

ABP Ctx en el aprendizaje de dinámica de fluidos y desarrollo de pensamiento crítico

ABP Ctx in learning fluid dynamics and developing critical thinking

Fabiola Escobar Moreno^{1*}

¹Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Instituto Politécnico Nacional, Av. Luis Enrique Erro S/N, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Zacatenco, Alcaldía Gustavo A. Madero, C.P. 07738, Ciudad de México, México

*E-mail: fescobar@ipn.mx

Resumen

Esta pesquisa muestra los hallazgos del desarrollo del pensamiento crítico con la metodología ABP Ctx aplicada a estudiantes mexicanos de ingeniería química en la unidad de aprendizaje Mecánica Clásica para el tópico dinámica de fluidos. Es una indagación cuantitativa con diseño cuasi-experimental; se utilizó para la medición del pensamiento crítico un instrumento con validación cuantitativa. Se analizaron los datos con estadística inferencial, usando la prueba paramétrica t de Student. No se encontró evidencia estadística del desarrollo de pensamiento crítico. Se destaca que las metodologías de aprendizaje activo implican retroalimentación y supervisión del docente; también se enfatiza que los estudiantes tuvieron disposición a aprender ya que se vieron expuestos a un problema vinculado a la carrera que estudian.

Palabras clave: Problema de física para ingeniería química; Contextualización; Aprendizaje activo; Pensamiento crítico.

Abstract

This research shows the findings of the development of critical thinking with the ABP Ctx methodology applied to Mexican students of chemical engineering in the Classical Mechanics subject for the topic of fluid dynamics. It is a quantitative inquiry with a quasi-experimental design; an instrument with quantitative validation was used for the measurement of critical thinking. The data were analyzed with inferential statistic, using the Student's t-test. No statistical evidence was found of the development of critical thinking. It is highlighted that active learning methodologies imply feedback and teacher supervision; it is also emphasized that the students were willing to learn since they were exposed to a problem related to the career they are studying.

Keywords: Physics problem for chemical engineering; Contextualization; Active learning; Critical thinking.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las universidades latinoamericanas han reflexionado y diseñado planes de desarrollo tendientes a la educación 4.0, dado que estamos ya inmersos en la cuarta revolución industrial. Los actores implicados: autoridades, docentes, investigadores; se han percatado que aun cuando se decreten modelos y planes, los cambios que contribuyen a la formación de esos profesionales que demanda el mercado laboral, deben ser manifiestos y se deben reflejar en los ámbitos económico, político, ambiental y social de una nación.

Al respecto, es una realidad y aún más preocupante la depreciación de los títulos universitarios; porque precisamente esos modelos educativos en la educación superior al parecer no están dando resultados, ya que, *“tanto para*

las personas como para las empresas, los títulos educativos se han vuelto menos fiables como garantía del nivel de competencias” (OCDE, 2019, p. 30).

También, es cierto que el tema de la fuerza laboral está lejos de ser resuelto, como asevera Helena Laurent, comisionada del Foro Económico Mundial. Y tampoco, está errada su afirmación acerca de que: *“La mayoría de los sistemas educativos hoy están basados en modelos que se establecieron hace un siglo”*, afirmó para manufactura (2018). De lo anterior es prioritario que los docentes universitarios y autoridades, se asuman como copartícipes en la formación de egresados competentes en su ámbito. Sin duda, muchos factores están implicados en dicha formación, entre estos: el currículo, la infraestructura y, sobre todo, los métodos de aprendizaje y enseñanza, que impactan en la calidad de los futuros egresados.

A ese respecto, basta analizar la situación de los institutos tecnológicos de la India, que tienen instalaciones de tercer mundo, pero profesorado altamente cualificado, con nivel doctorado en ciencias (de universidades de prestigio), entrenados con las mejores técnicas de enseñanza y aprendizaje basadas en el desarrollo de habilidades de orden superior, tales como creatividad, toma de decisiones y pensamiento crítico, según afirma Oppenheimer (2010, p. 147). El resultado es el mayor ejército de tecnólogos, científicos e ingenieros listos para competir y convivir con sus pares de cualquier país, asevera Khadria (2007, p. 13).

Asimismo, Capote, Rizo y Bravo (2016) sostienen que, ante la competencia, la globalización (contexto nacional e internacional) y los abruptos cambios en el presente siglo, los ingenieros deben formarse en estrecha vinculación con la industria, con sólidos conocimientos en ciencias básicas (física, química y matemáticas) y con habilidades para continuar aprendiendo. En coincidencia con esta línea de pensamiento, los profesores debemos colaborar en la formación de ingenieros, mediante la enseñanza de la física para el siglo actual.

En este trabajo se describe brevemente el pensamiento crítico; el estado del arte relativo a ABP y ABP Ctx y su vinculación con la habilidad que se quiere analizar. Se esboza el diseño metodológico de esta indagación; se analizan los resultados obtenidos y finalmente se presentan las conclusiones.

II. PENSAMIENTO CRÍTICO, HABILIDAD DE ORDEN SUPERIOR

En este trabajo, se entiende el pensamiento crítico como: *“...un juicio autorregulado y con propósito que resultados en la interpretación, análisis, evaluación e inferencia, así como la explicación de la evidencia conceptual, metodológica, contextual; consideraciones sobre las que se basa ese juicio.”* (Facione, 1990, p.2).

Y, al respecto, el docente debe cavilar que la enseñanza expositiva ha dejado de ser fructífera y es anacrónica. Porque la repetición-recepción no contribuye a desarrollar una habilidad de orden superior como pensamiento crítico, ya que las máquinas del siglo XXI pueden realizar procesos rutinarios, incluso mejor que los humanos. Por lo tanto, centrarse en la enseñanza de contenidos, no nos dará ventaja competitiva sobre otros humanos, ni sobre las máquinas. Debemos aprender y desarrollar habilidades en las que eventualmente las máquinas no podrán sustituirnos, aconseja el empresario Jack Ma, según Whiting (2019).

Visto que el pensamiento crítico debe entrenarse de forma sistemática, ya que, *“...la mayor parte de nuestro pensar, por sí solo, es arbitrario, distorsionado, parcializado, desinformado o prejuiciado”* (Paul y Elder, 2003, p.4), una opción para el mencionado entrenamiento es el aprendizaje basado en problemas (ABP).

III. APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS

Las responsabilidades docentes deberían incluir la promoción y el uso de metodologías de aprendizaje activo y autónomo, como la metodología ABP. La cual promueve que los estudiantes resuelvan problemas, mediante el manejo de fuentes de información, contrasten sus investigaciones y discutan sus soluciones señala Meinardi (2010, p. 114). Además, ABP incluye el desarrollo del pensamiento crítico, porque es parte del mismo proceso de interacción para aprender, señala el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (2014).

Así que, si la aspiración es fomentar el pensamiento crítico desde la perspectiva del desarrollo de habilidades que, permitan comprender y solucionar problemas; evaluar alternativas y tomar decisiones; como apuntan Bezanilla *et al.* (2018). Entonces, no será a través de la clase magistral o resolviendo ejercicios y actividades de aprendizaje insulsas que, no se vinculan con la profesión que se está formando.

En contraste a lo anterior algunos de los libros de física universitaria destacan que a través de la física una de las habilidades que se privilegia es la de resolución de problemas, algunos autores como Bauer y Westfall (2011, p.9); también aseveran que lo que ellos denominan problemas en los libros de texto de física van acompañados del desarrollo de la habilidad pensamiento crítico. Al respecto no se está de acuerdo; porque los egresados de una carrera de

ingeniería no se enfrentan a este tipo de problemas. Así, se ejemplifica lo que para los autores Tipler y Mosca (2010, p.454), denominan problema (véase figura 1).

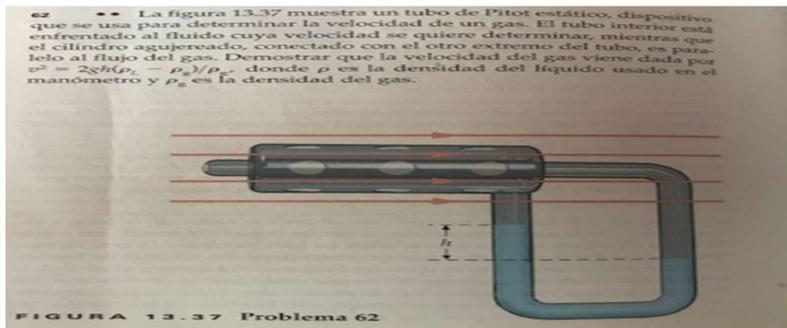


FIGURA 1. Ejercicio relacionado con dinámica de fluidos. Fuente Tipler y Mosca (2010, p.454).

El ejercicio anterior sin duda es una herramienta de mucho valor didáctico, en lo referente a la realización de procedimientos (algoritmos). Pero, no es un problema, es un ejercicio que implica procedimientos algorítmicos que admiten sólo una respuesta correcta. Resultando en menor utilidad para el desarrollo de la habilidad que más requerirá la Industria 4.0, como es el pensamiento crítico, señala Manufactura (2018).

En este tenor, se coincide con Isoda y Olfos (2010, p. 99), *“un problema es aquel que pone al alumno en una situación nueva, ante la cual no dispone de procedimiento inmediato para su resolución. Por ende, un problema se define en cuanto a su relación con el sujeto que lo enfrenta y no en cuanto a sus propiedades intrínsecas”* (Isoda y Olfos, 2009, p. 99).

Retomando las metodologías de aprendizaje, convenientes para nivel universitario se aplicó la metodología ABP en la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas (ESIQIE) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) de México; en la unidad de aprendizaje Mecánica Clásica, de la licenciatura Ingeniería Química Industrial, específicamente para el tópico dinámica de fluidos, en el ciclo escolar 2019-1. Sin embargo, de la primera puesta en escena con esta metodología, se evidenció que los estudiantes de la ESIQIE tuvieron severas dificultades para desarrollar todos los pasos que implica la metodología ABP original, comenzando por el trabajo en equipo y la indagación de la información.

De hecho, los estudiantes refirieron que preferían las clases magistrales, que esta metodología les quitaba mucho tiempo. Además, en esta primera puesta en escena el problema que se utilizó fue una adaptación de los ejercicios que se proponen en los libros de física universitaria, lo cual se considera no fue conveniente y fue un error, ya que, parte de éxito de esta metodología descansa en el problema afirma Branda (2009), el cual representa un reto cognitivo para los estudiantes y estimula a indagar información y contra argumentar a sus pares y al docente.

En el mismo orden de ideas, la elaboración de un problema también representa un reto cognitivo para el docente, preferentemente debe hacerlo basándose en un marco teórico y en colegiado. Integrando a la incorporación de la física (dinámica de fluidos) con la ingeniería química, en nuestro caso.

Relativo a ABP en varias pesquisas donde se utiliza para el aprendizaje de ciencias e ingeniería, insta a continuar indagando para tener mayores elementos de juicios y realizar las adecuaciones que le permitan a los docentes cumplir los objetivos de sus programas académicos (Morales, 2016; Ruiz Navarro, Pastor, Miralles y Gómez, 2017).

IV. PROPUESTA, APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS CONTEXTUALIZADO (ABP Ctx)

En aras de contar con mayores elementos de juicio para promover el uso de ABP en la enseñanza de la Física en la ingeniería, esta indagación comenzó aplicando ABP “tradicional”, como previamente se mencionó. No obstante, de los resultados se consideró se debían integrar más pasos que funcionaran como puentes para que los estudiantes logaran resolver el problema contextualizado de la industria química que se les presentó. Se conoce que existen variantes de ABP, como la propuesta por Prieto, *et al.* (2006); híbridos de ABP con protocolo TADIR y ARP, Morales (2016); sin embargo, en esta indagación se hace una aportación que se considera útil y necesaria, desde el punto de vista didáctico y profesional.

Por lo que, se decide añadir dos pasos más a la propuesta ABP (original). El primer paso es ludificación, la cual es una tendencia educativa que incorpora elementos de juego con resultados demostrados que, además de enganchar

a los estudiantes contribuye a la retención de conceptos relevantes reportan Escobar y Morales (2018). Para este paso se utilizaron tabletas electrónicas y software educativo (*Kahoot!*).

Respecto a la física recreativa resulta un medio para vincular conceptos con un experimento que no implica un sofisticado laboratorio, ni materiales imposibles de acceder. Además, este paso era necesario, ya que, en el laboratorio de mecánica clásica de la ESIQIE no se realiza práctica vinculada a este relevante tópico. A continuación, a través de la tabla se justifica los conceptos que se esbozaron con dichos experimentos (véase tabla 1).

Tabla 1. Física recreativa

Nombre del experimento	Justificación	Concepto a construir
La hoja pesada	El concepto presión suele utilizarse como análogo de fuerza; esto ya fue analizado previamente por García y Jiménez (1996). Dado que en las ciencias el lenguaje científico no admite sinónimos, ni ambigüedades, es necesario demarcar ambos conceptos.	Presión
El embudo agorero	La comprensión de lo que ocurre, si se afecta la sección transversal de una tubería, mediante la explicación de esta ecuación, permitirá que el alumno evalúe la conveniencia de modificar los diámetros en una línea de producción.	Ecuación de continuidad
Caja porosa	Es importante demarcar la diferencia entre la velocidad del fluido y el gasto volumétrico. En ocasiones los estudiantes tienden a usar ambas variables como análogas. Además, este fenómeno es común encontrarlo en plantas químicas, puesto que utilizan tanques de almacenamiento, para despacho de producto o hay necesidad de drenar el tanque para mantenimiento.	Velocidad de vaciado de un fluido en un recipiente
Latas repulsivas	Esta ecuación tiende a ser discrepante, ya que la mayoría de las personas esperan que, si soplamos entre dos latas, como se esboza en el experimento, éstas se separen. Lo anterior también lo respaldan Bauer y Westfall (2009, p.464)	Efecto Bernoulli

Adicionalmente, el problema que se utilizó fue un problema inédito, diseñado bajo la metodología *Dipping* esbozada por Camarena (2009), resultando un problema de dinámica de fluidos contextualizado a la industria química, sometido a valoración de jueces expertos (profesores de física en activo), teniendo el mencionado problema un nivel de dificultad tres de acuerdo a la taxonomía de Bloom indica Dush, s.f.

Dipping implica la realización de tres etapas que están entrelazadas. La etapa central; indica se deben analizar los contenidos (explícitos e implícitos) de los libros de física. La etapa precedente; propone diagnosticar a los estudiantes. Y la etapa consecuente; señala que se debe indagar in situ con profesionales (en nuestro caso ingenieros inmersos en la industria química), así como docentes e investigadores de física (Camarena, 2009). Por lo tanto, el proceso para la realización del problema contextualizado está basado en una metodología. A continuación, se presenta el problema que resultó de la aplicación de la metodología *Dipping*.

El proceso de producción del hipoclorito de sodio al 12% (NaClO), es un proceso que comienza con la alimentación de materia prima a una torre de absorción (por cada tonelada de NaClO se requieren 0.125 toneladas de Cl₂ y 0.159 toneladas de NaOH_(ac), donde ocurre la reacción, se absorbe el cloro en la solución de sosa, hasta alcanzar la concentración deseada de hipoclorito de sodio, el cual se almacena en contenedores. El producto es filtrado e inspeccionado para su envío a los tanques de distribución; una vez revisados los parámetros de calidad del producto terminado, se procede al llenado en las pipas limpias y son enviadas al cliente. Se tiene una métrica basada en los tiempos de ciclo, donde el llenado representa el 48% total de todo el tiempo de proceso (movimiento de operadores y revisión de las pipas y ubicación de los contenedores). Esta situación repercute en los tiempos de entrega por lo que, al no llegar a su destino final al cliente, cuando éste lo solicita, el producto se tiene que reprocesar y se generan gastos de transporte (fletes falsos que paga la empresa). Esto debido a que al ingresarse el producto al proceso ocurre mayor desgaste en los equipos y por ende gastos de mantenimiento y horas extra para los trabajadores.

Con este problema y los dos pasos adicionales (ludificación y física recreativa), resulta la metodología ABP Ctx (Aprendizaje Basado en Problemas Contextualizados) que propone Escobar (2019, p.43).



FIGURA 1. Pasos de la metodología ABP Ctx.

Luego entonces, esta indagación estuvo basada en la aplicación de la metodología ABP Ctx, la cual tiene su base metodológica como previamente se mencionó en ABP. ABP Ctx es una adecuación para el aprendizaje de la dinámica de fluidos en el contexto de la ingeniería química. Esto se realizó a través de una secuencia didáctica que constó de 420 minutos, efectuada en tres sesiones con estudiantes de ingeniería química que cursaron mecánica clásica.

Lo antepuesto, conllevó al planeamiento de la siguiente pregunta de investigación: Con ABP Ctx aplicado a Dinámica de Fluidos (Ecuación de Bernoulli) ¿se desarrollan competencias genéricas individuales (pensamiento crítico) en los alumnos de la ESIQIE?

Dada la naturaleza de la indagación se formulan las siguientes hipótesis.

Hipótesis nula (H_0): Con la metodología *ABP Ctx*, no se logra desarrollar pensamiento crítico en el grupo de estudiantes.

Hipótesis alternativa (H_{01}): Con la metodología *ABP Ctx*, se logra desarrollar pensamiento crítico en el grupo de estudiantes.

Así, el objetivo de esta indagación se focaliza en mostrar el nivel de logro con ABP Ctx con relación al desarrollo de competencias genéricas individuales (pensamiento crítico) y su alcance, con ABP Ctx.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta fue una investigación cuantitativa, cuasi experimental con diseño pre-test y post-test, de acuerdo con Manterola y Otzen (2015). Donde para interpretar los resultados se utiliza la estadística inferencial. La muestra fue un grupo de 20 estudiantes que cursaron mecánica clásica en el ciclo escolar 2019-2, el proceso de selección de estos grupos fue aleatorio simple. También, se analizaron fuentes primarias en 5 bases de datos. Las fuentes fueron seleccionadas con base en los siguientes criterios: definición de pensamiento crítico; uso de ABP, para el desarrollo de pensamiento crítico en ciencias fácticas e ingenierías.

El instrumento utilizado para la recolección de datos fue cuestionario de Competencias Genéricas Individuales (CCGI) de Olivares y Wong (2013). El cual mide pensamiento crítico en algunas de sus secciones, por lo que, se utilizaron únicamente esos diez ítems¹. Para recolectar los datos y después procesarlos se usó la escala Likert, preestablecida en el instrumento, el cual ya tenía la adaptación para estudios de pensamiento crítico en ingeniería (Lara, Ávila y Olivares, 2017). Además, el CCGI tiene una métrica de la confiabilidad de todo el instrumento medida mediante el coeficiente alfa de Cronbach, el cual resultó en 0.790, que de acuerdo a la bibliografía está en el rango de confiabilidad, según señalan Olivares y Wong (2013).

Sobre la recolección de datos del CCGI se efectuó de forma escrita (hoja de respuestas), en los momentos pre-test y post-test. Estudios realizados con relación a aprobar si ABP desarrolla competencias genéricas individuales, como pensamiento crítico (Villalobos, Ávila y Olivares, 2016; Núñez, Ávila y Olivares 2017), han recurrido a la prueba paramétrica t de Student.

Se decide el uso de la prueba t, porque, permite el contraste de lo que se plantea en nuestro análisis. Se muestra un grupo con n individuos y de éstos realizamos dos observaciones (pre-test y post-test); por lo que, el resultado es apareado natural de valores, de acuerdo con Devore (2010, p. 344).

¹Véase CCGI: https://drive.google.com/file/d/1qV1lBcfeswSu_nWsAX2_hcySwx47BVvO/view?usp=sharing

www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF

VI. RESULTADOS

Se resuelve probar si en efecto *ABP Ctx* permite el desarrollo de pensamiento crítico (utilizando las secciones que se pueden medir con el (CCGI).

Así, una vez que se verificaron las condiciones (distribución normal y homocedasticidad)² para aplicar la prueba *t* (véase tabla 2), los datos se analizaron con la función complementos para analizar datos de Microsoft Excel 2013, aplicando la función “Prueba *t* para medias de dos muestras emparejadas” con un 95% de confianza.

Mediante esta prueba *t* con datos apareados se formula que:

$H_0: \mu_D = 0$ ← Hipótesis nula, no hay diferencias significativas entre las notas antes de *ABP Ctx* y las notas después de *ABP Ctx*, donde sea μ_D la diferencia promedio.

$H_1: \mu_D \neq 0$ ← Hipótesis alternativa, hay diferencias significativas entre las notas antes de *ABP Ctx* y las notas después de *ABP Ctx*. Donde sea μ_D la diferencia promedio.

$\alpha = 0.05$ ← Nivel de significancia, para probar estas hipótesis.

Tabla II Resultado de la prueba *t*

	Variable 1	Variable 2
Media	24.5	25.875
Varianza	39.82608696	33.8532609
Observaciones	20	20
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	23	
Estadístico <i>t</i>	-0.856800499	
P(T<=t) una cola	0.200197275	
Valor crítico de <i>t</i> (una cola)	1.711387153	
P(T<=t) dos colas	0.400394551	
Valor crítico de <i>t</i> (dos colas)	2.06865761	

Decisión: al nivel 0.05, se observa que no los valores de p [$p(T \leq t)$] son mayores a 0.05; $0.20 > 0.05$ y $0.40 > 0.05$. Por lo tanto, no se rechaza H_0 , se acepta H_0 . También, se observa que la diferencia hipotética de las medias es cero, lo cual indica que hay un porcentaje mayor a 5 de probabilidad, otro indicador de que no se debe rechazar H_0 .

Esto indica, al nivel de significancia de 0.05, que hay evidencia estadística que señalan que la diferencia promedio antes y después de *ABP Ctx* son iguales, es decir, no hay cambios significativos. No se desarrolla con la metodología *ABP Ctx* la habilidad pensamiento crítico.

Si bien estos resultados son análogos a los encontrados con Lara, Ávila y Olivares, (2017). Esto se puede deber entre otras razones al tiempo empleado para la operación de *ABP Ctx*. Otras universidades como el ITEMS (México); Universidad de Delaware (Estados Unidos), todo el curso está basado en *ABP*. También, se destaca que los estudiantes, ni la docente (autora de esta investigación) no estaban familiarizados con una metodología de aprendizaje donde los protagonistas son ellos. Es cierto que, los estudiantes se muestran interesados y motivados, pero, hubo momentos en que desesperaron, sin embargo, se aprendió que ese es trabajo del docente, ya que, debe reorientar las ideas en aras de proponer soluciones coherentes y asequibles.

Se advierte la necesidad de realizar un análisis cualitativo mediante una rúbrica, como lo han realizado otros autores, ya que, con ésta se pueden señalar con mayor precisión las dimensiones que no tienen desarrolladas los estudiantes, relativo a pensamiento crítico.

VII. CONCLUSIONES

Apegándonos a la dilucidación de la metodología *ABP* y *ABP Ctx*, lo que se proponen en los libros de texto de física universitaria de acuerdo a las definiciones actuales no son problemas, son ejercicios. Al respecto los docentes de física

²Véase procedimiento para verificar las condiciones de normalidad y homocedasticidad: <https://drive.google.com/file/d/1JwOuxUpBJemAOya20iVhsfEvGmVbe3Ry/view?usp=sharing>

www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF

universitaria debemos trabajar en colegiado para diseñar problemas vinculados a la profesión que se forma, llámese ingeniería química, ingeniería civil, ingeniería biónica, física médica, etc.

Se destaca que, si bien no se encontró evidencia estadística del desarrollo de pensamiento crítico a través de ABP Ctx, si se destaca que se expuso a los estudiantes a otra forma de aprender, donde se les retó a resolver un verdadero problema de ingeniería química. Además de forma implícita se les entrenó de forma sistematizada para el desarrollo del pensamiento crítico, a través de ABP Ctx.

ABP Ctx, implica acompañamiento y retroalimentación del docente ambas deben ser constantes y puntuales, en esta puesta en escena no se revisaron avances de la realización del reporte (producto final), se les retroalimentó al final. Se considera que eso pudo influir en los resultados reportados, no se les señalaron áreas de mejora previas al producto final.

Con ABP Ctx, no hay cabida a la improvisación y abandono de las funciones docentes como: la resolución de dudas, retroalimentación y vigilancia de la ejecución de cada uno de los pasos.

Con ABP Ctx los estudiantes mostraron interés en el tópico de dinámica de fluidos, ya que, se percataron del beneficio en su aprendizaje al conocer el tipo de problemas al que se enfrentarán en su futuro laboral.

Debemos seguir utilizando las metodologías de aprendizaje activo, sea ABP, ABP Ctx o algún otro híbrido; también documentar los resultados; porque eventualmente se pueden encontrar deficiencias en algún paso que sólo se pueden mejorar si está documentado todo el proceso de aplicación de la metodología.

REFERENCIAS

- Bauer, W., y Westfall, G. D. (2011). *University physics with modern physics*. McGraw-Hill.
- Bezanilla, M., Poblete, M., Fernández, D., Arranz, S. y Campo, L. (2018). El Pensamiento Crítico desde la Perspectiva de los Docentes Universitarios. *Estudios pedagógicos*, 44(1), 89-113
- Branda, L. (2009). El aprendizaje basado en problemas: De herejía artificial a res popularis. *Educación médica*, 12(1), 11-23.
- Camarena, P. (2009). La matemática en el contexto de las ciencias. *Innovación Educativa*, 9(46).
- Capote, G. E., Rizo, N. y Bravo, G. (2016). La formación de ingenieros en la actualidad. Una explicación necesaria. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(1), 21-28.
- Devore, J. L. (2009). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. Cengage Learning.
- Duch, B. (s.f.). Problems: A Key Factor in PBL, Center for Teaching Effectiveness, University of Delaware. Recuperado de: <https://www1.udel.edu/pbl/cte/spr96-phys.html>, consultado el 22 de julio de 2020.
- Escobar, F. y Morales, E. (2018). Ludificación estrategia para el aprendizaje de conceptos torales en Colisiones. *Latin-American Journal of Physics Education*, 12(3), 8.
- Escobar, F. (2019). Variante metodológica ABP Ctx para el aprendizaje de la dinámica de fluidos. Caso: ecuación de Bernoulli. Tesis doctoral no publicada. Centro de Investigación de Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, México.
- Facione, P. (1990). Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction (The Delphi Report). Recuperado de: <https://www.insightassessment.com/wp-content/uploads/DEX-2014-reprinting.pdf>
- García, B. y Jiménez, S. (1996). Redes semánticas de los conceptos de presión y flotación en estudiantes de bachillerato. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 1(2).
- Isoda, M., & Olfos, R. (2010). *El enfoque de Resolución de problemas en la enseñanza de las matemáticas a partir del Estudio de Clases*. Chile: Ediciones Universitarias de Valparaíso, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

- Khadria, B. (2007). India migración calificada a los países desarrollados, migración laboral al Golfo. En Castles, S. y Delgado, R., *Migración y desarrollo. Perspectivas desde el Sur*. México: Porrúa
- Lara, V., Ávila, J. y Olivares, S. (2017). Desarrollo del pensamiento crítico mediante la aplicación del Aprendizaje Basado en Problemas. *Psicología Escolar e Educativa*, 21(1),65-77.
- Manterola, C. y Otzen, T. (2015). Estudios Experimentales 2 Parte: Estudios Cuasi-Experimentales. *International Journal of Morphology*, 33(1), 382-387.
- Meinardi, E., González, L. Revel, A. y Plaza, V. (2010). *Educación en ciencias*. Buenos Aires: Paidós.
- Manufactura (2018, abril 30). Adiós al empleo como lo conocemos. *Manufactura. Información Estratégica para la Industria*. Recuperado de: <https://manufactura.mx/industria/2018/04/30/nuevas-necesidades-nuevas-habilidades>
- Morales, F. (2016). Aplicación de un método educativo interactivo para mejorar el dominio conceptual de la Estática entre estudiantes de Ingeniería en el IPN de México. *Latin-American Journal of Physics Education*, 10(1), 14.
- Nunez, S., Ávila, J.E. y Olivares, S. (2017). El desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes universitarios por medio del Aprendizaje Basado en Problemas. *Revista iberoamericana de educación superior*, 8(23), 84-103.
- OCDE, (2019). *Estrategia de Competencias de la OCDE 2019. Competencias para construir un futuro mejor*. España: Fundación Santillana. En: <https://www.oecd.org/skills/OECD-skills-strategy-2019-ES.pdf>
- Olgún, J. (2013). El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), una estrategia para abordar el principio de Arquímedes en el nivel bachillerato. Tesis de maestría no publicada, Centro de Investigación de Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, México.
- Olivares, S. y Wong, M. (2013). Medición de la autopercepción de la disposición al pensamiento crítico en estudiantes de medicina. *XII Congreso Nacional de Investigación Educativa*. Guanajuato, Guanajuato, México: COMIE.
- Oppenheimer, A. (2010). *¡Basta de historias!: la obsesión latinoamericana con el pasado y las doce claves del futuro*. Vintage español.
- Paul, R. y Elder, L. (2003). *La mini-guía para el pensamiento crítico, conceptos y herramientas*. California: Fundación para el pensamiento crítico.
- Ruiz, D., Navarro, F., Pastor, F., Miralles C. y Gómez, R. (2017). Aprendizaje basado en problemas aplicado a la asignatura Química Física Avanzada del Grado en Química. En *Investigación en docencia universitaria: Diseñando el futuro a partir de la innovación educativa* (407-418). Octaedro.
- Tipler, P. y Mosca, G. (2010). *Física para la ciencia y la tecnología*, Volumen I. España: Reverté.
- Villalobos, V., Ávila, J. y Olivares, S. (2016). Aprendizaje Basado en Problemas en química y el pensamiento crítico en secundaria. *Revista mexicana de investigación educativa*, 21(69), 557-581.
- Whiting, K. (2019, 20 de septiembre). Tres de los mejores consejos de Jack Ma. *Foro Económico Mundial*. Disponible en: <https://es.weforum.org/agenda/2019/09/tres-de-los-mejores-consejos-de-jack-ma/>
- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. (2014). ABP en Ingeniería y Ciencias exactas. Disponible en: <http://sitios.itesm.mx/va/diie/tecnicasdidacticas/2a.htm> Fecha de consulta [24 de agosto del 2020].