

APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS: HERRAMIENTA FUNDAMENTAL PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES Y COMPETENCIAS EN UN CURSO DE INGENIERÍA DE PROCESOS

Diana Elizabeth Guaya Caraguay¹

¹Universidad Técnica Particular de Loja, Departamento: Química y Ciencias Exactas, Loja, Ecuador

Autor para correspondencia: deguaya@utpl.edu.ec

Recibido: 2019/03/22

Aprobado: 2019/05/31

DOI: <https://doi.org/10.26621/XV20.2019.06.A06.PUCESI.2550.6684>

RESUMEN

Este trabajo presenta la metodología de aprendizaje basada en proyectos aplicada al desarrollo del curso de Ingeniería de Procesos de la Carrera de Ingeniería Química de la Universidad Técnica Particular de Loja. Se planificó, implementó y evaluó un proyecto de diseño teórico y experimental para la obtención de biodiesel a partir de aceite usado a nivel doméstico.

Al final del curso se aplicaron instrumentos de evaluación para conocer la percepción de los estudiantes respecto a diversos aspectos inherentes al desarrollo de la asignatura, adquisición de competencias y del proyecto de diseño. Además, se evaluaron otros aspectos relacionados con la observación del profesor referente a la participación de estudiantes en: ingreso al entorno virtual de aprendizaje, asistencia a tutorías, notas promedio del curso y del proyecto de aplicación. La metodología de aprendizaje basado en proyectos se implementó como medida correctiva para solventar la problemática encontrada en la edición previa del curso, cohorte año 2012, respecto a la necesidad de incorporar mayor número de actividades experimentales en el desarrollo de la asignatura. El análisis del desarrollo del curso de Ingeniería de Procesos de las cohortes 2012 y 2013, determinan la efectividad de esta metodología didáctica para promover actividades de formación relacionadas con el campo ocupacional, ya que genera mayor involucramiento de los estudiantes hacia las actividades formativas planificadas. Además, se constituyó en una experiencia enriquecedora para el docente, encaminada a mejorar su labor académica y la creación de ambientes de aprendizaje más interactivos.

Palabras clave: Aprendizaje basado en proyectos, Ingeniería de Procesos, Ingeniería Química

ABSTRACT

This paper presents the project-based learning methodology applied to the development of the Process Engineering Course of Chemical Engineering Major at Técnica Particular de Loja University. A theoretical and experimental design project was planned, implemented and evaluated to obtain biodiesel from domestically used oil.

At the end of the course, assessment instruments were applied to understand the students' perception of various aspects inherent to the subject development, competences acquisition, and the project design. In addition, other aspects related to the teacher's observation regarding the students' participation in terms of entrance to the virtual learning environment, tutorial attendance, grade average of both the course and the project application were evaluated. The project-based learning methodology of was

implemented as a corrective measure to solve problems found in the previous course edition, cohort year 2012, regarding the need to incorporate more experimental activities in this subject development. The analysis of the Process Engineering Course development of 2012 and 2013 cohorts determines the effectiveness of this didactic methodology to promote occupational-field related training activities, since it generates greater involvement of students towards the planned training activities. Besides, it was an enriching experience for the teacher, aimed at improving his academic work and the creation of more interactive learning environments.

Keywords: Project-based learning, Process Engineering, Chemical Engineering.

INTRODUCCIÓN

El Cuarto Objetivo de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas establece la necesidad de contar con una educación de calidad en todos los niveles formativos (Organización de las Naciones Unidas, 2015). Por tanto, es indispensable mejorar la infraestructura educativa, garantizar el acceso equitativo a la formación y capacitar a los docentes con la finalidad de que la población desarrolle habilidades que viabilicen la generación de empleo y emprendimientos. En este contexto se concibe el alcance de la sostenibilidad al contar con graduados aptos para manejar aspectos sociales, económicos y culturales propios del siglo XXI (Yáñez, *et al.*, 2019); y otros propios de la globalización (Rankin y Brown, 2016).

Actualmente, la educación superior tiene la responsabilidad de generar el ambiente propicio para la enseñanza y el aprendizaje fundamentado en la innovación (Higher Education Academy, 2011). Por lo tanto, es necesario contar con una generación de docentes que empleen pedagogías didácticas participativas centradas en el alumnado para conseguir un aprendizaje transformativo (Leal Filho *et al.*, 2018), enfocado a resolver problemas, construir conocimiento (Sumarni, *et al.*, 2016) y fomentar el pensamiento crítico (Sahakian y Seyfang, 2018). Así, la enseñanza y aprendizaje de ingeniería en la educación superior se suma a esta visión para potenciar el emprendimiento fundamentado en la creatividad y conocimiento (Stock y Kohl, 2018). De esta manera, la metodología de aprendizaje basado en proyectos (ABP) es ampliamente utilizada en la enseñanza de diversos ámbitos de la ciencia (Lasauskiene y Rauduvaite, 2015), incluida la Ingeniería Química; así como, a contribuir a la adquisición de competencias específicas y genéricas necesarias para el desempeño profesional (Rodríguez *et al.*, 2015).

En ese sentido el desarrollo profesional de la Ingeniería Química en organizaciones de servicios y productos es de diversa índole (Keser y Karahoca, 2010), pero principalmente relacionadas con la producción (González *et al.*, 2012) y gestión de proyectos. Por lo tanto, el

contar con profesionales con sólida formación técnica e interdisciplinaria (Terrón-López, *et al.*, 2017) dependerá de una formación basada en el desarrollo de habilidades de comunicación, trabajo en equipo, organización del tiempo, pensamiento crítico y solución de problemas (Keser y Karahoca, 2010); así como también, de otras actividades de formación más específicas que involucran el diseño de procesos y/o productos, identificando oportunidades y creando soluciones (Zualkernan, 2006).

El aprendizaje basado en proyectos es una estrategia formativa que maximiza el conocimiento individual y grupal (Aranzabal, *et al.*, 2018); organizando el aprendizaje en base a un proyecto integral (Francese, *et al.*, 2015). Por tanto, su aplicación a la formación académica en el diseño de procesos químicos (Vega y Navarrete, 2018) y de operaciones unitarias (Calvo y Prieto, 2016) se considera ideal. Así, experiencias formativas en este ámbito, reportan la mejora del escenario de aprendizaje, ya que es posible la integración de conocimientos previos sin dificultar la enseñanza ni requerir de mayor tiempo (Rodríguez y Cussler, 2016), así como la posibilidad de contar con estudiantes motivados (Calvo y Prieto, 2016). Además, es posible obtener proyectos integrales que contemplan el estudio de mercado, uso de base de datos, generación de modelos, empleo de heurística, diseño de procesos de manufactura para un producto y evaluación financiera de su rentabilidad (Fung y Ng, 2018).

Así el presente trabajo, tiene por finalidad presentar una experiencia formativa del uso del aprendizaje basado en proyectos y los resultados obtenidos en el desarrollo de un curso de Ingeniería de Procesos de la carrera de Ingeniería Química. Los objetivos de este estudio: (i) diseño e implementación del aprendizaje basado en proyectos; (ii) evaluación de la influencia de esta metodología didáctica en el proceso de enseñanza – aprendizaje; y (iii) comparación de los resultados obtenidos en el desarrollo de este curso de cohorte 2013 con los del año 2012 en que se emplearon metodologías tradicionales de enseñanza.

MATERIALES Y MÉTODOS

La implementación del aprendizaje basado en proyectos en la asignatura de Ingeniería de Procesos incluye los aspectos descritos en la Tabla 1.

Tabla 1. Plan de trabajo para la implementación de la metodología de aprendizaje basado en proyectos en la asignatura de Ingeniería de Procesos

Fases	Acciones
Planificación del curso	Definir competencias genéricas y específicas a desarrollar en la asignatura. Estructurar contenidos temáticos, cronograma de actividades y recursos didácticos a emplear.
Establecer lineamientos del proyecto de aplicación	Definir parámetros de evaluación de la asignatura. Definir las directrices, metodología de trabajo y cronograma de presentación del proyecto fin de ciclo de la asignatura.
Implementación del aprendizaje basado en proyectos	Presentar la propuesta metodológica a pares académicos para evaluación. Presentar el plan docente a estudiantes, incluido el proyecto y sus componentes. Ejecutar el proyecto de aplicación.
Evaluación de la propuesta metodológica	Diseñar los instrumentos de evaluación. Evaluar estadísticamente e interpretar los datos resultantes del proyecto.

Planificación del curso

La asignatura de Ingeniería de Procesos es obligatoria en el octavo ciclo de carrera de Ingeniería Química y cuenta con una carga académica de cuatro créditos según el Sistema Europeo de Transferencia y Acumulación de Créditos (ECTS); equivalentes a 40 horas de clases presenciales, ocho horas de laboratorio, dieciséis horas de tutoría, y sesenta y cuatro horas para trabajo autónomo de los estudiantes durante dieciséis semanas que dura el ciclo de estudios. Los prerrequisitos para cursar esta asignatura fueron: balance de materia y energía, mecánica de fluidos, transferencia de calor, transferencia de masa, cinética química e ingeniería de las reacciones.

El syllabus se desarrolló tomando en cuenta que esta asignatura propone la adquisición de competencias genéricas y específicas propuestas por la carrera de Ingeniería Química.

Las competencias genéricas fueron: a) generar pensamiento crítico y reflexivo; b) mejorar comunicación verbal y escrita; c) fomentar el trabajo en equipo.

Las competencias específicas fueron: a) entender la

información a partir de la cual se puede plantear un proyecto de producción; b) proponer diagramas de flujo; c) realizar balances de materia y energía en un proceso; c) integrar diferentes operaciones y procesos para alcanzar la obtención de un producto con características determinadas; d) incorporar tecnología para optimizar condiciones de proceso que se encamine a mejorar la eficiencia y productividad; e) valorar económicamente un proyecto de producción industrial.

Los contenidos temáticos de la asignatura fueron organizados conforme fueron aplicados paralelamente a las fases de diseño de un proceso químico en la industria: a) diagramas de flujo de los procesos productivos; b) balances de materia y energía; c) diseño del sistema de tuberías, selección de válvulas y bombas; d) consideraciones para selección de materiales de construcción; e) selección y dimensionamientos de equipos de operación: separación de fases, manejo de sólidos, mezclado, destilación e intercambio de calor; f) consideraciones para ubicación en planta y distribución técnica de equipos; e) normativas ambientales, de calidad y seguridad; g) optimización de procesos; h) análisis de costos.

El syllabus contempló actividades cuyo puntaje estuvo definido sobre un total de veinte puntos, según se detalla: a) actividades en clase (cuatro puntos), que comprende revisión de contenidos teóricos, resolución de problemas, incluido el uso del software Aspen Plus y ejecución de prácticas de laboratorio; b) evaluaciones parciales y finales (ocho puntos); c) desarrollo teórico y experimental de un proyecto de aplicación (ocho puntos).

Se estableció una rúbrica de calificación de los parámetros de evaluación de la asignatura según el detalle de la Tabla 2.

Lineamientos del proyecto de aplicación

La fabricación de productos químicos es parte de la Ingeniería Química con énfasis en la remediación, específicamente en el tratamiento de residuos peligrosos y procesos de purificación antes de descargarlos al ambiente (Seider, et al., 2003).

En la asignatura de Ingeniería de Procesos se hizo referencia al aprovechamiento y gestión de residuos, particularmente al problema del vertido directo del aceite usado a nivel doméstico al alcantarillado y que trae consigo la contaminación de cuerpos de agua. Por lo cual se planteó generar un proceso de tratamiento previo y que permitió generar un producto de valor agregado, dando lugar al proyecto titulado: "Diseño de un proceso de obtención de biodiesel a partir de aceite doméstico usado en la ciudad de Loja - Ecuador".

Tabla 2. Rúbrica de evaluación de actividades del curso

Niveles de cumplimiento			
Bajo	Medio	Alto	Muy destacable
Menor a 35%	35% - 64,9%	65% - 89,9%	Mayor a 90%
No entrega avance de proyecto.	Entrega con avance deficiente y con errores.	Entrega satisfactoria pero aún contiene errores.	Entregable con avance significativo y está correcto.
No responde a los controles de lectura.	Se responde de forma incorrecta y poco fundamentada.	Responde correctamente pero no se fundamenta.	Se responde correctamente y de forma fundamentada.
Cuestionario sin responder.	Responde cuestionario con pocos aciertos.	Responde cuestionario y con varios aciertos.	Responde el cuestionario con el total de aciertos.
Problemas sin planteamiento y respuesta incorrecta.	Problemas con planteamiento poco fundamentado y respuesta incorrecta.	Problemas con planteamiento fundamentado y contiene ciertos errores.	Problemas con planteamiento fundamentado y respuesta correcta.
La evaluación teórica – práctica no contiene respuesta o es incorrecta.	La evaluación teórico – práctica se responde de forma parcialmente correcta.	La evaluación teórica – práctica se responde de manera fundamentada, pero existen ciertos errores.	La evaluación teórica – práctica se responde de manera fundamentada y correcta.

Implementación del aprendizaje basado en proyectos

Al inicio del ciclo académico se presentó el plan de estudios a los estudiantes; por lo que, al contar con doce matriculados se formaron tres grupos de trabajo, conformados por cuatro personas cada uno. Así, la investigación y experimentación se emplearon como estrategias de la formación profesional de los estudiantes de este curso a través del proyecto teórico – experimental, cuya planificación se describe en la Tabla 3.

Evaluación de la propuesta metodológica

Al finalizar el ciclo académico (año 2013) se estudió la percepción de los estudiantes acerca del desarrollo del proyecto de aplicación en relación a la adquisición de competencias específicas y generales de la asignatura; para lo cual se empleó el instrumento de evaluación que fue aplicado a la cohorte previa de curso (año 2012). El cuestionario contuvo una sección de preguntas objetivas y de preguntas de tipo abierto (Anexo I), en el cual se incorporó una sección que intentó medir la eficiencia de aplicación de la metodología de aprendizaje basado en proyectos usado en el año 2013 frente a técnicas de enseñanza convencionales; por lo que, incluyó también en este estudio información de la cohorte previa de esta asignatura (año 2012), donde también existieron doce matriculados.

Otro aspecto considerado como parte de la evaluación de esta propuesta metodológica hace referencia a los resultados relevantes del proyecto de diseño. Además, se incluyó otros datos provenientes de la observación del profesor con referencia a la participación de estudiantes

en actividades de tutoría, entorno virtual y calificación media de evaluaciones del curso de ambas cohortes

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se diseñó, implementó y evaluó la estrategia metodológica de aprendizaje basado en proyectos para la cohorte del año 2013 del curso de Ingeniería de Procesos de la carrera de Ingeniería Química, cuyos resultados se exponen en los siguientes apartados.

Percepción de los estudiantes del curso

La frecuencia promedio con la que los estudiantes del curso de Ingeniería de Procesos de las cohortes 2012 y 2013 calificaron la adquisición de competencias de tipo específicas y genéricas y otros aspectos de la asignatura se reportan en la Tabla 4. En términos generales, los estudiantes de ambas cohortes calificaron positivamente lo evaluado en esta sección, cuyos promedios y desviaciones estándar dan cuenta de resultados indistintos. En este aspecto debe puntualizarse que un factor determinante de dichos resultados puede ser el desconocimiento de los estudiantes sobre las competencias definidas para esta asignatura, a pesar de encontrarse debidamente especificados en el syllabus correspondiente. En cuanto a aspectos relacionados con el proyecto de aplicación, los estudiantes de la cohorte 2013 manifestaron su conformidad con la ejecución de proyecto de diseño como eje central del desarrollo de la asignatura, sus resultados y la posibilidad de aplicar a otras asignaturas de estudio.

Tabla 3. Planificación detallada de presentación de avances del proyecto de aplicación.

Etapa	Descripción	Entregable	Plazo de presentación	Porcentaje de calificación
1	Revisión bibliográfica enfocada a justificar el proyecto de aprovechamiento de aceite usado a nivel doméstico en la localidad.	Carta de presentación de la propuesta de diseño.	Semana 1	5%
2	Diseño de encuestas para recolección de información y su tratamiento estadístico, en el que particularmente es importante conocer: a. Cantidad mensual generada de aceite usado en la ciudad de Loja – Ecuador. b. Aceptabilidad del biodiesel en un futuro escenario de comercialización. Los estudiantes realizan la recolección de información a través de salidas de campo para la aplicación de encuestas a una muestra representativa de hogares y restaurantes de la localidad. c. Actividades de gestión de este residuo implementadas por organismos y entidades públicas.	Informe sobre estimación mensual de aceite usado que incluye planteamiento de alternativas para la recolección de este residuo orientados a brindar una futura aplicación	Semana 3	10%
3	Caracterización fisicoquímica del aceite usado. Información necesaria para proponer tratamiento a nivel de laboratorio de obtención de biodiesel.	Ficha técnica del aceite usado y biodiesel obtenido	Semana 8	30%
4	Planteamiento de proceso productivo para obtención de biodiesel a partir de aceite doméstico usado para la ciudad de Loja, que comprende el desarrollo de: a. Diagramas de flujo de proceso. b. Balances de materia y energía (método de coeficientes de partición). c. Dimensionamiento de equipos. d. Selección de materiales de construcción.	Diagramas de flujo descriptivo de condiciones operativas en cada etapa de proceso. Detalle técnico de equipos	Semana 12	35%
5	Optimización de procesos Para lo cual se emplea el simulador de procesos químicos comercial: Aspen Plus con licencia de propiedad de la Universidad. Cuya finalidad es ajustar parámetros de diseño de equipos y del proceso en general.	Proceso productivo final.	Semana 14	10%
6	Evaluación de costos Se intenta realizar una estimación de costos de producción: fijos u variables. Adicionalmente, se realiza la evaluación económica del proyecto: flujo de caja, tasa de retorno, tiempo de recuperación del capital; y con ello evaluar la viabilidad del proyecto.	Informe de viabilidad económica del proyecto.	Semana 16	10%

Tabla 4. Resultados de la evaluación del curso por parte de los estudiantes en sección de preguntas objetivas.

Pregunta	Opciones	Grupo 2012		Grupo 2013	
Competencias específicas de la asignatura	1. Entender la información a partir de la cual se puede plantear un proyecto de producción	3,17	± 0,39	3,42	± 0,51
	2. Proponer diagramas de flujo	3,17	± 0,39	3,58	± 0,51
	3. Realizar balances de materia y energía en un proceso	3,17	± 0,39	3,67	± 0,49
	4. Integrar diferentes operaciones y procesos para alcanzar la obtención de un producto con características determinadas	3,25	± 0,45	3,33	± 0,49
	5. Incorporar tecnología para optimizar condiciones de proceso que se encamine a mejorar la eficiencia y productividad	3,00	± 0,00	3,25	± 0,45
Competencias generales de formación	1. Generar pensamiento crítico y reflexivo	3,17	± 0,39	3,50	± 0,52
	2. Mejorar comunicación verbal y escrita	3,17	± 0,39	3,42	± 0,67
	3. Fomentar el trabajo en equipo	3,25	± 0,45	3,42	± 0,51
Aspectos de la asignatura	1. Importancia del componente en su formación como ingeniero químico	3,42	± 0,51	3,58	± 0,51
	2. Interés puesto en el desarrollo de la asignatura	3,33	± 0,49	3,58	± 0,51
	3. Desarrollo de la asignatura por parte del profesor	3,50	± 0,52	3,25	± 0,45
Proyecto de aplicación	1. Esta metodología permite aprender de manera favorable los contenidos de la asignatura	NA*		3,50	± 0,52
	2. Este proyecto se encuentra bien planificado respecto a tiempo y calificación	NA*		3,17	± 0,39
	3. Está satisfecho con los resultados que obtuvo durante el desarrollo del proyecto	NA*		3,67	± 0,49
	4. Recomendaría esta metodología para el estudio de otras asignaturas	NA*		3,42	± 0,51

* No aplica esta sección a los encuestados

Las respuestas de los estudiantes respecto a habilidades adicionales necesarias para la formación profesional se agruparon en siete categorías que se representan en la Figura 1. Los estudiantes de ambas cohortes calificaron su experiencia formativa en relación a las necesidades del campo laboral.

Particularmente, la percepción de los estudiantes de la cohorte 2013 es mayor, respecto a los del año 2012, en lo que se refiere a la adquisición de experiencia en el diseño de procesos, posibilidades de autoformación, desarrollo del trabajo en equipo y al asumir responsabilidad para el cumplimiento de actividades según la planificación inicial. Los estudiantes de la cohorte 2013, consideraron en su mayoría que la implementación del aprendizaje basado en proyectos les permitió proponer solución a un problema real aplicando fundamentos de la Ingeniería Química; lo cual, les genera nuevas expectativas sobre su futura actividad profesional. Por otra parte, lograron discriminar entre diversas fuentes de información disponibles y verificar la interrelación del proyecto con otras ramas de la ciencia.

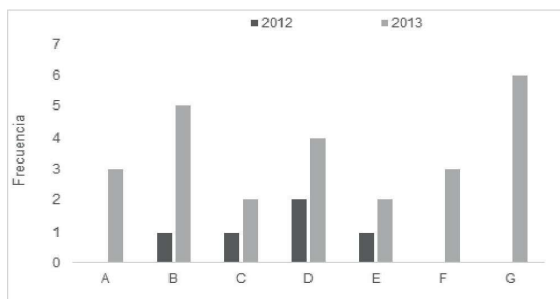


Figura 1. Habilidades adicionales desarrolladas útiles para la formación profesional¹

En la Figura 2, se muestra la percepción de los estudiantes respecto a la problemática encontrada en el desarrollo del curso agrupadas en seis categorías. Ambas cohortes coinciden en la existencia de deficiencias cognitivas previas; ya que, al ser un curso que integra diversas ramas de la Ingeniería Química, requiere mayor dedicación para cumplir con las actividades de aprendizaje previstas. Vale la pena recalcar que, esta actividad de enseñanza – aprendizaje basada en proyectos se planteó como plan de mejora a la problemática manifiesta por la cohorte del 2012, en la que se manifiesta la carencia del relacionamiento de los contenidos teóricos con la práctica profesional y del excesivo puntaje asignado a evaluaciones finales.

Las deficiencias fueron solventadas con la implementación de esta metodología didáctica. Sin embargo, se identifica una nueva problemática según criterio de los estudiantes de la cohorte del 2013, sobre la carencia de fuentes de información fiables para el desarrollo del proyecto e inequidad de compromiso de los integrantes del grupo para la realización del proyecto en los tiempos previstos.

Cabe la pena recalcar que, a cada uno de los cuatro estudiantes que conformaron los tres grupos de trabajo, se les asignó indistintamente una función específica para la presentación de avances y resultados finales del proyecto, lo cual promovió el trabajo equitativo y puntualidad en la entrega; sin embargo, es un aspecto que visiblemente debe tenerse en cuenta al momento de valorar de forma individual el trabajo realizado.

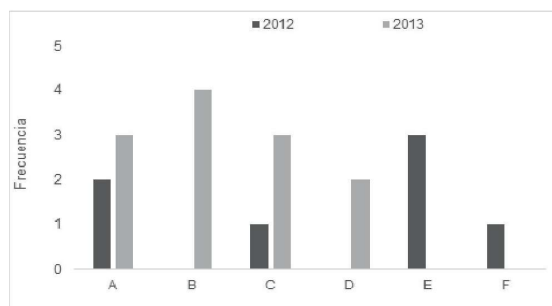


Figura 2. Problemáticas encontradas durante el desarrollo del curso²

La Figura 3, muestra las propuestas de alternativas de mejora a la actividad docente sugeridas por los estudiantes, mismas que se agruparon en cuatro categorías.

La cohorte 2012 propuso generar mayor comunicación profesor – alumno y aplicar mayor número de herramientas tecnológicas en la solución a problemas, así como ampliar los problemas existentes en los libros de consulta. Por su parte, la cohorte del año 2013, sugiere brindar mayor acompañamiento del tutor en el desarrollo del proyecto e incrementar el tiempo destinado a tutorías para el seguimiento de avances según la planificación establecida.

Finalmente, las sugerencias de los estudiantes para mejorar la planificación y desarrollo del curso se agruparon en cinco categorías según se presenta en la Figura 4. La cohorte 2012 propuso incrementar las horas de práctica en simuladores e incorporar actividades de aplicación experimental de los contenidos teóricos; mientras la cohorte

¹ A) Generar nuevas expectativas sobre la actividad profesional en el ámbito de la Ingeniería Química; B) Adquirir experiencia en el diseño de procesos químicos; C) Implementar autoformación; D) Generar tolerancia para el trabajo en grupo; E) Fomentar sentido de responsabilidad; F) Discriminar las fuentes de formación; G) Verificar la importancia de la interrelación entre las diversas ramas de la ciencia. Nota: Las opciones de respuesta de los estudiantes de la cohorte 2012 no corresponde a los criterios agrupados en las categorías A, F y G.

² A) Carencia de conocimientos previos; B) Insuficientes fuentes de información fiables; C) Demanda excesiva de tiempo de dedicación; D) Ausencia de compromiso equitativo por parte de los integrantes de grupo; E) Falta relacionamiento de los contenidos a la práctica; F) Asignación excesiva de puntaje a evaluaciones parciales y bimestrales. Nota: Las opciones de respuesta de los estudiantes de la cohorte 2012 no corresponde a los criterios agrupados en las categorías B y D. Las opciones de respuesta de los estudiantes de la cohorte 2013 no corresponde a los criterios agrupados en las categorías E y F.

del año 2013, sugiere la creación de grupos de trabajo de mayor afinidad para generar un ambiente amigable al contar con un componente experimental de obtención de biodiesel que implica distribuir equitativamente el trabajo entre sus integrantes. Además, se manifiesta la necesidad de equilibrar la calificación asignada conforme el tiempo de trabajo destinado al desarrollo de las actividades del proyecto; lo cual, sugiere una revisión minuciosa de la planificación de trabajo.

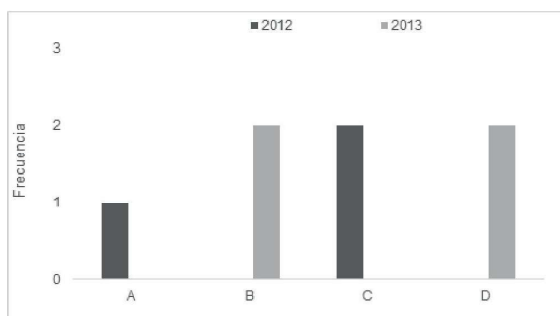


Figura 3. Propuestas para mejorar la actividad docente en el desarrollo del curso³.

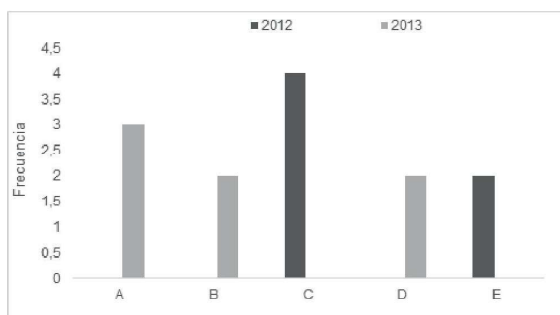


Figura 4. Propuestas para mejorar la planificación y desarrollo curso. Percepción del profesor del curso

Resultados del proyecto de diseño

Los resultados relevantes obtenidos del proyecto de diseño de un proceso químico para la obtención de biodiesel a partir de aceite usado a nivel doméstico, se resumen en la Tabla 5.

Percepción del profesor del curso

El porcentaje promedio de asistencia a tutorías, ingreso semanal al entorno virtual de aprendizaje (EVA) y la nota

final de las cohortes de los años 2012 y 2013 del curso de Ingeniería de Procesos se presentan en la Figura 5. Se evidenció mayor participación en actividades del curso por parte de la cohorte del año 2013 en comparación a la del 2012.

La mayor asistencia a tutorías se justifica en el hecho de que este espacio se destina a la presentación de avances y recepción de asesoramiento por parte del tutor y permite armonizar el escenario de aprendizaje; mientras que, para los estudiantes de la cohorte 2012 eventualmente requerían asesoramiento para resolver inquietudes sobre ejercicios puntuales de la asignatura.

Por su parte, el ingreso semanal de los estudiantes al entorno virtual se considera como referencia de su trabajo autónomo; así, la cohorte 2013 se comunicó constantemente en torno a diversos aspectos relacionados con el proyecto de aplicación. Además, la calificación final sobre veinte puntos fue ligeramente superior para la cohorte del año 2013 respecto a la del año 2012; lo cual, se considera proviene de la mejor distribución de puntaje a las diversas actividades del curso y no mayormente centradas en las evaluaciones del mismo.

Finalmente, el proyecto de aplicación realizado por la cohorte de 2013, tuvo en promedio siete de ocho puntos totales, dando lugar a evidenciar mayor involucramiento y motivación por parte de los estudiantes en las actividades planificadas durante el ciclo, incluido el proyecto de aplicación en su componente experimental y teórico hasta su presentación final.

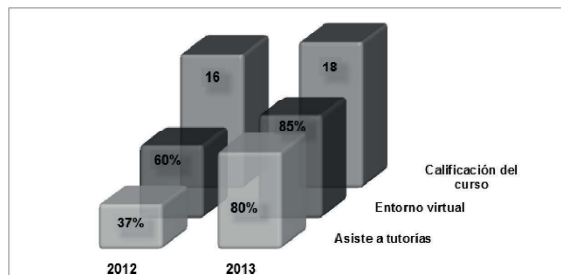


Figura 5. Indicadores del curso de Ingeniería de Procesos, cohortes 2012 y 2013

³ A) Mejorar la comunicación entre profesor y alumno; B) Brindar mayor acompañamiento al grupo de estudiantes por parte del profesor; C) Generar mayor interactividad con herramientas tecnológicas; D) Asignar mayor tiempo de seguimiento al proyecto de aplicación.

Nota: Las opciones de respuesta de los estudiantes de la cohorte 2012 no corresponde a los criterios agrupados en las categorías B y D. Las opciones de respuesta de los estudiantes de la cohorte 2013 no corresponde a los criterios agrupados en las categorías A y C.

⁴ A) Crear grupos de mayor afinidad; B) Mejorar la planificación respecto al puntaje de actividades del proyecto; C) Incrementar el horario de práctica en simuladores para el desarrollo del curso; D) Ajustar la planificación de actividades del curso a tiempos reales; E) Generar actividades de aplicación de los contenidos teóricos de la asignatura.

Notas: Las opciones de respuesta de los estudiantes de la cohorte 2012 no corresponde a los criterios agrupados en las categorías A, B y D. Las opciones de respuesta de los estudiantes de la cohorte 2013 no corresponde a los criterios agrupados en las categorías C y E.

Tabla 5. Resumen de resultados principales obtenidos del proyecto de diseño de procesos químicos.

Nº	Resultado
1	<p>Se cuenta con una carta de justificación de la necesidad de brindar un tratamiento al aceite doméstico usado para evitar su disposición final a los cuerpos de agua.</p> <p>1. Se tiene un promedio de 200 litros diarios de aceite usado que se genera en la ciudad de Loja, lo cual representa una cantidad mensual de 6000 litros.</p> <p>2. Como alternativas para recolección del residuo, se ha planteado, las siguientes alternativas:</p>
2	<p>a. Recolección puerta a puerta del residuo.</p> <p>b. Ubicación de contenedores en puntos estratégicos de la ciudad de Loja.</p> <p>3. Los organismos municipales y las entidades relacionadas con el cuidado ambiental no cuentan a la fecha con propuestas de gestión de este residuo.</p> <p>Para el tratamiento a nivel de laboratorio cada grupo cuenta con una muestra representativa de 20 litros de aceite usado, que cuenta con las siguientes características referenciales:</p> <p>Índice de saponificación: 150 Índice de acidez (% w/w): 1 Índice de yodo: 1,80</p>
3	<p>Índice de peróxido (meq O₂/kg): No detectable Índice de refracción (n₂₀): 1,5 Contenido de humedad: No detectable Densidad a 20°C (g/cm³): 0,95</p> <p>Como parámetros de evaluación se considera la concentración de catalizador, el tiempo de reacción y la temperatura de reacción.</p> <p>En el proceso productivo planteado se consideran las etapas de proceso:</p> <p>1. Fase de pretratamiento del aceite usado: filtrado y decantación. 2. Fase de combinación de catalizador con metanol: mezclador con agitación. 3. Fase de reacción de materias primas: reactor para transesterificación (aceite + catalizador: metanol). 4. Fase de decantación: decantador biodiesel (producto primario) y glicerol (subproducto). 5. Fase de purificación: separador biodiesel – metanol para su reciclaje hacia mezclador. 6. Fase de lavado biodiesel: eliminación de residuos contenidos en biodiesel. 7. Fase de secado biodiesel: eliminación de agua contenida en biodiesel.</p> <p>En función de lo cual se ha planteado el diagrama de flujo de proceso con sus entradas y salidas, los balances de materia y energía en cada equipo, se ha especificado su dimensionamiento y los materiales de construcción de cada uno de ellos.</p> <p>Optimización de Procesos:</p>
4	<p>Se realiza la simulación del proceso de obtención de biodiesel en Aspen Plus, principalmente encaminado a realizar la optimización de las relaciones metanol: aceite, concentración del catalizador y la optimización energética vía tecnología pinch del proceso.</p> <p>Informe de viabilidad económica del proyecto:</p>
5	<p>La tasa interna de retorno se determina con un valor mayor al 10 %, con un tiempo de recuperación del capital de 8 años, lo cual califica al proyecto como viable; y considerando un valor promedio de 1.8 usd por litro de biodiesel fabricado.</p>

CONCLUSIONES

En el curso de la cohorte del año 2013 de Ingeniería de Procesos de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad Técnica Particular de Loja, se diseña, implementa y evalúa la metodología de aprendizaje basado en proyectos. La planificación académica del curso se realizó considerando los lineamientos de un proyecto de diseño de un proceso químico para la obtención de biodiesel a partir de aceite doméstico usado, cuya finalidad fue mostrar a los estudiantes la posibilidad de brindar solución a un problema real mediante la aplicación de fundamentos de la Ingeniería Química.

En términos generales se puede percibir que el aprendizaje basado en proyectos genera estudiantes más involucrados en las actividades de aprendizaje frente a las expectativas de aquellos que participan de actividades convencionales de formación. Así, un aspecto que los estudiantes consideraron relevante de esta actividad de formación afín a su campo ocupacional, fue la generación de nuevas perspectivas sobre su futura actividad profesional.

Por otra parte, también surgieron propuestas de mejora para futuras ediciones del curso haciendo hincapié en la necesidad de una planificación minuciosa, así como contar con mayor compromiso del docente y alumnos

para lograr los objetivos propuestos.

Se obtuvo un total de tres propuestas integrales de procesos de producción de biodiesel a partir de aceite usado a nivel doméstico, presentados por los grupos de trabajo, basados en el uso de hidróxido de sodio (NaOH), hidróxido de potasio (KOH) y ácido sulfúrico (H₂SO₄) como catalizadores de reacción. Esto evidenció el desarrollo de las competencias específicas esperadas a través de esta actividad didáctica.

Finalmente, la técnica didáctica de aprendizaje basado en proyectos mostró la posibilidad de mejorar las competencias del profesorado en torno a generar ambientes de trabajo favorables y mayores oportunidades de aprendizaje a través de la estrecha interacción alumno – profesor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aranzabal, A., Epelde, E., y Artetxe, M. (2018). Monitoring questionnaires to ensure positive interdependence and individual accountability in a chemical process synthesis following collaborative PBL approach. *Education for Chemical Engineers*. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2018.06.006>
- Calvo, L., y Prieto, C. (2016). The teaching of enhanced distillation processes using a commercial simulator and a project-based learning approach. *Education for Chemical Engineers*, 17, 65–74. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2016.07.004>
- Francese, R., Gravino, C., Risi, M., Scanniello, G., y Tortora, G. (2015). Using Project-Based-Learning in a mobile application development course—An experience report. *Journal of Visual Languages & Computing*, 31, 196–205. <https://doi.org/10.1016/j.jvlc.2015.10.019>
- Fung, K. Y., y Ng, K. M. (2018). Teaching chemical product design using design projects. *Education for Chemical Engineers*, 24, 13–26. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2018.06.001>
- González Alriols, M., Serrano, L., Llano-Ponte, R., y Labidi, J. (2012). Evaluation of the biomass fractionation capability of the ultrafiltration permeate: A learning project for chemical engineering students. *Education for Chemical Engineers*, 7(4), e241–e246. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2012.10.001>
- Higher Education Academy. (2011). The UK Professional Standards Framework for Teaching and Supporting Learning in Higher Education. In H. Guild (Ed.).
- Keser, H., y Karahoca, D. (2010). Designing a project management e-course by using project based learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 5744–5754. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.938>
- Lasauskiene, J., y Rauduvaite, A. (2015). Project-Based Learning at University: Teaching Experiences of Lecturers. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 197, 788–792. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.182>
- Leal Filho, W., Raath, S., Lazzarini, B., Vargas, V. R., de Souza, L., Anholon, R., Quelhas O., Haddad R., Klavins M., Orlovic V. The role of transformation in learning and education for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 199, 286–295. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.017>
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). Cuarto Objetivo 4: Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
- Rankin, J., y Brown, V. (2016). Creative teaching method as a learning strategy for student midwives: A qualitative study. *Nurse Education Today*, 38, 93–100. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2015.12.009>
- Rodrigues, A., y Cussler, E. L. (2016). Teaching chemical product design. *Education for Chemical Engineers*, 14, 43–48. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2015.12.001>
- Rodríguez, J., Laverón-Simavilla, A., del Cura, J. M., Ezquerro, J. M., Lapuerta, V., y Cordero-Gracia, M. (2015). Project Based Learning experiences in the space engineering education at Technical University of Madrid. *Advances in Space Research*, 56(7), 1319–1330. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2015.07.003>
- Sahakian, M., y Seyfang, G. (2018). A sustainable consumption teaching review: From building competencies to transformative learning. *Journal of Cleaner Production*, 198, 231–241. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.238>
- Seider, W., Seader, J. D., y Lewin, D. (2003). *Product and process design principles: Synthesis*, a (Second). Wiley and Sons, Inc.
- Stock, T., y Kohl, H. (2018). Perspectives for International Engineering Education: Sustainable-oriented and Transnational Teaching and Learning. *Procedia Manufacturing*, 21, 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.089>
- Sumarni, W., Wardani, S., Sudarmin, S., y Gupitasari, D. N. (2016). Project based learning (PBL) to improve psychomotoric skills: a classroom action research. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia; Vol 5, No 2 (2016): October 2016*. <https://doi.org/10.15294/jpii.v5i2.4402>
- Terrón-López, M.-J., Velasco-Quintana, P.-J., García-García, M.-J., y Ocampo, J. R. (2017). Students' and teachers' perceptions: initial achievements of a Project-Based Engineering School. *European Journal of Engineering Education*, 42(6), 1113–1127.

- <https://doi.org/10.1080/03043797.2016.1267715>
- Vega, F., y Navarrete, B. (2018). Professional design of chemical plants based on problem-based learning on a pilot plant. *Education for Chemical Engineers*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ece.2018.08.001>
- Yáñez, S., Uruburu, Á., Moreno, A., y Lumbreras, J. (2019). The sustainability report as an essential tool for the holistic and strategic vision of higher education institutions. *Journal of Cleaner Production*, 207, 57–66. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.171>
- Zualkernan, I. A. (2006). A framework and a methodology for developing authentic constructivist e-Learning environments. *Journal of Educational Technology & Society*, 9(2), 198–212. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.9.2.198>