

54

CONTRIBUCIÓN A LA FORMACIÓN DEL RELEVO PROFESIONAL Y CIENTÍFICO EN INGENIERÍA QUÍMICA ESTUDIANDO MEDIANTE PROYECTOS

CONTRIBUTION TO THE TRAINING OF PROFESSIONAL AND SCIENTIFIC RELAY IN CHEMICAL ENGINEERING STUDYING THROUGH PROJECTS

KDiana N. Concepción Toledo¹

E-mail: dianac@uclv.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4432-140X>

Nestor Ley Chong¹

E-mail: nley@uclv.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5575-246X>

Ana Celia de Armas Martínez¹

E-mail: anaceliaam@uclv.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0147-0704>

Juan Pedro Hernández Touse¹

E-mail: juanpedro@uclv.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0032-8685>

Rosa Maria Utria Rodríguez¹

E-mail: rossyrecreo73@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1063-9249>

¹Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Concepción Toledo, D. N., Ley Chong, N., De Armas Martínez, A. C., Hernández Touse, J. P. & Utria Rodríguez, R. M. (2022). Contribución a la formación del relevo profesional y científico en Ingeniería Química estudiando mediante proyectos. *Revista Conrado*, 18(S3), 477-485.

RESUMEN

Sobre los fundamentos que se reportan en la literatura internacional, en el trabajo que se presenta una experiencia realizada, utilizando el aprendizaje por proyectos, durante el tiempo de rebrote de la pandemia de covid-19 en el periodo lectivo 2021. Se expone la iniciativa del empleo del método de aprendizaje basado en proyectos en la asignatura Diseño (óptimo) de instalaciones de la industria de procesos químicos y fermentativos que se impartía en ese momento en la carrera de ingeniería Química en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. El estudio tuvo como objetivo lograr y verificar la viabilidad del empleo del método en la formación de los futuros relevos profesionales y, científicos de la Ingeniería Química para enfrentar los problemas tecnológicos actuales y de desarrollo en su área de actuación, el trabajo en equipos y la investigación. Finalmente se arriban a conclusiones que giran en torno a su efectividad, según criterio emitido por los estudiantes y el colectivo de profesores, al constatar que se forja el saber, el hacer y el ser de ese profesional que se expresan en su actuación mediante la integración de los conocimientos, habilidades y valores que aseguran su desempeño.

Palabras clave:

Aprendiendo; Diseño; Industria química; Proyectos

ABSTRACT

On the foundations that are reported in the international literature, in the work that an experience carried out during the resurgence of the covid-19 pandemic in the 2021 school year is presented. The initiative to use the learning method based on projects in the subject Design (optimal) of installations of the chemical and fermentation process industry that was taught at that time in the Chemical Engineering career at the Central University “Marta Abreu” of Las Villas. The objective of the study was to achieve and verify the feasibility of using the method in the training of future professional and scientific relays of Chemical Engineering to face current technological and development problems in their area of activity, teamwork and research. Finally, conclusions are reached that revolve around its effectiveness, according to the criteria issued by the students and the group of teachers, by verifying that the knowledge, doing and being of that professional are forged, which are expressed in their performance through the integration knowledge, skills and values that ensure their performance.

Keywords:

Learning; Design; Chemical industry; Projects

INTRODUCCIÓN

El desarrollo social y consecuentemente, el industrial, enfrenta diversos problemas en apariencia contradictorios: elaborar productos novedosos que incorporen las últimas tecnologías con una reducción radical de los costos y de los plazos de comercialización, que habitualmente deben ser resueltos por los ingenieros.

El notable desarrollo científico-técnico que caracteriza al nuevo siglo XXI, es sin dudas, el resultado de la combinación de profundas transformaciones sociales ligadas al avance impetuoso de la ciencia. Son precisamente las constantes exigencias del mundo moderno las que conducen e impulsan de manera sustancial la actividad científica y de igual manera, acentúan como nunca antes la responsabilidad social de los hombres de ciencia.

El incremento explosivo de las investigaciones y la disminución en el tiempo de los plazos de la aplicación práctica de los resultados científicos, va convirtiendo cada vez más a la ciencia en un instrumento fundamental para el desarrollo de las fuerzas productivas de la sociedad y el perfeccionamiento de la vida social en su conjunto.

Las premisas históricas de esta situación actual fueron tanto las condiciones de desarrollo de la ciencia y la técnica mismas, como de forma directa, la producción material.

En relación con lo anterior, son de interés las leyes que expresan la relación mutua entre la técnica, la producción y la ciencia en las diferentes etapas del desarrollo histórico.

Por ello debemos partir en nuestro análisis del hecho de que, hoy en día es un rasgo distintivo de la época la penetración frontal de la ciencia no sólo en los secretos de la naturaleza, sino también en la vida social; de tal manera es una necesidad imperiosa del mundo moderno el dominio de las ciencias naturales y técnicas, así como de las sociales.

La expresión de esta impronta de la época se manifiesta en que la ciencia se introduce en la producción, y ésta a su vez promueve e impulsa las investigaciones¹. Es entonces evidente que el desarrollo de la ciencia y la tecnología está determinado en gran medida por los propósitos económicos y sociales de la dirección del país.

Entonces, si se acepta que a vivir viene el hombre y hay que prepararlo para la vida, se requiere preparar a los futuros ingenieros para que sean capaces de resolver los problemas que de diversa índole aún no están previstos en su área de actuación. A tono con esta premisa Martí expresó: "El primer deber de un hombre de estos días, es

ser un hombre de su tiempo. No aplicar teorías ajenas, sino descubrir las propias. No estorbar a su país con abstracciones, sino inquirir la manera de hacer prácticas las útiles." (Martí, 1991).

La formación del modo de actuación profesional es el más importante proceso que se realiza en el pregrado universitario, donde se sientan las bases para el desempeño eficiente y de calidad del graduado, constituyendo una de las categorías curriculares que reclaman mayor estudio, a fin de elevar la calidad de la formación de los egresados con vistas a su trabajo futuro incluso con vistas a la generación de nuevos conocimientos.

El conocimiento se consolida pues como un elemento de importancia estratégica para la sociedad, como recurso imprescindible para poder avanzar, al entrar en una economía basada en recursos intangibles como la información y la capacidad de aprendizaje.

Es un proceso complejo hacia el que aportan todas las actividades académicas, laborales e investigativas que realizan los estudiantes y se encuentra en el centro de la atención de la carrera, desde el modelo del profesional hasta el ejercicio de culminación de estudios.

Por otro lado, "constituye para las universidades un desafío multiplicar su papel como instituciones de conocimiento, aumentando la calidad, cantidad y pertinencia de la investigación científica y el desarrollo tecnológico que ellas realizan e integrándose mejor con los restantes actores del sistema con el propósito de contribuir a un mayor impacto económico –social en el proceso de desarrollo" (Saborido, 2018).

El mayor problema radica en conciliar y combinar las cuestiones que nacen de las exigencias sociales y económicas, por un lado y el intrínseco desarrollo de la ciencia por otro. Ningún país será capaz de mantener su lugar en el mundo sin hacer uso positivo y planificado de la ciencia.

La creciente complejidad de los problemas debe ser abordada por medio del trabajo en equipos, la coordinación, la interacción y la reutilización de los recursos. La cobertura y la escala se logran menos a través del escalamiento de la inversión y más compartiendo datos, conocimiento e infraestructura.

La consecución de una educación cada vez de mayor calidad es una constante para la política educativa de los países, entonces, uno de los objetivos más inmediatos de la educación universitaria son la formación de recursos humanos calificados que satisfagan las necesidades del mercado laboral.

En el contexto actual la habilidad más importante que deben adquirir los estudiantes es la de aprender a aprender, debiendo alcanzar la independencia cognoscitiva unida a un pensamiento crítico reflexivo y al desarrollo de estrategias de aprendizaje, ante la necesidad del constante perfeccionamiento y aprendizaje, que se convierta en un factor clave para enfrentar el estudio y desarrollo a los problemas básicos y frecuentes del perfil de su carrera.

Con este propósito se debe considerar que el enfoque de la integración y el modelo de amplio perfil en las universidades cubanas, responde a la necesidad de una formación básica profunda que le permite al egresado adecuarse a las peculiaridades que la dinámica de desarrollo, a nivel mundial, imponga al ejercicio de la profesión en el contexto local nacional e internacional e para resolver los principales problemas que se presentan en su esfera actuación y que le permiten ver en el vínculo con las empresas, en tareas específicas de las industrias, un medio para consolidar la formación del estudiante, enfrentándolo a problemas reales apoyado en una sólida formación académica (Concepción & González, 2015) .

En el proceso de formación de profesionales, se requiere que el estudiante desarrolle acciones encaminadas al logro del objetivo de formación que deberá alcanzar. En el diseño de los Planes de Formación se persiguen tres fines: eliminar el miedo a la tecnología, poseer los conocimientos técnicos necesarios y realmente saberlo aplicar. También resulta oportuno, preparar al futuro profesional para el aprendizaje a lo largo de la vida, a través de mecanismos formales e informales será una parte esencial de la vida laboral en un futuro en el cual, el conocimiento estará en continua expansión.

En el año 2021, ante el rebrote de la pandemia de la covid-19, en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, fue necesario la búsqueda de alternativas para dar continuidad al proceso formativo de los estudiantes. Se valoró la propuesta de acciones de formación fuera de las aulas insertadas en un plan general de formación, que posibilitaran una mayor eficacia y rapidez que la formación tradicional, estableciendo indicadores para el trabajo en equipo, la comunicación interpersonal y el liderazgo. De esta forma el estudiante podía interiorizar lo aprendido con mayor facilidad, al aprender actuando en un entorno motivador.

Para ello, fue preciso superar la restricción espacial del aula, en camino a una utilización pertinente y eficiente de los instrumentos y dispositivos pedagógicos del futuro.

Los contenidos se establecerían de forma accesible en línea, existiendo una transformación en la forma de enseñanza tradicional de “transmitir conocimientos o saberes

“. Se defendía así el precepto de que la sociedad necesita el desarrollo de nuevas aptitudes de comportamientos (desarrollo de iniciativas y capacidad de trabajo en equipo) cuya importancia se acrecienta en el mundo de trabajo para aprender a manejar los riesgos a través situaciones concretas.

El objetivo que se persigue en este artículo es presentar la experiencia de la formación de los estudiantes de ingeniería química de la UCLV mediante el empleo del método de aprendizaje basado en proyectos y el trabajo en equipos que contribuye a favorecer el aprendizaje a lo largo de su vida profesional e incluso preparar a varios de ellos para desempeños mayores en su vida profesional a través del postgrado en el vínculo universidad empresa,, y contribuir con ello al relevo y fortalecimiento gradual de la pirámide científica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de la experiencia investigativa, se empleó el método de aprendizaje basado en proyectos (Johari & Bradshaw, 2008), que se ha demostrado desarrolla la motivación por aprender (Jácome, et al, 2022), que estuvo apoyado en el número de compromisos de resultados de impacto en la industria de procesos químicos que tiene el colectivo departamental mediante varios proyectos nacionales y territoriales, centrado en la concepción metodológica que el aprendizaje basado en proyectos se fundamenta en las experiencias de la organización del proceso de aprendizaje en condiciones que pongan al alumno en situaciones de enfrentar algo nuevo desde posiciones de lo conocido, facilitándole el proceso de acercamiento a un nivel de desarrollo cualitativamente superior.

Se asumió que, aunque cada persona es responsable de su propia formación, al determinar en gran medida su avance en su carrera profesional, desarrollo personal y compromiso con el entorno y el aprendizaje como un proceso individual, de gestión cognitiva, en el que se pone en acción la personalidad total del sujeto. Se reconoce como “un proceso social, de interacción con otros sujetos: el maestro, otros alumnos, la familia, la sociedad”, pues si el proceso educativo es real, lo vital, es la acción, es el interactuar, de los que aprenden y los que enseñan” (Da Costa & López, 2015) y se logra tutelada por supervisor y mentores.

En el aprendizaje basado en proyectos los estudiantes trabajan de manera activa, planean, implementa y evalúan proyectos que tienen aplicación en el mundo real más allá del aula de clases (Martí et al, 2010)

El Aprendizaje basado en Proyectos se ha constituido, desde hace algún tiempo, en una herramienta útil para los educadores y en la actualidad es un medio importante para el aprendizaje no sólo del contenido de las materias académicas sino también del uso efectivo de las TIC

El Aprendizaje basado en Proyectos constituye una categoría más amplia que el aprendizaje por problemas. Mientras que pretende atender un problema específico, sino en también incluir áreas que no son problemas y hacer una tarea que resuelva un problema práctico. Una de las características es el método: está orientado a la acción, pues tal como dice un viejo proverbio chino “Dígame y olvido, Muéstreme y Recuerdo, involúcreme y comprendo”

Desde el punto de vista del profesor, el aprendizaje Basado en Proyectos

1. Posee contenidos y objetivos auténticos;
2. Utiliza la evaluación real;
3. Es facilitado por el profesor, pero este actúa mucho más como orientador o guía al margen
4. Sus metas educativas son explícitas
5. Afianza sus raíces en el constructivismo (modelo de aprendizaje social)
6. Está diseñado para que el profesor también aprenda

El Aprendizaje Basado en Proyectos también se puede analizar desde la perspectiva del estudiante como:

1. Se centra en el estudiante y promueve la motivación intrínseca
2. Estimula el aprendizaje colaborativo y cooperativo
3. Permite que los educandos presenten mejorías continuas e incrementales en sus productos, presentaciones o actuaciones
4. Está diseñado para que el estudiante este comprometido activamente con la resolución de la tarea
5. Requiere que el estudiante realice un producto, una presentación o una actuación
6. Es retador y está enfocado en las habilidades de orden superior

En adición se consideró que desde el punto de vista psicológico el problema educativo exige que:

- El proceso cognitivo parta del nivel alcanzado previamente por el alumno en conocimiento, habilidad y experiencia.
- El aprendizaje resulte significativo para el alumno y promueva su desarrollo integral

- El aprendizaje se realice mediante la participación consciente del alumno
- El proceso de aprendizaje se realice mediante la comunicación entre los sujetos protagonistas

De este modo y valorando los compromisos ya nombrados del colectivo de investigación, se organizó la actividad educativa para la experiencia, en un grupo de proyectos reales comprometidos con el sector empresarial, en los cuales la colaboración entre los participantes se fundamentó en el cumplimiento de su compromiso individual e imaginando que la interacción recíproca de los diferentes cumplimientos de los proyectos individuales permiten, en armonía complementaria, cumplir con los compromisos de los proyectos de investigación, asumiendo el precepto del eminente científico Albert Einstein que “La imaginación es más importante que el saber”.

Se consideró además que el diseño de la investigación se soportara en el aprendizaje y empleo de los recursos de la información y la comunicación, que sin dudas es una inversión en su formación a futuro.

Para elevar el impacto económico social de la educación superior se requiere una mayor integración pertinente de sus procesos y el perfeccionamiento de su vinculación con el entorno, sobre la base de la ganar-ganar, confianza mutua y un código ético blindado. (León et al, 2021).

Aquí es válido el concepto de un modelo de “universidad para el desarrollo” (Arocena, Goransson & Sutz, 2015) que partiendo desde la formación de profesionales debe incluir, en el contexto actual, más que nunca, el posgrado pues lo que marca la diferencia es la proyección económica y social, la Investigación Desarrollo-Innovación (I+D+i) y la formación de doctores incluso desde la industria (González et al, 2020).

Ante el nuevo paradigma científico-tecnológico se consolida un nuevo modo de producción de conocimientos, el que demanda cambios en la práctica científica y su relación con la sociedad. Se basa en la producción de conocimientos en el contexto de aplicación, con la intención de satisfacer un interés práctico para la búsqueda de soluciones a problemas determinados, donde su identificación y la correspondiente investigación que se despliega, se hace a través de una compleja interacción entre especialistas, usuarios y otros actores organizados en redes de colaboración, siendo un requerimiento la utilización de métodos matemáticos de formulación de decisiones.

Por ello, la temática seleccionada, para la investigación, estuvo referido al diseño óptimo de equipos en la industria de proceso debido a que una de las funciones claves de un Ingeniero Químico en su vida profesional es macro

localizar, diseñar o conducir los procesos tecnológicos de la mejor manera posible en las condiciones existentes, es decir de forma óptima en lo cual se reportan, en el propio colectivo, resultados atractivos mediante la optimización de procesos que demuestran la importancia de los métodos de optimización en las decisiones de macro-localización de inversiones (García et al, 2019), diseño de instalaciones para nuevas producciones (Pérez et al, 2022) la mejor alternativa de conducción de un proceso (Mesa et al, 2020).

El problema de optimización, desde la Ingeniería de Procesos Químicos, no se reduce a centrarse en los métodos matemáticos, sino en las cuestiones metodológicas, es decir, en el planteamiento del problema que incluye la selección del Parámetro de Optimización, selección del modelo matemático, comprendido en ello, la definición de las restricciones que hacen real la solución al problema estudiado (Maußner & Freund, 2018).

Para el desarrollo de la experiencia se utilizaron cuatro proyectos de la línea de investigación científica de Estrategia y tecnologías para la obtención de productos químicos que centra, a nivel de Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, el Departamento de Ingeniería Química que están en desarrollo en los que participan activamente con tareas específicas no solo los docentes, sino también estudiantes, a saber:

- Incremento de productos de alto valor en las industrias de la caña de azúcar utilizando energías renovables. Proyecto del Programa para el Desarrollo Territorial de Villa Clara.2020-2023. Autor A. C. De Armas Martínez, 2020.
- Creación de productos químicos de la caña de azúcar que se integran a biorrefinerías utilizando energías renovables. Proyecto del Programa Nacional de Desarrollo de la industria de la caña de azúcar (2021-2024). Autor E. González Suárez, 2021
- Prospectiva tecnológica para el desarrollo de la industria química en Villa Clara. Proyecto del Programa para el Desarrollo Territorial de Villa Clara.2020-2023. Autor, M. Morales Zamora, 2020
- Alternativas de oportunidades de negocios para el desarrollo de productos alimenticios inocuos y de más alto valor agregado, compatibles ambientalmente y utilizando energías renovables. Proyecto del Programa para el Desarrollo Territorial de Villa Clara.2020-2023. Autor, Omar Pérez Navarro, 2020.

Para el trabajo investigativo, los estudiantes se agruparon en estos proyectos generales a partir de los cuales desarrollaron sus proyectos específicos concatenados con los resultados obtenidos por sus colegas, bajo la dirección de sus profesores.

Se establecieron sistemas de control de la calidad de todos los procesos, incluidos los formativos, que permite determinar en cualquier momento los parámetros utilizados y los resultados obtenidos, atendiendo a que aprender es interactuar con el objeto, es un proceso de “ir y venir de la reflexión a la acción” (López, 2010).

Para aprender es necesario aproximarse a la realidad desde dentro, se concibió la evaluación de los resultados, de los proyectos y del aprendizaje de los alumnos, mediante el debate colectivo de los resultados en la práctica científica, de las sesiones de defensa de los resultados con un sistema de oposiciones, lo que se ha reportado como un elemento clave en la formación de científicos a nivel de postgrado (González et al, 2020), pero que es plenamente utilizable en la formación de pregrado como se demostró en esta investigación

Como apoyo al trabajo de aprendizaje por proyecto el colectivo docente puso a disposición de los estudiantes obras científicas de autoría de sus integrantes, tales como son la referente a las vías para el diseño de instalaciones de la industria de procesos químicos y fermentativos (González, 2005); a los aspectos técnico económicos de los estudios previos inversionistas (González & Castro, 2012) y como bibliografía específica una de respaldo de la asignatura sobre las consideraciones y experiencias en la proyección y diseño de instalaciones de la industria química. (Ley et al, 2021).

RESULTADOS ALCANZADO EN LA EJECUCIÓN DE LA EXPERIENCIA

Como parte de seguimiento a la experiencia, fueron encuestados un total de 25 estudiantes seleccionados al azar, de un total de 31 matriculados en la asignatura Diseño de Plantas de la industria química, de la carrera de Ingeniería Química.

Los estudiantes asimilaron a la vez en la solución de los problemas de diseño de las instalaciones industriales los métodos de optimización de procesos de la industria química asignatura presentada al inicio de la Pandemia y que la totalidad de los 31 estudiantes de la asignatura de Diseño de instalaciones de la industria química y fermentativa utilizaron en su trabajo de la asignatura y en su Trabajo de Diploma asimilando los conocimientos de formulación y solución de un problema de optimización también aprendiendo por proyecto que como se ha dicho la utilizaron en la solución y canalizar la culminación, mediante el diseño óptimo preliminar de instalaciones de la industria química, de sus Trabajos de Diploma de sus estudiantes en los asuntos de:

1. Consideración del impacto de la fiabilidad en el valor inversionista de una fábrica de azúcar.
2. Diseño óptimo de una planta de producción de Xilosa anexa a una fábrica de azúcar crudo.
3. Determinación de las capacidades óptimas de producción de levadura torula y xilitol extrayendo jugo de los filtros en "Ciudad Caracas"
4. Diseño de una planta de levadura torula de impacto económico de extraer jugo de los filtros con vistas a incrementar el bagazo disponible.
5. Evaluación del por ciento de extracción de jugo de los filtros destinado a producir levadura torula para mejorar el balance energético en un central azucarero.
6. Diseño óptimo de las mezclas para una planta para la producción de cerveza empleando diferentes proporciones de maltas de sorgo y de cebada.
7. Diseño óptimo de una planta para la producción de maltina partiendo desde el malteado del sorgo ISIAF Dorado.
8. Rectificación del diseño de una instalación de una cervecería artesanal.
9. Diseño óptimo del reactor de acidificación en el proceso de obtención de lignina.
10. Diseño óptimo de un sistema de purificación de CO₂.
11. Diseño óptimo de la red de intercambio de calor en la máquina de papel de la papelera: "Pulpa Cuba".
12. Diseño óptimo de una planta de producción de torula con mezcla de sustratos.
13. Diseño óptimo de una instalación de secado de yuca.
14. Diseño de una planta de biogás para la reutilización de residuos sólidos urbanos (RSU) y otros componentes orgánicos en la generación energética.
15. Diseño óptimo de un sistema de recuperación del calor en el central Chiquitico Fabregat.
16. Diseño de una fábrica de caramelos.
17. Considerar el impacto de la fiabilidad en la inversión una fábrica de levadura torula.
18. Diseño óptimo de una instalación productora de torula de jugo de los filtros.
19. Diseño óptimo de una instalación productora de torula con vinazas.
20. Diseño de una instalación para el desarrollo de nuevos productos: néctar de frutas combinado con soya.
21. Diseño óptimo de una destilería de alcohol orgánico.
22. Diseño óptimo de una planta procesadora de crema bombón en la empresa de productos lácteos Escambray.
23. Diseño de una planta de procesado para el aprovechamiento de lactosuero de quesería.
24. Diseño de una planta química para la obtención de ácido fosfórico basado en el estudio de la necesidad de productos fosfatados en Cuba.
25. Design of a milk ice cream processing plant in the municipality of Aguada de Pasajeros.

Para la ejecución de estos proyectos se realizaron un conjunto de acciones reflejadas en la concepción del colectivo sobre la formación científica postgrado (González et al, 2020) reflejada en las siguientes actividades:

1. Circulación a los estudiantes del capítulo inicial del documento preparado para iniciar la asignatura.

Fecha: antes del inicio de la asignatura

2. Seminario Taller inicial para:

- Ratificar a los alumnos la importancia y compromisos con la economía de los proyectos de investigación en los cuales trabajarían.
- Ratificar los líderes científicos de cada proyecto.
- Explicar la complementación de cada uno de los proyectos individuales que cada uno realizaría en el contexto de los proyectos específicos.
- Verificar con cada estudiante y grupo de investigación si consideraban o no que el proyecto individual a ejecutar, así como el colectivo, era continuación de la preparación que habían recibido hasta ese momento en las asignaturas precedentes.
- Verificar la preparación de los estudiantes para la etapa inicial del proyecto a ejecutar en el aprendizaje de la asignatura considerando los contenidos del capítulo entregado en la actividad 1. Pregunta clave: ¿Qué disponibilidad existe de la información científica, tecnológica y económica para ejecutar el proyecto?
- Entregar a los estudiantes el material completo de apoyo de estudio elaborado.

Fecha: primera semana del curso

3. Seminario Taller para:

- Esclarecer en el colectivo de estudiantes, en cada proyecto de grupo, el proyecto específico de cada estudiante.
- Asignar el cotutor particular década estudiante.
- Verificar la preparación de los estudiantes para la etapa inicial del proyecto a ejecutar en el aprendizaje de

la asignatura considerando los contenidos del documento completo entregado. Pregunta clave: ¿Qué contenidos del material de apoyo considera que serán utilizados en el proyecto?

Fecha: segunda semana del curso

4. Trabajo individual con asesoría de los mentores o tutores específicos y los docentes de la asignatura Diseño de Plantas de la Industria Química
5. Seminario Taller para:
 - Control del avance de los proyectos individuales y del proyecto general
 - Aprobación de la ruta crítica de los proyectos generales y de los proyectos individuales

Fecha: tercera semana del curso

6. Trabajo individual con asesoría de los mentores o tutores específicos y los docentes de la asignatura Diseño de Plantas de la Industria Química
7. Escribir informe final de cada proyecto individual de cada estudiante y anexo un borrador de propuesta de artículo científico
8. Sesión científica final para evaluar los resultados de los proyectos particulares y del proyecto general.

Fecha: tercera semana del curso

9. Escribir informe final de cada proyecto grupal por colectivos de estudiantes.

Fecha: semana Final del curso

Para evaluar la satisfacción de los estudiantes se utilizó el sistema mixto propuesto por (Martí et al., 2010) en el cual las preguntas cerradas evaluaron la satisfacción o no de los estudiantes para enfrentar el aprendizaje basado en proyectos y las preguntas abiertas dirigidas a calificar la actividad con una calificación de uno a cinco (siendo 5 el mejor puntaje)

Como resultado de la calificación numérica se obtuvo una evaluación promedio de 4.30 sobre 5:00 puntos, lo que indica un alto grado de satisfacción de la experiencia.

En la Tabla 1 se presentan los resultados de la valoración mediante adjetivos de los estudiantes que se propiciaron con diversos adjetivos en la evaluación de la experiencia

Tabla 1. Resultado (%) de los diferentes adjetivos utilizados por los estudiantes sobre el método utilizado para el aprendizaje

Adjetivos utilizados en la valoración del ABP	Porcentaje de estudiantes (%)
Novedoso, Importante, Útil, Provecho	Novedoso 15.79 Importante 26.31 Útil 26.31 Provecho 5.26
Interesante	63.15
Instructivo y educativo	Instructivo 63.15 Educativo 68.42
Atractivo, original, apasionante	Atractivo 36.84 Original 26.31
Exitoso, bueno, beneficio, favorece el trabajo en equipo y la investigación	Exitoso 15.79 Beneficioso 5.26 Favorece el trabajo en equipo y la investigación 57.89
Formador y necesario	Formador 57.89 Necesario 57.89
Estresante Trabajoso	Estresante 26.31 Trabajoso 68.42

Pérdida de tiempo	0
Emprendedor	Emprendedor 57.89

Como se observa en la Tabla 1, aunque un 26.31% de los encuestados califica la forma de aprendizaje de estresante y trabajoso 68.42 %, lo que indica que se requirió del colectivo un esfuerzo fuera de lo normal en el proceso de enseñanza aprendizaje, no se expresan criterios sobre pérdida de tiempo y llama la atención la valoración sobre la utilización del método y su resultado, con una proyección muy positiva de 57.89% para el trabajo en equipo y la investigación e idéntica valoración para el calificativo de ser un método formador y necesario para contribuir al desarrollo de los profesionales.

CONCLUSIONES

Es viable el aprendizaje de la asignatura Diseño de plantas de la industria de procesos químicos mediante el método de aprendizaje por proyectos.

Un departamento docente con un fuerte vínculo de trabajo con la industria permite ofrecer a los estudiantes un universo de proyectos donde los estudiantes adquieren los conocimientos requeridos para la solución a las tareas que se presenten y a su vez, se cumplen las exigencias de su formación profesional.

El método de aprendizaje empleado en esta experiencia es necesario, instructivo, educativo, formador y, aunque trabajoso, favorece el trabajo en equipo y la investigación.

El uso del aprendizaje por proyectos en una asignatura favorece la preparación del estudiante en su formación como profesional de la industria química y fermentativa, al consolidar y concatenar la asignatura con la investigación, aspecto que se requiere para la ejecución y defensa de los Trabajos de Diploma finales.

La defensa de los resultados con un sistema de oponentes, que se ha reportado como un elemento clave en la formación de científicos a nivel de postgrado es plenamente utilizable en la formación de pregrado como se demostró en esta investigación

Resulta conveniente profundizar en el estudio y empleo de este método en otros cursos académicos, siendo recomendable su extensión a los estudios de posgrado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arocena, R., Goransson, B. & Sutz, J. (2015). Knowledge Policies in Developing Countries: Inclusive Development and the Developmental Universities. *Technology in Society*, 41, 10-20. <https://daneshyari.com/article/preview/375167.pdf>

Concepción Toledo, D. N., E. & González Suárez (2015). Formación laboral y proyectos integradores: actualidad y perspectivas en la UCLV. *Revista ISLAS*, 57(179), 195-205. <https://islas.uclv.edu.cu/index.php/islas/article/view/18>

Da Costa, M. J. & López Palacio, J. V. (2015). Fundamentos didácticos y curriculares del Proceso Pedagógico. *Revista ISLAS*, 57(179), 129-151. <https://islas.uclv.edu.cu/index.php/islas/article/view/21>

García Prado, R. A, Pérez Martínez, A., González Herrera, I., Villanueva Ramos, G. & González Suárez, E. (2019) Transferencia – asimilación de tecnologías de producción de biodiesel a partir de cachaza y la influencia de la macrolocalización en su rentabilidad. *Ingeniería, Investigación y tecnología*. XX(1), 1-10. <http://dx.doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n1.006>

González Suárez, E., Concepción Toledo, D. N., Ramos Miranda, F., Cortés Martínez, R. & López Bastida, E. J. (2021). Los métodos matemáticos en las acciones postgrado de Gestión de Conocimiento de Ingeniería Química. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(5), 259-267. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2232>

González, E. (2005). *Vías para el diseño de nuevas instalaciones de la industria química, fermentativa y farmacéutica*. Científico Técnica. <https://isbn.cloud/cu/editor/literario/erenio-gonzalez-suarez/>

González, E. & Castro, E. (2012) *Aspectos técnico económicos de los estudios previos inversionistas para la producción de etanol de caña de azúcar en el concepto de biorrefinería*. Cooperación Iberoamérica y Espacio Mediterráneo. <https://www.amazon.com/Aspectos-t%C3%A9cnico-econ%C3%B3micos-estudios-inversionistas-producci%C3%B3n/dp/8484396355>

González Suárez, E. D, Niurka Concepción Toledo, J. E., Miño Valdés, E. J., López Bastida, F. E. & Ramos Miranda, F. E. (2020) Necesidad y posibilidad de formar doctores desde la industria. Lugar de los métodos matemáticos. *Universidad y Sociedad*, 12(5), 531-537. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1742>

- Jácome Veray Ana Maricela, Lucía Espinoza Cedillo, César Balladares Atochey & Nora Mercedes Torres Torres. Estrategia metodológica basado en proyectos incide en el aprendizaje de matemáticas - nivel secundaria Ciencia Latina. *Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1). <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/articulo/view/1528/2127>
- Johari, A. & Bradshaw, A. (2008). Project-based learning in an internship program: A qualitative study of related roles and their motivational attributes. *Educational Technology Research and Development*, 56, 329-359. DOI: [10.1007/s11423-006-9009-2](https://doi.org/10.1007/s11423-006-9009-2)
- Leal Uisi, S. & Bong Anderson, S. (2015) La resolución de problemas matemáticos en el contexto de los proyectos de aprendizaje. *Revista de Investigación*, 39(84), 71-93. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376140399004>
- León Díaz, O., Pierra Conde, A., García Cuevas, J. L. & Fernández González, A. (2021). La educación superior cubana en el escenario actual del sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(1), 371-381.
- López Palacio, J. V. (2010). Fundamentos didácticos y curriculares; *EDUMECENTRO*, 2(3), 1-18, <http://www.revedumecentro.sld.cu/index.php/edumc/rt/printer-Friendly/225/451>
- Ley Chong, L., González, E., Hernández Touse, J. P. & Ramos Miranda, F. (2021). *Consideraciones y experiencias en la proyección y diseño de instalaciones de la industria química*. Feijoo.
- Martí Áreas J. A., Heydrich, M., Rojas, M. & Hernández, A (2010). Aprendizaje basado en proyectos: una experiencia de innovación docente. *Revista Universidad EAFIT*. 46(158), 11-21. <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/743>
- Martí, J. (1991). *Obras completas*. Tomo 2 Ciencias Sociales. <http://biblioteca.clacso.edu.ar/Cuba/cem-cu/20150114035257/Vol02.pdf>
- Maußner, J. & Freund, H. (2018). Optimization under uncertainty in chemical engineering: Comparative evaluation of unscented transformation methods and cubature rules. *Chemical Engineering Science*, 183, 329-345. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000925091830040X>
- Mesa, L., Víctor Soares, V., Marcus, B., Soares Forte, J. C., Erenio González, E. & Silvio S. da Silva. (2020) *Optimization of BmimCl pretreatment of sugarcane bagasse through combining multiple responses to increase sugar production. An approach of the kinetic model Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00792-0>
- Pérez Navarro O, A., Acosta Solares, E., González Suárez, N. & Ley Chong Optimum (2022). Economic design of an acetylated gelatinized starch plant from Manihot esculenta Crantz. *AFINIDAD*, LXXIX(596). <file:///C:/Users/erenio/Downloads/401374-Article%20Text-586660-1-10-20220715.pdf>
- Saborido Loidy, J. R. (2018) *Conferencia inaugural en La Universidad y la Agenda 2030 de desarrollo sostenible en el centenario de la reforma universitaria de Córdoba*. Visión desde Cuba. Universidad 2018. MES.