

## Coordinación vertical/horizontal en Ingeniería Química a través de proyectos transversales desglosados en ABP.

S.C. Cardona Navarrete, María-Fernanda López-Pérez, J. Lora García, Vicent Fombuena Borrás

Departamento de Ingeniería Química y Nuclear. Universitat Politècnica de València (UPV). Plaça Ferràndiz i Carbonell, s/n 03801 Alcoy, Alicante (Spain). [scardona@iqn.upv.es](mailto:scardona@iqn.upv.es), [malope1@iqn.upv.es](mailto:malope1@iqn.upv.es), [jlora@iqn.upv.es](mailto:jlora@iqn.upv.es), [vifombor@upvnet.upv.es](mailto:vifombor@upvnet.upv.es)

---

### Abstract

Vertical/horizontal coordination between different subjects of Chemical Engineering Degree is important in order that students can reach the skills that they will need in a future, in their profession. This means coordinating contents, methodologies and timing of concepts. Therefore, teachers of Campus d'Alcoi have developed a project named "Adsorption column design for the elimination of dyes in wastewater from the textile industry". The students solve a part of the project using BPL methodology in every subject and complete the project sequentially throughout the degree. This work shows the steps to start this project and an example of the problems proposed in the subject Chemical Engineering Laboratory II.

**Keywords:** Vertical/horizontal coordination, BPL, Projects

---

### Resumen

El nivel de coordinación vertical/horizontal entre las diferentes asignaturas impartidas en los grados es esencial para que el alumno pueda adquirir todas las competencias necesarias para ejercer su profesión. Ello conlleva coordinar contenidos, metodologías y temporalización. En esta línea, los profesores del Campus d'Alcoi han desarrollado un proyecto "Diseño de una columna de adsorción para la eliminación de colorantes en aguas residuales de la industria textil" para que los alumnos lo tengan que resolver parcialmente en cada asignatura mediante la metodología docente de ABP y completarlo de forma secuencial a lo largo de la titulación. En este trabajo se muestra cómo han sido los pasos para poner en marcha el proyecto y un ejemplo de los problemas planteados en la asignatura Experimentación en Ingeniería Química II.

**Palabras clave:** Coordinación vertical/horizontal, ABP, Proyectos

## 1. Introducción

Los cambios sociales y los nuevos perfiles profesionales que el mercado laboral demanda, han provocado la necesidad de que la Universidad española esté cambiando los modelos y metodologías pedagógicas para adaptarse a los nuevos procesos de enseñanza-aprendizaje, centrada en este último. Parte fundamental de esta metodología es fomentar la figura del

docente como gestor del aprendizaje, es decir, el profesor será la guía para que los alumnos aprendan y hagan un uso adecuado de los recursos disponibles e instrumentos que necesiten (Cardenas-Rodríguez, 2015). Además, actualmente el enfoque por competencias en la educación implica cambios sustanciales en las instituciones educativas a todos los niveles. Como consecuencia, los nuevos títulos de grado y posgrado de la UPV incorporan de manera explícita la exigencia de que los estudiantes sean formados en competencias y que sea evaluado su nivel de logro. Por ello, cualquier tipo de iniciativa debe tener en cuenta este hecho, e ir encaminado a que el alumno adquiriera las competencias transversales en cada asignatura.

Unas de las tecnologías activas de aprendizaje, basadas principalmente en el aprendizaje colaborativo, son las metodologías ampliamente descritas en la bibliografía como son el Aprendizaje basado en problemas (ABP), Aprendizaje basado en proyectos (ABP) y el Aprendizaje basado en casos (ABC) (García-Sevilla, 2008, Charoula, 2002).

Este tipo de metodología participativa, en resumen, tiene las siguientes características:

- Enfoque centrado en el desarrollo de habilidades y conocimiento en los que se plantean situaciones reales a resolver.
- Método interactivo basado en la construcción del conocimiento, aprendizaje participativo. Al ser un aprendizaje colaborativo, se basa en la organización de pequeños grupos para la resolución del problema.
- Es una metodología centrada en la interacción alumno-profesor-contenido. Debe haber seminarios, tutorías, etc.
- El rol del profesor es proporcionar condiciones adecuadas como instructor en la comunicación para el aprendizaje.
- El rol del alumno debe ser participativo, que propone soluciones de forma autónoma.

La principal característica de este método de abordar el aprendizaje activo consiste en que se plantea un reto al alumnado, que sirve para generar la demanda por parte del mismo de una serie de conocimientos y competencias, directamente relacionados con el área técnica objeto del aprendizaje, en este caso la Ingeniería Química (Hirshfield, 2018). La situación a resolver, normalmente un problema técnico, se formula teniendo en cuenta que debe ser posible dividirlo en varios subproblemas perfectamente secuenciados y articulados entre sí, de modo que a través de la resolución de los mismos, el alumno alcanza los resultados de aprendizaje planteados (López-Guede, 2015).

Todo lo expuesto anteriormente, además de la necesidad de proporcionar una utilidad inmediata de los contenidos impartidos en las asignaturas a nuestros estudiantes, debido a que la motivación de la Generación Z se basa en ello (Cruz, 2016), dio como resultado proponer un proyecto basado en ABP. El planteamiento de este proyecto se tradujo en un Proyecto de Innovación y Mejora Educativa (PIME) titulado “Coordinación en el Grado en Ingeniería Química del Campus d’Alcoi: Aprendizaje Basado en Problemas como Metodología de Conexión entre Asignaturas” (López-Pérez, 2017).

Como el título del proyecto indica, el objetivo del mismo consiste en utilizar el ABP como metodología docente para mejorar el aprendizaje de nuestros estudiantes, combinar la adquisición de conocimientos con la adquisición de competencias y que, si los problemas tienen enunciados sugerentes para nuestros alumnos y ven una utilidad práctica a los mismos con temas que pueden buscar y relacionar con problemas reales, la herramienta puede ser el nexo de unión entre asignaturas, para facilitar la coordinación de las mismas.

Los problemas planteados en el PIME son proyectos normalmente de diseño, cuyas partes puedan ser resueltas en varias asignaturas, obligando a los docentes implicados en ellas a coordinarse tanto a nivel conceptual como secuencial, para que el problema tenga un desarrollo temporal adecuado. Estas actividades llevan consigo una coordinación tanto horizontal como vertical y, como consecuencia, que todos los profesores se impliquen y conozcan de forma global el Grado donde imparten docencia, en este caso el Grado de Ingeniería Química, Campus d'Alcoi (Cardona, 2018).

El motivo por el que pensamos que un proyecto basado en ABP planteado en las diferentes asignaturas del Grado puede dar como resultado una verdadera coordinación se debe a experiencias previas como la experiencia en el PIME "Utilización de MATLAB como estrategia didáctica y de coordinación horizontal y vertical entre asignaturas del Grado de Ingeniería Química", en el cual se llegó a la conclusión que, para que se produzca una verdadera coordinación de contenidos entre las asignaturas, debe haber un nexo de unión entre ellas (López-Pérez, 2015, López-Pérez, 2016).

En este trabajo se va a presentar cuales son los pasos que se han pensado para poner en marcha un proyecto multidisciplinar que los alumnos desarrollen durante todo el Grado y que permita una mejor coordinación del mismo. Para ello, la primera actividad, será realizar encuestas para conocer el punto de partida en cuanto a coordinación, posteriormente, se diseñará el problema con sus actividades secuenciadas, incluyendo el máximo de asignaturas. Finalmente, se mostrarán los primeros resultados obtenidos y un ejemplo de ficha con la que el alumnos trabajará en una asignatura.

## 2. Objetivos

El objetivo general es desarrollar una serie de problemas/proyectos complejos que los alumnos tengan que resolver parcialmente en cada asignatura y completar de forma secuencial a lo largo de la titulación. En este trabajo se muestra cómo se ha planteado el proyecto "Diseño de una columna de adsorción para la eliminación de colorantes en aguas residuales de la industria textil" en cuanto a temporización de contenidos en cada una de las asignaturas. Posteriormente, se mostrará una ficha completa de una asignatura, Experimentación en Ingeniería Química II.

Los objetivos específicos que deben alcanzarse para poder desarrollar el proyecto son:

- Revisar y contrastar la secuenciación de contenidos en el conjunto de materias y de asignaturas, evitando solapes y lagunas.

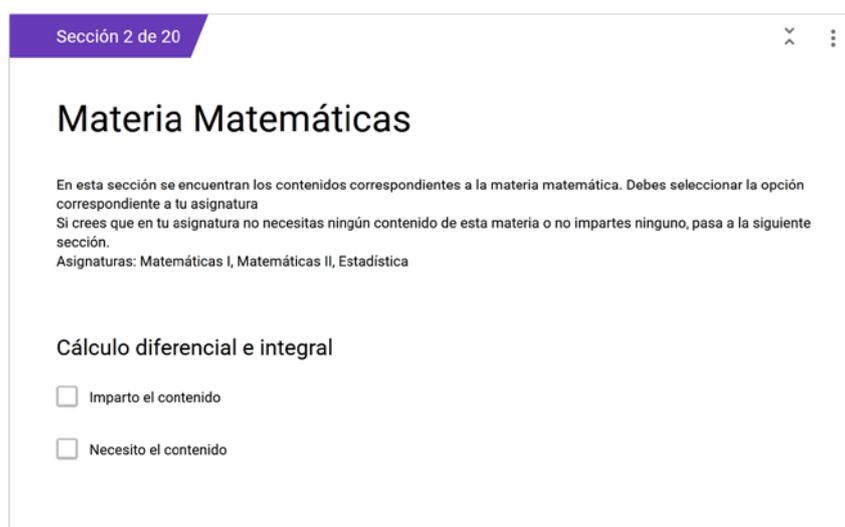


- Diseñar problemas abiertos (enunciados, estructura, secuencia de resolución, evaluación), para ser utilizados en las diferentes asignaturas, agrupándolas según los resultados anteriores.
- Aplicar la Metodología docente ABP en las asignaturas
- Evaluar la coordinación alcanzada después de la aplicación de la metodología.

### 3. Desarrollo de la innovación

#### 3.1. Realización de encuestas y análisis de resultados

El primer paso es analizar los contenidos de cada una de las asignaturas para determinar la temporalización de las actividades que vamos a desarrollar en cada uno de los problemas que se van a plantear. Es por ello que es necesario realizar una serie de encuestas a los profesores del Grado de Ingeniería Química para que puedan indicarnos qué contenidos son los que necesitan o imparten. La encuesta se pasó en formato electrónico y contenía un desglose, por materia, de cada uno de los descriptores que aparecen en el documento Verifica. La encuesta se contestó por cada asignatura impartida en el grado en Ingeniería Química, indicando si un determinado descriptor es impartido o simplemente se necesita, siendo una información primordial en la coordinación vertical de las asignaturas (Figura 1). Con dicho análisis seremos capaces de organizar grupos de asignaturas relacionadas por contenidos y cronológicamente, para cada uno de los problemas a plantear.



Sección 2 de 20

## Materia Matemáticas

En esta sección se encuentran los contenidos correspondientes a la materia matemática. Debes seleccionar la opción correspondiente a tu asignatura  
Si crees que en tu asignatura no necesitas ningún contenido de esta materia o no impartes ninguno, pasa a la siguiente sección.  
Asignaturas: Matemáticas I, Matemáticas II, Estadística

### Cálculo diferencial e integral

Imparto el contenido

Necesito el contenido

Fig. 1 Encuesta asignaturas Grado en Ingeniería Química

#### 3.2. Diseño del proyecto transversal basado en la metodología ABP

En la fase correspondiente al diseño de proyectos transversales basados en la metodología de aprendizaje basado en problemas, indicar que en un principio se definieron 12 posibles proyectos transversales (Tabla 1). Estos están relacionados con sectores pertenecientes al ámbito de actuación de la Ingeniería Química como son Refino de Petróleo/Petroquímica, Energía, Salud/Cuidado Personal, Medio Ambiente y Alimentación y con el entorno socio-

económico del Campus de Alcoi de la UPV: Tratamiento de Aguas, Fabricación de Cerveza e Industria Cosmética.

**Tabla 1. Proyectos transversales posibles**

Sector	Título del proyecto transversal
Refino de Petróleo /Petroquímica	1.- Diseño de un reactor de polimerización para la obtención de polietileno
	2.- Diseño de una torre de destilación para la separación de diferentes tipos de combustibles en una refinería
Energía	3.- Diseño de un proceso de obtención de biodiesel a partir de aceites vegetales de fritura usados
	4.- Diseño de una pila de combustible de hidrógeno para el automóvil del futuro
Salud /Cuidado Personal	5.- Diseño de un proceso de obtención de liofilizados de colágeno para la industria cosmética
	6.- Diseño de una planta de tratamiento biológico de aguas
Medio Ambiente	7.- Diseño de una columna de adsorción para la eliminación de colorantes en aguas residuales de la industria textil
	8.- Diseño de un proceso de ósmosis inversa para la desalación de agua de mar
	9.- Diseño de una torre de absorción para la eliminación de ácido sulfhídrico en una refinería
Alimentación	10.- Diseño de un túnel de congelado de guisantes
	11.- Diseño de un reactor de fermentación de cerveza
	12.- Diseño de un sistema de obtención de café descafeinado

El objetivo a la hora de plantear estos proyectos transversales ha sido que los alumnos, desde primer curso, se familiaricen con las actividades intrínsecas de la Ingeniería Química, entre las que destaca el diseño de procesos, con los diversos sectores donde la Ingeniería Química tiene mucho que aportar, así como con la industria cercana al ámbito de influencia del Campus de Alcoi. A continuación se mostrarán algunos detalles del proyecto transversal “Diseño de una columna de adsorción para la eliminación de colorantes en aguas residuales de la industria textil”. En la Tabla 2 se presenta un cronograma que muestra las asignaturas implicadas, las actividades planteadas, las fases en las que se ha dividido el proyecto transversal y su temporalización durante cuatro cursos.

Destacar que en la propuesta presentada en esta comunicación intervienen 21 de 39 asignaturas troncales, 9 departamentos, que el proyecto se desglosa en la presentación del mismo a los alumnos y 24 actividades, que cada actividad se acomete mediante resolución de problemas y que los grupos estarán formados entre 3 y 5 alumnos, trabajando de forma cooperativa.

### 3.2.1. Presentación del proyecto

En esta presentación se les planteará a los alumnos que acaban de entrar en el Grado en Ingeniería Química cuál es el reto a resolver, en qué consiste el proyecto que se les plantea

y cuál es su contexto. También se definirá con qué tecnología se va a resolver el proyecto planteado, qué actividades se harán a lo largo del mismo y qué asignaturas/departamentos están involucrados. Adicionalmente se indicará cómo se evaluarán las actividades y cuáles son las metas a alcanzar al cabo de su viaje académico de cuatro cursos.

Esta presentación la harán los profesores que imparten los últimos cursos a los alumnos de primer curso en un seminario fuera de las horas de clase, con la finalidad de reforzar el mensaje a los alumnos que la resolución del proyecto pasa por la adquisición de competencias ya en los primeros cursos.

En este seminario con los alumnos de primer curso se les proporcionará el enunciado completo del proyecto a resolver en formato electrónico. Evidentemente en esta presentación no se puede entrar en detalles que los alumnos aún no están preparados para comprender, pero debe ser motivadora y esclarecedora de qué hace un ingeniero químico, reforzando la decisión de aquellos alumnos que hayan escogido la Ingeniería Química por vocación. Para ello se hará uso de los medios audiovisuales necesarios (vídeos, Powerpoint, etc).

Es muy importante durante esta sesión motivar a los alumnos de primer curso y ayudarles a comprender el papel que tiene cada asignatura, independientemente que sea de los primeros cursos, en la consecución del objetivo final que es diseñar un determinado proceso.

### *3.2.2. Actividades*

La descripción de las actividades a realizar en cada asignatura la realizará cada profesor dentro de su asignatura en horario de clase, entrando en los detalles que sean necesarios. En el punto 4.2 se mostrará una ficha que elaborará el profesor de cada asignatura, en la que se indican los problemas concretos a resolver para desarrollar cada una de las actividades. Los alumnos irán trabajando estos problemas a lo largo del curso y su evaluación quedará integrada en la evaluación de la asignatura.

#### *Actividad 1.*

En la asignatura de Química (Quím) se trabajará la preparación de disoluciones a diferentes concentraciones con colorantes, así como la búsqueda y análisis de las fichas de seguridad de los mismos.

#### *Actividad 2.*

En Física (Fís) los alumnos ensayarán las disoluciones agua+colorante con diferentes concentraciones para determinar propiedades físicas como la densidad, viscosidad, tensión superficial, etc.

#### *Actividad 3.*

En Expresión Gráfica (EG) los alumnos realizarán los planos correspondientes a una columna de adsorción industrial. Dado que los alumnos aún no saben qué dimensiones va a tener la columna que diseñarán hacia el final del Grado, el profesor se las proporcionará.

**Tabla 2. Cronograma**



	1° A	2° A	2° B	3° A	3° B	4° A																															
	Quím	Fís	EG	EAQ	QF	QO	BQ	TQ	YC	EQ	I	TM	MF	FM	YRM	EQ	II	OS	CM	EQ	III	ASP	Ce	IP	Q	I	TMA	ACM	ITC	PI	IQ	P	P	Y	Q		
Planteamiento																																					
Pres																																					
problema																																					
Adsorbente-	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	
adsorbato	1	2	4	6	16																																
Equilibrio		Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act
adsorción			5	7	9																																
Cinética																																					
adsorción																																					
Planta Piloto																																					
Proceso	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	Act	
Industrial	3	8	12	13	19	20	21	22	23	24																											

Actividad 4.



La definición y el uso de las técnicas analíticas para determinar la concentración del colorante tiene lugar en Experimentación en Análisis Químico (EAQ). Los alumnos obtendrán por espectrofotometría la longitud de onda del máximo de absorción, realizarán rectas de calibrado, etc.

*Actividad 5.*

En Química-Física (QF) se trabajarán las principales isothermas del equilibrio de adsorción: Langmuir, Freundlich y Sips.

*Actividad 6.*

El estudio de las propiedades químicas de los colorantes, los diferentes tipos, rutas de síntesis, etc. tendrá lugar en Química Orgánica (QO).

*Actividad 7.*

En Bases de la Ingeniería Química (BIQ) los alumnos aplicarán los balances de materia en régimen no estacionario a un proceso de adsorción en un tanque agitado discontinuo.

*Actividad 8*

El estudio de la transmisión de calor en el interior de la columna de adsorción con el fin de averiguar si se puede considerar isoterma o no, tendrá lugar en Termodinámica Química y Transmisión de Calor (TQyTC). De nuevo será el profesor el que proporcionará a los alumnos las dimensiones de la columna y las propiedades de su interior.

*Actividad 9.*

En Experimentación en Ingeniería Química I (EIQ I) los alumnos obtendrán de forma experimental los datos del equilibrio de adsorción y determinarán los parámetros de ajuste de las diferentes isothermas estudiadas en la act. 5, decidiendo cual será la más adecuada para el caso concreto. Para ello emplearán las técnicas analíticas y rectas de calibrado resultantes de la act. 4.

*Actividad 10.*

El modelado de la cinética del proceso de adsorción, considerando tanto el fenómeno de transferencia de materia interna como externa, tendrá lugar en Transferencia de Materia (TM). Este modelado debe incluir las isothermas de adsorción estudiadas en la act. 5 y el balance de materia planteado en la act. 7.

*Actividad 11.*

En Mecánica de Fluidos (MF) los alumnos harán una determinación experimental de las pérdidas de carga de una columna de relleno en planta piloto y obtendrán los parámetros característicos de la ecuación de Ergun.

*Actividad 12.*

También en MF los alumnos diseñarán la instalación hidráulica necesaria en una planta industrial en la que haya una columna de adsorción: diámetros internos de tuberías, accidentes hidráulicos, bomba de impulsión, etc. Para ello partirán del dato de caudal de líquido a tratar proporcionado en la presentación del proyecto, así como de las propiedades obtenidas en las act. 2 y 11, y de un esquema de la instalación proporcionada por el profesor de la asignatura.

*Actividad 13.*

En Fundamentos de Máquinas y Resistencia de Materiales (FMyRM) se realizará el diseño mecánico de una columna industrial, determinando su espesor y los soportes necesarios. También se determinará el espesor de las tuberías de la instalación hidráulica diseñada en la act. 12. El profesor fijará el tipo de material de la columna y de las tuberías.

*Actividad 14.*

El estudio experimental de la cinética de adsorción y la estimación de los coeficientes de transferencia de materia interna y externa tendrá lugar en EIQ II. Para ello se partirá del modelo matemático obtenido en la act. 10 y de los parámetros de las isothermas de adsorción determinados en la act. 9, así como de la información analítica de la act. 4.

*Actividad 15.*

En Operaciones de Separación (OS) se hará uso de los principales modelos prácticos y simplificados correspondientes al diseño y análisis de columnas de adsorción.

*Actividad 16.*

La determinación de las propiedades más importantes de las partículas de carbón activado que se utilizará como adsorbente se realizará en Ciencia de Materiales (CM). Parámetros como la distribución de tamaños de partícula, la porosidad, etc., se obtendrán en esta actividad.

*Actividad 17.*

En EIQ III se realizará el estudio experimental de la columna de adsorción de una planta piloto y se compararán los resultados experimentales con las predicciones generadas por los modelos prácticos de columnas de adsorción trabajados en la act. 15.

*Actividad 18.*

En Análisis y Simulación de Procesos (ASP) se obtendrá el modelo fundamental y se simulará el comportamiento de la columna de adsorción de la planta piloto. Se comparará esta simulación con la proporcionada por los modelos prácticos y los datos experimentales de la act. 17, decidiendo finalmente el modelo más adecuado para diseñar y simular columnas de adsorción.

*Actividad 19.*

La definición de toda la instrumentación necesaria en un proceso industrial de adsorción: sensores, controladores y elementos finales de control, tendrá lugar en la asignatura Control e Instrumentación de Procesos Químicos I (CeIPQ I).

*Actividad 20.*

En Tecnología del Medio Ambiente (TMA) se analizará la gestión del residuo industrial que supone el adsorbente agotado de las columnas industriales de adsorción, después de su uso. También se analizará la legislación ambiental para fijar la concentración máxima a la que puede salir el colorante de la instalación que se va a diseñar.

*Actividad 21.*

La selección de los diferentes tipos de materiales necesarios en todos los equipos de la instalación industrial como depósitos, tuberías, la columna de adsorción, etc. tendrá lugar en Ampliación de Ciencia de Materiales (ACM).

*Actividad 22.*

En Instalaciones Térmicas y Climatización (ITC) se realizará el diseño de un intercambiador de calor aprovechando el caudal de fluido problema que se va a tratar mediante adsorción.

*Actividad 23.*

En Procesos Industriales de Ingeniería Química (PIIQ) se diseñará la columna de adsorción industrial haciendo uso del mejor modelo matemático deducido en la act. 18, de las características de las aguas problema definidas en la presentación del proyecto y de la concentración deseada a la salida fijada en la act. 20.

*Actividad 24.*

Finalmente, en Proyectos de Ingeniería Química (PyIQ), se realizará el diseño completo de la planta industrial de adsorción. Para ello se recalcularán todos los diseños parciales del proceso llevados a cabo en cada una de las actividades anteriores, haciendo uso de todos los resultados generados a lo largo del título. Para concluir se llevará a cabo una estimación/evaluación económica del proceso.

Dado que las asignaturas troncales terminan en el primer semestre del cuarto curso, durante el segundo semestre cada grupo preparará un póster que recoja todo el diseño de la planta industrial realizado a lo largo de toda su titulación, los cuales serán expuestos en el centro de estudios.

### 3.2.3. *Ficha de actividades*

Es necesario que cada profesor realice una ficha de actividades para definir los problemas que los alumnos tienen que hacer en su asignatura. Dicha ficha debe contener información respecto a la actividad de la que se trate, en qué asignatura se llevará a cabo, en qué curso y semestre está la asignatura, así como el grupo destinatario de la ficha. Puede darse el caso

que la ficha sea la misma para todos los grupos de alumnos o que el profesor particularice dicha ficha para cada grupo.

Es importante que se haga una estimación del tiempo previsto de dedicación a la actividad, tanto de carácter presencial como no presencial. Aunque cada actividad puede necesitar un tiempo de dedicación diferente, los profesores comprometidos en este proyecto transversal deben dedicar un mínimo de horas presenciales consensuado por los profesores de todas las asignaturas.

Se indicarán qué actividades anteriores van a tener que consultar los alumnos para extraer los datos que sean necesarios para utilizar en la actividad descrita en la ficha. Así como las actividades posteriores que van a necesitar de los resultados que se generen en esta actividad. Es necesario relacionar muy bien una actividad con las anteriores y posteriores para mostrar a los alumnos las dependencias entre las diversas asignaturas del grado.

Dado que la metodología que se utiliza como nexo de unión para la coordinación vertical/horizontal de las asignaturas es el aprendizaje basado en problemas, es de vital importancia plantear correctamente los problemas concretos que se deben resolver para afrontar la actividad planteada.

Por otra parte, se debe especificar el número de entregables, su planificación temporal y los resultados concretos que se deben mostrar en cada uno de los entregables. Los entregables periódicos permiten al profesor hacer un seguimiento del trabajo de los grupos a lo largo del desarrollo de la actividad.

También es necesario indicar qué competencias del grado, tanto específicas como transversales, son las que se van a trabajar en la actividad.

Finalmente, debe especificarse cómo va a evaluarse la actividad y cómo se enmarca dicha evaluación en la de la asignatura. Se definirá una forma de evaluación común a todas las actividades, de manera que se tengan en cuenta los entregables y una prueba de conocimientos mínimos de carácter individual (exigibilidad individual), aunque puede cambiar el peso que cada asignatura proporciona a la actividad en su evaluación.

## **4. Resultados**

Actualmente, se han llevado a cabo dos de los objetivos planteados en el proyecto, el análisis de las encuestas y el diseño de un Proyecto completo para desarrollar con metodología ABP.

### **4.1. Análisis de los datos obtenidos en las encuestas**

Una vez recogidas las encuestas de todas las asignaturas de la titulación, seleccionamos las correspondientes a las asignaturas que participaban en el proyecto propuesto.

Los resultados de las encuestas nos ofrecen dos análisis, el primero, las carencias que pueden sufrir las asignaturas, ya que algunas impartían contenidos que deberían haberse

impartido en asignaturas de semestres anteriores y que no están en sus descriptores. Siendo el segundo análisis que se puede extraer de los datos, la temporalización de las actividades a realizar en el proyecto.

Por ejemplo, en la materia Física, los descriptores de la materia en el documento Verifica son: magnitudes, unidades, análisis dimensional, cálculo vectorial, geometría de masas, cinemática, introducción a la mecánica de fluidos, electromagnetismo, corriente continua, corriente alterna y termodinámica química. Si observamos la figura 2, vemos que la asignatura Física responde a los contenidos como IMPARTO, ya que pertenecen a la materia indicada, pero también observamos que hay asignaturas de cursos superiores que responden con el mismo ítem. Los descriptores magnitudes, unidades, análisis dimensional se imparten, además de en la asignatura Física, en asignaturas como Bases de la Ingeniería Química, Transferencia de Materia, Mecánica de Fluidos, Fundamentos de Máquinas y Resistencia de los Materiales y Ampliación de Ciencias de los Materiales. Esta coincidencia de contenidos nos lleva a preguntarnos si es necesario que se repita tanto durante la titulación, o es un punto de atención para que los profesores responsables de estas asignaturas puedan analizar esta coincidencia y las causas de la misma y si la coordinación es adecuada. Sin embargo, hay coincidencias en las respuestas que son coherentes, como es el caso de termodinámica química, que aparece tanto en Física como en Termodinámica Química y Transmisión de Calor o en Experimentación en Ingeniería Química I. En estos casos, sería conveniente que los profesores responsables de estas asignaturas se reunieran para coordinar correctamente los contenidos para evitar repeticiones. Otro análisis interesante es el observar si hay contenidos en alguna asignatura que más adelante se utilizan muy poco o nada, y analizar cuánto tiempo se dedica en la asignatura a impartir este concepto (Figura 3).

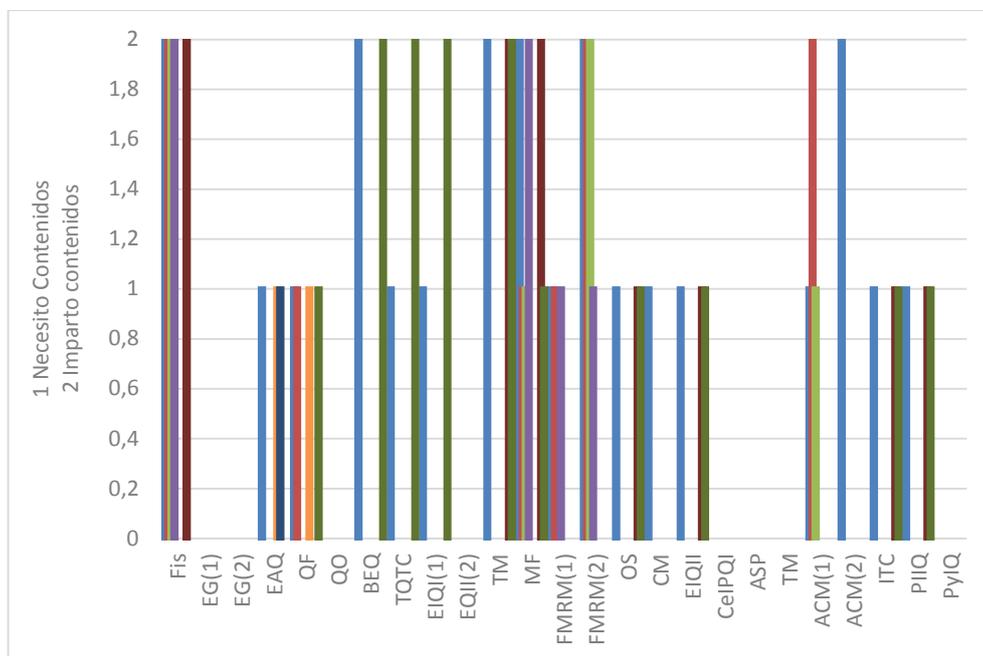


Fig. 2 Respuestas en la materia Física. ■ Magnitudes, unidades, análisis dimensional, ■ Cálculo vectorial,

■ Geometría de masas, ■ Cinemática, ■ Electromagnetismo, ■ Corriente continua, ■ Corriente alterna, ■ Mecánica de Fluidos, ■ Termodinámica Química.

Como ejemplo hemos escogido el descriptor mecánica de fluidos computacional; este aparece en el documento Verifica, y por lo tanto, debe impartirse, aunque solo es utilizado en la misma asignatura donde se imparte, lo que nos lleva a reflexionar sobre ciertas cuestiones como son ¿Cuánto tiempo dedica a este concepto? Si este concepto se encuentra en el descriptor del verifica puede ser útil para el Ingeniero Química, entonces ¿Por qué no se utiliza en otra asignatura? Como se ha indicado antes, no se trata de imponer a ningún profesor el cambio de sus unidades docentes, pero si el que podamos optimizar el tiempo que se le da a los conceptos que los alumnos deben adquirir en las asignaturas. Con todo ello, también se favorece que los profesores conozcan lo que imparten sus compañeros y por lo tanto, mejorar la coordinación de las asignaturas.

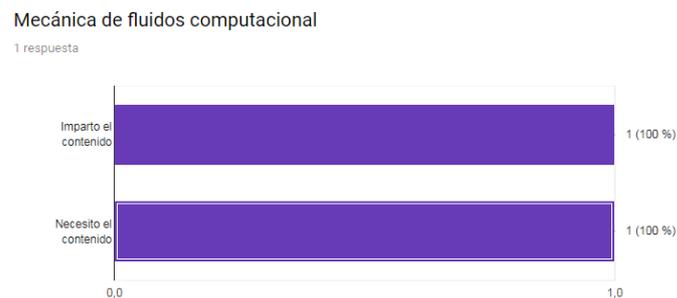


Fig.3 Respuestas del contenido de Fluidos Computacional en la materia Mecánica de Fluidos

#### 4.2. Ficha propuesta para la actividad 14

Tal y como se ha comentado anteriormente, es importante realizar una ficha de cada una de las actividades para que los estudiantes tengan toda la información del ABP a desarrollar en una asignatura y que corresponde a una actividad. En este caso se presenta, a modo de ejemplo, la ficha propuesta para la actividad 14, que se realiza en la asignatura EIQ II (Tabla 3).

En la asignatura EIQ II, se deberán desarrollar tres ABP experimentales, con sus respectivos informes obteniendo resultados que se utilizarán en actividades posteriores como son las actividades 15,17,18 y 23.

En esta ficha se planifican las tareas de evaluación y el alumno también puede consultar qué competencias adquiere con la resolución de los problemas.

#### 5. Conclusiones

El desarrollar el PIME con una metodología de Aprendizaje Basado en Problemas de carácter transversal ha permitido, en primer lugar, empezar a analizar cómo es la coordinación del Grado en Ingeniería Química. Esto ha sido posible gracias a la información recogida en las encuestas realizadas a los profesores que imparten docencia en el Grado,

siendo satisfactoria ya que, en general, muestran una buena secuenciación de los contenidos en las asignaturas del grado.

**Tabla 3. Ficha de la actividad 14**

<b>Actividad: 14</b>			
<b>Asignatura:</b> EIQ II	<b>Curso:</b> 3 A	<b>Profesor/a:</b>	<b>Grupo:</b> 1
<b>Tiempo previsto de dedicación a la actividad</b>	<b>Presencial:</b> P horas		<b>No presencial:</b> NP horas
<b>Actividades/resultados previos necesarios</b>	Act 4: Rectas de calibrado para el colorante a estudiar.		
	Act 9: Isoterma de equilibrio más adecuada y sus parámetros.		
	Act 10: Modelo matemático con transferencia de materia interna y externa y con la isoterma de equilibrio adecuada.		
<b>Actividades siguientes que harán uso de los resultados generados en esta actividad.</b>	Act 15		
	Act 17		
	Act 18		
	Act 23		
<b>Problemas a resolver (ABP)</b>	P14.1: Obtención de las cinéticas de adsorción partiendo de un volumen $V$ de una disolución de colorante de concentración $C_0$ , con tres masas de adsorbente $m_{A1}$ , $m_{A2}$ y $m_{A3}$ , con partículas de carbón de diámetro $D$ y agitando a una velocidad de agitación $w$ . Obtener como mínimo 10 datos experimentales en cada curva.		
	P14.2: Estimar mediante regresión los coeficientes de transferencia de materia interna y externa a partir de los datos experimentales del problema P14.1, del modelo matemático de la act 10 y de los parámetros de la isoterma de adsorción de la act 9.		
	P14.3: A partir de los datos experimentales que proporcione el profesor procedentes de los ensayos realizados por todos los grupos, se pide analizar el efecto que tienen los siguientes parámetros sobre la cinética de adsorción: concentración de colorante, relación masa de adsorbente/volumen de disolución, diámetro de partícula y velocidad de agitación.		
<b>Planificación de los entregables y resultados a obtener en cada uno de ellos</b>	E14.1 (Fecha XX/XX/XXXX): Representación gráfica de los datos experimentales obtenidos en P14.1		
	E14.2 (Fecha YY/YY/YYYY): Valores de los coeficientes de transferencia de materia interna y externa junto con sus intervalos de confianza obtenidos en P14.2. También se representará gráficamente los datos experimentales junto con los valores simulados con los parámetros de ajuste óptimos.		
	E14.3 (Fecha ZZ/ZZ/ZZZZ): Representaciones gráficas de los coeficientes de transferencia de materia interna y externa frente a los siguientes parámetros: concentración de colorante, relación masa de adsorbente/volumen de disolución, diámetro de partícula y velocidad de agitación.		
<b>Competencias del grado a adquirir con la actividad</b>	Diseñar equipos, instalaciones y servicios en la industria química		
	Comprensión e integración		
<b>Evaluación de la actividad</b>	E14.1 supone el X% de la asignatura		
	E14.2 supone el Y% de la asignatura		
	E14.3 supone el Z% de la asignatura		
	Las preguntas relacionadas con esta actividad que se deben contestar de forma individual en el examen correspondiente suponen el W% de la asignatura		

El plantear un proyecto como es el diseño de una columna de adsorción va a ayudar a una mejor coordinación del Grado de Ingeniería Química, Campus d'Alcoi, lo que conllevará que el alumno sea capaz de enlazar de forma más eficaz los contenidos más relevantes de la titulación. De esta forma se mejorará la adquisición, por parte del alumno, de las competencias, habilidades y conocimientos a través de la resolución de los numerosos problemas en los que se divide el proyecto transversal planteado. Además, el alumno comprenderá el papel que tiene cada una de las asignaturas estudiadas en el grado para cubrir sus necesidades como profesional de la Ingeniería Química.

## 6. Agradecimientos

Agradecimiento al PIME de la UPV (2017) Referencia A19: “Coordinación en el Grado de Ingeniería Química del Campus d'Alcoi: Aprendizaje Basado en Problemas como Metodología de Conexión entre asignaturas”

## 7. Referencias

- Cárdenas-Rodríguez, R., Terrón-Caro, T., Monreal-Gimeno, C. (2015). “Interdisciplinariedad o multidisciplinariedad en el ámbito universitario. desafíos para la coordinación docente” en *Bordon. Revista de pedagogía*. vol 67, issue 3, p. 167-183.
- Cardona, S.C., López-Pérez, María-Fernanda, Lora J., “Aprendizaje basado en problemas en Ingeniería Química como metodología de coordinación vertical/horizontal entre asignaturas” comunicación en IV Congreso De Innovación Docente En Ingeniería Química (CIDIQ) libro de resúmenes, Santander. 2018. ISBN: 978-84-697-8931-5. DL SA 10-2018. P. 40
- Charoula, A. (2002) “Teachers' Practical Theories for the Design and Implementation of Problem-Based Learning” en *Science Education International* vol. 13, issue 3, p. 9-15.
- Cruz, F.J., Fernández Díaz, M.J. (2016). “Los docentes de la Generación Z y sus competencias digitales” en *Comunicar. Revista Científica de Educomunicación*, Vol. 25, issue 46
- García-Sevilla J. (2008). “La metodología del Aprendizaje Basado en Problemas” en Universidad de Murcia, Servicio de Publicaciones.
- Hirshfield, L., Koretsky, M.D. (2018) “Gender and Participation in an Engineering Problem-Based Learning Environment” *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, Vol.12, issue 1. < > [Consulta : 22 de marzo de 2018]
- López-Guede, J.M. (2015). “Experiencia docente mediante la Metodología de Aprendizaje Basado en Problemas” en *Ikastorratza.e-Revista de Didáctica*, Vol.14, pp.72-85
- López-Pérez, María-Fernanda, Cardona, S.C., Lora, J., Abad, A., Torregrosa, J.I. (2015). “Resultados del Proyecto de Innovación y Mejora Educativa. Utilización de MATLAB como estrategia didáctica y de coordinación horizontal y vertical entre asignaturas del Grado de Ingeniería Química” Comunicación en Congreso IN-Red. 2015. <http://inred.blogs.upv.es/>
- López-Pérez, María-Fernanda, Cardona, S.C., Lora, J., Abad A. (2016). “Analysis and Problem Solving Competency Development in Chemical Engineering Degree using MATLAB” *Multidisciplinary Journal for Education, Social and Technological Sciences* EISSN: 2341-2593 <http://dx.doi.org/10.4995/muse.2016.4623>.

López-Pérez, M.F., Cardona Navarrete, S.C., Lora García, J. (2017) “Coordinación en el Grado en Ingeniería Química del Campus d’Alcoi: Aprendizaje Basado en Problemas como Metodología de Conexión entre Asignaturas” en *XXV CUIEET*. Badajoz. 373-380. V03\_049\_039.

