

Desarrollo de una metodología de trabajo para laboratorio de Ingeniería Química con enfoque en competencias

BAUTISTA, Lilia*†, LEÓN, Yolanda, GUERRERO, Elodia, PÉREZ-CAMPOS, Antonio

Recibido 24 Mayo, 2016; Aceptado 26 Noviembre, 2016

Resumen

En la búsqueda de mejores resultados en el trabajo desarrollado en materias prácticas se realizó un estudio de caso con investigación mixta, con alcance explicativo y correlacional. El objetivo fue sistematizar una metodología de trabajo y evaluación para lograr un mejor desempeño del estudiante. La investigación se llevó a cabo en Laboratorio Integral I, con 48 alumnos de la carrera Ingeniería Química. La mitad del grupo trabajó de la manera habitual y el resto con la metodología propuesta. Se identificaron las competencias necesarias para cada momento de trabajo de la materia. Se utilizaron guías de trabajo; y como instrumentos de evaluación, rúbricas, listas de cotejo y una entrevista final para conocer el nivel de satisfacción y logro metacognitivo de cada estudiante. Los resultados obtenidos con las evidencias muestran un incremento en los resultados cuantitativos de evaluación de 8% en el grupo que trabajó con la nueva metodología, mientras que por lo observado y lo manifestado en la encuesta, la satisfacción, seguridad y confianza de los estudiantes fue mayor. Sistematizar el proceso de desarrollo y evaluación de prácticas de laboratorio permite un aumento en el logro de las competencias y es posible implementarlo en otras materias prácticas.

Laboratorio Integral, enfoque por competencias, instrumentos de evaluación.

Abstract

Searching for better results at work in practical subjects developed a case study was performed with mixed research, correlational and explanatory scope. The aim was to systematize a methodology and evaluation for better student performance. The research was carried out at Laboratorio Integral I [Integral Laboratory I], with 48 students of Ingeniería Química [Chemical Engineering] career. Half of the group worked in the usual way and the rest with the proposed methodology. The necessary competencies were identified for -- moment of work--. Working guidelines were used; and as assessment tools, rubrics, checklists and a final interview to determine the level of satisfaction and metacognitive achievement of each student. The results obtained with the evidence shows an increase in the quantitative evaluation results of 8% in the group that worked with the new methodology, whereas the observed and expressed in the survey, satisfaction, security and confidence of the students was higher. Systematizing the process of development and evaluation of laboratory practice allows an increase in the achievement of competencies and is possible to implement it in other practical matters.

Integral laboratory, competence approach, evaluation instruments

Citación: BAUTISTA, Lilia, LEÓN, Yolanda, GUERRERO, Elodia, PÉREZ-CAMPOS, Antonio. Desarrollo de una metodología de trabajo para laboratorio de Ingeniería Química con enfoque en competencias. Revista de Sistemas y Gestión Educativa 2016, 3-9: 54-61

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: nlopez@itpachuca.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

El trabajo en materias prácticas, sobre todo a nivel licenciatura y cuando se aplica el enfoque de competencias, es objeto de inquietud, incertidumbre en los resultados y tema de interés en la búsqueda de las mejores estrategias de desarrollo.

El supuesto que guía esta investigación es que debe seguirse una metodología clara de trabajo y evaluación; conocida totalmente desde el inicio, introspectada y practicada concientemente por los estudiantes y los maestros, para obtener mejores resultados.

La presente propuesta se desarrolló para ser aplicada en los tres cursos de Laboratorio Integral del programa educativo Ingeniería Química del Instituto Tecnológico de Pachuca (ITP). Estas materias llevan a la práctica contenidos de los cursos teóricos relacionados con los fenómenos de transporte, fisicoquímica, procesos de separación y reactores químicos.

Se considera tanto la metodología de trabajo de antes, durante y después de la práctica de laboratorio, como su evaluación, para lograr un trabajo integral, con realimentación, tendiente a lograr un mayor aprovechamiento del tiempo y los recursos; y, principalmente, generar o fomentar en los estudiantes metacognición y competencias teórico prácticas para su futuro desempeño como profesionales de la Ingeniería Química.

Fundamento

Las estrategias implementadas en los laboratorios escolares se han encaminado principalmente a lograr objetivos en el estudiante como motivar e interesar en el trabajo práctico, mejorar el aprendizaje de conocimientos científicos y desarrollar habilidades en la utilización del método científico.

Sin embargo, es preciso entender y darle significado a la utilidad del conocimiento práctico, esto se logra con un manejo adecuado de la educación basada en competencias.

El enfoque de competencias en la educación se centra principalmente en aspectos como los saberes en el desempeño, la concordancia entre los programas y las necesidades disciplinares, los criterios de calidad, el énfasis en la metacognición y en la evaluación de competencias y el empleo de estrategias e instrumentos de evaluación de competencias que articulen lo cualitativo con lo cuantitativo (Tobón, 2008). Desde esta perspectiva es posible lograr procesos de aprendizaje efectivos, integrales y útiles.

Las competencias, entendidas como conocimientos complejos que se ejercen en un contexto específico de una manera eficiente (Rué, 2005), deben orientar las actividades de aprendizaje y evaluación del mismo aprendizaje.

Desde el enfoque complejo, Tobón, 2006 describe al desempeño como uno de los elementos de las competencias, indicando que se refiere a la realización de actividades o análisis y resolución de problemas. Establece que las competencias se determinan a partir de la identificación de problemas actuales o del futuro.

Una tendencia pedagógica de las últimas décadas y que puede no solo ser compatible, sino apoyar al enfoque de competencias es el aprendizaje basado en problemas. En este enfoque, el aprendizaje se logra a partir de problemas que tienen significado para los estudiantes. Ellos mismos deciden qué contenidos o temas deberán abordar o estudiar para resolver los problemas o casos de estudio y establecen objetivos y actividades de aprendizaje. Los facilitadores o tutores trabajan en las dos etapas siguientes:

- Planean el trabajo general, diseñan los problemas y casos de estudio, elaboran las guías de trabajo y diseñan los procedimientos e instrumentos de evaluación.
- Durante el curso, presentan problemas o casos de estudio, propician y moderan las discusiones grupales, asignan tiempos y espacios y evalúan el proceso. (Dueñas, 2001)

Metodología

Por el problema en estudio, se realizó una investigación con un enfoque mixto, cualitativo y cuantitativo; con alcance explicativo y correlacional y con temporalidad transversal. La población a investigar fue definida con los 48 alumnos de la materia Laboratorio Integral I de la carrera Ingeniería Química del ITP, participando en el estudio la totalidad de ellos, utilizando la técnica de muestreo no probabilística, por conveniencia. Al 50% de los estudiantes organizados en seis grupos de trabajo de cuatro elementos cada uno, se les aplicó la propuesta diseñada. Los 24 alumnos restantes trabajaron y fueron evaluados de la manera hasta el momento utilizada.

El desarrollo de la investigación consistió en lo siguiente:

- Trabajo con la mitad del grupo total, de la manera habitual, y que serviría de referencia para comparar los resultados (**Grupo referencia**).
- Establecimiento de los momentos de trabajo y evaluación, identificando las competencias necesarias en los estudiantes para lograr los mejores resultados.
- Diseño de una guía de trabajo explícita para cada momento.
- Diseño de los instrumentos de apoyo para la evaluación de cada momento.

- Aplicación de la propuesta con la segunda mitad del grupo total (**Grupo experimental**).

Trabajo con la primera mitad del grupo

Se organizó al grupo referencia y se realizaron prácticas de la manera común en los laboratorios, solicitándoles información teórica y propuestas prácticas, explicándoles el uso de los equipos y el método práctico.

Se llevaron a cabo prácticas de caídas de presión en columna empacada y coeficiente de difusión.

Se utilizó un equipo de absorción de gas con una columna de acrílico de 75mm de diámetro y 1.4m de altura (Figura 1). El relleno consiste en 3.5 litros de anillos Raschig de acero de 10 x 10mm y 3.5 litros de anillos de acrílico con las mismas dimensiones.



Figura 1 Columna de absorción empacada

La cabeza, el centro y la base de la columna están provistos de tomas para sensores de presión y para muestreo de gas, conectadas a dos manómetros. También integrados a la columna están dos rotámetros para medir el caudal de aire o gases y líquido que se alimentan, aire con un compresor y agua con una bomba centrífuga.

Para la determinación del coeficiente de difusión se utilizó una Celda de Arnold de 10cm de longitud, graduada, con válvulas de alimentación y drenaje, rodeada con una chaqueta de vidrio que actúa como baño de agua para mantener constante la temperatura de trabajo (Figura 2). Desde un compresor se envía aire controlado por la válvula de un rotámetro, hacia la superficie del líquido.



Figura 2 Celda de Arnold

Terminadas las prácticas, se les solicitó un informe. Se les calificó todo el desarrollo del trabajo.

Momentos de trabajo y sus competencias

En la materia que se ha seleccionado para este estudio, Laboratorio Integral I, se estableció la metodología de trabajo siguiente:

- Actividad previa. El profesor expone un problema a trabajar y los recursos existentes en el laboratorio, los estudiantes tienen acceso a la información sobre materiales, manuales y equipos del laboratorio. Con esta información y organizados en grupos de trabajo, los alumnos realizan una investigación bibliográfica sobre los antecedentes teóricos y elaboran un **preinforme** de la práctica de acuerdo con una guía que les proporciona el profesor y

con el cual se lleva a cabo el diseño experimental

- **Discusión** de la actividad previa. Antes de la realización de la práctica, se lleva a cabo una sesión de discusión de la investigación y de las propuestas de desarrollo de la práctica por cada grupo de trabajo, compartiendo y aclarando dudas para el máximo aprovechamiento en la sesión de laboratorio.
- **Desarrollo** de la práctica. Cada grupo de trabajo implementa su propuesta práctica en el laboratorio, supervisada por el profesor que verifica la participación consciente, activa y significativa de cada uno.
- **Informe** de la práctica. Los grupos de trabajo elaboran un informe final de la práctica en el formato y con las características establecidas, también proporcionada por el profesor y considerando las observaciones hechas al preinforme.
- Discusión de **resultados** y conclusiones. Los grupos de trabajo presentan de manera oral los resultados y conclusiones de la práctica, buscando la retroalimentación.

Las competencias, tanto disciplinares como genéricas a fomentar y comprobar se encuentran en el programa oficial de la materia y son las siguientes:

- C1 Tomar decisiones, con base en los elementos teóricos adquiridos en materias anteriores, que permitan manejar y comprender los temas tratados
- C2 Capacidad de análisis y síntesis
- C3 Capacidad de organizar y planificar
- C4 Conocimientos básicos de la carrera
- C5 Comunicación escrita
- C6 Comunicación oral
- C7 Habilidades básicas de manejo de la computadora
- C8 Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas
- C9 Solución de problemas
- C10 Toma de decisiones
- C11 Capacidad crítica y autocrítica
- C12 Trabajo en equipo
- C13 Habilidades interpersonales
- C14 Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica
- C15 Habilidades de investigación
- C16 Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)
- C17 Búsqueda del logro

En la Figura 3 se muestran las competencias que corresponden a cada momento de trabajo y de evaluación de cada práctica. Todo esto de acuerdo con los programas oficiales y el plan de curso e instrumentación didáctica preparado por el profesor y la metodología de trabajo descrita.

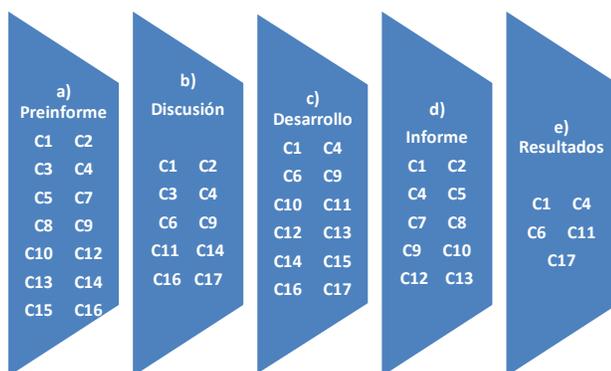


Figura 3 Competencias correspondientes a cada momento de trabajo y evaluación

Diseño de una guía de trabajo explícita para cada momento a) y d) del proceso

Preinforme

Siendo el primer momento, es importante definir la guía que pretende demostrar que con trabajo en equipo, se han estudiado los antecedentes y se ha estructurado la práctica de laboratorio de manera consciente e informada, logrando establecer un puente entre los conocimientos teóricos del tema y la aplicación práctica de los mismos, para que la experiencia resulte estimulante y provechosa. Los elementos del preinforme deben tener características que evidencien el desarrollo de las competencias para lograr los objetivos y deben incluir portada, índice, objetivo, justificación, hipótesis, fundamento teórico, diseño de la práctica y referencias.

Informe

El informe final de una práctica muestra si los estudiantes de cada grupo o equipo de trabajo han desarrollado un conjunto de actividades coordinadas a partir de su conocimiento teórico del tema de la práctica, que les ha permitido diseñar el experimento y realizar las mediciones adecuadas, cuyos datos, debidamente tratados y analizados llevaron a resultados válidos. A partir de esta experiencia los estudiantes son capaces de discutir y elaborar sus conclusiones y sugerencias para mejorar la realización de la práctica. Los elementos del informe deben tener características adecuadas para mostrar evidencias del desarrollo consciente y planeado de la práctica. La presentación clara, precisa y reflexionada de los resultados dará evidencia de las competencias desarrolladas por los estudiantes. Adicionales a los elementos del preinforme, se presentarán resumen, análisis de datos y resultados, conclusiones, sugerencias y recomendaciones, referencias y anexos.

Diseño de los instrumentos de apoyo para la evaluación de cada momento

Cada parte del trabajo indicado implica actividades de evaluación. Considerando que cada momento requiere un tratamiento particular, se diseñaron instrumentos y se definieron porcentajes de cada uno correspondientes a la calificación de la práctica (Tabla 1)

Momento	%	Instrumento
a. Preinforme	15	Rúbrica
b. Discusión	20	Rúbrica
c. Desarrollo	30	Guía de observación
d. Informe	15	Rúbrica
e. Resultados	20	Rúbrica

Tabla 1 Instrumentos de apoyo para cada momento

Para la valoración cualitativa del trabajo y la apreciación metacognitiva de los estudiantes, se diseñó una encuesta para ser aplicada al concluir los trabajos.

Aplicación de la propuesta

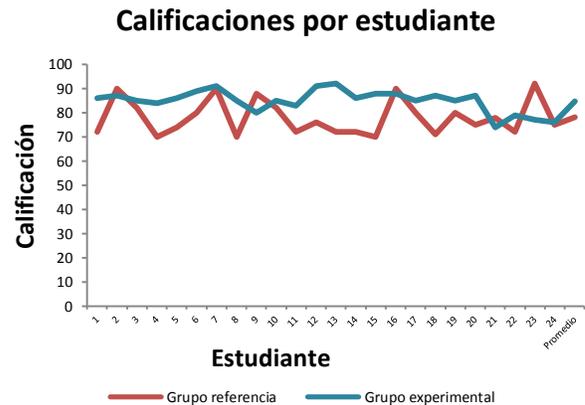
En el grupo experimental, se organizaron seis equipos de trabajo de cuatro alumnos para la aplicación de la propuesta, se entregaron las dos guías para elaboración del preinforme y del informe, así como rúbricas y guía de observación de los diferentes momentos. Se dieron instrucciones y se estableció la logística de su uso.

Se plantearon los problemas a resolver a través del desarrollo práctico en los equipos de absorción de gas en columna empacada y celda de difusión. Se dió seguimiento al trabajo de los estudiantes apoyando, retroalimentando y evaluando el desarrollo de sus prácticas, logrando una evaluación continua de las diferentes competencias. Por último se aplicó la encuesta de apreciación.

Resultados

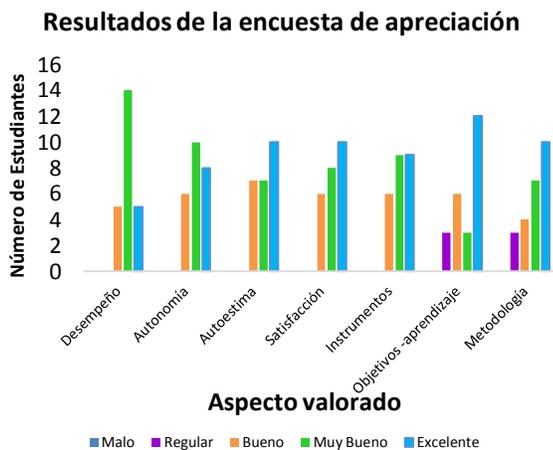
Después de aplicar la metodología propuesta y el uso de los instrumentos diseñados para evaluar los cinco momentos del desarrollo de prácticas en la materia Laboratorio Integral I, y de contrastar los resultados globales, se encontraron valores favorables en el grupo experimental con un incremento del 7% del promedio de calificaciones en comparación con el grupo referencia.

En la Gráfica 1 se muestran las calificaciones por estudiante en ambos grupos, mostrando el valor del promedio general, superior en el grupo experimental.



Gráfica 1 Calificaciones promedio de los estudiantes

En la encuesta de apreciación aplicada se obtuvieron los resultados mostrados en la Gráfica 2, que evidencian el nivel de satisfacción de los estudiantes del grupo experimental. Se obtuvo un nivel más alto de confianza, seguridad, autonomía y, en general, de satisfacción.



Gráfica 2 Resultados de la encuesta de apreciación

Conclusiones

A menudo la evaluación en un laboratorio es por medio de un reporte escrito, el cual no es suficiente para reflejar el trabajo realizado por el estudiante dentro de un laboratorio, así mismo la observación del docente es un tanto subjetiva, esto hace complicada la evaluación y aún más complicado evaluar esta materia en un enfoque de competencias.

La aplicación de evaluación por competencias dentro del laboratorio con un grupo experimental al que se le aplicó la metodología propuesta con instrumentos bien definidos a lo largo de todo el proceso mejoró sustancialmente el aprendizaje y aumentó el logro de las competencias.

Por esta razón es posible concluir que es indispensable trabajar con instrumentos bien diseñados que orienten al alumno a desarrollar su trabajo con elementos suficientes que les permitan visualizar y tener un panorama amplio del trabajo por realizar, así como los elementos que conforman las rúbrica y guías de observación para dar certeza y seguridad de orientar el trabajo de diseño y desarrollo del trabajo en el laboratorio.

De primordial importancia es dar a conocer a los estudiantes desde el inicio la forma de trabajo, los materiales, guías e instrumentos de evaluación. En el caso propuesto, también los problemas a resolver a través del trabajo práctico.

Sistematizar el proceso de desarrollo y evaluación de prácticas de laboratorio permite un aumento en el logro de las competencias y con ello lograr satisfacción, autonomía, autoestima, seguridad y por supuesto mejorar sustancialmente su nivel de desempeño y conocimiento

Referencias

Castellanos, L., Hernández, González, A. y Goitisoló, R. (2011). *Cómo Formar y Evaluar las Competencias a través de los Proyectos Formativos en las Disciplinas de las Carreras de Ingeniería*. Latin American and Caribbean Journal of Engineering Education. Vol 5, No 2. Recuperado de <http://journal.laccei.org/index.php/lacjee/article/view/49/49>

Dueñas, VH. (2001). *El aprendizaje basado en problemas como enfoque pedagógico en la educación en salud*. Canadá. Corporación Editora Médica del Valle. <https://tspace.library.utoronto.ca/handle/1807/8986>

Lévy-Leboyer, C. (2000). *Gestión de las competencias*. Barcelona. Gestión.
Llorens, Juan. *Las actividades previas a las prácticas de laboratorio. Una propuesta para la asignatura fundamentos químicos de la ingeniería*. Recuperado de <http://www.eduonline.ua.es/jornadas2007/comunicaciones/2c3.pdf>

Rué, J. y Martínez, M. (2005). *Les titulacions UAB en l'Espai Europeu d'Educació Superior*, IDES-UAB. Cerdanyola del Vallès.

Tobón, S. (2005). *Formación basada en competencias. Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica*. 2 ed. Bogotá: ECOE Ediciones.

Tobón. S. (2006). *Aspectos básicos de la formación basada en competencias*. Talca: Proyecto Mesesup.

Tobón, S. (2008). *Gestión curricular y ciclos propedéuticos*. Bogotá: ECOE.