



Actividades didácticas para mejorar el dominio de las operaciones unitarias en la carrera de Ingeniería Química

Didactic activities to improve mastery of unit operations in the Chemical Engineering program

Autores

¹Gabriel Alfonso Burgos-Briones



²Alex Alberto Dueñas-Rivadeneira



Resumen

Las actividades didácticas aplicadas en evaporación y la destilación como parte de las operaciones unitarias, permiten adaptar teoría y práctica a través de estrategias activas que permitan mejorar el aprendizaje de estas, promoviendo el avance de competencias experimentales y resolución de problemas. La finalidad de la presente investigación fue diseñar actividades didácticas para mejorar el dominio de las Operaciones Unitarias de Evaporación y Destilación en el séptimo nivel de la Carrera de Ingeniería Química. La metodología tiene un enfoque cuantitativo con alcance exploratorio, presenta un diseño experimental aplicando un pre-experimento que consistió en el diseño de una preprueba/posprueba con un solo grupo. La población definida está representada de manera finita por 52 estudiantes que conformaban los alumnos que cursaron la asignatura, considerando un muestreo de clase Probabilística. Como técnica se aplicó la observación e instrumentos de tipo cuestionario usando encuestas cerradas. El análisis estadístico se lo realizó con el software estadístico SPSS versión 27 en inglés, aplicando una tipología inferencial con un análisis no paramétrico realizado un diagrama de Pareto para decidir las actividades que requieren mayor atención y el chi cuadrado para determinar las diferencias significativas. Es destacable que cada una de las cinco actividades analizadas presentaron mejoras significativas una vez aplicadas las actividades didácticas, con esto se aprobó la hipótesis alternativa, destacando la actividad de lecturas de diagramas que fue la que mayor significancia tuvo según el análisis estadístico. Como conclusión se muestra que implementación de cinco actividades didácticas diferentes entre sí, fortaleció significativamente la enseñanza y el aprendizaje de las operaciones unitarias, permitiendo al estudiante una mejor comprensión para aplicar conocimientos en contextos prácticos.

PALAVRAS-CHAVE: balances termodinámicos; destilación; entalpías; evaporación; unidades.

Abstract

The didactic activities applied to evaporation and distillation as part of the unitary operations, allow the adaptation of theory and practice through active strategies that improve learning, promoting the advancement of experimental skills and problem solving. The purpose of this research was to design didactic activities to improve the mastery of Unit Operations of Evaporation and Distillation in the seventh level of Chemical Engineering. The methodology has a quantitative approach with an exploratory scope, presents an experimental design applying a pre-experiment that consisted of a pre-test/post-test design with a single group. The defined population is represented in a finite way by 52 students who made up the students who took the course, considering a probability class sampling. Observation and questionnaire-type instruments were applied as a technique using closed-ended surveys. The statistical analysis was carried out with SPSS statistical software version 27 in English, applying an inferential typology with a nonparametric analysis using a Pareto diagram to decide which activities required more attention and the chi-square to determine significant differences. It is noteworthy that each of the five activities analyzed presented significant improvements once the didactic activities were applied, thus approving the alternative hypothesis, highlighting the activity of reading diagrams, which was the one with the highest significance according to the statistical analysis. As a conclusion, it is shown that the implementation of five different didactic activities significantly strengthened the teaching and learning of unit operations, allowing students to better understand and apply knowledge in practical contexts.

KEYWORDS: thermodynamic balances; distillation; enthalpies; evaporation; units.

Enviado: 2025-05-22
Aceptado: 2025-07-14
Publicado: 2025-07-14



INTRODUCCIÓN: PUNTO DE PARTIDA

“El derecho a la educación es un pilar fundamental en cualquier sociedad, incluso en tiempos de crisis, lo cual está enmarcado en todas las Constituciones del mundo, como un derecho fundamental del ser humano” (Gil, 2024). El mundo, el país y las entidades federativas han presenciado situaciones de rezago y abandono escolar en las que los más afectados han sido los que ya se encontraban en situación de desventaja. “En el planeta, 1600 millones de alumnos dejaron de asistir a la escuela para continuar con su educación desde sus hogares” (Carro & Lima, 2022).

“En el caso de Ecuador, tanto las evaluaciones nacionales como internacionales indicaban que antes de la pandemia los aprendizajes de los alumnos no eran satisfactorios, aunque en los últimos años se han incrementado” (López et al., 2021). Según el estudio de Duque & Puebla, (2023) la educación fiscal es la más afectada, debido a que durante la pandemia los estados han disminuido los presupuesto para la educación. Además, la economía familiar no les ha permitido tener instrumentos tecnológicos y la conectividad del internet no ha sido la adecuada, produciendo incluso una gran deserción.

Desde el punto de vista educativo y haciendo referencia a los años 2022, 2023 y 2024, los cuáles han sido partícipes del retorno progresivo a la presencialidad de las clases en la educación superior, esto como respuesta a la virtualidad obligada a causa de la pandemia COVID - 19 y de otros factores negativos como la inseguridad nacional que vive el Ecuador como lo suscitado el 9 de enero de 2024 que tras el ataque armado a un canal de televisión local, el Gobierno Nacional decretó estado de excepción y con ello las clases de educación superior finalizaron en modalidad virtual (AP News, 2024).

A partir de aquello, se observan los efectos negativos en distintas asignaturas, lo cual incita al docente y a la institución a tomar las medidas adecuadas en torno a la didáctica, para tratar de minimizar dichas falencias, principalmente en asignaturas profesionalizantes de la carrera de Ingeniería Química como es “Operaciones Unitarias”, la cual según Martín & Speltini, (2010) “es una temática que está orientada a enfrentar problemas que exigen conocer especificaciones de las materias primas y de los productos terminados, además necesita identificar las variables del proceso que influyen en la calidad de los materiales” (p. 5).

Según Rodríguez et al., (2021) “la calidad de las instituciones de educación superior (IES) depende de la pertinencia de los programas ofertados (p. 2)”, lo cual se puede conocer mediante diversos indicadores de la trayectoria académica, como la reprobación, la eficiencia del alumno y la deserción, lo que destaca la importancia de actuar de diagnosticar y determinar el impacto de la educación recibida por los alumnos.

Uno de los rasgos distintivos del nivel educativo superior es buscar resultados de aprendizaje ambiciosos y profundos, por ser un nivel terminal de estudios, donde concluye la educación formal, si bien es cierto, hay diferencias entre las disciplinas sobre la importancia de cada una de ellas, sin embargo, el bien común de todas las asignaturas es fomentar la calidad de estudiante (Guzmán, 2011).

En cuanto a lo descrito por López et al., (2015) “los procesos de mejora continua en las instituciones de educación superior constituyen no solo un reto, sino su compromiso con la actual y futura sociedad para asegurar la calidad de la formación permanente de especialistas (p. 198)”. Otras investigaciones como la de Calderón & Garro, (2016) “sostienen que las carreras universitarias, por lo general, basan su desarrollo en un plan de estudios en el cual se estructuran, en cierta secuencia, una determinada cantidad de cursos (p. 2)”.

Autores como Vaca et al., (2018) “consideran que la elaboración de los planes de mejora, lleva implícita la necesidad de concebirlo como un proceso y de que este sea gestionado adecuadamente para lograr los cambios esperados (p. 12)”.

Como parte fundamental se la presente investigación se destaca que la ingeniería química es la rama de la ingeniería encargada de aplicar conocimientos de ciencias como la química, física, biología y matemáticas al proceso de transformar materias primas o productos químicos en productos más elaborados y/o mucho más útiles.

Un ingeniero químico, es un profesional multidisciplinario encargado del diseño, desarrollo y gestión de procesos que optimicen la transformación de materias primas para la fabricación de nuevos productos. Actualmente, es también considerado un investigador que plantea el mejoramiento de diversos procesos químicos, liderando equipos comprometidos con el cuidado del medio ambiente (Universidad de Ingeniería y Tecnología, 2022).

Para Treybal, (2012) una parte importante de las operaciones unitarias en la Ingeniería Química está relacionada con el poder modificar la composición de soluciones y mezclas mediante métodos que no impliquen, necesariamente, reacciones químicas, donde por lo común estas operaciones se encaminan a separar las partes componentes de una sustancia.

En operaciones unitarias como la evaporación, Geankolis, (1998), sostiene que “esta consiste en eliminar agua en un líquido o que también se podría considerar como la eliminación del vapor formado por ebullición de una solución líquida de la que se obtiene una solución más concentrada”, mientras que autores como Ocon & Tojo, (1980) “definen que la evaporación es la separación de un disolvente volátil de un soluto no volátil por vaporización del disolvente”.

En operaciones unitarias como la destilación Badger & Banchero, (1986) “mencionan que la misma se emplea algunas veces para designar aquellos procesos en los que se vaporiza uno de los constituyentes de una solución”, mientras que para investigadores como Treybal, (2012) “la destilación es un método para separar de una solución y también se refiere a separar soluciones en que todos los componentes son apreciablemente volátiles”.

La complejidad de operaciones unitarias como la evaporación y la destilación se relaciona con los contenidos básicos que deben tener los estudiantes como conocimientos previos, pues esta materia abarca unos requisitos mínimos que se deben poseer para poder cursar de una manera normal dicha asignatura. Para poder acreditar sin mayores obstáculos la temática ya mencionada, es necesario poseer conocimientos básicos en introducción a la ingeniería química, balance de materia y energía, transferencia de calor y masa, entre otros, que son consideradas como una base.

Como antecedente se mencionan los resultados obtenidos en la investigación de Castrillón et al., (2016) “donde diseñaron estrategias para fortalecer el desempeño del estudiante en el campo profesional de la ingeniería química tanto en pregrado y que al mismo tiempo serviría como base para un futuro posgrado”.

Los procesos de capacitaciones que fomentan la mejora en el proceso de enseñanza - aprendizaje son muy importantes en la educación, como lo avalaron Flores & Aballe, (2018) quienes mencionaron que “se debe concebir la formación docente como el proceso permanente de adquisición, estructuración y reestructuración de conocimientos, habilidades, destrezas y valores para el desempeño de la función docente”.

Lo sostenido por Novoa & Sandoval, (2023) fortalece lo comentado previamente, pues indican que el trabajo realizado por los docentes, conduce al éxito de los aprendizajes, llevándolos de un nivel significativo a otro denominado aprendizaje significativo sostenible, haciendo presencia el aprendizaje basado en: investigación, problemas, casos y proyectos identificados en las literaturas académicas diversas.

Se ha observado una baja considerable en el conocimiento de temáticas básicas por parte de los estudiantes de Operaciones Unitarias en la carrera de Ingeniería Química. Dicha falencia afecta el desempeño en contenidos fundamentales como Evaporación y Destilación. Limitando su capacidad de lograr un rendimiento sobresaliente, planteando la necesidad de investigar sus causas y diseñar estrategias de mejora académica.

El objetivo del presente estudio es diseñar actividades didácticas para mejorar el dominio de las Operaciones Unitarias de Evaporación y Destilación en el séptimo nivel de la Carrera de Ingeniería Química, así como diagnosticar el conocimiento básico en operaciones unitarias de los alumnos y diseñar / validar un diseño de actividades didácticas mediante el criterio de expertos.

Por tanto, se plantearon las hipótesis: H0: Un diseño de actividades didácticas no mejorará el dominio de las operaciones unitarias de evaporación y destilación en la carrera de Ingeniería-Química. H1: Un diseño de actividades didácticas mejorará el dominio de las operaciones unitarias de evaporación y destilación en la carrera de Ingeniería-Química.

La importancia de la presente investigación se justifica, en que las operaciones unitarias son consideradas el corazón de la carrera de ingeniería química y por ende se busca beneficiar el proceso tanto de enseñanza del docente como la facilidad de aprendizaje delumnado, y con ello puedan contribuir a la sociedad y la industria con conocimientos importantes.

2. MÉTODOS: RUTA METODOLÓGICA

“Para la realización del estudio el autor se basó en la literatura de Hernández et al., (2014), definiendo un proceso metodológico guiado por un enfoque cuantitativo con alcance exploratorio, planteando un diseño experimental aplicando un pre- experimento que consiste en el Diseño de preprueba/postprueba con un solo grupo”. “Lo cual permite a un investigador aplicar un instrumento que mida la variable antes y después de la ejecución de algún protocolo” (Ramos, 2021).

Con lo cual se pretende mejorar los conocimientos básicos en Operaciones Unitarias como Evaporación y Destilación en los alumnos de séptimo nivel de la Carrera de Ingeniería Química en el periodo 2024 – 2025. Las variables a estudiar fueron, actividades didácticas como la independiente y el dominio de las operaciones unitarias de Evaporación y Destilación como variable dependiente.

El estudio se basa en el uso del método científico, donde la parte empírica seleccionada es la observación que es la encargada de la recolección de información en forma sistemática, válida y confiable. Por otro lado, está la medición que se base en la recopilación de datos cuantitativos que indiquen irregularidades.

Técnicas e Instrumentos

La recolección de datos en la presente investigación de carácter cuantitativo, se basa en instrumentos de tipo: cuestionario y escalas de mediciones. Para los cuestionarios se usan encuestas con preguntas cerradas, para la medición el escalamiento tipo Likert y para la observación se toman en cuenta pruebas basadas en conocimientos e indicadores de calificaciones. El instrumento “cuestionario” diseñado para la recolección de información y el material didáctico aplicado fueron validados por docentes con experiencia profesional y docente en temas de operaciones unitarias de la carrera de Ingeniería Química, implementando cinco actividades didácticas:

Talleres en clase sobre unidades y conversiones:

Los estudiantes resolvieron ejercicios aplicados sobre factores de conversión de unidades de masa, longitud, tiempo, temperatura, presión, entre otras, con retroalimentación inmediata del docente.

Trabajo colaborativo con análisis de tablas de propiedades del agua

Se formaron grupos para interpretar y comparar datos de presión y temperatura del agua en estado líquido y vapor a partir de las tablas de vapor de diversos libros de Operaciones Unitarias, con énfasis en su aplicación en operaciones de cambio de fase.

Lectura comentada y análisis colaborativo de tablas de entalpía

Se utilizó una guía de lectura para interpretar de entalpías del agua en diferentes estados a partir de tablas de diversos libros de Operaciones Unitarias, reforzando la identificación de entalpía para líquidos, vapor y su calor latente. Los estudiantes, organizados en equipos, resolvieron ejercicios aplicados a procesos de cambio de fase utilizando valores extraídos directamente de las tablas.

Práctica de lectura de diagramas

Se desarrollaron ejercicios individuales y grupales de interpretación de diagramas termodinámicos utilizados en evaporación y destilación, promoviendo la comprensión de estados y transiciones de fase.

Resolución de casos prácticos con balances de materia y energía

Se plantearon situaciones reales en procesos de separación donde los estudiantes aplicaron balances de materia y energía con apoyo del docente mediante una explicación heurística paso a paso.

La población definida está representada de manera finita por 52 estudiantes de operaciones unitarias de la carrera de Ingeniería Química, que comprenden en su totalidad todos los estudiantes matriculados en los paralelos aperturados durante el periodo S2 -2024, lo cual es considerado un muestreo de clase Probabilística.

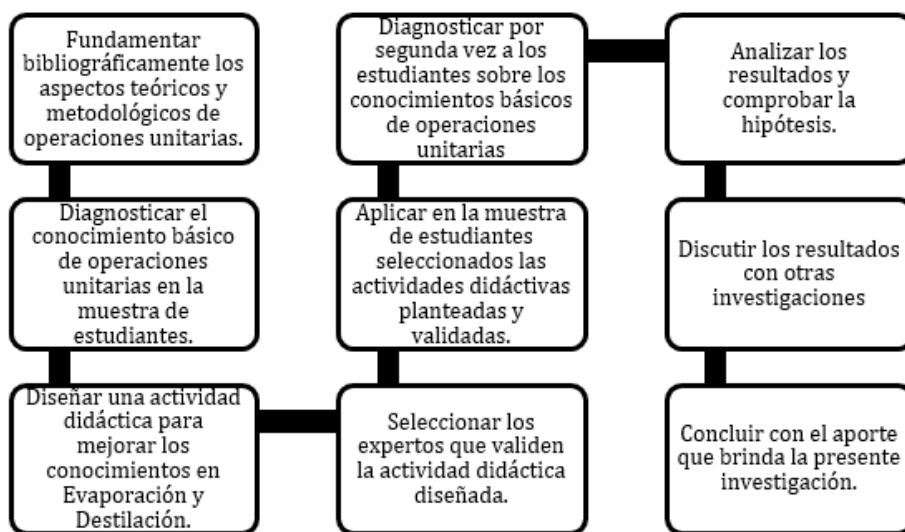
Aparte se seleccionaron 4 docentes de operaciones unitarias de la carrera de Ingeniería Química que contribuyeron a seleccionar/validar los aspectos teóricos y metodológicos que deberá contener un diseño de una determinada actividad didáctica para mejorar los conocimientos de las operaciones unitarias como evaporación y destilación.

Análisis estadístico

El método estadístico-matemático se realizará con una tipología inferencial para conseguir información al utilizar un procedimiento ordenado, esto aplicando un análisis no paramétrico con la ejecución de un Diagrama de Pareto y El Chi-cuadrado para analizar la diferencia entre la preprueba y la postprueba aplicada y con ello poder establecer la correcta relación entre las variables evaluadas. Para aplicar el test de chi-cuadrado, los datos fueron categóricos y las observaciones fueron independientes. La muestra fue suficientemente grande. Los softwares a utilizar son: Microsoft Excel y el procesador estadístico SPSS versión 27 en español.

En la Figura 1 se muestra un diagrama del proceso realizado paso a paso en la presente investigación:

Figura 1. Procedimiento realizado en la presente



3. RESULTADOS: INDICIOS Y HALLAZGOS

Las actividades didácticas, en el marco de una enseñanza activa y constructivista, se conciben como elementos estructurados que promueven la interacción del estudiante con el contenido, favoreciendo su participación, reflexión y construcción del aprendizaje, considerándose eficaces cuando tras su implementación se observa un incremento en la comprensión (Asunción & Delgado, 2022).

A partir de la aplicación de un cuestionario digital en Google Forms, dirigido a estudiantes del séptimo nivel de la asignatura Operaciones Unitarias de la carrera de Ingeniería Química (periodo 2024–2025), se recolectó información diagnóstica sobre el dominio de conceptos clave relacionados con evaporación y destilación. El instrumento abarcó cinco temáticas fundamentales: unidades y conversiones, tablas de propiedades del agua, entalpias, lectura de diagramas y balances de materia. Los resultados se organizaron en función de dos momentos evaluativos: una preprueba y una postprueba.

La preprueba permitió identificar el nivel inicial de conocimientos de los estudiantes, estableciendo una línea base sobre su comprensión de las temáticas abordadas. Posteriormente, se implementaron las actividades

didácticas diseñadas, detalladas en la sección de metodología. Finalmente, se aplicó una postprueba con el objetivo de valorar el impacto de dichas actividades sobre el aprendizaje, contrastando los resultados obtenidos antes y después de la intervención pedagógica.

Dichas actividades didácticas fueron validadas mediante el criterio de expertos: docentes con amplia experiencia profesional y académica en Operaciones Unitarias, específicamente en los procesos de evaporación y destilación. Luego de esta validación, se procedió con la aplicación de la postprueba, con el fin de evidenciar si las estrategias implementadas generaron mejoras significativas en el aprendizaje. Esta etapa se fundamentó en la metodología diseñada por Bedón & Cedeño, (2023). A continuación, se presentan los resultados de la fase de preprueba (Ver tabla 1).

Tabla 1. Preprueba

PRE PRUEBA								
	Destreza	Excelente	Porcentaje %	Deficiente	Porcentaje %	Total	Totales %	
Unidades y conversión	¿Cómo es su dominio de unidades y conversión de masa, volumen, presión, entre otras??	10	19.23	42	80.77	52	100.00	
Tablas de propiedades del agua	¿Cómo considera su conocimiento en Determinación de presión y volumen específico del agua a partir de una temperatura?	12	23.08	40	76.92	52	100.00	
Entalpias	¿Cómo considera su habilidad en la Determinación de entalpias de un líquido, de un vapor y entalpias de vaporización a partir de una determinada presión o temperatura?	8	15.38	44	84.62	52	100.00	
Lecturas de diagramas	¿Cómo es su habilidad en torno a la compresión de diagramas referentes a concentración, entalpias, elevaciones de punto de ebullición, entre otros??	6	11.54	46	88.46	52	100.00	
Balance de materiales y energía	¿Cómo es su Dominio de la Ley de la conservación de la materia y la energía?	8	15.38	44	84.62	52	100.00	

Una vez tabulada la preprueba, se determinó, que:

Para el dominio de unidades y conversión de masa, volumen, presión, entre otras., el 80.77% de los estudiantes, posee cualidades “deficientes”, mientras que el 19.23% posee destrezas “excelentes”. Justificando su implementación, debido a la importancia y problemas que puede generar dicho desconocimiento.

Para el dominio en Determinación de presión y volumen específico del agua a partir de una temperatura., el 79.62% de los estudiantes, posee cualidades “deficientes”, mientras que el 23.08% posee destrezas “excelentes”.

Para el dominio en Determinación de entalpías de un líquido, de un vapor y entalpías de vaporización a partir de una determinada presión o temperatura., el 84.62% de los estudiantes, posee cualidades “deficientes”, mientras que el 15.38% posee destrezas “excelentes”.

Para la habilidad en torno a la compresión de diagramas referentes a concentración, entalpías, elevaciones de punto de ebullición, entre otros., el 88.46% de los estudiantes, posee cualidades “deficientes”, mientras que el 11.54% posee destrezas “excelentes”.

Para el Dominio de la Ley de la conservación de la materia y la energía., el 84.62% de los estudiantes, posee cualidades “deficientes”, mientras que el 15.38% posee destrezas “excelentes”.

Una vez aplicadas las actividades didácticas para la mejora de las operaciones unitarias como evaporación y destilación, destinada a los alumnos de 7mo nivel de la carrera de ingeniería química correspondiente al periodo 2024 – 2025, se logró evidenciar en la Tabla 2 de post prueba lo siguiente:

Tabla 2. Postprueba.

POST PRUEBA

	Actividad	Destreza	Excelente	Porcentaje %	Deficiente	Porcentaje %	Total	Total %
Unidades y conversión	¿Cómo es su dominio de unidades y conversión de masa, volumen, presión, entre otras??	52	100.00	0	0.00	52	100.00	
Tablas de propiedades del agua	¿Cómo considera su conocimiento en Determinación de presión y volumen específico del agua a partir de una temperatura?	46	88.46	6	11.54	52	100.00	
Entalpías	¿Cómo considera su habilidad en la Determinación de entalpías de un líquido, de un vapor y entalpías de vaporización a partir de una determinada presión o temperatura?	50	96.15	2	3.85	52	100.00	
Lecturas de diagramas	¿Cómo es su habilidad en torno a la compresión de diagramas referentes a concentración, entalpías, elevaciones de punto de ebullición, entre otros??	50	96.15	2	3.85	52	100.00	
Balance de materiales y energía	¿Cómo es su Dominio de la Ley de la conservación de la materia y la energía?	46	88.46	6	11.54	52	100.00	

En la actividad de unidades y conversión se vio un progreso de 19,23 a 100%; mientras que, en cuanto a las actividades planteadas con respecto a tablas de propiedades del agua se observó una mejora de 23,08 a 88,46%; respecto a la actividad de uso de entalpías se pudo apreciar un incremento de 15,38 a 96,15%; según la actividad de lecturas de diagramas, esta aumentó de 11,54 a 96,15%, así mismo, se logró observar que en la actividad referente a balances de materia y energía se logró una mejora de 15,38 a 88,46%.

De acuerdo a lo observado se puede determinar que la mayoría de los estudiantes presentaron una considerable mejora en el aprendizaje de las operaciones unitarias de evaporación y destilación en la Carrera de Ingeniería Química. No obstante, se ejecuta el diagrama de Pareto para identificar las principales dificultades de aprendizaje y la prueba de chi cuadrado para evaluar si las mejoras observadas tras las actividades didácticas son estadísticamente significativas.

Para el diagrama de pareto se dividieron las actividades en dos fases: preprueba y postprueba. Cada actividad tiene dos métricas asociadas: Frecuencia Excelente (número de respuestas 'Excelente') y Frecuencia Deficiente (número de respuestas 'Deficiente'). Lo cual se puede apreciar en la Tabla 3.

Tabla 3. Frecuencias en las actividades analizadas

Actividad	Frecuencia Excelente	Frecuencia Deficiente	Porcentaje acumulado excelente	Porcentaje acumulado deficiente
Unidades y conversiones (Post)	52	0	18,06	0,00
Entalpias (Post)	50	2	35,42	0,86
Lecturas de diagramas (Post)	50	2	52,78	1,72
Tablas de propiedades del agua (Post)	46	6	68,75	4,31
Balances de Materia y Energía (Post)	46	6	84,72	6,90
Tablas de Propiedades del agua (Pre)	12	40	88,89	24,14
Unidades y conversiones (Pre)	10	42	92,36	42,24
Entalpias (Pre)	8	44	95,14	61,21
Balances de Materia y Energía (Pre)	8	44	97,92	80,17
Lecturas de diagramas (Pre)	6	46	100,00	100,00

En las figuras 2 y 3, se observa que, la Frecuencia Excelente y su porcentaje acumulado destacan las actividades con mejor desempeño. Por otro lado, la Frecuencia Deficiente y su porcentaje acumulado identifican las actividades con mayor dificultad o necesidad de intervención.

El análisis de Pareto, basado en los porcentajes acumulados, permite identificar el 80% de impacto acumulado, ayudando a enfocar los esfuerzos en las actividades más relevantes.

Figura 2. Frecuencias por actividades preprueba y postprueba según resultados "Deficientes"

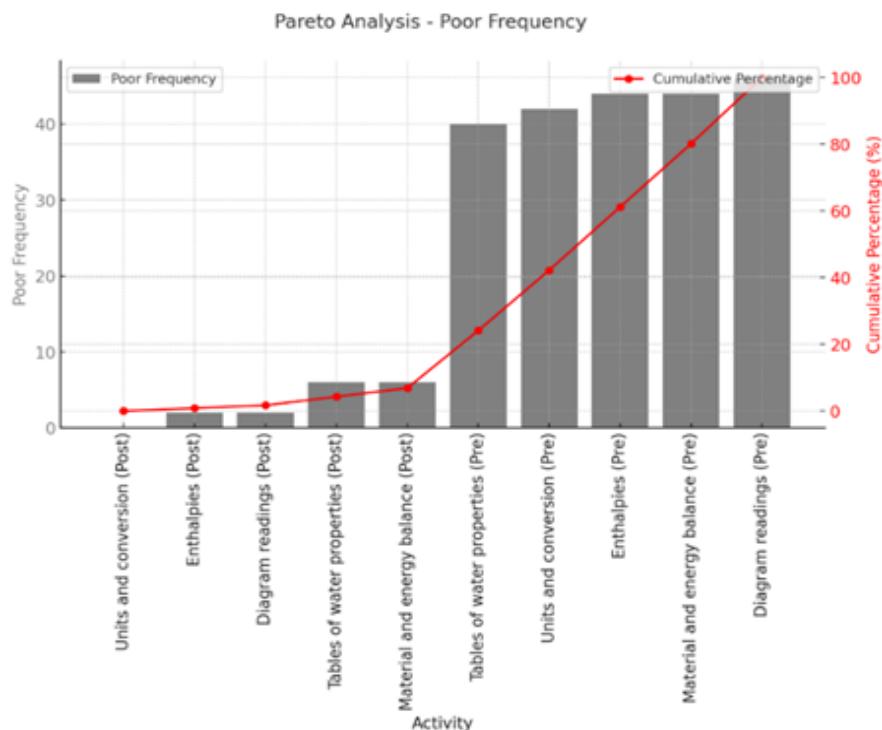
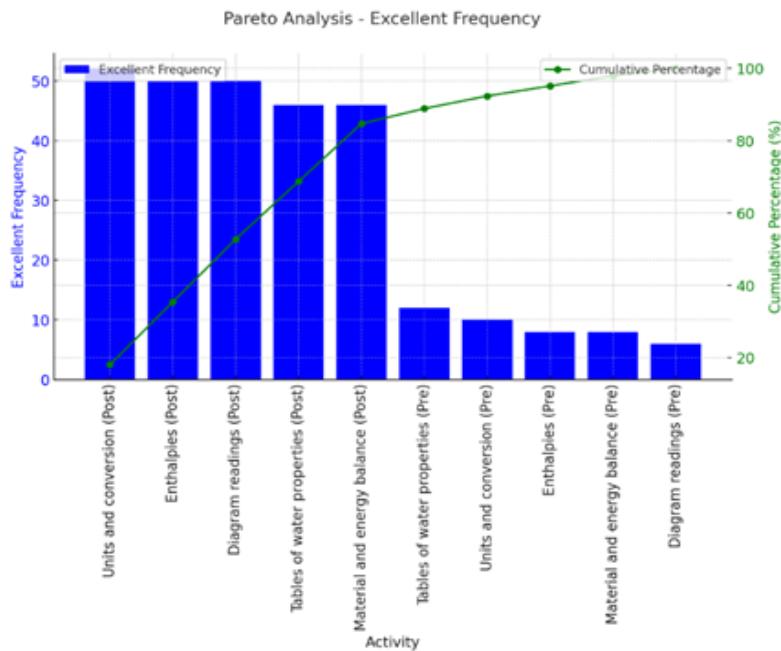


Figura 3. Frecuencias por actividades preprueba y postprueba según resultados “Excelentes”



4. DISCUSIÓN: SIGNIFICADOS EN DIÁLOGO

El análisis de Pareto aplicado a los resultados de las evaluaciones pre y post intervención en diversas actividades de ingeniería química ha permitido identificar las áreas que requieren mayor atención para optimizar el proceso educativo. Este enfoque, basado en el principio 80/20, sugiere que un porcentaje significativo de los problemas o deficiencias puede atribuirse a un pequeño número de causas principales. En el contexto de la educación en ingeniería química, la aplicación del diagrama de Pareto facilita la identificación de las áreas donde los estudiantes presentan mayores dificultades.

La implementación de metodologías de aprendizaje activo en la ingeniería química ha demostrado ser efectiva para mejorar la comprensión de los conceptos por parte de los estudiantes. Martínez y Moreno et al., (2007) destacan “que el trabajo estudiantil en laboratorios, cuando se enfoca en el aprendizaje activo, contribuye significativamente al entendimiento de los principios fundamentales de la ingeniería química”.

Es importante reconocer que la aplicación del análisis de Pareto en el ámbito educativo no solo ayuda a identificar las áreas problemáticas, sino que también orienta la asignación de recursos y esfuerzos para maximizar el impacto de las intervenciones pedagógicas. Al enfocarse en las causas principales de las deficiencias en el aprendizaje, los educadores pueden desarrollar estrategias más efectivas para mejorar el desempeño de los estudiantes en ingeniería química.

Esta investigación destaca la importancia de saber cómo se relacionan los estudiantes con las temáticas analizadas, lo cual es sostenido en el estudio de Farias & Trias, (2024) donde destacan que “es necesario conocer el cómo interactúan los estudiantes universitarios con los contenidos de Química, mediante un procedimiento que puede ser utilizado por los docentes en sus clases para conocer más sobre sus estrategias y promover la reflexión metacognitiva”.

El Chi Cuadrado consistió en determinar si hubo una diferencia significativa entre los resultados de la preprueba y la postprueba en cinco actividades específicas. Para ello, se recopilaron las frecuencias para las categorías 'Excelente' y 'Deficiente' en cada actividad durante la preprueba y la postprueba. Lo cual se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Proporciones de respuestas por frecuencias

Actividad	Pre excelente	Pre deficiente	Post excelente	Post deficiente
Unidades y conversiones	10	42	52	0
Tablas de propiedades del agua	12	40	46	6
Entalpías	8	44	50	2
Lectura de diagramas	6	26	50	2
Balance de materia y energía	8	44	46	6

Tabla 5. Prueba del Chi - Cuadrado

Actividad	Chi-Square Statistic	p-value	Grados de Libertad
Unidades y conversiones	67.14	0.0	1
Entalpías	65.53	0.0	1
Lecturas de diagramas	71.54	0.0	1
Tablas de propiedades del agua	42.45	0.0	1
Balances de materia y energía	52.73	0.0	1

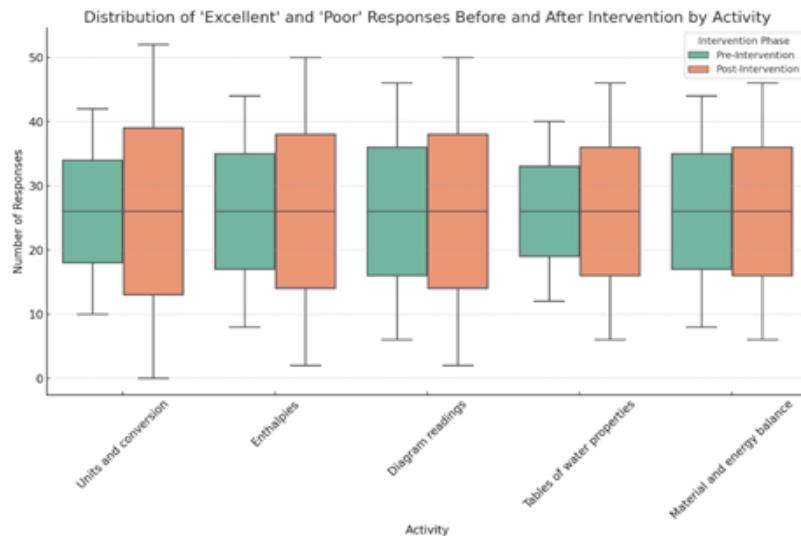
Los resultados de la prueba de Chi-Cuadrado muestran en la Figura 4 que en todas las actividades se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las respuestas entre la preprueba y la postprueba. Evidenciando una mejora notable en el desempeño de los estudiantes tras la intervención educativa. Este hallazgo sugiere que las estrategias implementadas fueron efectivas para fortalecer las competencias en áreas clave de la ingeniería química.

Las actividades con los valores de Chi-cuadrado más altos, como "Lecturas de diagramas" (71.54) y "Unidades y conversiones" (67.13), indican que la intervención tuvo un impacto considerable en la mejora de las respuestas de los participantes. Dado que los valores p en todas las actividades son menores a 0.05, podemos concluir que los cambios observados en las respuestas no son producto del azar, sino que reflejan un impacto significativo de la intervención en la percepción de los participantes.

Por lo tanto, se permite indicar que la relación es significativa, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. En conclusión: Existe una relación positiva, directa y alta entre las actividades didácticas y el dominio de las operaciones unitarias de evaporación y destilación en la carrera de Ingeniería Química.

La figura 4 refuerza los resultados de la prueba de Chi-Cuadrado, que mostró diferencias estadísticamente significativas entre la preprueba y la postprueba. Los cambios observados no son aleatorios, sino que reflejan un impacto real de la intervención.

Figura 4. Resultados del Chi Cuadrado



La mejora observada es consistente con estudios previos que destacan la eficacia de metodologías activas en la enseñanza de la química, como lo sostienen Zamorano & Alquisira, (2024) al mencionar que “la aplicación de evaluaciones formativas ha demostrado ser una herramienta valiosa para mejorar el aprendizaje, al proporcionar retroalimentación continua y oportunidades de autoevaluación”.

Así mismo es relevante considerar que la implementación de estrategias didácticas innovadoras, puede tener un impacto positivo en el aprendizaje de la química industrial, como lo indicó el estudio de Ramos et al., (2022) quienes “evidenciaron que este enfoque promueve una comprensión más profunda y una mayor retención del conocimiento”. Reforzando aquello con el estudio de Trujillo & Carrillo, (2015) argumentando que “la incorporación de simulaciones por ordenador, combinadas con prácticas reales, ha mostrado mejorar la preparación de los estudiantes en la enseñanza-aprendizaje de la ingeniería química”.

Sin embargo, es importante reconocer que la efectividad de estas intervenciones puede variar según diversos factores, como las características del grupo estudiantil, el contexto institucional y los recursos disponibles. Por lo tanto, se recomienda realizar estudios adicionales que consideren estas variables para generalizar los resultados obtenidos. Así mismo, es importante mencionar que, las estrategias de aprendizaje del alumno se definen en relación a la toma de decisiones.

Teniendo en cuenta que, “Estos procesos eligen y activan aquellos conocimientos que se necesitan para responder a las exigencias de la demanda profesional y personal, en función de las condiciones de la situación educativa” (Maldonado et al., 2019). Debido a que el aprendizaje ha sido uno de los procesos más estudiados por ciencias como la Psicología y la Didáctica. “Ello tiene una causa justificada, ya que las diversas teorías que han explicado el aprendizaje lo conceptualizan como una transformación en el sujeto, por lo que implica evolución en el desarrollo del individuo” (Pérez & Hernández, 2001).

Con ello “se justifica que la metodología didáctica se entiende como la acción sistematizada de seleccionar y organizar las actividades, los recursos y los tiempos para alcanzar los objetivos de formación definidos por la

estrategia didáctica” (Montenegro et al., 2016). Según investigadores como Herrera & Villafuerte, (2023) con el tiempo se ha asentado que las estrategias didácticas en la educación generan un gran efecto en el desarrollo del aprendizaje por parte de los estudiantes, donde se reflejan resultados positivos que generan beneficio tanto al profesor como al alumno.

Es importante también destacar que en todo proceso educativo las guías didácticas o guías de estudio como también suelen denominarse, constituyen una herramienta pedagógica que ha sido utilizada tradicionalmente tanto en la educación como en otras profesiones, fundamentalmente por aquellos que sustentan su labor docente en el constructivismo (García & de la Cruz, 2014).

En este tipo de procesos también es necesario tomar en cuenta las TICs, puesto que las grandes transformaciones tecnológicas que vive el mundo globalizado están transformando las relaciones sociales; vincularse a la sociedad del conocimiento no será posible sin una educación de calidad en que todos estén incluidos. Al igual que en cualquier otra actividad humana, las TICs tienen un efecto directo y cobran cada vez mayor importancia en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Granda et al., 2019).

Otras investigaciones mencionan que los avances tecnológicos, están cambiando de forma vertiginosa el estilo de vida en la sociedad actual; por ende, la educación superior, es sin duda uno de los sectores que está realizando esfuerzos por innovar en sus procesos educativos para dar respuesta a estas demandas con la incorporación de las TICs en sus procesos de enseñanza (Sánchez et al., 2019).

En función de los resultados obtenidos, se identificó que el diseño e implementación de actividades didácticas específicas para fortalecer el aprendizaje de la evaporación y destilación resulta metodológicamente pertinente y conceptualmente fundamentado. La inclusión de ejercicios centrados en conversiones de unidades responde a la necesidad de reforzar habilidades cuantitativas esenciales en el análisis ingenieril, dada la complejidad que aún representan estas conversiones incluso en niveles avanzados de formación (García, 2021).

Asimismo, la incorporación del uso sistemático de tablas de propiedades del agua favorece el desarrollo de competencias en la interpretación de datos termodinámicos, fundamentales para la caracterización de procesos de transferencia de calor (Geankoplis, 1998). En este contexto, el abordaje de la entalpía de vaporización como variable crítica en el diseño y optimización de operaciones con cambio de fase, refuerza la necesidad de su integración en el trabajo práctico y conceptual del estudiante (Cardona, 2017).

La lectura e interpretación de diagramas termodinámicos constituye una herramienta visual potente para la comprensión de trayectorias de proceso, lo cual se traduce en una mejor capacidad de análisis y toma de decisiones en escenarios industriales (Agudelo & Restrepo, 2005). Finalmente, la ejercitación constante en la aplicación de balances de materia y energía, bajo los principios de conservación, permite no solo detectar inefficiencias, sino también modelar, controlar y validar procesos productivos con base en criterios de calidad y eficiencia operativa (Díaz et al., 2024; Galagovsky et al., 2015; Pérez et al., 2010).

Estos hallazgos reafirman la necesidad de integrar estrategias didácticas contextualizadas que promuevan la apropiación significativa de los fundamentos teóricos y prácticos de las operaciones unitarias térmicas, fortaleciendo el perfil profesional del estudiante de ingeniería.

5. CONCLUSIONES: MIRADA HACIA EL FUTURO

Las actividades didácticas aplicadas a los estudiantes de la asignatura de Operaciones Unitarias, resultaron beneficiosas en cuanto al conocimiento de las temáticas estudiadas, lo cual refleja lo positivo de estas actividades para la formación y preparación de los estudiantes motivo de estudio.

La validación mediante la prueba del chi cuadrado logró confirmar la hipótesis de que el diseño de actividades didácticas mejora significativamente el dominio de las operaciones unitarias de evaporación y destilación en estudiantes de séptimo nivel de Ingeniería Química. Lo cual se dio a partir del diagnóstico inicial que presentó falencias en conocimientos básicos, y demostrando que las actividades didácticas, validadas por expertos, resultó efectiva para fortalecer el aprendizaje en dichas temáticas.

Los resultados del presente análisis respaldan la implementación de estrategias educativas activas y evaluaciones formativas en la enseñanza de la ingeniería química, contribuyendo al desarrollo de competencias esenciales en los estudiantes y mejorando su desempeño académico.

6. DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en relación con este artículo. No han recibido financiamiento ni apoyo de ninguna organización o entidad que pudiera influir en el contenido del trabajo

7. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Gabriel Alfonso Burgos-Briones Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Investigación, Metodología, Validación, Visualización, Redacción – borrador original –, Redacción – revisión y edición –

Alex Alberto Dueñas-Rivadeneira Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Metodología, Administración del proyecto, Recursos, Software, Supervisión, Validación, Visualización.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agudelo Santamaría, A. F., & Restrepo Baena, O. J. (2005). Termodinámica y Diagramas de Fase. DYNA, 72(145), 13–21. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532005000100002&lng=en&nrm=iso&tlang=es
- AP News. (2024, January 9). Asalto sin precedentes a canal de televisión en Ecuador deja 13 detenidos en nueva jornada violenta. <https://apnews.com/world-news/general-news-fa6ce3667899005e03eedd598b84af9d>
- Asunción Choez, C. G., & Delgado Gonzembach, J. (2022). Estrategia didáctica para el aprendizaje significativo de la asignatura de Matemática. REVISTA ALCANCE, 1(5). <https://doi.org/10.47230/ra.v1i5.21>
- Badger, W., & Banchero, J. (1986). Introducción a la Ingeniería Química (McGraw-Hill).
- Bedón Arteaga, V., & Cedeño Macías, L. (2023). Juegos de aprendizaje en línea para la formación de nociones lógico-matemática en Educación Inicial. ReHuSo: Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales, 8(1). <https://doi.org/10.33936/cognosis>

doi.org/10.33936/rehuso.v8i1.5439

Calderón-Castro, J. A., & Garro-Mena, L. (2016). Multilevel Interaction in Chemical Engineering Students from University of Costa Rica. *Revista Electrónica Educare*, 20(1), 1–21. <https://doi.org/10.15359/ree.20-1.19>

Cardona, L. F. (2017). Modelo simple y generalizado para estimar la entalpía de vaporización de sustancias puras. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 11(22), 37–42. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-83672017000200037&lng=en&nrm=iso&tlang=es

Carro Olvera, A., & Lima Gutiérrez, J. A. (2022). Pandemia, rezago y abandono escolar: Sus factores asociados. *Revista Andina de Educación*, 5(2), 005210. <https://doi.org/10.32719/26312816.2022.5.2.10>

Castrillón, F., Arenas, E., Carmona, D., & Garcés, B. (2016). Una Propuesta para Fortalecer el Énfasis Profesional del Currículo de Ingeniería Química. *Formación Universitaria*, 9(1), 35–44. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062016000100005>

Díaz-Molina, M. I., Gómez Rodríguez, L. A., Rodríguez-Negrín, Z., Díaz-Molina, M. I., Gómez Rodríguez, L. A., & Rodríguez-Negrín, Z. (2024). Balances de materiales en las operaciones mecánicas y térmicas del proceso de obtención del producto intermedio g-0. *Centro Azúcar*, 51(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612024000100001&lng=es&nrm=iso&tlang=es

Duque-Romero, M. V., & Puebla-Molina, A. K. (2023). Educación básica: desafíos para la educación ecuatoriana postpandemia. *Mendive. Revista de Educación*, 21(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-76962023000200001&lng=es&nrm=iso&tlang=es

Farias, N. M., & Trias, D. (2024). Estrategias de aprendizaje de la Química en estudiantes que ingresan a la universidad. *Educación Química*, 35(3), 102–112. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.3.86366>

Flores Zapata, G., & Aballe Pérez, V. C. (2018). La urgente necesidad de la capacitación y profesionalización del docente universitario. *Revista Estudios Del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 6(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-01322018000300016&lng=es&nrm=iso&tlang=es

Galagovsky, L. R., Di Giacomo, M. A., & Alí, S. (2015). Estequiometría y ley de conservación de la masa: lo que puede ocultar la simplificación del discurso experto. *Ciência & Educação (Bauru)*, 21(2), 351–360. <https://doi.org/10.1590/1516-731320150020006>

García García, J. L. (2021). Deduciendo las relaciones entre las unidades de concentración en disoluciones líquidas. *Educación Química*, 32(3), 38. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.3.72021>

García Hernández, I., & de la Cruz Blanco, G. de las M. (2014). Las guías didácticas: recursos necesarios para el aprendizaje autónomo. *EDUMECENTRO*, 6(3), 162–175. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-28742014000300012&lng=es&nrm=iso&tlang=es

Geankoplis, C. J. (1998). Procesos de transporte y operaciones unitarias (CECSA).

Gil-Osuna, B. (2024). El Derecho a la educación en tiempos de crisis. *IUSTITIA SOCIALIS*, 9(17), 1–3. <https://doi.org/10.35381/racji.v9i17.4040>

Granda Asencio, L. Y., Espinoza Freire, E. E., Mayon Espinoza, S. E., Granda Asencio, L. Y., Espinoza Freire,

E. E., & Mayon Espinoza, S. E. (2019). Las TICs como herramientas didácticas del proceso de enseñanza-aprendizaje. *Conrado*, 15(66), 104–110. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442019000100104&lng=es&nrm=iso&tlang=es

Guzmán, J. C. (2011). La calidad de la enseñanza en educación superior ¿Qué es una buena enseñanza en este nivel educativo? *Perfiles Educativos*, 33(SPE), 129–141. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982011000500012&lng=es&nrm=iso&tlang=es

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (McGraw Hill).

Herrera Gutiérrez, C., & Villafuerte Álvarez, C. A. (2023). Estrategias didácticas en la educación. *Horizontes. Revista de Investigación En Ciencias de La Educación*, 7(28), 758–772. <https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v7i28.552>

López Abreu, O. L., García Muñoz, J. J., Batte Monter, I., & Cobas Vilches, M. E. (2015). La mejora continua: objetivo determinante para alcanzar la excelencia en instituciones de educación superior. *EDUMECENTRO*, 7(4), 196–215. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-28742015000400014&lng=es&nrm=iso&tlang=es

López, M., Herrera, M., & Apolo, D. (2021). *Educación de calidad y pandemia. Texto Livre: Linguagem e Tecnologia*, 14(2), e33991. <https://doi.org/10.35699/1983-3652.2021.33991>

Maldonado-Sánchez, M., Aguinaga-Villegas, D., Nieto-Gamboa, J., Fonseca-Arellano, F., Shardin-Flores, L., & Cadenillas-Albornoz, V. (2019). Estrategias de aprendizaje para el desarrollo de la autonomía de los estudiantes de secundaria. *Propósitos y Representaciones*. <https://doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.290>

Martín, A. M., & Speltini, C. (2010). *Química Analítica: Una Oportunidad para la Inclusión de Aspectos Sociales y Culturales en Ingeniería Química*. *Formación Universitaria*, 3(2). <https://doi.org/10.4067/S0718-50062010000200002>

Martínez y Moreno, J. G., Espinosa Aquino, B., & De-la-Chaussee, M. E. (2007). El aprendizaje activo en ingeniería química, trabajo estudiantil en equipo. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 22(2), 84–93. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48222205>

Montenegro-Velandia, W., Cano Arroyave, A. M., Toro Jaramillo, I. D., Arango Benjumea, J. J., Montoya Agudelo, C. A., Vahos Correa, J. E., Pérez-Villa, P. E., & Coronado Ríos, B. (2016). Estrategias y metodologías didácticas, una mirada desde su aplicación en los programas de Administración. *Educación y Educadores*, 19(2), 205–220. <https://doi.org/10.5294/edu.2016.19.2.2>

Novoa Seminario, M., & Sandoval Rosas, M. L. (2023). Estrategias para fortalecer el pensamiento crítico en estudiantes de educación superior. Un estudio de revisión. *Prohominum*, 5(4), 139–152. <https://doi.org/10.47606/ACVEN/PH0213>

Ocon García, J., & Tojo Barreiro, G. (1980). *Problemas de Ingenería Química* (Vol. II Tomo) (Aguilar).

Pérez Ariza, K., & Hernández Sánchez, J. E. (2001). Aprendizaje y comprensión. Una mirada desde las humanidades. *Humanidades Médicas*, 14(3), 699–709. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-81202014000300010&lng=es&nrm=iso&tlang=es

Pérez Ones, O., Díaz Rodríguez, J., Zumalacárregui, L., & Gozá León, O. (2010). Evaluación de propiedades termodinámicas de mezclas etanol-agua (I). *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 52. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302010000200005

Ramos-Escudero, M., Huerta Camones, R. T., Ramos-Escudero, F., & Gonzales Chavesta, C. (2022). Efecto

del método de proyectos sobre el aprendizaje de química industrial. *Educación Química*, 33(1), 116. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.1.78917>

Ramos-Galarza, C. (2021). Editorial: Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>

Rodríguez Pérez, I., Pérez Ramírez, R., & José Martín, F. A. (2021). Estrategias para mejorar la calidad educativa con base en el análisis de la trayectoria académica en el área de ingeniería. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 11(22). <https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.858>

Sánchez-Otero, M., García-Guiliany, J., Steffens-Sanabria, E., & Palma, H. H.-. (2019). Estrategias Pedagógicas en Procesos de Enseñanza y Aprendizaje en la Educación Superior incluyendo Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. *Información Tecnológica*, 30(3), 277–286. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000300277>

Treybal, R. E. (2012). Operaciones de Transferencia de Masa (McGraw-Hill, Ed.; 2da ed.).

Trujillo-Cayado, L. A., & Carrillo, F. (2015). Diseño de una intervención docente para la enseñanza-aprendizaje de operaciones básicas de ingeniería química mediante el uso de la simulación por ordenador. *Afinidad*, 72(570). <https://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/view/297232>

Universidad de Ingeniería y Tecnología. (2022). Ingeniero químico: ¿quién es, qué hace y en dónde trabaja? <https://www1.utec.edu.pe/blog-de-carreras/ingenieria-quimica/ingeniero-quimico-quiene-s-que-hace-y-en-donde-trabaja>

Vaca Auz, J., Galarza López, J., & Almuñas Rivero, J. L. (2018). REFLEXIONES SOBRE EL PLAN DE MEJORAS EN LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR. *Revista San Gregorio*, 1(22), 6–13. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2528-79072018000200006&lng=es&nrm=iso&tlang=es

Zamorano Romero, C., & Alquisira, J. (2024). Aplicación de la evaluación formativa, como una forma para mejorar el aprendizaje de los alumnos. *Educación Química*, 35(4), 99–107. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.4.85523>