



Nueva metodología de aprendizaje autónomo aplicada a una práctica de Ingeniería Química mediante técnicas de investigación-acción

Celia García Arenas

Profesora del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad de Sevilla.
cgarcia4@us.es

Mercedes Cano Palacios

Profesora del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad de Sevilla.
mcano@etsi.us.es

Fernando Vega Borrero

Profesor del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad de Sevilla.
fvegal@etsi.us.es

Susanna Louise Nilsson

Profesora del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad de Sevilla.
snilsson@etsi.us.es

Luis Francisco Vilches Arenas

Profesor del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad de Sevilla.
luisvilches@etsi.us.es

Carlos Leiva Fernández

Profesor del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad de Sevilla.
cleiva@etsi.us.es

Fecha presentación: 17/07/2014 | **Aceptación:** 22/10/2014 | **Publicación:** 23/12/2014

Resumen

Un grupo de profesores del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla ha realizado un trabajo de investigación-acción con el objetivo de mejorar los resultados docentes en la asignatura Experimentación en Ingeniería Química. El proceso de investigación-acción ha consistido en diseñar una metodología alternativa para una de las prácticas de la asignatura, incorporando un ejercicio de auto-aprendizaje que sustituya a la tradicional metodología aplicada. El objetivo de la experiencia docente pretende conseguir una participación más activa del alumnado, mejorando la asimilación de conceptos y la capacidad para planear el trabajo experimental. Los resultados obtenidos con la nueva metodología, comparados con los del método tradicional de la experiencia, indican que, aunque los alumnos tienden a adoptar una actitud pasiva y son reacios a aumentar el grado de trabajo autónomo, el nuevo procedimiento ayudó a mejorar la aplicación de los conceptos teóricos en el diseño y la realización de la práctica.

Palabras clave: Investigación-acción, experimentación en Ingeniería Química, auto-aprendizaje, trabajo autónomo

Resum

Un grup de professors del Departament d'Enginyeria Química i Ambiental de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de la Universitat de Sevilla ha realitzat un treball d'investigació-acció amb l'objectiu de millorar els resultats docents en l'assignatura Experimentació en Enginyeria Química. El procés d'investigació-acció ha consistit en dissenyar una metodologia alternativa per a una de les pràctiques de l'assignatura, incorporant un exercici d'auto-aprenentatge que substitueixi la tradicional metodologia aplicada. L'objectiu de l'experiència docent pretén aconseguir una participació més activa de l'alumnat, millorant l'assimilació de conceptes i la capacitat per planejar el treball experimental. Els resultats obtinguts amb la nova metodologia, comparats amb els del mètode tradicional de l'experiència, indiquen que, encara que els alumnes tendeixen a adoptar una actitud passiva i són reticents a augmentar el grau de treball autònom, el nou procediment va ajudar a millorar l'aplicació dels conceptes teòrics en el disseny i la realització de la pràctica.

Paraules clau: Investigació-acció, experimentació en Enginyeria Química, auto-aprenentatge, treball autònom

Abstract

A group of teachers from the Department of Chemical and Environmental Engineering of the University of Seville has carried out a project based on an action-research methodology. The objective is to improve the results achieved in the teaching of the course: Chemical Engineering Laboratory. The project consisted in developing a new procedure for teaching the laboratory work that helps improving the learning process and experimental skills of the students. The new procedure developed included an exercise in which the student had to work independently to develop an experimental procedure. The results obtained with the new procedure were compared with the traditional method employed for teaching the subject. The comparison showed that although the students are not motivated to work autonomously and tend to adopt a passive role in their own learning process, the new method helped improve the laboratory set up and commissioning based on the applicability of the theoretical concepts.

Key words: action research, Chemical Engineering Laboratory, self-learning, autonomous work



1. Introducción

La convergencia hacia el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) implica la ejecución de cambios profundos en las metodologías tradicionales de enseñanza en las Universidades (Pérez y Taberner, 2008; González de Haro y González, 2009). Este cambio debe impulsarse a través del fomento de métodos activos de aprendizaje que faciliten la adquisición de competencias por parte del alumnado y el compromiso e intencionalidad del que aprende (Cruz et al., 2007; González de Haro y González, 2009). En este sentido, metodologías como el aprendizaje cooperativo, el aprendizaje basado en problemas o el método del caso han sido propuestas como alternativas aplicables a enseñanzas de Ingeniería (Castells et al., 2008; Campoy et al., 2009). De entre todas ellas, los procesos de investigación-acción aplicados a la enseñanza suponen un entorno adecuado para orientar las enseñanzas en Ingeniería hacia estrategias de conocimiento basados en el análisis crítico, la participación activa y la creatividad e iniciativa personal (Castells et al., 2008).

Un trabajo de investigación-acción es un proceso cíclico de trabajo en el que colaboran profesores y alumnos con el objetivo de mejorar el proceso de aprendizaje. El trabajo se realiza en diferentes etapas como son: la definición del problema, proceso de investigación con identificación de posibles soluciones, desarrollo de un plan de acción, evaluación de resultados y definición de un nuevo plan de acción basado en los resultados del proceso de investigación-acción. Para obtener buenos resultados es imprescindible la colaboración del profesorado y la participación activa del alumnado (Kember y Gow, 1992; Bausela, 2004), partiendo de una fuerte componente de dialéctica entre ambos entes que conduzca hacia una adquisición de competencias (Martínez, 2000). Diversas dificultades han sido identificadas para su correcta implantación, las cuales radican en la activación del alumnado en tareas de participación y colaboración, la formación mediante procesos creativos y críticos y la mayor dedicación requerida por parte de los intervinientes en el proceso educativo (docentes y alumnos) (Cruz et al., 2007; Paredes, 2011).

Existen numerosas referencias en la literatura especializada sobre la aplicación de metodologías de investigación-acción sobre estrategias de enseñanza. El fomento de situaciones de diálogo entre los intervinientes en el proceso educativo propicia la capacidad de análisis crítico de las teorías existentes, el intercambio y transferencia de conocimientos y el desarrollo autónomo del pensamiento y la acción (Vernengo y Ramallo, 2009). En el caso particular de enseñanzas en Ingeniería, se han obtenido resultados satisfactorios en el proceso de aprendizaje frente a metodologías tradicionales (Campoy et al., 2009), demostrando que es posible construir conocimiento ingenieril mediante el fomento de la participación activa y la estimulación del pensamiento creativo a partir de la resolución de problemas sociales y tecnológicos (Castells et al., 2008).

La experiencia ha sido aplicada en la asignatura Experimentación en Ingeniería Química, de tercer curso de la titulación Ingeniería Química (plan 98), que se imparte durante el segundo cuatrimestre en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla. Para realizar un diagnóstico de la situación, se consultó a los profesores que participan en la asignatura, en especial al coordinador de la asignatura, para detectar cuáles son las prácticas en las que los alumnos obtienen peores resultados y diseñar una estrategia de intervención. Se concluyó que la práctica que pre-

sentaba peores resultados era la experiencia de *Lecho Fijo*, por lo que se decidió centrar el trabajo de investigación-acción en esta práctica. La experiencia se titula "Circulación de líquidos a través de lechos porosos fijos" y el trabajo ha consistido en identificar todos los conocimientos previos que los alumnos necesitan repasar para poder desarrollar satisfactoriamente la práctica, de modo que se facilita posteriormente el trabajo autónomo por parte del alumnado y se afianzan así los conocimientos adquiridos.

2. Metodología

El alcance de este trabajo consiste en analizar las causas que llevan al alumnado a obtener peores resultados en esta práctica específica, no alcanzando los objetivos marcados en el programa de la asignatura. Además, se pretende que los estudiantes sean capaces de repasar y afianzar los fundamentos teóricos en los que se basa la práctica de laboratorio, estudiados en profundidad en otras asignaturas previas a esta según el plan de la titulación a través de una actividad de trabajo autónomo. De este modo, se intenta mejorar el desarrollo de la capacidad de diseño y planificación de trabajo experimental en el laboratorio de forma activa por parte del alumnado (Rué, 2006).

Para diseñar el plan de acción se ha tenido en cuenta la metodología tradicional empleada en el desarrollo de la asignatura y los contenidos impartidos en la práctica analizada en concreto. Esta metodología que se está aplicando actualmente para el desarrollo de la práctica consiste en las siguientes etapas:

- a) El alumnado tiene a su disposición unos apuntes donde se especifica el objetivo y el alcance de cada práctica. Además se recogen los conceptos básicos y los fundamentos teóricos necesarios para la realización de cada experiencia de laboratorio. Este boletín debe ser leído previamente a la realización de la práctica (L).
- b) Explicación teórica por parte del profesor de los fundamentos teóricos de la práctica y de la metodología y procedimiento para realizar la experiencia de laboratorio (G).
- c) Realización de la experiencia de laboratorio (P).
- d) Elaboración de uniforme o memoria de la práctica por parte del grupo de estudiantes donde se recoge un análisis de los resultados obtenidos. La entrega del informe se realiza dos semanas después de la finalización de la misma.

Para conseguir los objetivos expuestos anteriormente, se ha definido un nuevo procedimiento para el desarrollo de la práctica concreta "Circulación de líquidos a través de lechos porosos fijos", donde se ha incorporado una actividad de auto-aprendizaje en el paso b). En este nuevo procedimiento los pasos a), c) y d) se realizan de igual manera que en la metodología tradicional, mientras que en el paso b) la tradicional explicación teórica por parte del profesor se ha sustituido por un trabajo de auto-aprendizaje (A) que debe llevar a cabo el alumnado.

Para realizar el trabajo de auto-aprendizaje los alumnos disponen de un artículo científico en el que se describe un experimento similar al que se va a desarrollar durante la práctica de laboratorio, basado en los mismos fundamentos teóricos. El artículo científico seleccionado ha sido *Fluid flow through packed columns* (Sabri, 1952), donde se recoge el estudio de la pérdida de carga a través de un lecho poroso

fijo, obteniéndose una ecuación empírica que relaciona las principales variables que afectan a este proceso unitario. Los parámetros de la ecuación empírica se obtienen a partir de la realización de diversos experimentos donde se varían las características del fluido, del lecho y de las condiciones de operación. La posterior representación de los resultados y el ajuste de la ecuación permiten determinar los valores empíricos de estos parámetros.

Con objeto de facilitar la lectura y comprensión del artículo, se les entrega al alumnado una guía de aprendizaje autónomo. Esta guía contiene una serie de cuestiones a responder con la ayuda del artículo científico. La guía se ha ideado con la intención de esquematizar la información dispuesta por el autor del artículo, de modo que, a la vez que se va leyendo el artículo, se van respondiendo a las cuestiones, ayudando a la comprensión del texto científico. La guía consta de un total de 9 apartados donde se desglosa toda la información relevante a extraer del texto y que es aplicada posteriormente en el desarrollo de la práctica (ver Anexo I). El alumnado debe responder a las cuestiones planteadas en la guía de auto-aprendizaje y entregarla al profesorado antes de la realización del trabajo experimental en el laboratorio. Es importante remarcar que para la realización de esta tarea de forma exitosa es necesaria una implicación máxima por parte de los estudiantes, de modo que sea posible evaluar adecuadamente la idoneidad de la nueva metodología propuesta.

Una vez se ha realizado una lectura comprensiva del artículo científico y contestado a las cuestiones propuestas en la guía de auto-aprendizaje, el alumnado debe estar capacitado para realizar un diseño de la experimentación requerida en función de los objetivos que se les exige en el desarrollo de la práctica en el laboratorio.

Para poder evaluar los resultados del ejercicio de auto-aprendizaje, se ha realizado un estudio sobre dos grupos de prácticas. Un primer grupo denominado Grupo Control (grupo C), que realiza la experiencia siguiendo la metodología tradicional. Con el segundo grupo se ha empleado la nueva metodología propuesta en este trabajo, designándose como Grupo Innovación (grupo I). Después de realizar la práctica, el alumnado de los dos grupos ha completado un test (T) para evaluar los conocimientos que han adquirido durante el desarrollo de la experiencia de laboratorio. El test consta de 6 cuestiones, cuatro de ellas consisten en cuestiones de opción múltiple con respuesta única y las otras dos son cuestiones de respuesta corta a justificar (ver Anexo II). El test se ha realizado en base a una serie de criterios que aúnan los principales objetivos de aprendizaje a adquirir por el alumnado (Moreno *et al.*, 2006). Los criterios son los indicados a continuación:

- 1) Identificación del objetivo final de la práctica.
- 2) Identificación de las principales variables y parámetros que afectan a la circulación de líquidos a través de lechos porosos fijos.
- 3) Relacionar las variables con el objetivo de la práctica y con la metodología a desarrollar.
- 4) Identificar el procedimiento para verificar estas relaciones.

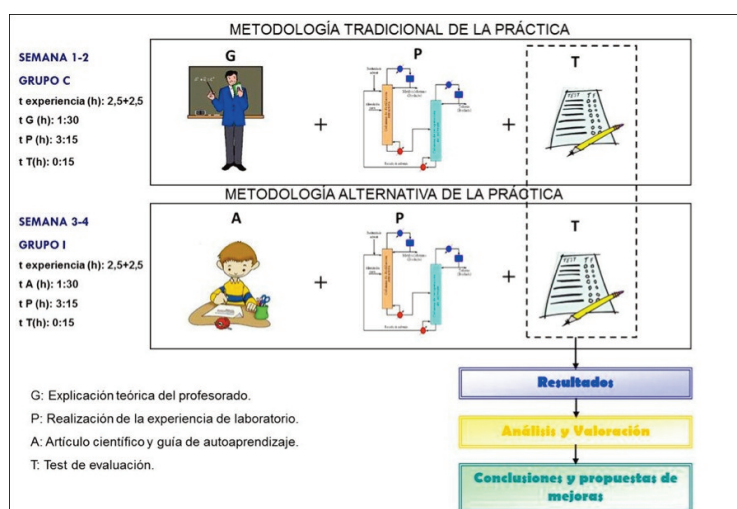


Figura 1. Esquema del plan de acción (metodología tradicional frente a la de innovación)

5) Extrapolar la metodología aplicada en el artículo al desarrollo de la práctica. Adaptación de la metodología para alcanzar el objetivo final de la práctica.

La comparación entre los resultados de las cuestiones de la guía de auto-aprendizaje y los resultados de los tests elaborados por el alumnado de cada procedimiento permite evaluar de forma efectiva la adecuación de la nueva metodología a la práctica en cuestión.

El plan de acción viene representado en la Figura 1 donde se muestran las dos metodologías analizadas (la tradicional y la de innovación), así como los tiempos empleados en cada una de las etapas. Tanto el alumnado del grupo C como el del grupo I disponen del mismo tiempo para el desarrollo de las diferentes etapas de la metodología seguida en el desarrollo de la práctica.

En última instancia, se han planteado diversas modificaciones de las metodologías planteadas o nuevas propuestas de mejora, encaminadas hacia la formación base del alumnado y hacia la modificación de la forma de realizar las prácticas para mejorar los resultados obtenidos.

3. Resultados

En este apartado se presenta un análisis de los resultados obtenidos a partir de las cuestiones planteadas en la guía de auto-aprendizaje y en los tests realizados por los alumnos durante el desarrollo del plan de investigación-acción.

En primer lugar se ha procedido a analizar los resultados de las cuestiones planteadas en la guía de auto-aprendizaje y los comentarios de los alumnos sobre el nuevo plan de trabajo.

Durante la evaluación de los resultados no sólo se ha evaluado el proceso global de aprendizaje, sino también se han analizado diferentes aspectos de la práctica como la metodología, la evaluación o la organización de la experiencia. La comparación de los resultados de los tests realizados por el grupo C y los tests realizados por el grupo I ha permitido un análisis global de la nueva metodología. Además, se podrán extrapolar estos resultados a la adaptación de esta metodología docente a otras prácticas, así como a otras asignaturas.

3.1 Cuestiones recogidas en la Guía de auto-aprendizaje
En base a la secuencia de actuaciones acometida en el

plan, se han evaluado en primer lugar las respuestas a las cuestiones planteadas en la guía de auto-aprendizaje de los alumnos que han seguido la nueva metodología propuesta de innovación. En líneas generales, los alumnos han sido capaces de identificar la ecuación de Ergun para el estudio de lecho fijo y su aplicación práctica, pero no han sido capaces de identificar las principales variables que afectan a la determinación de la pérdida de carga ni el procedimiento experimental general seguido por Ergun para la determinación de los coeficientes empíricos k_1 y k_2 de la ecuación, principal objetivo de la parte experimental. De este modo, han identificado ciertas ecuaciones y variables de interés pero no han sido capaces de relacionar estos elementos con los razonamientos teóricos ni con la metodología experimental. Estos resultados muestran de forma inequívoca el no cumplimiento de los objetivos de la experiencia y ponen de manifiesto que el alumnado no conoce el sentido de su actuación en el laboratorio previo al trabajo de experimentación, realizando una serie de experimentos y adquisición de datos de forma automática pero sin relacionarlos con los resultados que se van buscando.

3.2 Comentarios de los alumnos tras la realización del trabajo autónomo

Una vez el alumnado ha finalizado la etapa de trabajo autónomo, que comprende la lectura del artículo científico junto con la contestación a las cuestiones recogidas en la guía de auto-aprendizaje, se llevó a cabo una puesta en común sobre la nueva metodología para la realización de las prácticas entre los alumnos y el profesorado promotor de la iniciativa. Los resultados obtenidos en el análisis anterior concuerdan en un alto grado con las impresiones recogidas por el alumnado. A continuación se enumeran los comentarios de mayor interés:

- Los alumnos hacen referencia a la necesidad de poseer un mejor nivel de inglés o de un determinado nivel mínimo para poder obtener un mayor provecho a la hora de trabajar con artículos científicos de esta índole.
- Se sienten más cómodos y creen que aprenden más con la anterior metodología.
- Admiten no haber entendido el texto, no haber extraído nada relevante, ni haber encontrado su aplicabilidad práctica.
- En base a lo anterior, piensan de forma unánime que han desperdiciado el tiempo de la sesión práctica.

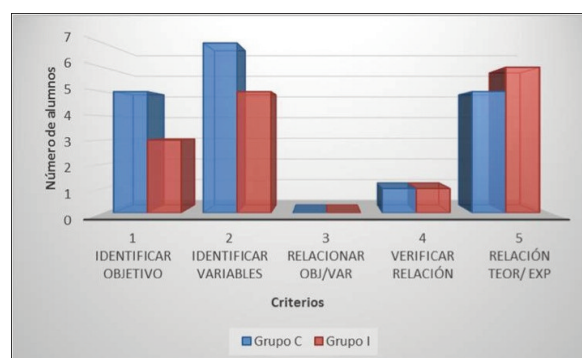


Figura 2. Resultados de los tests (sobre 7 alumnos)

e) Algunos alumnos comentaron que no lograron entender ni siquiera los apuntes de la asignatura. Este hecho muestra claramente que, en muchos casos, el alumnado realiza trabajo experimental de laboratorio sin disponer de los conocimientos necesarios que permitan conseguir un aprovechamiento máximo, debido en la mayoría de los casos por no tener cursadas y aprobadas asignaturas previas a esta.

3.3 Resultados tests

Las preguntas planteadas en el test buscan poner de manifiesto si la nueva metodología propuesta satisface los criterios de evaluación y los objetivos requeridos para la práctica de laboratorio y la asignatura en general. La pregunta 1 se relaciona con el criterio 1 sobre si el alumnado es capaz de identificar el objetivo de la práctica. Las preguntas 2 y 3 responden al criterio 2 sobre reconocer las principales variables y parámetros que afectan a la circulación de líquidos en lechos porosos fijos. La pregunta 4 informa sobre el criterio 3 acerca de relacionar las variables identificadas con el objetivo de la práctica. La pregunta 5 busca analizar el cumplimiento del criterio 5 sobre la identificación del diseño y procedimiento a desarrollar en el trabajo experimental de laboratorio. Por último, la pregunta 6 se relaciona con el criterio 5 que muestra si los estudiantes son capaces de extrapolar los conocimientos teóricos a la práctica en el laboratorio.

Los resultados obtenidos en base a los criterios de elaboración de los tests son los que se muestran en la Figura 2 y se recogen resumidos en la Tabla 1.

Los resultados muestran que los alumnos del grupo C han conseguido definir con mayor precisión la finalidad de

Criterios	Evaluación Test 1	Evaluación Test 2	Observaciones
1	5 de 7	3 de 7	El alumnado del grupo C es capaz de identificar mejor el objetivo de la práctica que el del grupo I
2	7 de 7	5 de 7	El pleno en el test realizado por el grupo C puede deberse a que los alumnos han identificado las variables tras la realización de la parte experimental
3	0 de 7	0 de 7	Los alumnos no son capaces de relacionar las variables del proceso con el objetivo de la práctica. Poca capacidad de interconexión del conocimiento en ambos casos
4	1 de 7	1 de 7	Refrenda los resultados obtenidos en las cuestiones referidas en el criterio 3
5	5 de 7	6 de 7	El alumnado del grupo I parece que relacionan ligeramente mejor los fundamentos teóricos con el trabajo experimental realizado en el laboratorio

Tabla 1. Resumen resultados de los tests realizados por el grupo C y el grupo I.

la práctica, el objetivo final y las principales variables que afectan al proceso con respecto a los alumnos del grupo I. A nivel general, los alumnos no han sido capaces de interrelacionar el proceso experimental con los fundamentos teóricos que se les ha exigido comprender. Además, presentan una capacidad crítica y de análisis muy deficiente, con lo que no son capaces de evaluar ni obtener conclusiones sobre los fenómenos observados en la experimentación. Este hecho pone de manifiesto que las prácticas de laboratorio carecen de sentido de cara a mejorar la asimilación de conocimientos, si los alumnos no son capaces de relacionar el trabajo experimental con los fundamentos teóricos que se estudian en otras asignaturas de contenido teórico y metodologías tradicionales en aula.

4. Conclusiones

Una vez obtenidos los resultados y cotejada toda la información disponible tras la aplicación del plan de investigación-acción, se citan las principales conclusiones:

- Los alumnos han mostrado una falta de motivación por la innovación docente encaminada a aumentar el peso del trabajo autónomo a lo largo del proceso de aprendizaje. Durante la etapa de trabajo autónomo, no aprovecharon todo el tiempo disponible para hacer una lectura comprensiva del artículo científico y entregaron la guía de auto-aprendizaje antes incluso de haber concluido su lectura.
- Parece que los alumnos tienen dificultades para extraer información relevante de un artículo científico. Esto se puede deber a que tienen poca práctica en emplear fuentes bibliográficas para sus estudios, encontrándose más cómodos usando los apuntes de clase. Los resultados también indican que la barrera del idioma es un impedimento importante para los alumnos a la hora de trabajar con artículos científicos escritos en inglés.
- Los estudiantes han expresado un sentimiento de pérdida de tiempo al emplear la nueva metodología. Para constatarlo, sería necesario entrar en cuestiones pedagógicas más profundas que permitieran comparar este hecho con la realización de una práctica sin el conocimiento de realmente para qué y cómo se realiza. Es posible que los alumnos hayan entendido el proceso de auto-aprendizaje de este modo debido a que consumen más tiempo en definir ellos mismos el objetivo de la práctica y el método experimental (con ayuda de la bibliografía) comparado con la explicación magistral del profesor. Si esto es así, no han entendido el objetivo del ejercicio de auto-aprendizaje y lo importante que es para su futuro profesional que aprendan a trabajar de forma autónoma.
- La sensación transmitida por el alumnado es negativa hacia un cambio en la estrategia docente que invite a un mayor esfuerzo, motivación y dedicación al trabajo a realizar. De manera global, el alumno tiende a acomodarse y ser pasivo en clase, siendo esta característica un importante lastre a la hora de afrontar cambios en las metodologías docentes clásicas.

Por todo lo expuesto con anterioridad, se proponen una serie de propuestas enfocadas a mejorar la alternativa metodológica desarrollada en este plan de investigación-acción:

- Ampliar la muestra de alumnos que participan en la experiencia de investigación-acción para poder extraer conclusiones que reflejen mejor la realidad.

- Planificar reuniones con el grupo de alumnos a lo largo de la etapa de trabajo autónomo, realizando tareas de orientación y ayuda a la comprensión del artículo científico, con el fin de mitigar la sensación de pérdida de tiempo y facilitando la adaptación a la nueva metodología.
- Fomentar el aprendizaje entre iguales, otorgando parte del tiempo de la etapa de trabajo autónomo a compartir por parejas o grupos las respuestas a las cuestiones desarrolladas en guía de auto-aprendizaje, de manera que el alumnado pueda comparar y complementar sus respuestas. El alumnado entregaría la guía hecha individualmente concretando de forma justificada los cambios hechos con el resto de los compañeros.
- Dar relevancia al test, otorgándole cierto peso en la calificación final. La intención es incentivar al alumno para conseguir que se encuentre motivado a la hora de enfrentarse al test de evaluación.
- Fomentar el trabajo con textos científicos en general y en particular textos en inglés desde los primeros cursos.
- Realizar una puesta en común al final de cada sesión sobre la validez y el desarrollo de la práctica, fomentando la participación y tomando en consideración las ideas que puedan mejorar la propuesta realizada.

5. Referencias bibliográficas

- Bausela Herrera, Esperanza. "La docencia a través de la Investigación-Acción". *Revista Iberoamericana de Educación*, (2004), ISSN: 1681-5653.
- Campoy Naranjo, Manolo; Villanueva Perales, Ángel; Muñoz Gil, Francisco; Lupión Cordero, Mónica; García López, Ángel "Aplicación de la investigación-acción en la asignatura experimental *Laboratorio de procesos de Ingeniería Química*". *Revista de Enseñanza Universitaria*, 33, 2009: 4-9.
- Castells, María del Carmen; Arese, Alicia; Albizzati, Enrique; Rossetti, Germán "Propuesta para la enseñanza de la ingeniería: un espacio curricular creado desde la Investigación-Acción". *Formación Universitaria*, 1(2), 2008: 9-16. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062008000200003>
- Cruz, A; Benito, A; Cáceres, I; Alba, E. "Hacia la convergencia europea: relato de una experiencia de innovación docente en la UEM". *Revista Iberoamericana de Educación*, (2007) ISSN: 1681-5653.
- González de Haro, María Dolores; González Rodríguez, Angustias. "El Espacio Europeo de Educación Superior: una experiencia en la titulación de Enfermería de la Universidad de Huelva". *Revista Iberoamericana de Educación*, (2009), ISSN: 1681-5653.
- Kember, David; Gow, Lyn "Action research as a form of staff development in higher education". *Higher Education*, 23, 1992: 297-310. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00145018>
- Moreno, R; Martínez, R; Muñoz, J. "New guideline for developing multiple-choice items". *Methodology*, 2, 2006: 65-72.
- Martínez Miguélez, Miguel. "La investigación-acción en el aula". *Agenda Académica*, 7 (1), 2000: 27-39.
- Paredes-Labra, Joaquín. "Transformar la enseñanza universitaria con la formación mediante la creatividad. Una investigación-acción con apoyo de las TIC". *Revista Iberoamericana de Educación Superior (RIES)*, México, UNAM-IISUE/Universia, II (5), (2011), 2 de noviembre de 2014.

<http://ries.universia.net/index.php/ries/article/view/58>
 Pérez Pueyo, Ángel; Tabernero Sánchez, Belén. "Evaluación formativa y compartida en la docencia universitaria y el Espacio Europeo de Educación Superior: cuestiones clave para su puesta en práctica". *Revista de Educación*, 347, 2008: 435-451.
 Rué, Joan. "El Aprendizaje Autónomo en Educación Superior". España. Narcea, S.A. de Ediciones, (2006), ISBN: 978-84-277-1632-2

Sabri, Ergun (1952). Fluid flow through packed columns. *Chemical Engineering Progress*, 48, pp. 89-94.
 Vernengo, Ana; Ramallo, Milena. "Una propuesta de formación a la docencia universitaria". *Revista Iberoamericana de Educación*, (2009), ISSN: 1681-5653.

Anexo I. Guía de auto-aprendizaje.



Curso 2011-12 INGENIERO QUÍMICO 3o Curso EXPERIMENTACIÓN EN INGENIERÍA QUÍMICA LECHO FLUO



Apellidos: _____ Nombre: _____

FLUID FLOW THROUGH PACKED COLUMNS, Sabri Ergun (1952)

OBJETIVO: Verificar que la ecuación empírica de Ergun es válida para cualquier tipo de fluido, lecho y condiciones de operación.

GUÍA DE LECTURA DEL ARTÍCULO CIENTÍFICO (a rellenar)

1.- Ecuación de Ergun	
2.- ¿Qué se obtiene al aplicar la ecuación de Ergun?	
3.- Identificar las variables: símbolo, magnitud y unidad. Clasificarlas según estén asociadas al fluido, al lecho o a las condiciones de operación.	
4.- Ecuación de Ergun considerando las condiciones de operación.	
5.- Ecuación de Ergun considerando las propiedades del fluido en función del régimen.	
6.- Ecuación de Ergun considerando las propiedades del lecho.	
6.1.- Porosidad	
6.1.1.-	¿Quién fue el primer investigador que relacionó la pérdida de carga con la porosidad? ¿A través de qué parámetros adimensionales? ¿Qué error se estaba cometiendo?
6.1.2.-	¿Cuáles fueron las conclusiones de Ergun? ¿Con cuáles de los autores coincidía Ergun en sus conclusiones?
6.1.3.-	Ecuación de Ergun incorporando la influencia de la porosidad.
6.1.4.-	¿De qué forma Ergun verifica esta ecuación?
6.2.-	Tamaño, forma y superficie de las partículas del lecho.
6.2.1.-	Ecuación inicial que plantea Ergun que relaciona la pérdida de carga con estas variables.



Curso 2011-12 INGENIERO QUÍMICO 3o Curso EXPERIMENTACIÓN EN INGENIERÍA QUÍMICA LECHO FLUO



6.2.2.-	¿Qué parámetro introduce para simplificar la ecuación anterior? ¿Cómo queda?
7.-	Procedimiento por el cual Ergun calcula el valor de k_1 y k_2 para a) régimen laminar, b) régimen turbulento.
8.-	¿Cuáles son los valores obtenidos para k_1 y k_2 ? ¿Son válidos para cualquier régimen?
9.-	¿Cómo calcularías k_1 y k_2 para tu sistema? ¿Qué te haría falta conocer?

Anexo II. Test de evaluación.



Apellidos:

Nombre:

TEST DE EVALUACIÓN

CIRCULACIÓN DE LÍQUIDOS A TRAVÉS DE LECHOS POROSOS FLOJ

1. ¿Cuál es el objetivo final de la práctica?
 - a. Calcular la pérdida de carga por longitud de lecho.
 - b. Calcular la porosidad del lecho.
 - c. Calcular k_1 y k_2 para caracterizar el lecho.
 - d. Calcular el factor de fricción.
2. ¿De qué variables depende la pérdida de carga del lecho?
 - a. De las propiedades del lecho y del fluido.
 - b. Del caudal, densidad y viscosidad del fluido.
 - c. De la presión y de la temperatura.
 - d. De las propiedades del fluido, lecho y condiciones de operación.
3. ¿Qué factores adimensionales engloban a estas variables?
 - a. Factores A y B.
 - b. El factor de fricción y el Reynolds.
 - c. El Reynolds y la porosidad.
 - d. Respuestas a y c.
4. ¿Qué relación existe entre el factor de fricción y el Reynolds?
 - a. Relación lineal de f_f frente a Re.
 - b. Relación cuadrática de f_f frente a $1/Re$.
 - c. Relación inversamente proporcional de f_f frente a Re.
 - d. Relación lineal de f_f frente a $1/Re$.
5. ¿Mediante qué procedimiento se determinan los coeficientes que relacionan el factor de fricción y el número de Reynolds?
6. Si en la caracterización del lecho en el laboratorio, se determinan unos parámetros A y B distintos de los obtenidos por Ergun, ¿cuál puede ser el motivo? ¿cuáles crees que caracterizarían mejor tu lecho, los coeficientes experimentales o los obtenidos por Ergun? Justifica tu respuesta.

| Cita recomendada de este artículo

García Arenas, Celia; Cano Palacios, Mercedes; Vega Borrero, Fernando; Nilsson, Susanna Louise; Vilches Arenas, Luis Francisco y Leiva Fernández, Carlos (2014). Nueva metodología de aprendizaje autónomo aplicada a una práctica de Ingeniería Química mediante técnicas de investigación-acción. @tíc. revista d'innovació educativa. (nº 13). URL. Fecha de consulta, dd/mm/aaaa.

