

RECIBIDO: 15 DE MAYO DE 2026. REVISADO: 16 DE JUNIO DE 2026. ACEPTADO: 01 DE JULIO DE 2026.

DESARROLLO DEL PENSAMIENTO CRÍTICO MEDIANTE EL ANÁLISIS CONTEXTUALIZADO DE SISTEMAS DE COLAS EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

*DEVELOPMENT OF CRITICAL THINKING THROUGH
CONTEXTUALIZED ANALYSIS OF QUEUING SYSTEMS IN
ENGINEERING STUDENTS*

➤ **Mtra. María Guadalupe Ávila Fabián**

Licenciatura en Ingeniería Industrial, Tecnológico
Nacional de México/ITS de Rioverde
maria.af.tecno@gmail.com

ORCID: 0009-0009-0357-1339

RESUMEN

La enseñanza de la teoría de colas representa un desafío en la formación de estudiantes de ingeniería debido al carácter abstracto de los modelos matemáticos que describen los sistemas de espera. Con el propósito de favorecer una comprensión más profunda, se diseñó e implementó una estrategia didáctica contextualizada basada en el análisis de sistemas reales de servicio. La propuesta se aplicó a 40 estudiantes de la asignatura de Investigación de Operaciones del programa de Ingeniería en Gestión Empresarial. Los participantes observaron sistemas de colas en su entorno, recopilaron datos, calcularon indicadores operativos, interpretaron resultados y formularon propuestas de mejora sustentadas en evidencia. La investigación siguió un enfoque mixto con diseño cuasi experimental de tipo pretest-posttest. Los resultados evidenciaron una mejora significativa en el desempeño académico, al aumentar la aprobación del 20% en la evaluación diagnóstica al 82% en la final, además de fortalecer las habilidades de análisis, interpretación, argumentación y pensamiento crítico.

Palabras clave: Teoría de colas; Pensamiento crítico; Aprendizaje contextualizado; Innovación educativa.

ABSTRACT

Teaching queueing theory presents a challenge in engineering education due to the abstract nature of the mathematical models used to represent waiting systems. To promote a deeper understanding of these concepts, a contextualized instructional strategy based on the analysis of real-world service systems was designed and implemented. The strategy was applied to 40 students enrolled in the Operations Research course of the Business Management Engineering program. Participants observed queueing systems in their surroundings, collected data, calculated operational performance measures, interpreted the results, and developed evidence-based improvement proposals. The study adopted a mixed-methods approach with a quasi-experimental pretest-posttest design. The findings revealed a significant improvement in academic performance, with the passing rate increasing from 20% on the diagnostic assessment to 82% on the final evaluation. In addition, students strengthened their analytical, interpretive, argumentative, and critical thinking skills.

Keywords: Queueing theory; Critical thinking; Contextualized learning; Educational innovation.

INTRODUCCIÓN



La formación de profesionales de la ingeniería demanda el desarrollo de competencias que trasciendan la aplicación mecánica de procedimientos matemáticos y permitan interpretar, analizar y resolver problemas presentes en contextos reales. En este sentido, las asignaturas relacionadas con la Investigación de Operaciones desempeñan un papel relevante al proporcionar herramientas que facilitan la toma de decisiones en sistemas productivos y de servicios. Sin embargo, diversos contenidos de esta área suelen representar dificultades para los estudiantes debido a su alto nivel de abstracción y al predominio de enfoques centrados en la resolución algorítmica de ejercicios.

Particularmente, la teoría de colas constituye uno de los temas que con mayor frecuencia genera dificultades de aprendizaje. Aunque los estudiantes suelen adquirir la capacidad de aplicar fórmulas y desarrollar procedimientos de cálculo, no siempre logran comprender el significado de los indicadores obtenidos ni su utilidad para analizar situaciones reales. Como consecuencia, conceptos como tasa de llegada, tasa de servicio, tiempo de espera o utilización del sistema suelen percibirse como elementos matemáticos aislados, desvinculados de problemas que enfrentan las organizaciones en su operación cotidiana.

Esta situación limita el desarrollo de habilidades fundamentales para el ejercicio profesional de la ingeniería, entre ellas la interpretación de información, la evaluación de alternativas y la toma de decisiones fundamentadas. Por ello, resulta necesario promover estrategias de enseñanza

que permitan vincular los contenidos teóricos con experiencias cercanas al entorno de los estudiantes, lo que favorece una comprensión más profunda y significativa de los fenómenos estudiados.

Desde esta perspectiva, el aprendizaje contextualizado representa una alternativa pertinente para fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje en ingeniería. Al involucrar a los estudiantes en el análisis de situaciones reales, se favorece la construcción de conocimientos a partir de la observación, la reflexión y la aplicación práctica de los conceptos abordados en el aula. Asimismo, este enfoque contribuye al desarrollo del pensamiento crítico, entendido como la capacidad de analizar información, emitir juicios sustentados y proponer soluciones razonadas ante problemáticas específicas.

Con el propósito de favorecer la comprensión de la teoría de colas y fortalecer el desarrollo del pensamiento crítico, se diseñó e implementó una estrategia didáctica basada en el análisis contextualizado de sistemas reales de servicio. La propuesta se aplicó a 40 estudiantes de la asignatura de Investigación de Operaciones del programa educativo de Ingeniería en Gestión Empresarial, quienes realizaron actividades de observación, recopilación de datos, aplicación de modelos matemáticos e interpretación de resultados en sistemas de espera presentes en su entorno.

El objetivo de la investigación fue evaluar el impacto de esta estrategia didáctica en la comprensión de los conceptos asociados a la teoría de colas y en el desarrollo de habilidades de análisis e interpretación en estudiantes de

ingeniería. Se plantea que la incorporación de experiencias contextualizadas favorece una mayor comprensión de los contenidos, al tiempo que promueve procesos de reflexión y toma de decisiones sustentadas en la evidencia.

El artículo se estructura en cinco apartados principales. En primer lugar, se presenta el marco teórico que sustenta la relación entre el aprendizaje contextualizado, el pensamiento crítico y la enseñanza de la teoría de colas. Posteriormente, se describe la metodología empleada para el diseño e implementación de la estrategia didáctica. Enseguida, se exponen los resultados obtenidos a partir de los instrumentos de evaluación aplicados y el análisis de evidencias generadas por los estudiantes. Después, se desarrolla la discusión de los hallazgos a la luz de la literatura especializada. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación.

MARCO TEÓRICO

La teoría de colas constituye una de las herramientas más utilizadas dentro de la Investigación de Operaciones debido a su capacidad para modelar y analizar sistemas de espera presentes en diversos entornos organizacionales. Su aplicación permite evaluar aspectos relacionados con la capacidad de servicio, los tiempos de atención, la utilización de recursos y la eficiencia operativa, información indispensable para la toma de decisiones en sistemas productivos y de servicios (Taha, 2012). Debido a ello, los modelos de colas son empleados en hospitales, bancos, sistemas de transporte, centros de atención al cliente y líneas de producción, entre otros contextos donde existe la interacción entre la demanda y la capacidad de atención.

A pesar de su relevancia profesional, la enseñanza de la teoría de colas suele presentar desafíos importantes en el ámbito educativo. Con frecuencia, los contenidos se abordan mediante ejercicios centrados en la aplicación de fórmulas y

procedimientos matemáticos, lo que dificulta que los estudiantes comprendan el significado práctico de los indicadores obtenidos y su utilidad para analizar situaciones reales. Como consecuencia el aprendizaje puede limitarse a la ejecución de cálculos sin que se desarrollen procesos de interpretación, análisis o toma de decisiones fundamentadas.

Ante esta problemática resulta pertinente recurrir a enfoques pedagógicos que favorezcan una comprensión más profunda de los contenidos. Uno de los referentes más importantes es la teoría del aprendizaje significativo propuesta por Ausubel (2002), quien sostiene que el aprendizaje ocurre cuando la información logra relacionarse de manera sustancial con los conocimientos previos del estudiante. Desde esta perspectiva, el aprendizaje no consiste únicamente en incorporar información nueva, sino en construir significados a partir de experiencias que permitan comprender y reorganizar el conocimiento.

En concordancia con esta postura Rodríguez (2011) señala que los estudiantes alcanzan mayores niveles de comprensión cuando logran identificar la utilidad práctica de los contenidos y establecer conexiones entre la teoría y situaciones cercanas a su realidad. Este planteamiento resulta especialmente relevante en la formación de ingenieros, ya que gran parte de los contenidos matemáticos suelen percibirse como abstractos cuando se presentan desvinculados de los problemas que enfrentan las organizaciones y los sistemas productivos.

El aprendizaje significativo adquiere una dimensión más amplia a partir de la propuesta de aprendizaje significativo crítico desarrollada por Moreira (2012). Este autor plantea que la educación no debe limitarse a la adquisición de conocimientos, sino que debe promover la capacidad de cuestionar, analizar e interpretar la realidad. Desde esta perspectiva aprender implica desarrollar habilidades para evaluar información, argumentar posiciones y emitir juicios fundamentados, competencias esenciales para el ejercicio profesional de la ingeniería.

Estas actividades guardan una estrecha relación con el pensamiento crítico, considerado una de las competencias fundamentales en la educación superior. Facione (2007) define el pensamiento crítico como un proceso de juicio intencional y autorregulado que involucra habilidades de interpretación, análisis, inferencia, evaluación y explicación. Esta concepción destaca la importancia de que los estudiantes no solo comprendan información, sino que sean capaces de examinarla de forma reflexiva antes de tomar decisiones. De manera complementaria, Paul y Elder (2005) sostienen que el pensamiento crítico se fortalece cuando el razonamiento es sometido a estándares intelectuales como claridad, precisión, profundidad, lógica y relevancia. Bajo este enfoque los estudiantes desarrollan la capacidad de cuestionar supuestos, valorar evidencias y analizar las implicaciones de distintas alternativas de solución. Estas habilidades resultan particularmente importantes en asignaturas como Investigación de Operaciones, donde la interpretación de resultados tiene un papel tan relevante como la obtención de los cálculos matemáticos.

Boisvert (2004) afirma que el pensamiento crítico no puede desarrollarse únicamente mediante la memorización de contenidos, sino a través de actividades que permitan al estudiante analizar situaciones reales, argumentar ideas y construir soluciones fundamentadas. Esto resulta particularmente importante en la enseñanza de la Investigación de Operaciones, donde los modelos matemáticos requieren interpretación y análisis contextual.

Ante lo anterior el concepto de dialéctica adquiere relevancia, al surgir como un proceso educativo basado en la confrontación entre teoría y realidad. Según Freire (2005) el aprendizaje crítico surge

cuando los estudiantes problematizan su entorno y reflexionan sobre las contradicciones presentes en la realidad. Desde una perspectiva de enseñanza debe promover espacios de diálogo, análisis y argumentación que permitan construir conocimiento de manera reflexiva.

Aplicado a la teoría de colas, el enfoque dialéctico permite que los estudiantes contrasten el comportamiento ideal de los modelos matemáticos con las condiciones reales observadas en sistemas de servicio. Esto favorece procesos de reflexión donde los estudiantes pueden cuestionar la eficiencia de los sistemas.

Asimismo, el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje contextualizado han demostrado ser estrategias efectivas para fortalecer la comprensión conceptual en ingeniería. Según Díaz Barriga y Hernández (2010), el aprendizaje contextualizado favorece la construcción de conocimientos significativos al relacionar los contenidos académicos con situaciones cercanas a la experiencia del estudiante. Esto incrementa la motivación, la participación activa y el desarrollo de habilidades de análisis. Por lo que se sustenta como la implementación de actividades donde los estudiantes analicen sistemas reales de colas, esto permite integrar conocimientos matemáticos, pensamiento crítico y procesos reflexivos. Mediante la observación de su entorno y la experiencia de poder formar parte de un sistema donde puedan recopilar datos, aplicar modelos matemáticos y argumentar propuestas de mejora, los estudiantes desarrollan competencias analíticas y de toma de decisiones fundamentales para su formación profesional.

El estudio que se presenta parte de la necesidad de fortalecer la teoría de colas mediante estrategias didácticas contextualizadas que favorezcan el aprendizaje significativo, el pensamiento crítico y la reflexión en estudiantes de ingeniería.

METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, debido a que se analizaron tanto resultados numéricos relacionados con el desempeño académico de los estudiantes, como percepciones y reflexiones derivadas de la aplicación de una estrategia didáctica contextualizada. El estudio tuvo un alcance descriptivo y explicativo, ya que buscó identificar el efecto de una actividad práctica basada en el análisis de sistemas reales de colas sobre la comprensión de la teoría de colas y el desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de ingeniería.

El diseño metodológico empleado fue cuasi experimental con medición pretest-postest en un solo grupo. De acuerdo con Hernández Sampieri y Mendoza (2018), este tipo de diseño permite evaluar cambios producidos en los participantes después de una intervención educativa, mediante la comparación de resultados obtenidos antes y después de la aplicación de la estrategia didáctica.

La investigación se llevó a cabo con un grupo de 40 estudiantes de la asignatura de Investigación de Operaciones pertenecientes a la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial. La selección del grupo respondió a un criterio no probabilístico por conveniencia, debido a la accesibilidad y participación directa del grupo dentro del contexto académico donde se implementó la estrategia didáctica.

ESTRATEGIA DIDÁCTICA IMPLEMENTADA

La estrategia consistió en el desarrollo de una actividad contextualizada donde los estudiantes analizaron sistemas reales de servicio presentes en su entorno cotidiano. La actividad tuvo como finalidad favorecer la comprensión de los modelos de teoría de colas mediante observación directa, recolección de datos reales y análisis crítico del sistema.

Los estudiantes trabajaron de forma individual y seleccionaron diferentes sistemas de servicio, entre ellos, cafeterías, tiendas de autoservicio, transporte público, consultorios médicos, servicios escolares y cajas de pago en tiendas departamentales. Cada uno realizó observaciones de campo donde registraron información relacionada con:

- Número de clientes que ingresaban al sistema
- Tiempo de llegadas
- Tiempo promedio de servicio
 - * Número de servidores
- Longitud promedio de la fila
- Comportamiento del sistema durante distintos momentos

Con base en los datos recolectados, los estudiantes identificaron el tipo de sistema de colas observado, tipos de población, disciplina de la cola, capacidad del sistema y aplicaron los modelos matemáticos de teoría de colas correspondiente al sistema, los cuales se vieron previamente en el aula, se encontró que los sistemas observados principalmente corresponden a los modelos M/M/1 y M/M/S, por lo que con la información recabada calcularon indicadores como:

- Tasa de llegada (λ)
- Tasa de servicio (μ)
- Factor de utilización (ρ)
- Número promedio de clientes en la cola (L_q)
- Tiempo promedio de espera (W_q)

Posterior a la realización de cálculos los estudiantes respondieron las siguientes preguntas, donde debieron contrastar los resultados de los indicadores con las observaciones realizadas en el sistema seleccionado:

- ¿El sistema está saturado?
- ¿Se generan tiempos de espera altos? o ¿El servicio es eficiente?
- ¿Cómo afecta este sistema su experiencia como usuario?
- ¿En qué momento se vuelve crítico?

Se les solicitó que reflexionaran y fundamentaran sus respuestas en los cálculos y la observación realizada,

también se les pidió que propusieran 1 mejora viable que impactara positivamente en el tiempo de espera y que contribuyera a reducir la saturación del sistema en momentos críticos, con una argumentación sustentada en la evidencia analizada. Finalmente, se solicitó una conclusión personal donde los alumnos expusieran los retos a los que se enfrentaron durante la realización de la práctica, así como emitir una opinión crítica sobre si la experiencia contribuyó a modificar, fortalecer o contextualizar la comprensión que poseían respecto a los modelos matemáticos utilizados en la teoría de colas.

La elección de esta estrategia se fundamentó en el aprendizaje significativo y el aprendizaje contextualizado, debido a que ambos enfoques favorecen la construcción del conocimiento a partir de experiencias cercanas al entorno del estudiante (Díaz Barriga & Hernández, 2010). Asimismo, esta metodología promueve el desarrollo del pensamiento crítico mediante procesos de análisis, interpretación y argumentación.

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se aplicó un examen diagnóstico (pretest) antes de implementar la estrategia didáctica y un examen final (postest) después de la actividad. Ambos instrumentos permitieron medir el nivel de comprensión de los estudiantes respecto a los conceptos de teoría de colas. Las pruebas incluyeron ejercicios relacionados con: modelos M/M/1, M/M/S, cálculo de indicadores, interpretación de resultados y toma de decisiones. La utilización de las pruebas permitió identificar cambios en el aprendizaje atribuibles a la estrategia didáctica implementada.

También se aplicó una encuesta estructurada con escala tipo Likert para conocer la percepción de los estudiantes respecto a: comprensión del tema, relación entre teoría y práctica, desarrollo del pensamiento crítico y utilidad de la actividad. La escala Likert es ampliamente utilizada en investigaciones educativas debido a su utilidad para medir actitudes, opiniones y percepciones de los participantes (Bisquerra, 2009).

Finalmente se revisaron los reportes elaborados por los estudiantes con la finalidad de identificar evidencias de razonamiento crítico, argumentación y aplicación contextualizada de la teoría de colas. Cabe señalar que los instrumentos fueron aplicados bajo las mismas condiciones para todos los participantes, por ello se mantuvieron las mismas instrucciones y tiempos equivalentes de evaluación. Esta medida contribuyó a reducir posibles sesgos asociados al proceso de aplicación.

RIGOR METODOLÓGICO

Con el propósito de garantizar la validez y confiabilidad de los resultados los instrumentos utilizados fueron elaborados al considerar los contenidos establecidos en la asignatura de investigación de operaciones y los objetivos de aprendizaje relacionados con teoría de colas. Además, se procuró que las preguntas incluyeran aspectos conceptuales, procedimentales y de interpretación. De acuerdo con Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez (2008), la validez de contenido permite determinar si los instrumentos representan adecuadamente el constructo que se desea medir.

Se empleó una triangulación metodológica mediante la integración de los resultados de las pruebas, la encuesta tipo Likert y los reportes de análisis elaborados por los estudiantes. Esto permitió fortalecer la interpretación de resultados al combinar evidencia cuantitativa y cualitativa. Según Denzin (1978) la triangulación incrementa la credibilidad y consistencia de las investigaciones educativas al utilizar múltiples fuentes de información.

Los datos cuantitativos obtenidos mediante exámenes y cuestionarios fueron organizados en hojas de cálculo para obtener promedios, porcentajes, diferencias entre pretest y posttest y ganancia de aprendizaje. Por otro lado, las reflexiones y reportes elaborados por los estudiantes fueron analizados mediante categorización temática para identificar evidencias relacionadas con comprensión conceptual, pensamiento crítico, relación teoría-práctica y argumentación.

RESULTADOS

La implementación de la estrategia didáctica basada en el análisis contextualizado de sistemas reales permitió identificar resultados favorables tanto en el desempeño académico de los estudiantes como en el desarrollo de habilidades de análisis, interpretación y pensamiento crítico relacionadas con la teoría de colas.

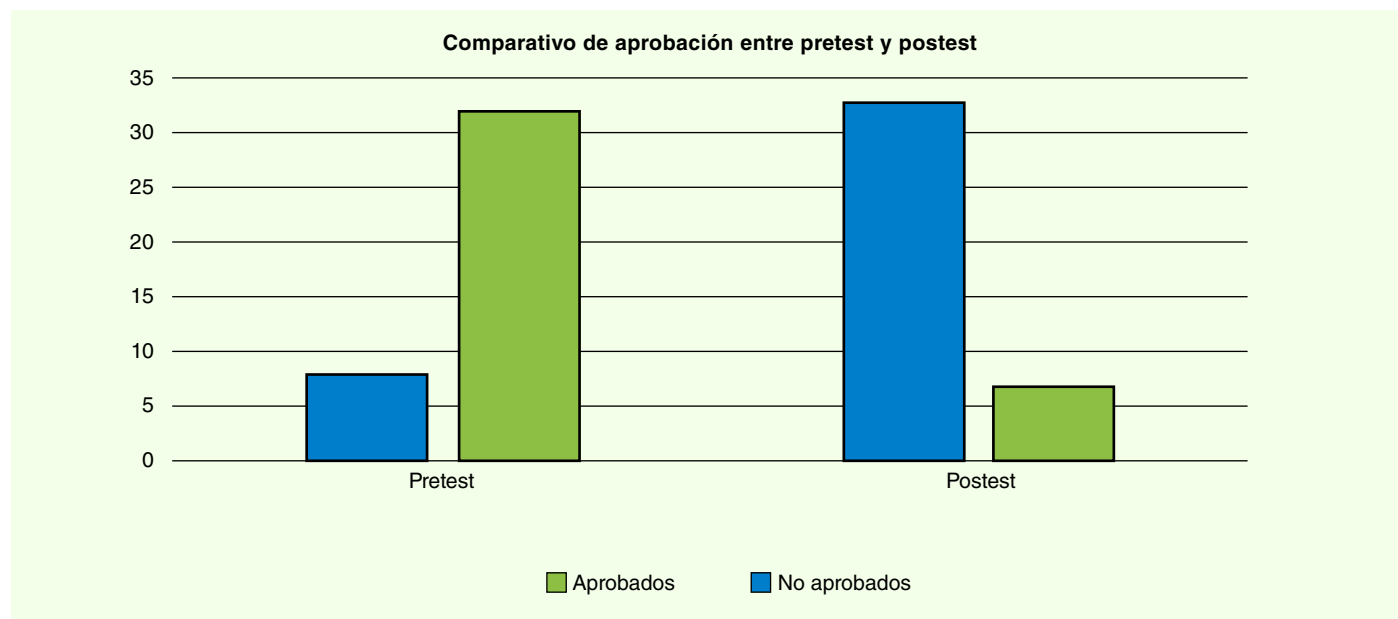
Los resultados obtenidos mediante la aplicación del pretest evidenciaron inicialmente dificultades importantes en la comprensión del tema. Antes de la intervención didáctica, únicamente el 20% de

los estudiantes logró acreditar satisfactoriamente la evaluación diagnóstica, observándose principalmente problemas relacionados con la interpretación de fórmulas, comprensión de indicadores y toma de decisiones a partir de resultados obtenidos.

Posteriormente, tras la implementación de la actividad práctica propuesta los resultados mostraron un incremento significativo en el desempeño académico, debido a que el 82% de los estudiantes acreditó satisfactoriamente la evaluación final.

A continuación, se presenta los resultados de las evaluaciones, donde se puede observar la disminución de los alumnos no aprobados.

Figura 1. Grafica de resultados para el pretest y el postest.



Fuente: Elaboración propia.

COMPRENSIÓN CONCEPTUAL DE LA TEORÍA DE COLAS

Uno de los principales hallazgos derivados de la implementación de la estrategia didáctica fue la mejora en la comprensión conceptual de la teoría de colas

por parte de los estudiantes. Durante el desarrollo de la actividad los participantes lograron relacionar los modelos matemáticos vistos en clase con situaciones reales observadas en distintos sistemas de servicio, lo que favoreció una comprensión más significativa de conceptos que previamente percibían como abstractos o difíciles de interpretar.

Los resultados obtenidos en el postest evidenciaron una mejora importante en la capacidad de los estudiantes para identificar variables propias del sistema de colas, también lograron interpretar indicadores como tasa de llegada, tasa de servicio, y utilización del sistema. Resalta que los alumnos lograron reconocer la relación entre saturación del sistema y tiempos de espera. El desarrollo de la práctica favoreció que los alumnos pudieran comprender la utilidad práctica de los modelos M/M1 y M/MS.

De igual manera en las reflexiones elaboradas por los estudiantes se identificó de manera recurrente que la observación de sistemas reales permitió comprender con mayor claridad el propósito de las fórmulas matemáticas y la forma en que estas

pueden utilizarse para analizar problemas reales de operación. Diversos estudiantes señalaron que antes de la actividad percibían la teoría de colas únicamente como un conjunto de procedimientos matemáticos, mientras que después del ejercicio lograron visualizar su aplicación en contextos cotidianos relacionados con servicios, atención al cliente y operación de sistemas.

En las imágenes anteriores se muestra el ejemplo de la práctica realizada por una de las alumnas donde se observa la recolección de datos y el análisis inicial del sistema de servicio que seleccionó, en este caso, una tienda de autoservicio. Se presenta una parte de la información recabada, con base a la cual se realizó el cálculo de los indicadores.

Figura 2. Registro de datos de la práctica y de los tiempos en el sistema evaluado.

Hora de inicio: <u>8:13 pm</u> Hora de término: <u>9:13 pm</u> Tiempo total de observación: 60 minutos Observador(a): <u>Guadalupe Ota</u> Descripción general del sistema ¿Qué servicio se está observando? <u>Es un servicio de atención en tienda, específicamente en el área de cajas para el pago de productos.</u> Cliente: <u>Los que llegan a pagar sus productos</u> Servidor(es): <u>Cajero</u> Número de servidores (personas o máquinas atendiendo): <u>1 servidor</u> Tipo de población: ☐ Finita ☒ Infinita Disciplina de la cola: ☒ FIFO ☐ LIFO ☐ Prioridad ☐ Otra: _____	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cliente</th> <th>Hora de llegada</th> <th>Tiempo entre llegadas</th> <th>Cliente</th> <th>Hora de llegada</th> <th>Tiempo entre llegadas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td><u>8:13</u></td><td></td><td>21</td><td><u>8:39</u></td><td><u>4 min</u></td></tr> <tr><td>2</td><td><u>8:14</u></td><td><u>1 min</u></td><td>22</td><td><u>8:39</u></td><td><u>0 min</u></td></tr> <tr><td>3</td><td><u>8:15</u></td><td><u>1 min</u></td><td>23</td><td><u>8:39</u></td><td><u>0 min</u></td></tr> <tr><td>4</td><td><u>8:18</u></td><td><u>3 min</u></td><td>24</td><td><u>8:40</u></td><td><u>1 min</u></td></tr> <tr><td>5</td><td><u>8:20</u></td><td><u>2 min</u></td><td>25</td><td><u>8:40</u></td><td><u>0 min</u></td></tr> <tr><td>6</td><td><u>8:20</u></td><td><u>0 min</u></td><td>26</td><td><u>8:42</u></td><td><u>2 min</u></td></tr> <tr><td>7</td><td><u>8:20</u></td><td><u>0 min</u></td><td>27</td><td><u>8:43</u></td><td><u>1 min</u></td></tr> <tr><td>8</td><td><u>8:22</u></td><td><u>2 min</u></td><td>28</td><td><u>8:44</u></td><td><u>1 min</u></td></tr> <tr><td>9</td><td><u>8:24</u></td><td><u>2 min</u></td><td>29</td><td><u>8:45</u></td><td><u>1 min</u></td></tr> <tr><td>10</td><td><u>8:25</u></td><td><u>1 min</u></td><td>30</td><td><u>8:45</u></td><td><u>0 min</u></td></tr> <tr><td>11</td><td><u>8:26</u></td><td><u>1 min</u></td><td>31</td><td><u>8:45</u></td><td><u>0 min</u></td></tr> <tr><td>12</td><td><u>8:26</u></td><td><u>0 min</u></td><td>32</td><td><u>8:46</u></td><td><u>1 min</u></td></tr> <tr><td>13</td><td><u>8:27</u></td><td><u>1 min</u></td><td>33</td><td><u>8:46</u></td><td><u>0 min</u></td></tr> <tr><td>14</td><td><u>8:28</u></td><td><u>1 min</u></td><td>34</td><td><u>8:48</u></td><td><u>2 min</u></td></tr> <tr><td>15</td><td><u>8:29</u></td><td><u>1 min</u></td><td>35</td><td><u>8:49</u></td><td><u>1 min</u></td></tr> </tbody> </table>	Cliente	Hora de llegada	Tiempo entre llegadas	Cliente	Hora de llegada	Tiempo entre llegadas	1	<u>8:13</u>		21	<u>8:39</u>	<u>4 min</u>	2	<u>8:14</u>	<u>1 min</u>	22	<u>8:39</u>	<u>0 min</u>	3	<u>8:15</u>	<u>1 min</u>	23	<u>8:39</u>	<u>0 min</u>	4	<u>8:18</u>	<u>3 min</u>	24	<u>8:40</u>	<u>1 min</u>	5	<u>8:20</u>	<u>2 min</u>	25	<u>8:40</u>	<u>0 min</u>	6	<u>8:20</u>	<u>0 min</u>	26	<u>8:42</u>	<u>2 min</u>	7	<u>8:20</u>	<u>0 min</u>	27	<u>8:43</u>	<u>1 min</u>	8	<u>8:22</u>	<u>2 min</u>	28	<u>8:44</u>	<u>1 min</u>	9	<u>8:24</u>	<u>2 min</u>	29	<u>8:45</u>	<u>1 min</u>	10	<u>8:25</u>	<u>1 min</u>	30	<u>8:45</u>	<u>0 min</u>	11	<u>8:26</u>	<u>1 min</u>	31	<u>8:45</u>	<u>0 min</u>	12	<u>8:26</u>	<u>0 min</u>	32	<u>8:46</u>	<u>1 min</u>	13	<u>8:27</u>	<u>1 min</u>	33	<u>8:46</u>	<u>0 min</u>	14	<u>8:28</u>	<u>1 min</u>	34	<u>8:48</u>	<u>2 min</u>	15	<u>8:29</u>	<u>1 min</u>	35	<u>8:49</u>	<u>1 min</u>
Cliente	Hora de llegada	Tiempo entre llegadas	Cliente	Hora de llegada	Tiempo entre llegadas																																																																																												
1	<u>8:13</u>		21	<u>8:39</u>	<u>4 min</u>																																																																																												
2	<u>8:14</u>	<u>1 min</u>	22	<u>8:39</u>	<u>0 min</u>																																																																																												
3	<u>8:15</u>	<u>1 min</u>	23	<u>8:39</u>	<u>0 min</u>																																																																																												
4	<u>8:18</u>	<u>3 min</u>	24	<u>8:40</u>	<u>1 min</u>																																																																																												
5	<u>8:20</u>	<u>2 min</u>	25	<u>8:40</u>	<u>0 min</u>																																																																																												
6	<u>8:20</u>	<u>0 min</u>	26	<u>8:42</u>	<u>2 min</u>																																																																																												
7	<u>8:20</u>	<u>0 min</u>	27	<u>8:43</u>	<u>1 min</u>																																																																																												
8	<u>8:22</u>	<u>2 min</u>	28	<u>8:44</u>	<u>1 min</u>																																																																																												
9	<u>8:24</u>	<u>2 min</u>	29	<u>8:45</u>	<u>1 min</u>																																																																																												
10	<u>8:25</u>	<u>1 min</u>	30	<u>8:45</u>	<u>0 min</u>																																																																																												
11	<u>8:26</u>	<u>1 min</u>	31	<u>8:45</u>	<u>0 min</u>																																																																																												
12	<u>8:26</u>	<u>0 min</u>	32	<u>8:46</u>	<u>1 min</u>																																																																																												
13	<u>8:27</u>	<u>1 min</u>	33	<u>8:46</u>	<u>0 min</u>																																																																																												
14	<u>8:28</u>	<u>1 min</u>	34	<u>8:48</u>	<u>2 min</u>																																																																																												
15	<u>8:29</u>	<u>1 min</u>	35	<u>8:49</u>	<u>1 min</u>																																																																																												

Fuente: Elaboración propia, se presenta la información recabada por una de las alumnas participantes en la aplicación de la estrategia.

Figura 3. Evidencia del sistema analizado en la práctica.



Fuente: Elaborado por el autor. En las imágenes se presenta la evidencia fotográfica de uno de los sistemas analizados.

DESARROLLO DEL PENSAMIENTO CRÍTICO

Otro aspecto relevante identificado fue el fortalecimiento del pensamiento crítico en los estudiantes. La actividad permitió que los estudiantes no solo realizaran cálculos matemáticos, sino que también analizaran el comportamiento de los sistemas observados, interpretaran resultados y reflexionaran sobre posibles alternativas de mejora.

Durante el análisis de los sistemas de servicio los estudiantes identificaron que los modelos matemáticos no siempre representan de manera exacta el comportamiento real de los sistemas debido a factores como: variaciones en la demanda, diferencias en la velocidad de atención, comportamiento variable de los usuarios y los horarios en que se satura el sistema. Estas observaciones favorecieron la reflexión, y análisis donde los participantes cuestionaron la eficiencia de los sistemas y evaluaron críticamente distintas alternativas de solución.

Se observó que la toma de decisiones resultó ser uno de los procesos más complejos para los estudiantes,

aunque lograron efectuar cálculos matemáticos, manifestaron dificultades para interpretar los resultados y utilizarlos como base para justificar propuestas de mejora. Esto permitió evidenciar que la actividad trascendió la solución mecánica de ejercicios y promovió habilidades relacionadas con interpretación de información y toma de decisiones fundamentadas.

Durante las exposiciones y discusiones grupales los estudiantes participaron al debatir la viabilidad de algunas propuestas de mejora, factores como costos, tiempos de atención y utilización de recursos, esto fortaleció la capacidad de análisis crítico y la construcción reflexiva del conocimiento.

MOTIVACIÓN ESTUDIANTEL Y RELACIÓN ENTRE TEORÍA Y PRÁCTICA

Los resultados de la encuesta tipo Likert mostraron una perspectiva positiva respecto a la estrategia didáctica implementada, la mayoría de los estudiantes manifestó que el análisis de sistemas reales incremento su interés por la asignatura y facilitó el aprendizaje de la teoría de colas.

Los participantes señalaron que la actividad les permitió comprender la importancia de los modelos matemáticos dentro de contextos reales y visualizar aplicaciones concretas de los contenidos abordados en clase, lo que favorece que el aprendizaje deje de percibirse como un proceso teórico para convertirse en una herramienta útil que permita analizar y resolver problemas cotidianos.

Se expresó también que el poder observar sistemas de los cuales forman parte cotidianamente generó mayor interés y participación dentro de la clase, debido a que lograron identificar problemáticas reales relacionadas con tiempos de espera, saturación y eficiencia del servicio. Como comentario adicional se favoreció el trabajo colaborativo y la participación activa de los estudiantes, quienes mostraron mayor disposición para discutir resultados, comparar observaciones y proponer alternativas de mejora fundamentadas.

En términos generales la contextualización de la teoría de colas permitió fortalecer la relación entre teoría y práctica, lo que favorece un aprendizaje más significativo, reflexivo y motivador para los estudiantes de ingeniería.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos permiten identificar una relación favorable entre la implementación de estrategias didácticas contextualizadas y la mejora en la comprensión de la teoría de colas en estudiantes de ingeniería, el incremento observado entre los resultados pretest y posttest evidencia que el análisis de sistemas reales contribuyó a la comprensión conceptual y aplicada de los modelos matemáticos abordados en la asignatura de investigación de operaciones.

El diagnóstico inicial identificó que únicamente el 20% de los estudiantes logró acreditar la evaluación, al reflejar dificultades relacionadas principalmente con la interpretación de fórmulas, comprensión de indicadores y aplicación práctica de los modelos de colas. Estos resultados coinciden con lo señalado por Díaz Barriga y Hernández (2010), quienes afirman

que los estudiantes suelen presentar dificultades de aprendizaje cuando los contenidos se enseñan de manera descontextualizada y centrada únicamente en procesos memorísticos.

Posteriormente, después de la implementación de la estrategia didáctica basada en el análisis de sistemas reales, el porcentaje de aprobación aumentó a 82% lo que evidencia una mejora importante en la comprensión del tema, este comportamiento puede interpretarse desde la teoría del aprendizaje significativo que sostiene que el aprendizaje ocurre de manera más efectiva cuando el estudiante logra relacionar los nuevos conocimientos con experiencias y estructuras cognitivas previas (Ausubel, 2002).

El análisis de sistemas de servicio presentes en el entorno cotidiano permitió que los estudiantes identificarán la utilidad práctica de los modelos matemáticos de la teoría de colas, lo anterior coincide con Rodríguez Palmero (2011), quien señala que el aprendizaje significativo se fortalece cuando el estudiante logra establecer relaciones entre teoría y situaciones reales de aplicación.

Así también los resultados obtenidos mediante la encuesta Likert mostraron una percepción favorable de los estudiantes hacia la estrategia implementada, particularmente en aspectos relacionados con motivación, comprensión conceptual, y relación entre teoría y práctica, la mayoría de los estudiantes manifestó que la actividad facilitó la interpretación de fórmulas y mejor comprensión del comportamiento de los sistemas. Estos hallazgos guardan relación con lo planteado por Moreira (2012), quien sostiene que el aprendizaje significativo propicia procesos reflexivos donde el estudiante no solo adquiere conocimiento, sino que desarrolla la capacidad de analizar e interpretar la realidad desde una postura crítica.

Además, durante la elaboración de los reportes los estudiantes reconocieron la existencia de variaciones en el comportamiento de los sistemas al depender del momento observado, donde identificaron periodos críticos de saturación y diferencias en la utilización de los servidores, lo que evidencia un proceso más profundo que trasciende

la solución mecánica de ejercicios y se orienta hacia la interpretación de fenómenos reales, en relación con lo anterior Paul y Elder (2005) señalan que el pensamiento crítico implica la capacidad de analizar información, evaluar evidencias y emitir juicios fundamentados al considerar distintos contextos y variables. Los resultados de investigación muestran que la actividad promovió precisamente estos procesos.

Los estudiantes manifestaron que, aunque el desarrollo matemático de las fórmulas representó una dificultad, la interpretación de resultados y la toma de decisiones resultaron aún más complejas, este hallazgo coincide con lo expuesto por Facione (2007), quien señala que el pensamiento crítico no se limita al dominio técnico o procedimental, sino que involucra habilidades de interpretación, análisis inferencia y evaluación.

Otro aspecto relevante observado fue el fortalecimiento entre teoría y práctica, ya que los estudiantes identificaron aplicaciones reales de la teoría de colas, por lo que se contribuye a la afirmación de que las estrategias contextualizadas favorecen la participación activa del estudiante y fortalecen el aprendizaje debido a que permiten visualizar la utilidad práctica de los contenidos académicos (Díaz Barriga & Hernández, 2010).

La actividad también promovió procesos dialógicos y reflexivos durante las discusiones grupales, donde los estudiantes analizaron la viabilidad de diferentes propuestas de mejora al considerar restricciones operativas, desde la perspectiva de Freire (2005), este tipo de experiencias favorecen una educación crítica basada en la reflexión sobre la realidad y la construcción colectiva del conocimiento.

Los hallazgos respaldan la importancia de implementar metodologías activas y contextualizadas en la enseñanza de la Investigación de operaciones, debido a que permiten superar enfoques tradicionales centrados únicamente en la memorización y resolución mecánica de ejercicios, que favorecen una comprensión más profunda, crítica y aplicada del conocimiento.

CONCLUSIONES

La presente investigación permitió identificar que la implementación de estrategias didácticas contextualizadas favorece significativamente la comprensión de la teoría de colas en estudiantes de ingeniería, particularmente cuando los contenidos matemáticos se relacionan con situaciones reales cercanas al entorno de los estudiantes.

Los resultados obtenidos evidenciaron una mejora importante en el desarrollo académico de los estudiantes después de la actividad práctica basada en el análisis de sistemas reales de servicio, el incremento del porcentaje de aprobación del 20% al 82% en el postest demuestra que la contextualización de los contenidos contribuyó de manera significativa a fortalecer la comprensión conceptual y aplicada de la teoría de colas.

Se pudo observar que los estudiantes lograron comprender con mayor claridad la utilidad práctica de modelos matemáticos como M/M/1 y M/M/S, así como la interpretación de indicadores relacionados con tiempos de espera, utilización del sistema y eficiencia operativa. Esto evidencia que el aprendizaje significativo se fortalece cuando los estudiantes logran relacionar la teoría con problemas presentes en el contexto cotidiano.

La investigación aporta evidencia sobre la utilidad de integrar actividades de observación y análisis de campo dentro de la asignatura de Investigación de operaciones, ya que esta estrategia favorece el desarrollo de competencias como interpretación de información y toma de decisiones para la solución de problemas reales.

La investigación demuestra que el aprendizaje contextualizado constituye una alternativa didáctica viable y efectiva para la enseñanza de contenidos complejos en ingeniería, particularmente en áreas relacionadas con la teoría de colas. Por ello se considera pertinente continuar con el desarrollo de estrategias

pedagógicas que permitan vincular los modelos matemáticos con escenarios reales, lo que favorece no solo la comprensión técnica de los contenidos, sino también el desarrollo del pensamiento crítico y la capacidad de análisis en los futuros profesionales de ingeniería.

Se recomienda ampliar la aplicación de este tipo de estrategias a otros temas de investigación de operaciones y evaluar su impacto en distintas áreas de la formación ingenieril, con el propósito de fortalecer procesos de enseñanza-aprendizaje centrados en la comprensión significativa y la aplicación práctica del conocimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Ausubel, D. (2002).** Adquisición y retención del conocimiento: Una perspectiva cognitiva. Paidós.
- Bisquerra, R. (2009).** Metodología de la investigación educativa. La Muralla.
- Boisvert, J. (2004).** La formación del pensamiento crítico: Teoría y práctica. Fondo de Cultura Económica.
- Denzin, N. K. (1978).** The research act: A theoretical introduction to sociological methods. McGraw-Hill.
- Díaz Barriga, F., & Hernández, G. (2010).** Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: Una interpretación constructivista. McGraw-Hill.
- Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, Á. (2008).** Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. Avances en Medición, 27-36.
- Facione, P. A. (2007).** Pensamiento crítico: ¿Qué es y por qué es importante? Insight Assessment.
- Freire, P. (2005).** Pedagogía del oprimido. Siglo XXI Editores.
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018).** Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill.
- Moreira, M. A. (2012).** ¿Al final, qué es aprendizaje significativo? Revista Curriculum, 29-56.
- Paul, R., & Elder, L. (2005).** Estándares de competencia para el pensamiento crítico. Fundación para el Pensamiento Crítico.
- Rodríguez Palmero, M. L. (2011).** La teoría del aprendizaje significativo: una revisión aplicable a la escuela actual. Revista Electrónica d'Investigació i Innovació Educativa i Socioeducativa, 29-50.
- Taha, H. (2012).** Investigación de operaciones. Pearson Educación.