación y análisis de diagramas de flujo de procesos químicos*” busca potenciar el uso de los diagramas de flujo durante las clases expositivas. Para conseguir este objetivo se han empleado ejemplos de procesos reales durante el estudio de las operaciones básicas y los balances de materia y energía. De esta forma, se ha captado la atención de los alumnos y se ha hecho que las clases teóricas sean más atractivas, incentivando la asistencia de los alumnos (tal como se recoge en objetivos 1.c y 1.d de la convocatoria). Se ha constatado que la asistencia a clase de los alumnos no ha disminuido durante los temas teóricos en los que se ha implementado dicha metodología.

Tabla 1. Relación de objetivos específicos del proyecto y objetivos de la convocatoria.

Objetivos Específicos del proyecto	Objetivo/s de la convocatoria con los que se relaciona	% peso en el Proyecto
1. Interpretación y análisis de diagramas de flujo de procesos químicos.	1.c. Potenciar acciones que consigan incentivar la asistencia del alumnado a las clases presenciales y captar su atención. 1.d. Desarrollar metodologías para las clases teóricas de carácter expositivo que las hagan más atractivas y motivadoras para los estudiantes.	30%
2. Implantación de herramientas informáticas sencillas para el análisis de procesos químicos.	1.b. Impulsar la innovación docente en el ámbito tecnológico relacionado con enseñanza online, MOOCs (cursos masivos online), movilidad virtual o incorporación de herramientas y actividades tecnológicas, en las que se integren nuevos recursos, como pueden ser las redes sociales, herramientas para tutoría virtual, etc.	35%
3. Intensificación en el desarrollo de competencias generales de la titulación.	2.a. Potenciar acciones para el desarrollo de un lenguaje oral y escrito adecuado por parte de los y las estudiantes, potenciando su capacidad para hacer presentaciones, exposiciones, debates, etc.	35%



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

El segundo objetivo *“Implantación de herramientas informáticas sencillas para el análisis de procesos químicos”* se incluyó para fomentar el uso de herramientas tecnológicas en la asignatura (en línea con el objetivo 1.b de la convocatoria). Hasta el momento, todos los cálculos de la asignatura se habían realizado de la forma tradicional, planteando los problemas a mano y resolviéndolos con la ayuda de una calculadora. Con la introducción de la herramienta informática Excel para la resolución de problemas de balances de materia, se abre la puerta a resolver problemas de mayor complejidad.

El tercer objetivo *“Intensificación en el desarrollo de competencias generales de la titulación”* aborda una profundización en competencias, como la expresión oral y escrita, el trabajo en grupo, la exposición en público, el debate, etc. (tal como se enmarca dentro del objetivo 2.a de la convocatoria). Estas competencias se trabajan a lo largo de toda la titulación, normalmente a través de la realización de tareas y trabajos evaluables. En este caso, los alumnos han tenido que realizar un trabajo en grupo con entrega de informe escrito y exposición oral en público. El trabajo ha consistido en el análisis de un diagrama de flujo de un proceso químico, incluido el cálculo de balances de materia empleando Excel. De esta forma, se cierra el ciclo con los otros objetivos específicos del proyecto.

1.2 Mejoras a la convocatoria, grado de pertinencia de las mismas, modificaciones al proyecto inicial y justificación de los cambios

Los alumnos de la asignatura han cumplimentado un cuestionario de satisfacción anónimo formado por 10 preguntas y un espacio abierto a comentarios para compartir sus opiniones. Los comentarios más destacados se recogen en la Tabla 2.

Tabla 2. Comentarios de los alumnos emitidos en la encuesta de satisfacción.

“Que la nota del trabajo tenga más peso en la nota final.”

“En mi opinión, el ejercicio es completo y útil, por lo que recomendaría se considerase el hecho de incluir más actividades de este tipo en cursos siguientes.”

“Dar a los alumnos unas breves pautas a seguir en la realización de la presentación oral del ejercicio.”

“Dedicar más tiempo a la exposición de trabajos para mejorar la comprensión de los diferentes procesos planteados.”

“Dedicar cierto tiempo de las clases expositivas a debatir los avances en el desarrollo de los trabajos.”

“Realizar más ejemplos de problemas con la herramienta informática Excel.”



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

En base al cuestionario y a las observaciones realizadas por los alumnos, se considerará realizar modificaciones al proyecto inicial para futuros cursos académicos. Se considera de utilidad dedicar un mayor tiempo a la exposición de los trabajos, con objeto de mejorar la comprensión por parte de los alumnos, así como realizar una presentación a modo de ejemplo. Muchos alumnos no fueron capaces de estructurar y organizar la presentación de su trabajo adecuadamente. Además, se intentará emplear Excel en un mayor número de problemas de cálculo numérico resueltos en las prácticas de aula, siempre que la programación docente lo permita.

2 Contribución del proyecto al plan estratégico de la Universidad y repercusiones en la docencia.

2.1 Alineamiento del Proyecto de Innovación Docente con el Plan Estratégico 2018-2022 de la Universidad de Oviedo en materia docente.

El Plan Estratégico 2019-2020 de la Universidad de Oviedo en materia docente establece una serie de acciones estratégicas en formación, actividad docente y empleabilidad (FAE). El presente Proyecto de Innovación Docente ha contribuido a la consecución de las siguientes acciones del Plan Estratégico:

Puesta en marcha de un programa de actualización en métodos educativos (FAE 5) por medio de la extensión de nuevas técnicas docentes en los estudios de grado en Química de la Universidad de Oviedo. La técnica docente de la asignatura se ha mejorado a través de la introducción en clases expositivas y prácticas de aula de una metodología docente basada en el análisis e interpretación de diagramas de flujo de procesos químicos. Esta metodología se ha complementado por medio del uso de programas informáticos y la realización de una tarea evaluable.

Puesta en marcha de un programa de herramientas digitales para la enseñanza (FAE 6), aumentando los procesos formativos online en la enseñanza presencial. Se ha contribuido a esta acción por medio de la introducción en la docencia de una herramienta informática para la resolución de problemas de balances de materia a procesos químicos.

Puesta en marcha de un programa para la financiación de proyectos de innovación docente (FAE 7) encaminado a mejorar los resultados académicos de los estudiantes. La nueva metodología docente, así como la realización de tareas evaluables, han repercutido positivamente en los resultados académicos de los estudiantes.

Programa de formación transversal para el estudiantado (FAE 14), que busca mejorar las competencias transversales y extracurriculares del estudiantado. La mejora de competencias



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

básicas de los estudiantes, tales como expresión oral y escrita, trabajo en grupo, presentación y debate en público o capacidad de síntesis, entre otras, se ha trabajado activamente durante la implantación del Proyecto de Innovación, por medio de la realización de una tarea evaluable.

2.2 Grado de consecución de las repercusiones esperadas del proyecto (en la docencia específica y en el entorno docente)

El Proyecto de Innovación ha tenido una incidencia directa en un 36% de los temas de la asignatura, que se traducen en un 40% de las horas totales de docencia. Este porcentaje se justifica porque el proyecto ha implicado un cambio metodológico en temas destacados de la asignatura (tales como los temas dedicados a balances de materia y operaciones básicas), así como la realización de una tarea evaluable en el marco de las tutorías grupales. A este respecto, el Proyecto de Innovación se estima que incide en un 20% de la evaluación final del alumno. En concreto, un 5% se debe a incidencia directa del proyecto de innovación, a través de la correspondiente tarea evaluable pedida, mientras que el restante 15% corresponde a preguntas del examen en las que la metodología desarrollada en el proyecto ha tenido una influencia destacada.

Los alumnos que han participado en la tarea propuesta en el contexto del Proyecto de Innovación han sido 18 de un total de 21 correspondientes al grupo en inglés y 54 de un total de 55 del grupo en castellano. El porcentaje total de la implicación de los alumnos ha sido del 95%. Esta cifra se valora muy positivamente, sobre todo considerando que la tarea propuesta es evaluable.

Las repercusiones en el entorno de la docencia que se han materializado hasta el momento han sido principalmente dos:

- Utilización de herramientas y aplicaciones tecnológicas avanzadas para mejorar la metodología docente de la asignatura: se ha implantado el uso de Excel para realizar algunos de los problemas más complejos.
- Continuidad del proyecto en cursos posteriores ampliándolo o mejorándolo: dada la buena acogida de las tareas del proyecto por parte de los alumnos, para posteriores cursos se revisará la metodología docente y se ampliará el peso del trabajo en grupo que tienen que realizar los alumnos.



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

3 Memoria del Proyecto

3.1 Marco Teórico del Proyecto

En los últimos años, el proceso de enseñanza-aprendizaje en la Universidad ha experimentado diversos cambios con la finalidad de llevar a cabo una adaptación progresiva al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Esto facilita una nueva formulación conceptual en el modelo de enseñanza universitaria, permitiendo el desarrollo de nuevos métodos de enseñanza-aprendizaje para promover y afianzar la participación activa de los estudiantes (Casado, 2006).

El enfoque docente tradicional ha consistido en una difusión pasiva de los conocimientos de profesor a alumno. En este enfoque, el profesor está situado en el centro del proceso de enseñanza-aprendizaje, de manera que el profesor explica en clase y los alumnos “absorben” el conocimiento. El hecho de que el profesor trabaje con casos prácticos y problemas en la pizarra tampoco supone un cambio del enfoque docente. Además, los estudiantes se vuelven muy cómodos con esta manera de presentar la materia, con una menor inclinación a pensar sobre ella y, por tanto, fallan en desarrollar conocimientos reales que les serán de ayuda en el futuro. Si como profesores queremos apoyar el aprendizaje de nuestros estudiantes, debemos asegurarnos de que sus esfuerzos están bien enfocados para alcanzar los resultados de aprendizaje deseados (Byers, 2009).

Los modelos de aprendizaje indican que la construcción de conocimiento es un proceso activo, que requiere un esfuerzo del estudiante. Todo lo que produce una implicación activa del estudiante, por tanto, mejorará la cantidad y calidad del conocimiento adquirido (Guisasola, 2014). El tiempo es también una variable importante a tener en cuenta en la cantidad y calidad del conocimiento. El proceso de aprendizaje puede considerarse formado por dos etapas: primero, una etapa rápida en la que la información se transfiere al alumno, y luego, una etapa lenta de aprendizaje significativo que perdura en el tiempo para el alumno. Esta segunda etapa no sólo requiere de esfuerzo por parte del alumno, sino también de tiempo para que el conocimiento se desarrolle. Si los nuevos conceptos se imparten muy rápido sin tiempo para reflexionar, el aprendizaje significativo no ocurre. El hecho de enseñar menos y reducir la velocidad a la que se transfiere la información conduce, por tanto, a un mayor aprendizaje (Byers, 2009).

Algunas ideas básicas acerca de cómo afrontar el cambio de paradigma de un enfoque basado en el profesor (enseñanza) a uno basado en el alumno (aprendizaje) en el campo de la química son las siguientes (Byers, 2009):

- La enseñanza de la química debe tener en cuenta los conocimientos previos de los estudiantes, ya que el aprendizaje significativo es más rápido cuando empieza a partir



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

de ideas que el alumno ya posee. El hecho de provocar conflictos y contradicciones con las ideas previas del alumno, buscando su resolución, tiene un alto potencial para promover un cambio en dichas ideas preconcebidas y aprender nuevos conceptos.

- El aprendizaje es un proceso activo que, si bien, puede ser iniciado por el profesor, sólo puede llevarse a cabo por los alumnos cuando se contraste su marco de conocimientos previo con nueva información. Por tanto, requiere un esfuerzo individual de los alumnos.
- El trabajo y tutorización en grupo, donde el conocimiento se desarrolla por consenso de forma cooperativa se ha demostrado que es muy eficaz para el aprendizaje efectivo. La comunicación con otros estudiantes ayuda a desarrollar un conocimiento más claro de la materia, así como estrategias de resolución de problemas más adecuadas.
- El aprendizaje sostenible en química incluye el aprendizaje de estrategias de resolución de problemas y es, por tanto, dependiente de habilidades que no pueden simplemente ser aprendidas de la pizarra. Esto significa que son necesarios entornos de aprendizaje donde se reta al estudiante a desarrollar sus propias ideas y formas de resolver problemas. Esto supone repensar el papel de las prácticas de laboratorio para involucrar a los alumnos, no sólo en la realización de experimentos, sino también en su planificación y en la evaluación crítica de los resultados. De esta forma, se tiene un potencial pleno para que el trabajo práctico promueva el desarrollo de habilidades y un aprendizaje profundo de la materia (Guisasola, 2014).

En este contexto, se ha planteado el presente Proyecto de Innovación Docente, que se enmarca en la asignatura "Ingeniería Química" de segundo curso del Grado en Química de la Universidad de Oviedo. Esta asignatura es la única del área de Ingeniería Química en la titulación, por lo que proporciona a los alumnos una visión panorámica y herramientas básicas de esta área. Antes de la implantación del presente proyecto, la metodología desarrollada en la asignatura se basaba en la exposición teórica de contenidos durante las clases expositivas y la realización de problemas de balances de materia y energía durante las clases expositivas, prácticas de aula y tutorías grupales.

Algunos de los contenidos de la asignatura, tales como los relativos al estudio de las operaciones básicas y los reactores químicos, conllevan un alto grado de abstracción como para abordarse solamente desde el punto de vista teórico, por lo que las dificultades de aprendizaje son mayores. En los últimos cursos, esto se ha traducido en calificaciones más bajas en las correspondientes preguntas del examen.

Con respecto a la resolución de problemas de balances de materia y energía, los problemas son planteados y resueltos por el profesor de la forma tradicional en la pizarra, es decir, a mano y con ayuda de una calculadora para resolver cálculos aritméticos sencillos. El hecho de plantear y resolver problemas sencillos a mano es positivo para la adquisición de competencias en la materia. Sin embargo, en nuestra opinión, dichas competencias deben complementarse, si bien no sustituirse, con la resolución de problemas empleando herramientas informáticas, dada la relevancia adquirida por éstas en los últimos años.



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

El presente Proyecto de Innovación Docente ha implantado una serie de cambios en la asignatura durante el curso académico 2018-2019, basados en un enfoque más aplicado a través del uso de diagramas de flujo de procesos químicos y herramientas informáticas. Los diagramas de flujo de proceso, de uso habitual en ingeniería química, permiten contextualizar las distintas operaciones básicas y reactores químicos dentro de un proceso más complejo, en lugar de estudiarlas de forma individualizada. De esta manera, los alumnos tienen una visión más práctica de su funcionamiento y finalidad. El uso de diagramas de flujo de procesos químicos parecidos a los que puedan encontrarse los alumnos al finalizar sus estudios durante su desempeño laboral es también una motivación añadida al estudio de estos contenidos (Sirera, 2014).

En los últimos años, el uso de herramientas informáticas se ha implantado de manera generalizada en prácticamente todas las especialidades científicas y técnicas. Por este motivo, se desea también introducir este tipo de herramientas y aplicarlas al análisis de diagramas de flujo para resolver problemas de balances de materia y energía. En el presente proyecto, se ha implantado el programa Excel, porque es un programa fácilmente accesible para todos los alumnos y además es una hoja de cálculo generalista. Esto significa que tiene multitud de aplicaciones también fuera de la ingeniería química. De hecho, los alumnos del grado en Química tienen un primer encuentro con este programa en la asignatura “Operaciones Básicas de Laboratorio”, de primer curso (Fuster, 2002).

Las características que hacen atractivas las hojas de cálculo, como Excel, a los estudiantes de Ingeniería Química son su apariencia y su función. La estructura de filas y columnas promueve un enfoque más estructurado y organizado para la resolución de problemas. De hecho, esto es especialmente ventajoso para realizar los cálculos de balances de materia y energía estudiados en la asignatura. La hoja de cálculo también permite cambiar uno de los valores de una celda, por ejemplo, un dato del problema, y todas las celdas dependientes cambian automáticamente sus resultados. De esta forma, los alumnos pueden experimentar muy fácilmente cambiando los datos y cálculos de un problema, es decir, llevar a cabo el análisis de sensibilidad de los parámetros del problema. Este tipo de entorno de cálculo proporciona un ambiente ideal para los alumnos, fomentando el trabajo en equipo, la capacidad de análisis y síntesis, o el razonamiento crítico, entre otros (Clough, 2016).

Para vehicular la nueva metodología docente planteada, se ha querido también potenciar el desarrollo de competencias básicas o generales. Este tipo de competencias pueden ser complejas, involucrando múltiples factores dentro del proceso de aprendizaje del alumno (Rodríguez, 2007). Normalmente, se adquieren de forma progresiva a lo largo de las asignaturas del plan de estudios. En el caso concreto de la asignatura de “Ingeniería Química” del Grado en Química las competencias generales asignadas son: Demostrar capacidad de análisis y síntesis, Resolver problemas de forma efectiva, Poseer capacidad de tomar decisiones, Gestionar adecuadamente la información, Expresarse correctamente (tanto en forma oral como escrita) en castellano, Aprender de forma autónoma, Sensibilizarse con los



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

temas vinculados con el medio ambiente, Desarrollar el razonamiento crítico y Trabajar en equipo. El desarrollo de estas competencias se ha tenido en cuenta a la hora de diseñar la metodología docente desplegada por el presente proyecto de innovación (Posada, 2004).

Los objetivos planteados en el proyecto de innovación docente han sido los siguientes:

- Interpretación y análisis de diagramas de flujo de procesos químicos
- Implantación de herramientas informáticas para el análisis de procesos químicos
- Intensificación en el desarrollo de competencias básicas de la titulación

3.2 Metodología utilizada

3.2.1 Plan de Trabajo desarrollado

El presente Proyecto de Innovación Docente se ha implementado en la asignatura “*Ingeniería Química*” del Grado en Química durante el primer cuatrimestre del curso 2018-2019. Básicamente, el proyecto ha tenido por objetivo implantar una nueva metodología docente a una parte de la asignatura. Para ello, se ha seguido el plan de trabajo que se presenta a continuación, estructurado en tres tareas, que aglutinan las acciones concretas desarrolladas.

Tarea 1. Análisis de diagramas de flujo de procesos químicos

Tarea 2. Resolución de balances de materia empleando herramientas informáticas

Tarea 3. Realización y presentación por parte de los alumnos de un Trabajo en grupo

Juan Carlos Leyva implantó este plan de trabajo en el grupo en castellano de la asignatura, mientras que Pablo Marín lo hizo en el grupo en inglés del grado en Química.

3.2.2 Descripción de la Metodología

En esta sección, se detalla la metodología desarrollada para llevar a cabo e implementar en la práctica las tareas que conforman el plan de trabajo desarrollado en el Proyecto de Innovación Docente.

Tarea 1. Análisis de diagramas de flujo de procesos químicos

Uno de los objetivos específicos del proyecto es la interpretación y análisis de diagramas de flujo de procesos químicos. Como se ha explicado en el apartado 3.1, los diagramas de flujo pueden ser de gran ayuda para dar un enfoque más práctico y aplicado en los temas eminentemente teóricos de la asignatura, dedicados al estudio de las operaciones básicas y los reactores químicos. Para llevar a cabo esto, durante las clases expositivas de dichos temas de la asignatura, el profesor ha presentado y analizado, a modo de ejemplo, diagramas de flujo de



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

procesos químicos típicos de la industria. El objetivo de este cambio metodológico ha sido contextualizar las operaciones estudiadas y buscar un enfoque más aplicado. El análisis y la interpretación de dichos diagramas se ha realizado por medio de casos prácticos, poniendo de relieve el papel de las distintas operaciones que conforman cada uno de los diagramas de flujo.

Tarea 2. Resolución de balances de materia empleando herramientas informáticas

Uno de los resultados de aprendizaje más importantes de la asignatura está relacionado con la habilidad de los estudiantes para plantear y resolver problemas de balances de materia. Esta habilidad es básica para empezar a construir un conocimiento y destreza en el campo de la ingeniería química. El objeto de esta tarea es introducir el uso de herramientas informáticas sencillas para llevar a cabo el planteamiento y la resolución de este tipo de problemas. Para ello, se han desarrollado cambios metodológicos, tanto en las clases expositivas como prácticas de aula, correspondientes a los temas dedicados al estudio de los balances de materia, y que han consistido en la introducción progresiva de la herramienta informática Excel en la resolución de problemas.

En primer lugar, el profesor ha resuelto un problema de balances de materia paso a paso de la manera tradicional, es decir, en la pizarra. Seguidamente, se ha trasladado la resolución del problema al ordenador, empleando la herramienta informática Excel. Esta manera de introducir el uso de herramientas informáticas ha buscado siempre poner de relieve las similitudes y diferencias de ambas formas de abordar el problema. Siempre se ha transmitido al alumno que ambos enfoques de resolución del problema no son excluyentes, sino que se complementan mutuamente.

Tarea 3. Realización y presentación por parte de los alumnos de un Trabajo en grupo

Las Tareas 1 y 2 implican un cambio metodológico, que como se ha explicado afecta a la forma en que el profesor imparte los contenidos en clase. Por el contrario, la Tarea 3 tiene por objetivo involucrar en mayor medida a los alumnos, de forma que ahora sean ellos los que apliquen los conocimientos y habilidades adquiridos a lo largo de las Tareas 1 y 2. Para ello, el profesor ha planteado la realización de un trabajo, en grupos de 3-4 alumnos, consistente en la interpretación y análisis de un diagrama de flujo de un proceso químico. El diagrama de flujo, junto con algunos datos para realizar el análisis, será suministrado por el profesor para evitar plagios de otros trabajos y limitar la dificultad de la tarea. La parte del trabajo correspondiente al análisis ha implicado la resolución de los balances de materia al proceso, empleando la herramienta informática Excel.

Las conclusiones del trabajo han sido expuestas de forma oral y debatidas en público, por parte de los alumnos, durante las sesiones de tutorías grupales al final de la asignatura. El trabajo se realiza en grupo, en lugar de ser individual, y además implica la exposición oral de conclusiones para, de esta forma, contribuir al desarrollo de competencias básicas.



La realización de este trabajo no es obligatoria para aprobar la asignatura, pero sí que es evaluable, con una ponderación del 5% en la calificación final de la asignatura. Como para el resto de tareas que se plantean en la asignatura (todas ellas suman una ponderación del 20% en la calificación final de la asignatura), la no realización implica una calificación de cero en dicha tarea (que deberá compensarse con una mayor nota en el examen para aprobar la asignatura).

3.3 Resultados alcanzados

3.3.1 Valoración de indicadores

El grado de consecución de los objetivos del proyecto se ha evaluado por medio de los siguientes indicadores:

1. Grado de implicación de los alumnos
2. Calificación del trabajo
3. Cuestionario de satisfacción
4. Calificación del examen final (en preguntas relacionadas con la innovación introducida)

En la Tabla 3, se muestra el modo de evaluar cada indicador y la valoración obtenida. Dado que los indicadores son heterogéneos, unos se basan en encuestas y otros en elementos evaluables, se ha decidido normalizar la puntuación de cada indicador para que tengan la misma escala 0-100%. De forma general para todos los indicadores, se consideran tres niveles cualitativos de valoración: bajo (0-40%), aceptable (40-70%) y bueno (70-100%).

Tabla 3. Resumen de indicadores usados en la valoración del proyecto.

Nº	Indicador	Modo de evaluación	Valoración obtenida
1	Grado de implicación de los alumnos	Porcentaje de alumnos que decide realizar el trabajo propuesto respecto del total matriculado.	95%
2	Calificación del trabajo	Nota media del trabajo realizado por los alumnos (incluye informe escrito y presentación oral).	79%
3	Cuestionario de satisfacción	Encuesta anónima de satisfacción a rellenar por los alumnos el último día de clase.	77%
4	Calificación del examen final	Calificaciones medias obtenidas en las preguntas del examen final relacionadas con las mejoras propuestas en el proyecto de innovación.	58%



La Figura 1 muestra la valoración obtenida en los indicadores del proyecto de manera diferenciada para el grupo en inglés y en español. Como se observa, las valoraciones han sido muy parecidas en ambos casos. Las mayores diferencias se dan en una mayor implicación en el grupo en español y una mayor calificación del trabajo en el grupo en inglés. En los siguientes párrafos se discuten cada uno de los indicadores.

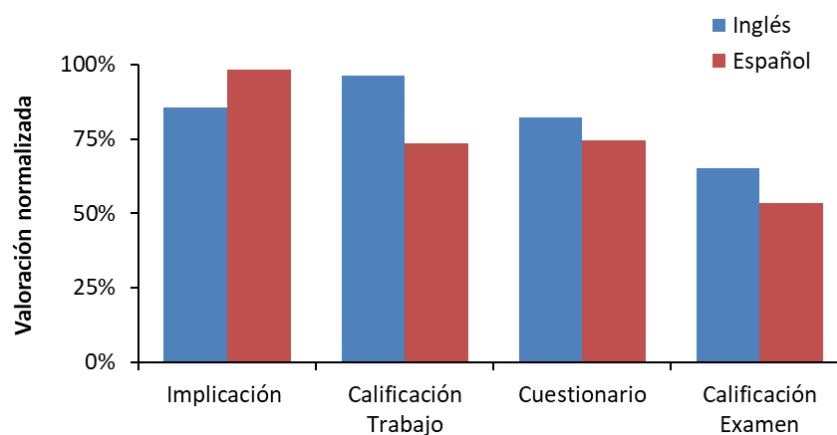


Figura 1. Resumen de la valoración de los indicadores del proyecto.

Grado de implicación de los alumnos

El grado de implicación de los alumnos en el Proyecto de Innovación proporciona una estimación del interés de los alumnos por aprender y, sobre todo, por explorar nuevas formas de aprendizaje. Consiste en el porcentaje de alumnos, respecto del total matriculados, que desean participar en el Proyecto de Innovación y, por ello, han presentado el trabajo propuesto. Es una medida del interés del alumno en participar, independientemente de la calificación obtenida en el trabajo presentado. En el caso del grupo en inglés, 18 alumnos de un total de 21 alumnos matriculados han realizado el trabajo, lo que supone un 86% del total. Para el grupo en castellano, 54 alumnos de un total de 55 matriculados han realizado dicho trabajo, lo que supone una implicación del 98%. En total el grado de implicación ha sido de 95%. Estas cifras de participación se consideran bastante buenas y se valora muy positivamente que una mayoría de alumnos sean partidarios de explorar formas de aprendizaje.

Calificación del trabajo

El segundo indicador considerado ha sido la calificación obtenida en el trabajo realizado por los alumnos. Como se ha explicado en el apartado de metodología, los alumnos han realizado un trabajo en grupo que tiene por objetivo que los alumnos mejoren el desarrollo de las competencias generales de la asignatura, como la capacidad de análisis y síntesis, el razonamiento crítico o el trabajo en equipo, entre otras.



El trabajo se ha materializado en la presentación de un informe escrito y la exposición oral y debate en público de las principales conclusiones. La calificación del trabajo tiene en cuenta la calidad y corrección técnica, así como las habilidades mostradas durante la exposición oral. Si bien algunos trabajos eran mejorables, en general, consideramos que el trabajo ha sido muy positivo para el aprendizaje de los alumnos. La media de las calificaciones para todos los alumnos ha sido de 9.6 sobre 10 para el grupo en inglés y 7.4 sobre 10 para el grupo en castellano. En total la calificación media para todos los alumnos ha sido de 7.9.

Cuestionario de satisfacción

El cuestionario de satisfacción está formado por 10 preguntas y un bloque en blanco para introducir cualquier comentario que se desee aportar, tal como se detalla en la Tabla 4. La realización del cuestionario es voluntario y anónimo, y se llevó a cabo el último día de clase. Las preguntas del cuestionario se responden de acuerdo a una escala de 1 a 5, donde 1 corresponde a “poco” y 5 a “mucho”.

Tabla 4. Preguntas del cuestionario de satisfacción.

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1. ¿Han sido útiles los diagramas de flujo de procesos reales empleados en las tareas para mejorar el conocimiento de las operaciones básicas y reactores estudiados en la asignatura?2. ¿Consideras de utilidad la introducción de una herramienta como Excel en la asignatura?3. Valora el grado de dificultad de las tareas propuestas4. Valora la carga de trabajo de las tareas propuestas <p>Indica si la tarea ha sido útil para desarrollar las siguientes competencias generales del grado en Química:</p> <ol style="list-style-type: none">5. Capacidad de análisis y síntesis6. Resolución de problemas de forma efectiva7. Gestión adecuada de la información8. Expresión de forma oral9. Trabajo en equipo <ol style="list-style-type: none">10. Indica el grado de satisfacción general con el proyecto (Diagramas + Excel + Tarea) |
|---|

La Figura 2 muestra la media de las respuestas obtenidas para cada pregunta, tanto para los alumnos del grupo en castellano como en inglés. Las preguntas 1 y 2 valoran la utilidad de dos herramientas introducidas en la asignatura en este Proyecto de Innovación, el uso de diagramas de flujo y el programa Excel. La valoración ha sido positiva, sobre todo en el grupo en inglés con puntuaciones medias mayores a 4. En el grupo en castellano, el uso del programa Excel no se ha valorado tan positivamente, pero en cualquier caso la puntuación es alta (3.4).

Las preguntas 3 y 4 se han incluido para que los alumnos evalúen el grado de dificultad y la carga de trabajo, respectivamente, de las tareas propuestas en el Proyecto de Innovación. En



el resto de preguntas del cuestionario, la puntuación de los alumnos coincide con el indicador empleado para medir la valoración del proyecto, es decir, cuanto mayor sea la puntuación en una pregunta, más positiva será para la valoración del proyecto. Sin embargo, en nuestra opinión en estas dos preguntas (3 y 4) no es así. Por ejemplo, una puntuación de 5 en el grado de dificultad sería una valoración negativa para el proyecto, ya que las tareas propuestas habrían sido excesivamente complicadas. De igual modo, una puntuación de 1 también sería negativo, porque implicaría tareas demasiado fáciles como para motivar a los alumnos hacia un aprendizaje profundo (Byers, 2009). Por tanto, se han re-escalado las respuestas de los alumnos para que reflejen la valoración real del proyecto, de acuerdo a la siguiente escala: valoración 1 = puntuación 1 y 5, valoración 3 = puntuación 2 y 4, y valoración 5 = puntuación 3. Las valoraciones (ya re-escalando los resultados de la encuesta) se muestran en la Figura 2 con un resultado medio en el entorno del 4 para las preguntas 3 y 4. Este resultado significa que los alumnos han considerado que las tareas propuestas han sido adecuadas, en cuanto a su dificultad y carga de trabajo. Esto es muy interesante de cara a elegir las tareas para los próximos cursos.

Las preguntas 5 a 9 del cuestionario tienen por objeto evaluar la percepción de los alumnos acerca de la utilidad de la tarea para desarrollar competencias generales (o transversales). Se han incluido en el cuestionario competencias citadas explícitamente en la memoria de verificación de la titulación, tal como la capacidad de análisis y síntesis, el trabajo en equipo o la expresión oral. Como se observa en la Figura 2, la valoración de los alumnos ha sido muy positiva con puntuaciones medias en el intervalo 3.5 a 4 para este grupo de preguntas.

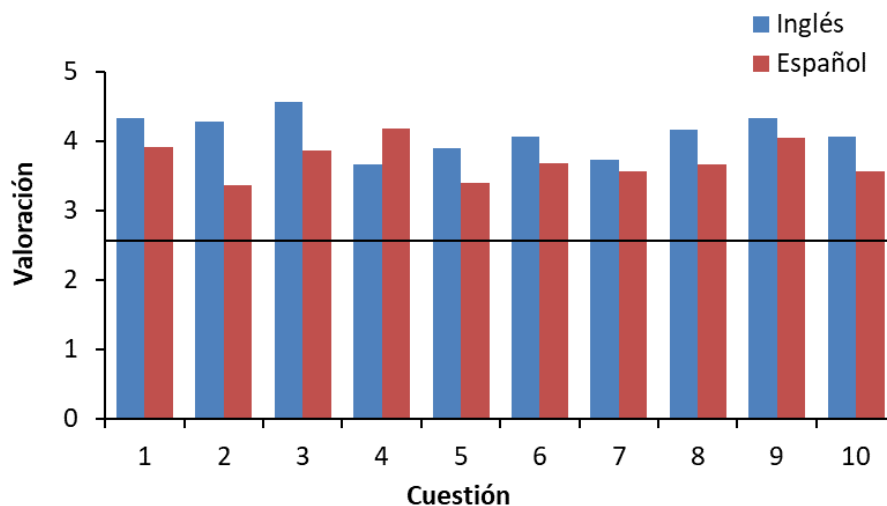


Figura 2. Valoración media de cada una de las preguntas del Cuestionario de satisfacción.



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

Finalmente, la pregunta 10 es una interpelación directa al grado de satisfacción general de lo llevado a cabo en el proyecto de innovación, desde la introducción de diagramas de flujo en las clases expositivas, el uso del programa Excel para resolver problemas o el trabajo presentado por los alumnos. La valoración media de esta pregunta ha sido de 3.7 (3.6 para el grupo en castellano y 4.1 para el grupo en inglés). Estos resultados coinciden prácticamente con la valoración media para todas las preguntas del cuestionario que ha sido de 3.8 (3.7 para el grupo en castellano y 4.1 para el grupo en inglés).

El indicador del grado de satisfacción se ha calculado usando la valoración final media para todas las preguntas del cuestionario y, una vez transformado el resultado a una escala 0-100%, se obtiene una valoración del 77%. Este resultado se considera bueno y pone de manifiesto que los alumnos han quedado satisfechos, en su conjunto, con lo aprendido gracias a la implantación del Proyecto de Innovación Docente.

Calificación del examen final

En el examen final, se han incluido dos preguntas relacionadas con la temática abordada en el Proyecto. Por ello, se ha tomado la calificación obtenida por los alumnos en estas dos preguntas como indicador. El valor medio para todos los alumnos y normalizado respecto de la calificación máxima es de 65% para el grupo en inglés y 53 % para el grupo en castellano. Si bien es mayor del 50%, la calificación obtenida ha sido menor de lo esperado.

3.3.2 Observaciones más importantes sobre la experiencia

La introducción del análisis de diagramas de flujo de procesos químicos ha ayudado a comprender mejor los temas de operaciones básicas y reactores químicos. Ahora, los equipos y operaciones no se estudian solamente de forma aislada, sino que además se ha contextualizado mejor su papel dentro del diagrama de flujo. Por un lado, el profesor ha explicado varios diagramas de flujo, a modo de ejemplo, y por otro, los alumnos han realizado un trabajo en grupo consistente en la explicación y debate de distintos diagramas de flujo. Este trabajo ha sido un revulsivo para incentivar el aprendizaje significativo en los temas de la asignatura correspondientes a las operaciones básicas y los reactores químicos. Los indicadores de seguimiento muestran unos valores de 65% en el grupo en inglés y 53% en el grupo en español, lo que refuerza la implantación de esta experiencia piloto en la asignatura de Ingeniería Química del Grado en Química. En base a esto, el objetivo del Proyecto relativo a la “interpretación y análisis de diagramas de flujo de procesos químicos” se considera que se ha alcanzado satisfactoriamente.

Otro de los objetivos del Proyecto buscaba la “implantación de herramientas informáticas para el análisis de procesos químicos”. En concreto, se ha utilizado el programa Excel para la resolución de problemas de balances de materia. De nuevo, la estrategia metodológica ha



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

tenido dos enfoques: la explicación de problemas paso a paso en clase por parte del profesor y la resolución de un problema en grupo por parte de los alumnos. Este problema que resuelven los alumnos se enmarca dentro del trabajo en grupo y consiste en el mismo diagrama de flujo que tienen que explicar. El hecho de involucrar a los alumnos en este trabajo en grupo ha motivado que interaccionen más entre sí y también con el profesor. De hecho, se recomendaba a los alumnos que consultaran con el profesor las dudas encontradas durante la resolución del problema y, en particular, durante el uso del programa Excel. En ambos grupos, prácticamente todos los grupos de alumnos preguntaron alguna duda, ya fuese compleja o sencilla. Esto se valora muy positivamente, ya que los alumnos que suelen ir a tutorías no son muchos.

Durante la presentación oral de los trabajos, se ha podido constatar las habilidades de los alumnos para exponer sus ideas en público. Los resultados han sido dispares: ha habido presentaciones bien estructuradas y alumnos elocuentes, pero también presentaciones más desordenadas y alumnos que necesitan todavía desarrollar más habilidades. Debe tenerse en cuenta que la asignatura es de segundo curso de grado y, por tanto, es una de las primeras presentaciones en público que los alumnos realizan en la titulación. Todo esto se ha tenido en cuenta a la hora de evaluar las presentaciones y emitir comentarios de tipo constructivo al respecto. Lo cierto es que las competencias básicas abordadas en el trabajo, tales como la expresión oral y escrita, el trabajo en grupo, la exposición en público o el debate, entre otras, se desarrollan de forma progresiva a lo largo de la titulación.

3.3.3 Información online, publicaciones o materiales en abierto derivados de los resultados del proyecto

Todavía no se ha podido publicar nada, debido a que el examen de la asignatura tuvo lugar apenas 20 días antes de la fecha de entrega de esta memoria. Dado que ciertas preguntas del examen sirven como indicador de seguimiento para el Proyecto, los resultados estaban inconclusos.

Se pretende llevar a cabo publicaciones acerca del Proyecto a lo largo de este año para compartir nuestros resultados y animar a otros docentes al uso de metodologías similares.

3.4 Conclusiones, discusión y valoración global del proyecto.

El desarrollo del Proyecto de Innovación Docente implantado en la asignatura “Ingeniería Química” del Grado en Química ha demostrado que es posible impartir los contenidos de la asignatura con un enfoque centrado en el uso de diagramas de flujo de procesos químicos. Este enfoque ha sido de utilidad para contextualizar las distintas operaciones básicas, que son



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

estudiadas formando parte de diagramas de flujo de procesos reales. Para incentivar a los alumnos a trabajar esta parte de la materia de la asignatura, se han dispuesto grupos de trabajo encargados de elaborar un informe escrito y realizar una presentación oral en público de un diagrama suministrado por el profesor. Las conclusiones de esta experiencia han sido muy interesantes porque los alumnos han podido desarrollar y demostrar sus competencias básicas.

Por otro lado, se ha introducido el programa Excel para llevar a cabo problemas de balances de materia. Los alumnos han trabajado en grupo con el programa para realizar los cálculos de balances de materia correspondientes al diagrama de flujo suministrado por el profesor. Estos cálculos se han incorporado al informe escrito y la presentación oral. La experiencia ha sido muy satisfactoria, por lo que se incluirá en futuros cursos.

La valoración global del Proyecto de Innovación ha sido muy positiva. En primer lugar, cabe destacar que la implicación del alumnado matriculado ha sido del 95%. Esta elevada participación en una experiencia piloto como la planteada ha sido muy gratificante. El rendimiento de los alumnos se ha valorado positivamente, lo que se ha traducido en una tasa de éxito de 79% en relación al trabajo realizado y 58% respecto a las preguntas del examen directamente relacionadas con el objeto del proyecto. El objetivo de focalizar el proceso de aprendizaje en el alumno ha sido refrendado por los estudiantes con un grado de satisfacción global de 77%.

Con objeto de mejorar dicho proyecto de innovación a lo largo de los próximos cursos, se considerarán las observaciones realizadas por los alumnos a través del cuestionario cumplimentado, valorando aspectos como la ponderación del trabajo realizado en la calificación final, dedicación de más tiempo a dicho trabajo y aplicación en mayor medida de la herramienta informática Excel para la resolución de problemas de cálculo numérico, entre otros.

4 Bibliografía

Casado, R. (2006). Convergencia con Europa y cambio en la universidad. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 20: 31-35.

Clough, D. E. (2016). Use Spreadsheets for ChE Problem-Solving. *CEP Magazine*.

Ferreira, E. C. (2004). Spreadsheets in chemical engineering education - A tool in process design and process integration. *International Journal of Engineering Education*, 20(6): 928-938.



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

Fuster, J. P. (2002). *Informática aplicada a la química*. Castellón de la Plana: Servicio de publicaciones de la Universidad Jaume I.

Guisasola, J. (2014). *Aprendizaje basado en problemas, proyectos y casos: diseño e implementación de experiencias en la universidad*. Servicio editorial de la Universidad del País Vasco.

Posada, R. (2004). Formación superior basada en competencias, interdisciplinariedad y trabajo autónomo de estudiante. *Revista Iberoamericana de Educación*, 1-33.

Rodríguez, R. (2007). *Cómo planificar asignaturas para el aprendizaje de competencias*. Oviedo: Instituto de Ciencias de la Educación de Universidad de Oviedo.

Sirera, R. (2014). Estrategias de innovación docente en el aprendizaje. *Revista Internacional de Educación y Aprendizaje*, 2(1), 83-92.