

# APLICACIÓN DEL MÉTODO DE PROYECTOS EN UNA ASIGNATURA EXPERIMENTAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

María SANCHO, Miguel ARNAL, Beatriz GARCÍA-FAYOS, Asunción SANTAFÉ, Beatriz CUARTAS  
E.T.S.I. Industriales, Departamento de Ingeniería Química y Nuclear  
Universidad Politécnica de Valencia

## Resumen

*Dentro del proceso de convergencia europea que se desarrolla actualmente en las universidades de Europa, va a tener una importancia especial la formación en competencias, donde las metodologías activas van a desempeñar un papel fundamental. Dentro de dichas metodologías, el aprendizaje basado en proyectos destaca por su carácter multidisciplinar y por la formación que supone en ciertas habilidades y actitudes, que complementan la formación tradicional en conocimientos. De acuerdo con este nuevo contexto, en la asignatura de Experimentación Avanzada de 4º curso de la titulación de Ingeniero Químico se viene aplicando desde hace cuatro cursos el método de proyectos con resultados muy satisfactorios. En este trabajo se describe la metodología aplicada en la asignatura: la estructura del trabajo a realizar, la forma de trabajar los estudiantes; así como la tutorización del trabajo por parte de los profesores y la evaluación final de la asignatura, donde se ha conseguido reducir el peso del examen a un 30%. Además, se analizan los resultados de mejora del aprendizaje conseguidos a través del seguimiento del trabajo realizado por los alumnos en las sesiones de tutorías, de las calificaciones finales y de las encuestas de opinión pasadas a los estudiantes.*

**Palabras Clave:** *metodologías activas, método de proyectos, experimentación*

## 1. Introducción

En el nuevo espacio de enseñanza-aprendizaje que se desarrolla actualmente dentro del proceso de convergencia europea, va a tener una importancia especial la formación en competencias. Para favorecer el desarrollo y el crecimiento del estudiante en las competencias consideradas en el perfil de la titulación, la formación debe desarrollarse como un todo en el que tienen cabida conocimientos, habilidades, actitudes y valores. Este hecho justifica que deben acudir a diferentes modalidades y métodos de enseñanza, en un intento de ofrecer al estudiante los materiales de aprendizaje de la forma más similar a como las informaciones le llegan en la vida cotidiana y profesional. Todo ello con la intención de que el mismo estudiante construya de forma personal los significados y los transfiera a las situaciones reales que se le presenten [1]. Así, se deben buscar metodologías que propicien un acercamiento a la realidad profesional como vía para conseguir un aprendizaje significativo, profundo y constructivo, que permita seguir aprendiendo de manera permanente [2]. En el futuro al que ahora nos aproximamos, probablemente se considerará más adecuado el aprendizaje mediante proyectos y problemas, la investigación y el diseño, el descubrimiento y la invención, la creatividad y la diversidad, y una combinación de la reflexión y la actuación [3].

Siguiendo esta línea, el aprendizaje orientado a proyectos es un método de enseñanza-aprendizaje en el que los estudiantes realizan un proyecto en un tiempo determinado para resolver un problema o abordar una tarea mediante la planificación, diseño y realización de una serie de actividades, aplicando los aprendizajes adquiridos y usando de manera efectiva los recursos necesarios. Los proyectos se centran en problemas o temas vinculados a los conceptos y principios básicos de una o varias materias, y generan un nuevo conocimiento.

Este método se recomienda en materias terminales, en cursos donde ya se integran contenidos de diferentes áreas de conocimiento, y se pueden realizar trabajos multi e interdisciplinarios, con duración de un semestre o un curso completo.

Algunas de las competencias que permite desarrollar el método de proyectos son [1]:

- a) *Conocimientos*: análisis, síntesis, conceptualización, desarrollo y profundización de conocimientos y habilidades técnicas, investigación e innovación de soluciones técnicas, transferencia de conocimientos y procedimientos a situaciones prácticas.
- b) *Habilidades y destrezas*: pensamiento sistémico, pensamiento crítico, manejo de información, expresión oral y escrita, trabajo en equipo.
- c) *Actitudes y valores*: iniciativa, constancia, sistematización, responsabilidad personal y grupal, respeto a los demás.

Entre las numerosas ventajas del método de proyectos podrían destacarse las siguientes:

- Permite la adquisición de una metodología de trabajo profesional.
- Los estudiantes aprenden a tomar sus propias decisiones y a actuar de forma independiente.
- Desarrolla el autoaprendizaje y el pensamiento creativo.
- Mejora la motivación para aprender porque se apoya en la experiencia.
- Permite aplicar los conocimientos, habilidades y actitudes adquiridas a situaciones concretas.
- Favorece un aprendizaje integrador.
- Fortalece la confianza de los estudiantes en sí mismos.

## 2. Antecedentes

“Experimentación Avanzada” es una asignatura troncal de 4º curso de la titulación de Ingeniero Químico de 7,5 créditos anuales, todos de carácter práctico, impartida por el Dpto. de Ingeniería Química y Nuclear. Esta asignatura es la última de un conjunto de cuatro asignaturas experimentales impartidas por la misma sección docente del departamento, en los cursos 2º, 3º y 4º de la titulación. Estas asignaturas engloban las prácticas de laboratorio de las disciplinas teóricas impartidas por la misma sección docente en dichos cursos. Tradicionalmente, en las cuatro asignaturas experimentales se seguía una metodología de trabajo similar, consistente en la realización de prácticas individuales en el laboratorio, en grupos de 4-5 alumnos, que posteriormente debían elaborar una memoria incluyendo los apartados convencionales (introducción, objetivos, procedimiento experimental, resultados y conclusiones). El sistema de evaluación contemplaba la calificación obtenida en el conjunto de memorias con un peso del 40% en la nota final, y el restante 60% correspondía a la nota obtenida en el examen final escrito.

Hace varios cursos, los profesores de la asignatura detectamos un empeoramiento en los resultados académicos obtenidos por los alumnos en “Experimentación Avanzada”, en comparación con las asignaturas experimentales inmediatamente anteriores. Este empeoramiento se basaba fundamentalmente en un descenso generalizado de las calificaciones finales, tanto en la parte correspondiente al examen final como a la de las memorias. Tras analizar la situación y reflexionar al respecto, los profesores llegamos a la conclusión de que la principal causa del menor rendimiento de los alumnos era la falta de motivación debida a una metodología repetitiva y a la ausencia de nuevos conocimientos y habilidades. En definitiva, las valoraciones de los alumnos destacaban que la asignatura no cumplía sus expectativas.

Todo ello, unido a las posibilidades que ofrecía la asignatura en cuanto a su ubicación en últimos curso, número de alumnos (alrededor de 50) y recursos disponibles, nos llevo a plantear un cambio en la metodología aplicada.

### 3. Objetivos

Por todas las ventajas anteriormente comentadas, y por considerarlo realmente adecuado para la asignatura "Experimentación Avanzada", se decidió aplicar el método de proyectos como nueva metodología. Los objetivos que se ha pretendido alcanzar con este cambio metodológico son los siguientes:

1. Completar la formación de los estudiantes en competencias relacionadas con el diseño de plantas industriales, la gestión de residuos industriales, y la seguridad y salud.
2. Fomentar formas de trabajo lo más similares a las futuras situaciones profesionales.
3. Mejorar los resultados académicos de los alumnos.
4. Aumentar la motivación de los estudiantes y su grado de satisfacción con la asignatura.

### 4. Descripción del trabajo

#### 4.1 Diseño de la asignatura aplicando el método de proyectos

Para adaptar la asignatura al método de proyectos, en primer lugar se hizo una selección de las prácticas de laboratorio realizadas, con el objetivo de que estuvieran relacionadas entre sí y sirvieran para extraer información para el desarrollo del proyecto. Así, se mantuvieron algunas de las prácticas que se realizaban anteriormente, otras se eliminaron, y se introdujeron algunas nuevas para completar la formación del estudiante en los aspectos de interés. Con todo ello, se decidió enfocar el trabajo del primer cuatrimestre al diseño de una planta industrial para la obtención de acetato de etilo. En el segundo cuatrimestre se decidió completar el proyecto a realizar y aprovechar el carácter multidisciplinar de esta metodología mediante la aplicación de técnicas estadísticas (ya conocidas por los estudiantes) para el diseño y optimización de una planta de producción de polimetacrilato de metilo. En la figura 1 se presenta un esquema del diseño de la asignatura para el segundo cuatrimestre, donde se muestra la relación entre cada una de las prácticas que sirven para el desarrollo del proyecto.

En cuanto a los nuevos conocimientos a incluir en la asignatura, señalados anteriormente en los objetivos, el diseño pasó a constituir el propio proyecto a elaborar, mientras que la gestión de residuos y la seguridad y salud se decidió trabajarlos de forma progresiva y transversal a lo largo de todas las prácticas, para finalmente constituir sendos apartados en el informe final escrito a presentar por los estudiantes.

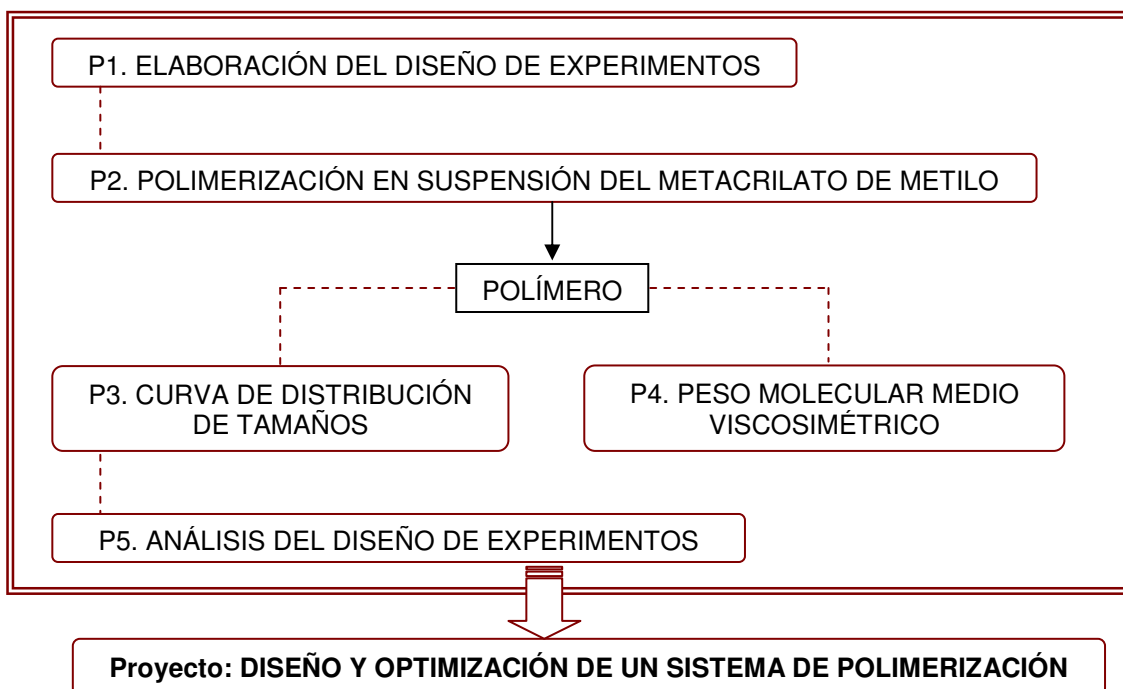


Fig. 1 Estructura de las prácticas del 2º cuatrimestre de Experimentación Avanzada

Otro de los cambios realizados en la asignatura respecto a la metodología anterior fue eliminar las memorias individuales de cada práctica, puesto que dicho trabajo iba a ser incluido en el proyecto final. Sin embargo, se decidió que los alumnos realizaran un breve informe al final de cada sesión de laboratorio, donde resumieran los principales aspectos trabajados en la práctica: objetivos, procedimiento experimental seguido y resultados obtenidos. Dicho informe se entrega al profesor correspondiente al final de la sesión, y es devuelto corregido lo antes posible para que los estudiantes lo utilicen en el desarrollo del proyecto. Mediante la corrección de este informe se realiza un *feed-back* fundamental que permite orientar a los alumnos en el trabajo que estén realizando o vayan a realizar.

Por otra parte, y como corresponde al método de proyectos, se decidió que los alumnos presentaran oralmente el proyecto final, en un tiempo limitado de 10 minutos y siendo elegido al azar el miembro del grupo que realiza la presentación. Posteriormente, todo el grupo se somete a las preguntas del grupo de profesores de la asignatura, que finalmente evalúan la defensa del proyecto.

Respecto a la tutorización y seguimiento del trabajo realizado por los alumnos, el total de grupos de estudiantes (entre 12 y 16) se divide proporcionalmente entre el número de profesores de la asignatura (entre tres y cuatro) para tutorizarlos a lo largo del cuatrimestre. Cada profesor y sus grupos de estudiantes concretan una serie de reuniones en las que se hacen presentaciones parciales del trabajo efectuado y se resuelven las dudas que existan. En estas reuniones el profesor debe observar el funcionamiento del grupo y el grado de implicación de los distintos miembros en el trabajo llevado a cabo. Para intentar mantener la máxima coherencia posible en las orientaciones realizadas a los estudiantes, se llevan a cabo varias reuniones de coordinación entre el grupo de profesores con el fin de unificar criterios.

## **4.2 Descripción del modo de trabajo de los alumnos**

Respecto al modo de trabajo de los alumnos, éstos se dividen en grupos de entre 4 y 5 personas de manera libre. Antes de asistir a cada sesión de laboratorio, los estudiantes deben leerse la práctica y consultar las fichas de seguridad de los compuestos químicos que van a emplear para saber cuáles son los riesgos que corren y qué medidas de protección deben utilizar. Cada práctica de laboratorio corresponde a un profesor diferente, éste hace inicialmente una explicación de los fundamentos teóricos y del procedimiento experimental a desarrollar con una duración aproximada de media hora, dependiendo de la práctica. Posteriormente, el grupo se divide las tareas, y así por ejemplo, unos preparan las disoluciones de reactivos (en el caso de que haya reacción), otros realizan el montaje experimental, otros identifican los riesgos de la práctica, etc. A continuación realizan la práctica mientras van elaborando el informe a presentar al final de la sesión. En cada práctica los estudiantes obtienen una serie de resultados experimentales que luego deberán utilizar para completar los objetivos de la práctica, que pueden ser cálculos, análisis, diseños, etc. Como se ha indicado anteriormente, el informe es corregido por el profesor y devuelto a los alumnos en un plazo corto de tiempo para comentarlo con ellos y que lo puedan emplear en la realización del proyecto.

Respecto a la elaboración del proyecto final, se deja que los alumnos se repartan las tareas a realizar, si bien la complejidad del diseño propiamente dicho les obliga a tener que participar todos y discutirlo profundamente, entre ellos y con el profesor tutor. En todo el desarrollo del proyecto, se intenta que los estudiantes trabajen de un modo similar a como lo harán en su futuro profesional, de manera que son ellos los que deben buscar y seleccionar la información que necesitan, así como planificar y organizar el trabajo a elaborar. Normalmente, los estudiantes trabajan el proyecto en horario fuera de clase, salvo algunas sesiones que se reservan para hacer trabajo *in situ*. La estructura del proyecto la decide cada grupo con el consenso del tutor, en una primera sesión de tutorías que se establece una vez transcurridas un par de semanas de clase. Posteriormente, las distintas sesiones de seguimiento se acuerdan entre cada grupo y el profesor correspondiente. En todo este proceso, se les deja a los alumnos bastante autonomía para que ellos mismos se responsabilicen de su propio aprendizaje, pues esto supone un elemento muy motivador hacia las tareas a llevar a cabo.

Una vez terminadas las prácticas de laboratorio, los alumnos disponen de dos semanas para elaborar el informe escrito del proyecto y para preparar la presentación oral del mismo. Dicha presentación se hace en horario de clase en presencia de todo el grupo de profesores y de los

alumnos. La persona del grupo que realiza la presentación es elegida al azar, y luego todo el grupo puede defender el proyecto respondiendo a las preguntas de los profesores. Ese mismo día se debe entregar el informe escrito para ser corregido.

Finalmente, la asignatura concluye con un examen escrito sobre las prácticas de laboratorio en el que los alumnos deben realizar alguno de los cálculos o análisis ya trabajados.

### 4.3 Nuevo sistema de evaluación

Como resultado de todas las modificaciones realizadas en la metodología, se debió adecuar el sistema de evaluación de la asignatura incorporando las distintas tareas llevadas a cabo por los estudiantes, con un peso en la nota final proporcional a la cantidad de trabajo realizada en cada una de ellas. Así, como se muestra en la figura 2, se consideró un porcentaje del 10% para los informes individuales de cada práctica, un 20% para la presentación oral, y un 40% para el proyecto. Mientras, el examen escrito suponía un 30% de la calificación final, frente al 60% que suponía con la metodología anterior. Como requisito para aprobar la asignatura, consideramos que el alumno debe obtener una calificación mínima de 5 en el examen escrito, lo cual es fácilmente alcanzable habiendo realizado todas las prácticas y habiendo participado activamente en el desarrollo del proyecto.

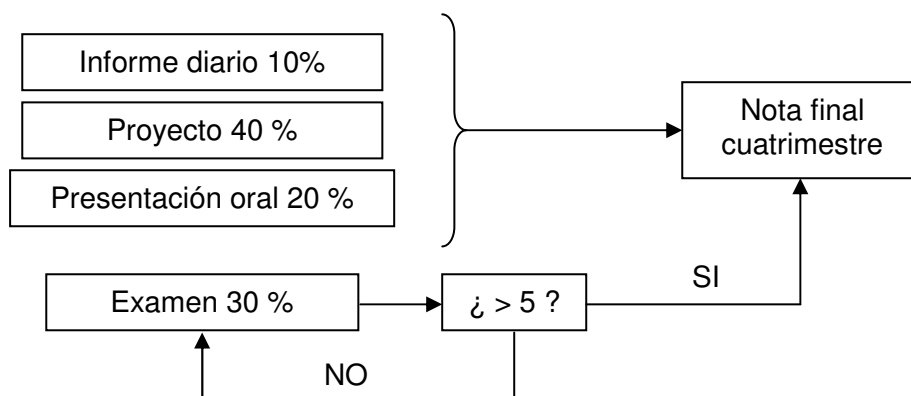


Fig. 2 Sistema de evaluación de la asignatura basada en el método de proyectos

## 5. Resultados

A continuación se describen los principales resultados obtenidos a raíz de la aplicación del método de proyectos en la asignatura “Experimentación Avanzada”. Por un lado, se comparan los resultados académicos antes de aplicar la nueva metodología con los obtenidos desde el curso 2004-05, cuando comenzó a aplicarse el método de proyectos. Por otro lado, se analizan las encuestas de valoración de la asignatura pasadas a los alumnos al final de la misma, y se comentan las principales reflexiones llevadas a cabo por el grupo de profesores respecto a los objetivos marcados con la innovación.

### 5.1 Resultados académicos

La tabla 1 muestra el número de alumnos aprobados, suspendidos y no presentados, de entre los matriculados, y el porcentaje de alumnos aptos en la asignatura “Experimentación Avanzada”, durante los últimos ocho cursos. En los cuatro primeros cursos (desde 2000-01 hasta 2003-04) se aplicaba la metodología anterior, mientras que en los últimos cuatro cursos (desde 2004-05 hasta la actualidad) se viene aplicando la metodología basada en proyectos. El paso de una metodología a otra se ha marcado en la tabla con una doble línea horizontal. Como puede observarse en la tabla, los resultados académicos han sido muy buenos a lo largo de todos los cursos, con un alto porcentaje de alumnos aprobados frente al total de matriculados. Además, cabe destacar que sólo hubo un curso (2002-03) en el que suspendieron dos alumnos. El resto de años han aprobado todos los estudiantes que realizaban las prácticas y el examen. También se aprecia una cierta tendencia en los últimos cursos a disminuir el número de alumnos no presentados, pues sólo ha habido un caso en dos de los últimos cuatro cursos. Sin embargo, esta tendencia no se puede atribuir a la nueva metodología aplicada sino que también hay que tener en

cuenta la reducción del número total de alumnos matriculados, pues la ausencia de no presentados ya comenzó en el curso 2003-04 cuando todavía se aplicaba la metodología anterior.

Respecto a las calificaciones finales obtenidas por los alumnos en la asignatura, en la tabla 2 sí se puede observar un cierto incremento de dichas calificaciones en los cuatro últimos cursos, desde que se puso en marcha la nueva metodología. Como se aprecia, ha habido un aumento significativo del porcentaje de calificaciones iguales o superiores a notable. Además, en estos cuatro últimos cursos no ha habido ninguna calificación de aprobado (ni de suspenso), siendo la menor nota obtenida de “notable”. Esto se ha debido principalmente a las excelentes calificaciones obtenidas en los proyectos por su elevada calidad, y al nuevo sistema de evaluación en el que dicho proyecto tiene un peso muy importante en la nota final.

*Tabla 1. Resultados académicos en “Experimentación Avanzada”*

<b>Curso</b>	<b>Matriculados</b>	<b>Aprobados</b>	<b>Suspendidos</b>	<b>NP</b>	<b>Aptos (%)</b>
2000-01	73	69	0	4	<b>94,5</b>
2001-02	81	78	0	3	<b>96,3</b>
2002-03	105	101	2	2	<b>96,2</b>
2003-04	67	67	0	0	<b>100</b>
2004-05	51	50	0	1	<b>98</b>
2005-06	41	41	0	0	<b>100</b>
2006-07	54	53	0	1	<b>98,1</b>
2007-08	42	42	0	0	<b>100</b>

*Tabla 2. Calificaciones finales en “Experimentación Avanzada”*

<b>Curso</b>	<b>Matr</b>	<b>MH</b>	<b>Exc</b>	<b>Not</b>	<b>Apr</b>	<b>Susp</b>	<b>NP</b>	<b>Calif. ≥ Not (%)</b>
2000-01	73	2	3	57	7	0	4	<b>84,9</b>
2001-02	81	0	6	61	11	0	3	<b>82,7</b>
2002-03	105	0	1	90	10	2	2	<b>86,7</b>
2003-04	67	3	2	55	7	0	0	<b>89,6</b>
2004-05	51	2	10	38	0	0	1	<b>98</b>
2005-06	41	2	9	30	0	0	0	<b>100</b>
2006-07	54	2	31	20	0	0	1	<b>98,1</b>
2007-08	42	0	0	42	0	0	0	<b>100</b>

## 5.2 Valoración de los alumnos

Desde la puesta en marcha de la nueva metodología se ha querido considerar la valoración que los alumnos hacían de la misma. Para ello, al final del curso se les ha pedido que valoraran la asignatura indicando de forma abierta, y anónima, los puntos positivos y los puntos a mejorar. En la tabla 3 se resumen los principales puntos señalados por los alumnos al respecto.

*Tabla 3. Valoración de los alumnos de la innovación en la asignatura “Experimentación Avanzada”*

<b>Puntos positivos</b>	<b>Puntos a mejorar</b>
Enfoque industrial	Eliminación del examen escrito
Aplicación real	Acumulación del trabajo al final del cuatrimestre
Relación entre las prácticas	Duración de las presentaciones orales
Trabajo en grupo	
Buena relación profesores-alumnos	

Cabe destacar que los alumnos señalan con mayor frecuencia como puntos positivos el enfoque industrial de la asignatura y su aplicación real en su futura labor profesional. Por otra parte, consideran muy positivo el trabajo en grupo realizado, ya que en este caso deben cooperar todos en el trabajo a desarrollar porque la magnitud del mismo no permite que sólo trabajen unos pocos, ni realizar las diferentes tareas de forma aislada. Finalmente, además de señalar la buena relación que existe con los profesores tanto en el laboratorio como a nivel de tutorización, los alumnos de la asignatura han indicado como punto positivo el hecho de que todas las prácticas estén relacionadas y tengan un objetivo común. Por lo tanto, parece que el nuevo enfoque de las prácticas y la metodología de trabajo son valorados positivamente por los estudiantes.

En cuanto a los puntos que proponen mejorar, se encuentra, en primer lugar, la eliminación del examen escrito pues consideran que realizan una gran cantidad de trabajo como para luego tener que hacer además un examen. Sin embargo, los profesores lo consideramos de momento indispensable como nota individual al margen del resto de notas que son todas grupales. Por otra parte, los alumnos piensan que el trabajo se acumula al final del cuatrimestre, coincidiendo con la redacción del proyecto y la preparación de la presentación oral, lo cual es inevitable aunque el trabajo se vaya desarrollando a lo largo del cuatrimestre. Lo que sí intentamos es situar las sesiones de presentación y entrega del trabajo algo distantes (una o dos semanas) de la fecha de finalización de las clases, para que no coincida con las entregas de trabajos de otras asignaturas. Por último, otro de los aspectos que supuso quejas importantes en los primeros cursos fue la duración de las presentaciones orales, pues si bien se establecía un límite de 15-20 minutos, había grupos que se excedían con el consiguiente agravio comparativo a la hora de calificarlos.

Por ello, se decidió limitar el tiempo de exposición a 10 minutos cronometrados y que sólo expusiera un miembro del grupo elegido al azar.

### 5.3 Valoración de los profesores

En este apartado se pretende analizar desde el punto de vista de los profesores la consecución de los objetivos marcados con la puesta en marcha de la nueva metodología. En primer lugar, gracias a la selección de contenidos realizada y al nuevo diseño de la asignatura se ha podido completar la formación de los estudiantes en los aspectos ya comentados de diseño, residuos y seguridad. En cuanto a la forma de trabajar de los alumnos, ya se ha comentado anteriormente cómo se fomenta un modo de actuar similar al futuro profesional, siendo esto además considerado muy positivo por los estudiantes en las encuestas de valoración. Respecto a la mejora de los resultados académicos, ya se ha analizado dicha mejora en cuanto a las calificaciones finales obtenidas, y además hemos constatado un gran aumento de la calidad de los trabajos realizados en comparación con las memorias de prácticas que se hacían anteriormente. Por último, respecto a la motivación y satisfacción de los alumnos, hemos podido comprobar a través de las encuestas que nuestros alumnos están mucho más motivados que con la metodología anterior por el enfoque mucho más real y aplicado de las prácticas, y además tienen la sensación de aprender más, lo cual les satisface. Cabe comentar también que el aumento de motivación es palpable en el día a día de la asignatura, por la actitud positiva y el interés demostrado por los alumnos para llevar a cabo las distintas tareas.

## 6. Conclusiones

Tras analizar los resultados conseguidos desde la aplicación del método de proyectos en la asignatura "Experimentación Avanzada", se puede concluir que:

- Se complementa la formación del alumno en competencias básicas de un Ingeniero Químico, como el diseño de instalaciones industriales, la gestión de residuos y la seguridad y salud.
- Se fomenta el autoaprendizaje, y se consigue trabajar de una forma similar al futuro profesional de los estudiantes, lo cual constituye un elemento muy motivador, tal y como señalan los propios alumnos en las encuestas de valoración de la asignatura.
- Se ha conseguido mejorar los resultados académicos, como denotan los porcentajes de calificaciones iguales o superiores a notable desde el inicio de la nueva metodología.
- Se ha logrado aumentar la motivación de los alumnos y su grado de satisfacción con la asignatura, como se constata en las encuestas de opinión, gracias a un enfoque más real y aplicado de las prácticas, así como del posterior trabajo realizado.

## 7. Referencias

- [1] DE MIGUEL, M. Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias. Universidad de Oviedo, 2006.
- [2] FERNÁNDEZ, A. "Metodologías activas para la formación de competencias". *Educatio siglo XXI*. Vol. 24, 2006, pp. 35-36.
- [3] BADIA, A.; GARCÍA, C. "Incorporación de las TIC en la enseñanza y el aprendizaje basados en la elaboración colaborativa de proyectos". *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*. Vol. 3, Nº 2, 2006, pp. 42-53.