

**ADA-Madrid**



# Relada

(Revista Electrónica de ADA)

**Vol. 4 (3) 2010**

ISSN: 1988-5822



## Reestructuración de asignaturas de Ingeniería Química para su adaptación al EEES mediante la utilización de TIC

**Karina Boltes. Roberto Rosal.**

Ingeniería Química. Universidad de Alcalá. Edificio de Ciencias. Campus Universitario UAH.  
Ctra Madrid Barcelona Km 33,6. 28871 Alcalá de Henares.  
[karina.boltes@uah.es](mailto:karina.boltes@uah.es)

**Resumen.** Este trabajo aborda la reestructuración de las asignaturas de Ingeniería Química impartidas en dos licenciaturas de la Universidad de Alcalá para su adaptación al EEES. Mediante la utilización intensiva de TIC en el desarrollo de la enseñanza semipresencial, se han rediseñado estas asignaturas orientándolas para favorecer el aprendizaje autónomo y colaborativo y mejorar los canales de comunicación del binomio profesor-alumno. Para ello y utilizando como apoyo la plataforma virtual de la Universidad de Alcalá y una plataforma pública de acceso restringido, se han desarrollado una serie de actividades que incluyen la elaboración de bitácoras grupales y la técnica de enseñanza basada en la resolución de problemas (PBL).

**Palabras clave:** TIC. Enseñanza semipresencial. Bitácora. Método de resolución de problemas.

**Abstract.** This paper deals with the redesign of Chemical Engineering teaching in two degrees at the University of Alcalá in order to adapt them to the ESHE. Using ICTs, strategies were redirected to the development of so-called blended learning in order to improve the student's autonomy, collaborative work as well as to create new means of professor-student communication. Both the corporate virtual learning platform and a public one were used to carry out a series of activities like creating blogs or problem based learning (PBL).

**Key words:** ICTs. Blog. Blended learning. Problem based learning method.

### INTRODUCCIÓN

La implantación del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), supone la integración de los sistemas universitarios europeos para año 2010, según lo establecido en la disposición adicional primera del R.D. 1393/2007 por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales. Esta tarea, no sólo requiere cumplir determinados objetivos administrativos, tales como la adopción del sistema europeo de transferencia de créditos (ECTS), la implantación del suplemento europeo al título, la acreditación efectiva de la calidad de las titulaciones, o el establecimiento de una estructura

general de estudios en tres ciclos. Este proceso de renovación, da lugar a la posibilidad de introducir reformas metodológicas profundas que permitan terminar con las carencias derivadas de la docencia convencional basada en clases magistrales, para así adaptar el sistema educativo universitario a las necesidades sociales. Fundamentalmente, las reformas metodológicas deben estar encaminadas al fomento de la participación activa, la innovación y el trabajo autónomo.

Los procesos de renovación docente y flexibilización metodológica suponen cambios en las estrategias didácticas de los profesores y una reconfiguración de los sistemas de comunicación y de distribución de materiales de aprendizaje que si bien suponen importantes barreras psicológicas y organizativas, se benefician de la implantación creciente de las Nuevas Tecnologías. El uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) facilita la adopción de un enfoque del aprendizaje abierto, colaborativo y bidireccional (Salinas, 2004). En este sentido, los entornos virtuales de enseñanza-aprendizaje, constituyen herramientas particularmente útiles en tanto que facilitan la aplicación de estrategias de aprendizaje autónomo (e-learning). Como evolución del e-learning, la enseñanza semipresencial o blended learning supone la combinación de diferentes tareas de aprendizaje que deben realizarse a partir de recursos diversos y utilizando espacios variados (Garrison y Kanuka, 2004). Se trata de una modalidad educativa, que facilita un aprendizaje flexible y adaptado a los propios ritmos del estudiante y que favorece la simultaneidad de estudios y trabajo, una opción aún minoritaria, pero creciente en la universidad española.

Por otro lado, la aplicación del Aprendizaje Basado en la resolución de problemas (Problem-Based Learning, PBL), es sin duda, una técnica muy adecuada para ser utilizada en estos casos. Así lo demuestran los trabajos previos en el área de Ingeniería Química de Cline y Powers (1997) y el de Glatz *et al.*, (2006). Este método de enseñanza se caracteriza porque el aprendizaje está centrado en el alumno, promoviendo su participación activa, además de desarrollar un conjunto de habilidades y competencias indispensables para su entorno profesional.

### **Antecedentes y objetivos**

Las asignaturas: Ingeniería Química (troncal de la Licenciatura en Química), Bases de la Ingeniería Ambiental (troncal de la Licenciatura en Ciencias Ambientales) e Ingeniería Ambiental (obligatoria la Licenciatura en Ciencias Ambientales) de la Universidad de Alcalá, tienen como común denominador que suponen el primer contacto de los alumnos con la Ingeniería Química y deben proporcionar una visión general que les permita adquirir competencias como suficiente capacidad de cálculo para dimensionar los principales equipos en los que tienen lugar los procesos químicos mediante la formulación y resolución de balances de materia y energía y las ecuaciones fenomenológicas que describen los procesos de cinética física y química. Las asignaturas se apoyan fuertemente en conocimientos básicos de Matemáticas (Cálculo), Química (Estequiometría) y Física (Termodinámica y Cinética Químicas) que han debido de ser adquiridos por el alumno en asignaturas cursadas con anterioridad.

El grupo de innovación docente que ha tomado la iniciativa para acometer la reforma en la metodología de impartición de estas asignaturas, ha llevado a cabo una valoración de las necesidades específicas que se han venido poniendo de manifiesto durante la experiencia del equipo docente en ambas titulaciones y en una primera etapa de introducción de técnicas de aprendizaje activo (Rosal y Boltes, en prensa). De esta forma, se han podido identificar los siguientes condicionantes que han marcado el proceso de reestructuración y rediseño de la metodología de impartición. En primer lugar, la dispersión de los conocimientos básicos que se requieren para el desarrollo de la mayoría de los temarios, que fuerza a constantes recapitulaciones de conceptos ya estudiados con anterioridad y al establecimiento de una nomenclatura común previa, lo que demanda un tiempo de docencia presencial considerable. En segundo lugar, la dificultad que encuentran los alumnos para realizar cálculos numéricos y su escasa familiaridad con los métodos de cálculo computacionales. Se da, además, la desafortunada circunstancia de que las asignaturas de las titulaciones actuales relacionadas con el cálculo computacional son optativas. La consiguiente limitación de las posibilidades de planteamiento de casos prácticos afecta además al propio desarrollo de las prácticas de laboratorio y fuerza al consumo de tiempo de docencia en la explicación de técnicas estadísticas y de cálculo elementales. Un problema adicional derivado de las necesidades de calendario es la integración del material práctico con la docencia teórica, que es un problema clásico que fuerza a impartir la docencia práctica de forma poco sincronizada con la teórica. Se ha sugerido la posibilidad de tratar algunos temas de forma exclusiva en la parte práctica de la asignatura, lo que refuerza la motivación del alumno, pero introduce un problema operativo que podría resolverse con la virtualización parcial de los contenidos prácticos, lo que podría permitir, mediante controles en plataforma de enseñanza, una retroalimentación rápida por parte del profesor del grado de comprensión y rendimiento alcanzado por el alumno. Finalmente, una dificultad adicional que se ha venido observando es la tendencia del alumnado a seguir simultáneamente asignaturas de cursos distintos y con calendarios poco compatibles, lo que origina ausencias periódicas cuyo efecto negativo podría mitigarse mediante el desarrollo de herramientas de comunicación y seguimiento más flexibles.

Considerando lo expuesto, el objetivo fundamental ha sido reducir el tiempo dedicado a las clases expositivas dando más importancia a las actividades prácticas y cooperativas presenciales y no presenciales apoyándose en el uso de espacios virtuales que se combinen con los reales, en lo que se denomina el aprendizaje mixto o blended learning (Urkola, 2008).

## **METODOLOGÍA**

Los elementos de innovación docente que se han implantado en correspondencia con los objetivos indicados en el apartado anterior, se detallan a continuación.

- Virtualización de Unidades Didácticas referidas a conocimientos básicos para el seguimiento de la asignatura cuyo dominio se considera imprescindible y cuyo tratamiento parcial debió de abordarse en otras

asignaturas cursadas con anterioridad por el alumno. Los principales aspectos críticos identificados: Unidades y Magnitudes, Termoquímica, Termodinámica Química, Cinética Química Básica y Regresión lineal y análisis de la varianza.

- Desarrollo de Unidades Didácticas dirigidas a la utilización de hojas de cálculo para la resolución de problemas de Ingeniería Química. Se aprovechó la potencia de la hoja de cálculo para facilitar el estudio de problemas de ingeniería realistas y no triviales que de otra forma serían prácticamente insolubles. Esto permite abordar problemas más próximos a la práctica industrial y, por tanto, con mayor capacidad de motivación al liberar gran parte del cálculo matemático mecánico y centrar el esfuerzo en la comprensión física del problema. Se incide en las técnicas básicas de manejo de la hoja de cálculo, entre las que se pueden citar:
  - ✓ La presentación gráfica acoplada que proporciona de modo inmediato un seguimiento gráfico del problema.
  - ✓ La separación de parámetros y datos de la hoja propiamente dicha, lo que permite resolver fácilmente cualquier problema semejante y relacionado directamente.
  - ✓ La posibilidad de alterar los valores numéricos de los parámetros físicos o geométricos para obtener una evaluación inmediata de su influencia.

Estas unidades didácticas contienen las bases teóricas necesarias para la realización de los cálculos que se proponen en forma de ejercicios y se organizarán en cuatro bloques:

I. Problemas que requieren el manejo de expresiones y correlaciones empíricas complejas, cuyo tratamiento con calculadora convencional implica una posibilidad elevada de error tanto en la introducción de los datos como en la formalización de las operaciones, facilitando, además la evaluación correcta de la coherencia dimensional de las expresiones, aspecto particularmente crítico en la enseñanza de disciplinas ingenieriles.

II. Resolución de problemas que requieran procesos de integración difíciles o imposibles en modo simbólico incluyendo problemas que requieren la evaluación de integrales definidas.

III. Resolución de problemas que requieran métodos de aproximaciones sucesivas, conocidos como métodos tanteo.

IV. Resolución de problemas que impliquen un análisis de regresión y la consiguiente obtención de estimadores mediante mínimos cuadrados lineales.

- Replanteamiento docente de los aspectos prácticos. En este sentido se sustituyó el informe de prácticas clásico por un ejercicio que implica no sólo la toma estructurada de datos de laboratorio, sino su elaboración siguiendo un patrón basado en información virtualizada que debe de ser elaborada por el alumno en grupos de trabajo. Las unidades didácticas correspondientes a las acciones anteriores se incluirán en la red y la evaluación incluye formularios de preguntas, ejercicios objetivos de autoevaluación y ejercicios numéricos a realizar utilizando las herramientas de las unidades didácticas de la acción anterior. Por otro

lado, la evaluación de los temas tratados en prácticas se realizó también parcialmente de forma convencional, en los exámenes programados de la asignatura. La incorporación de las prácticas de laboratorio al material parcialmente virtualizado se combinó con un tratamiento matemático innovador de los resultados que se realizó en el propio laboratorio mediante hojas de cálculo.

### Actividades desarrolladas y resultados obtenidos

Se ha desarrollado un buen número de actividades regladas y no regladas, presenciales y no presenciales, que se resumen en la Tabla 1.

<b>Actividades regladas</b>	
Presenciales	Clases expositivas Discusión de resultados de problemas y casos (PBL)
No presenciales	Resolución de problemas para su discusión en seminarios
<b>Actividades no regladas</b>	
Presenciales	Prácticas de laboratorio Elaboración de entradas en blog
No presenciales	Tratamiento de resultados de laboratorio Elaboración de informe de resultados

**Tabla 1. Principales actividades desarrolladas clasificadas en función de su presencialidad y grado de estructuración.**

Para el desarrollo de las actividades regladas se ha utilizado preferentemente la plataforma virtual WebCT. Resulta de especial relevancia, el desarrollo de la metodología basada en la solución de problemas (Boltes *et al.*, 2009). Para ello se exponen al alumno en un par de clases, la importancia de saber “calcular” para resolver problemas reales. En la plataforma virtual de la Universidad de Alcalá, se han preparado resúmenes de los contenidos teóricos básicos, así como guías de uso de las herramientas informáticas de cálculo que se utilizan. En las denominadas clases de problemas, es dónde se exige al alumno que trabaje activamente, se forman grupos de trabajo, discusión y debate de no más de 4 integrantes para abordar el problema planteado por el profesor. El objetivo fundamental es evitar la mecanización por parte de los alumnos. Durante las sesiones presenciales, los alumnos trabajan en grupo utilizando programas de cálculo matemático y pueden escribir cuestiones que luego las hacen en voz alta en la fase de exposición y debate de los resultados alcanzados. La duración total del ejercicio es variable y depende del problema en cuestión, algunos se completan en el mismo día, mientras que en otros casos, las soluciones deben ser elaboradas en documentos que se envían a los profesores a través de la plataforma virtual de la Universidad de Alcalá. Las tareas de resolución de problemas que se terminan en clase, no se califican, mientras que las que se envían vía web sí son calificadas como aprobado o no aprobado, siendo requisito imprescindible tener dichas tareas aprobadas para superar la asignatura. Esta experiencia ha resultado muy positiva. La asistencia a clases es muy superior a la de años

anteriores cuando no se habían iniciado actividades de innovación. La participación de los alumnos en las sesiones de debate despertó mucho interés por la asignatura. Los rendimientos académicos han mejorado considerablemente, lo que nos indica una mayor interiorización de las nociones básicas que se les exige.

En relación a las actividades no regladas, y tras un primer año de experiencia con serias dificultades, para la creación de las bitácoras grupales o blog de aula se ha prescindido de la plataforma corporativa para optar por un sistema público de acceso restringido a lectores invitados (Rosal *et al.*, 2009). Los alumnos que, organizados en grupos autodirigidos de cuatro alumnos, desarrollan a lo largo del curso un proyecto en el que se analizan mediante un enfoque sistémico los factores técnicos, sociales y económicos que concurren en el funcionamiento de una empresa determinada. Las tareas se estructuran de manera abierta con una sugerencia basada en la siguiente secuencia, en la que cada uno de los elementos que se indican pueden requerir varias entradas: Buscar y organizar información sobre el proceso de producción, las materias primas utilizadas y los productos comercializados, descripción de subproductos, residuos e impacto ambiental de la instalación, identificación sobre fotografías de satélite y otro material gráfico disponible de los principales equipos, búsqueda de datos económicos de la compañía y, si es posible, de la planta. Y finalmente, recabar información sobre datos sociales, históricos y evolución de la compañía en el tiempo.

La necesidad de impulsar el uso de las TIC y la escasez de horas de aula llevó a reducir al tratamiento presencial a un mínimo número de dos seminarios de control realizados durante el curso en los que cada grupo expuso el grado de avance logrado y las dificultades que enfrentaba su consecución. El resto de la labor de apoyo se lleva a cabo mediante «posts», tutorías individuales y correo electrónico. Los alumnos reciben instrucciones acerca de la creación de «blogs» y sobre cómo editar entradas o «posts» empleando el programa «blogger», para el cual es necesario primeramente obtener una cuenta de correo en «google». El «blog» fue creado por los profesores de la asignatura bajo la denominación <http://iqalcala.blogspot.com> y arrancó con una serie de entradas explicativas para que el alumnado comprendiera el uso y la filosofía de trabajo. La figura 1 muestra algunas de las entradas de la bitácora.

A partir de la información elaborada y publicada en el «blog», cada equipo debe de preparar un panel completo consistente en el póster virtual y en un folleto en el que se incluye un resumen de la información elaborada junto con los datos más relevantes que no tuvieron cabida en el formato básico junto con las referencias utilizadas. La mayoría de los alumnos consideraron el uso de la bitácora sencillo y de aprendizaje fácil o muy fácil, si bien la rigidez de formatos y las plantillas, supuestamente incluidas para reducir la carga de diseño, fueron juzgadas negativamente por casi la mitad de los alumnos.

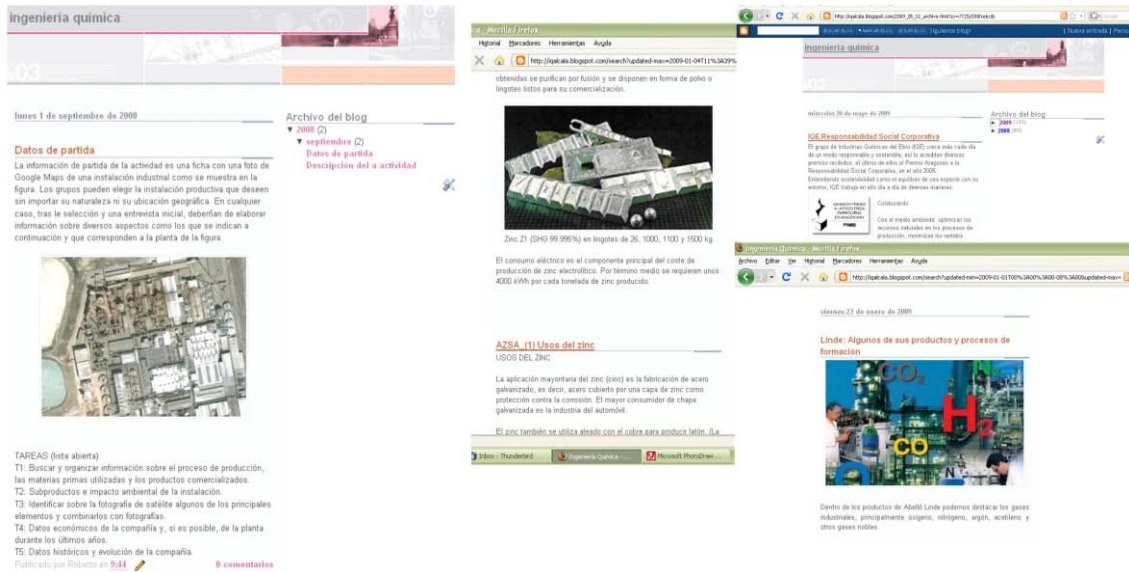


Figura 1. Algunas entradas en la bitácora <http://iqalcala.blogspot.com>.

Los «blogs» o bitácoras grupales son herramientas idóneas para el desarrollo en grupo o en equipo de contenidos secuenciales, parcialmente estructurados con los que es sencilla la implantación de procesos de enseñanza-aprendizaje activos. La experiencia ha demostrado que se trata de una técnica apta para la aplicación de métodos de enseñanza no presencial y que favorece la motivación y la autonomía de los alumnos así como el trabajo colaborativo.

## CONCLUSIONES

El replanteamiento docente de las asignaturas de Ingeniería Química ha logrado un incremento significativo de la participación en actividades no presenciales, con un grado de implicación en los seminarios de problemas y casos y en la elaboración de resultados de prácticas de laboratorio muy superior a las de períodos precedentes. Los resultados muestran un porcentaje elevado de aprobados en los alumnos que siguen las actividades programadas, con una mejora sustancial que se materializa en una reducción de la tasa de fracaso escolar contabilizado como suspensos en las convocatorias ordinarias en todas las asignaturas donde se ha llevado a cabo la innovación. Como aspecto negativo se debe mencionar las dificultades de trabajo con la plataforma corporativa que está supeditada al cierre definitivo de las listas de alumnos matriculados para la concesión de las claves de acceso. Este trámite meramente administrativo, retrasa considerablemente la puesta en marcha de las actividades y es siempre motivo de quejas de los alumnos. Otro reclamo de los estudiantes es la rigidez de los formatos de las bitácoras.

## BIBLIOGRAFÍA

- Boltes, K.; Rodríguez Fernández-Alba, A. y Rosal, R. (2009). Aplicación del método de resolución de problemas (PBL) en la enseñanza de Ingeniería Ambiental. I Congreso de Docencia Universitaria. Vigo, 2-4 de julio de 2009. En Prensa, *Revista de Formación e Innovación Universitaria REFIEDU*.
- Cline, M. y Powers, G.J. (1997) Problem based learning via open ended projects in Carnegie Mellon University's Chemical Engineering undergraduate laboratory. Proceedings of the Frontiers in Education Conference, 1997. On 27th Annual Conference. *Teaching and Learning in an Era of Change*, 1: 350-354.
- Garrison, D. y Kanuka, H. (2004). Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education, *The Internet and Higher Education*, 7: 2. Fecha de consulta 1 septiembre 2008. Disponible en: <http://www.ub.es/bid/bid19.htm>
- Glatz, C.E.; Gonzalez, R.; Huba, M.E.; Mallapragada, S.K.; Narasimhan, B.; Reilly, P.J.; Saunders, P y Shanks, J.V. (2006). Problem-based learning biotechnology courses in chemical engineering. *Biotechnology progress*, 22(1):173-8.
- Rosal, R.; Boltes, K. y Rodríguez, A. (2009). Uso de bitácoras para el desarrollo de actividades colaborativas no presenciales en Ingeniería Química. *Actas del 17 Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas (CUIEET)*, Valencia, 15-18 de septiembre de 2009.
- Rosal, R y Boltes, K. (En prensa). Introducción de técnicas de aprendizaje activo y mixto en la enseñanza de la Ingeniería Química En Leonor Margalef y Cristina Canabal (Eds.) *Innovar en la Universidad. Experiencias docentes*. Editorial Biblioteca Nueva. Madrid.
- Salinas, J. (2004). Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria, *Revista Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 1:1. Fecha de consulta 16 agosto 2008. Disponible en: <http://www.uoc.edu/rusc>
- Urkola, L. (2008). *Desarrollo del blended learning en el ámbito universitario*. IX Encuentro Internacional Virtual Educa. Zaragoza. VE08-165.

Recibido: 19 marzo 2010.  
Aceptado: 31 marzo 2010.