

ORIGINAL

Use of mathematical modeling as a methodological proposal for the development of cognitive competences in the subject of differential equations

Uso de la modelación matemática como propuesta metodológica para el desarrollo de competencias cognitivas en la asignatura de ecuaciones diferenciales

Hugo Humberto Paz-León¹  , Marco Hjalmar Velasco-Arellano¹  , Lenin Santiago Orozco-Cantos¹  , Lidia Castro-Cepeda¹  

¹Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería. Riobamba, Ecuador.

Citar como: Paz-León HH, Velasco-Arellano MH, Orozco-Cantos LS, Castro-Cepeda L. Use of mathematical modeling as a methodological proposal for the development of cognitive competences in the subject of differential equations. Data and Metadata. 2025; 4:685. <https://doi.org/10.56294/dm2025685>

Enviado: 16-06-2024

Revisado: 25-10-2024

Aceptado: 12-04-2025

Publicado: 13-04-2025

Editor: Dr. Adrián Alejandro Vitón Castillo 

Autor para la correspondencia: Hugo Humberto Paz-León 

ABSTRACT

This study proposes to integrate mathematical modeling as an active methodology with a pedagogical approach oriented toward competency development. The objective is to use modeling activities as a bridge that connects problem-solving with the strengthening of cognitive competencies. The model contrasts with traditional methods, which typically focus on the execution of algorithms and the memorization of theorems and formulas, limiting mathematical learning to obtaining results without exploring their application to engineering problems or practical contexts. The research is conducted in an educational environment, where students could analyze, describe, formulate hypotheses, contrast them, reflect, argue, and communicate their ideas. The research design is quasi-experimental, descriptive-correlational, and the research employs scientific, inductive-deductive, and analytical-synthetic methods, basing the methodology on problem-solving in accordance with the progress of the Differential Equations course syllabus. To evaluate the proposal, techniques such as direct observation, teamwork, multiple-choice tests, and feedback were used with second-semester students. The results show that methodology promotes greater development of cognitive skills compared to the traditional approach based on mechanical problem-solving. It can be concluded that mathematical modeling allows students to develop cognitive skills such as critical thinking, creativity, and problem-solving through the analysis, synthesis, and evaluation of information.

Keywords: Mathematical Modeling; Cognitive Skills; Differential Equations.

RESUMEN

En este estudio se propone integrar la modelación matemática como una metodología activa con un enfoque pedagógico orientado al desarrollo de competencias. El objetivo es utilizar las actividades de modelación como un puente que conecta la resolución de problemas con el fortalecimiento de competencias cognitivas. El modelo contrasta con los métodos tradicionales, que suelen enfocarse en la ejecución de algoritmos y la memorización de teoremas y fórmulas, limitando el aprendizaje de la matemática a la obtención de resultados sin explorar su aplicación en problemas de ingeniería o contextos prácticos. La investigación se lleva a cabo en un entorno educativo, donde los estudiantes tienen la oportunidad de analizar, describir, formular hipótesis, contrastarlas, reflexionar, argumentar y comunicar sus ideas. El diseño de la investigación es cuasi experimental, de tipo descriptiva correlacional y durante la investigación se emplean los métodos Científico, inductivo deductivo y analítico sintético, fundamentando la metodología con la resolución de problemas de acuerdo con el avance del programa de la asignatura de Ecuaciones Diferenciales.

Para evaluar la propuesta, se emplean técnicas como observación directa, trabajos en equipo, pruebas de selección múltiple y retroalimentación con estudiantes de segundo semestre. Los resultados evidencian que la metodología promueve un desarrollo superior de las competencias cognitivas en comparación con el enfoque tradicional basado en la resolución mecánica de ejercicios. Pudiendo concluir que la modelación matemática permite que los estudiantes desarrollen competencias cognitivas como el pensamiento crítico, la creatividad y la resolución de problemas mediante el análisis, síntesis y evaluación de la información.

Palabras clave: Modelado Matemático; Competencias Cognitivas; Ecuaciones Diferenciales.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años en las instituciones educación superior se vienen preguntando que es lo que se necesita para mejorar los sistemas educativos, para ello lo primero que debemos entender es ¿Qué es la educación? De acuerdo con Piaget, la meta principal de la educación es crear personas que sean capaces de hacer cosas nuevas, no simplemente repetir lo que otras generaciones han hecho; formar personas creativas, que sientan interés por descubrir, que cuenten con una serie de habilidades, destrezas que los hagan capaces de incorporarse fácilmente en la convivencia social y en el campo laboral. Considerando este concepto y de acuerdo al estudio realizado se puede indicar que un factor clave para el éxito académico y profesional tiene que ver con el desarrollo de competencias cognitivas y analíticas en los estudiantes y la capacidad de aplicar los conocimientos en diversos contextos de la vida, La incorporación de modelación matemática además de fortalecer estas competencias contribuye a mejorar la motivación y el interés de los estudiantes por las ciencias exactas gracias a que promueve un aprendizaje activo y la aplicabilidad de leyes, teoremas y definiciones matemáticas en situaciones reales lo que causa un impacto positivo en el rendimiento académico y contribuye a la modernización del sistema educativo.⁽¹⁾

El problema de estudio se enmarca en el ámbito de la educación matemática y está enfocado en mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje aplicando la modelación matemática como una metodología activa que favorece la enseñanza contextualizada y orientada a la solución de problemas.⁽²⁾

El estudio se lo realiza en un medio de educación formal y tiene un impacto positivo en varios niveles. A nivel educativo, permite transformar los procesos de enseñanza aprendizaje de la matemática a través de una metodología activa, basada en la resolución de problemas que contribuye a lograr aprendizajes significativos. A nivel social y profesional contribuye en la formación de estudiantes con habilidades de modelación matemática, pensamiento crítico y creatividad, competencias esenciales para enfrentarse a nuevos desafíos tecnológicos o profesionales. A nivel institucional contribuye con la revisión y actualización de los planes de estudio y la capacitación docente. Por otra parte a nivel global, se debe considerar que la implementación de la modelación matemática como método activo en educación representa un desafío, ya que se puede integrar con software especializados, simuladores y herramientas digitales que posibiliten su incorporación a entornos virtuales de aprendizaje, lo que requiere ampliar la investigación con respecto a adaptaciones curriculares, formación y capacitación docente, entre otras, lo que abre múltiples líneas de investigación para el desarrollo de nuevos proyectos de estudio.⁽³⁾

Como antecedente de la investigación realizada podemos indicar que de acuerdo a las evidencias encontradas en los últimos años, la enseñanza tradicional de la matemática a nivel superior es un tema de análisis y estudio que enfrenta desafíos estructurales respecto al cómo desarrollar aprendizajes significativos en los estudiantes, la falta de estrategias didácticas efectivas para integrar metodologías activas, la rigidez de currículo, la poca o nada aplicación de conocimientos a contextos o situaciones reales, afectan la capacidad de los estudiantes a desarrollar habilidades y competencias esenciales para su formación, lo que se refleja de acuerdo a las estadísticas a un alto índice de repitencia y deserción de los estudiantes que cruzan las asignaturas de las ciencias básicas en las carreras de ingeniería y en forma particular en el área de matemática. Esto nos hace reflexionar sobre varios aspectos como: el rol del docente, las clases de matemáticas que generalmente han estado regidas por métodos y técnicas que favorecen el memorismo, la repetición de procesos y la aplicación mecánica de fórmulas en la solución de ejercicios matemáticos. Esto se ve reflejado en un déficit de logros de aprendizaje en los estudiantes,⁽⁴⁾ causando el desinterés y desmotivación por aprender la asignatura. Para enfrentar el problema vamos a considerar tres aspectos fundamentales en los que podemos trabajar y que permiten mejorar una parte fundamental del sistema educativo, nos centraremos en el alumno, el maestro y los programas de estudio con el propósito de potenciar la enseñanza, hacerle más interesante, aplicada, innovadora y alineada al perfil profesional de la carrera. El objetivo es implementar la modelación matemática en la educación formal a través de una propuesta metodológica activa basada en la solución de problemas que permita desarrollar competencias cognitivas en los estudiantes que cursan la asignatura de ecuaciones diferenciales de las carreras de ingeniería.⁽⁵⁾

Planteamiento del problema

La implementación de la modelación matemática en la educación formal a través de una propuesta metodológica activa basada en la solución de problemas incide en el desarrollo y logro de competencias cognitivas de los estudiantes que cursan la asignatura de ecuaciones diferenciales en las carreras de ingeniería

Estado del Arte

La modelación matemática es el proceso mediante el cual se construye un modelo matemático. Este modelo consiste en un conjunto de símbolos y relaciones matemáticas que representan, de manera abstracta, un fenómeno o problema específico. Más allá de proporcionar una solución particular, el modelo sirve como base para el desarrollo de otras aplicaciones o teorías, ofreciendo un marco estructurado para el análisis y la comprensión del problema en cuestión.⁽⁶⁾

La modelación, como proceso, no se desarrolla de forma instantánea ni automática. Requiere un tiempo en el cual el modelador emplea sus conocimientos matemáticos, su entendimiento del contexto y de la problemática específica, así como sus habilidades para analizar, identificar y representar las relaciones existentes entre las variables involucradas. Este enfoque busca transformar estas relaciones en un nuevo constructo matemático, integrando habilidades cognitivas avanzadas y herramientas tecnológicas para enriquecer el proceso.⁽⁷⁾

En la tabla 1, basada en el trabajo de Villa⁽²⁾, se destacan elementos que reflejan cómo la modelación matemática se manifiesta como una actividad científica. Este enfoque no solo permite la resolución de problemas, sino que también se utiliza como una herramienta para promover la construcción de conceptos matemáticos en el entorno educativo, alineándose con los principios de la educación moderna al fomentar el aprendizaje activo y colaborativo en el aula de clase.

Tabla 1. La Modelización de las Matemáticas como actividad científica y cómo herramienta

criterio	Como actividad científica	Cómo herramienta en el aula de clase
Propósito del modelo	El modelo se diseña para abordar problemas complejos provenientes de diversas disciplinas, como las ciencias naturales, sociales o humanas, con un enfoque interdisciplinario o para avanzar en teoría o ciencia.	El modelo se diseña para facilitar la construcción de conceptos matemáticos con significado, promoviendo una comprensión profunda de las matemáticas. Su carácter práctico y aplicable busca captar el interés de los estudiantes y estimular su motivación, conectando el aprendizaje con situaciones del mundo real.
Los conceptos matemáticos	Los conceptos matemáticos surgen a partir de la situación analizada mediante un proceso de abstracción y simplificación del fenómeno en estudio	Los conceptos matemáticos involucrados deben ser seleccionados y planificados con antelación por el docente. Esta preparación incluye la elección de un contexto adecuado que sea relevante para los objetivos específicos de la clase, asegurando que las actividades sean coherentes con el propósito educativo.
Contextos	Responde a problemas novedosos o aborda cuestiones previamente tratadas desde perspectivas innovadoras que no han sido tratados previamente o que requieren un enfoque diferente dentro de la misma disciplina. Este contexto permite explorar nuevas formas de interpretar fenómenos, fomentando la innovación y el planteamiento de soluciones creativas.	Los problemas utilizados como base para la modelización deben haber sido previamente analizados por el docente, evaluando su relevancia y alineación con las metas pedagógicas. Esto permite que el contexto seleccionado sea pertinente y facilite el aprendizaje significativo dentro del aula.
Otros factores	El desarrollo del modelo ocurre típicamente en un entorno característico de la disciplina científica donde se aplica. Estos escenarios suelen estar orientados al análisis riguroso y a la experimentación, y en general no están influenciados por consideraciones propias de contextos educativos tradicionales.	Se presenta en el aula utilizando contextos cotidianos o relacionados con otras disciplinas. Este enfoque ayuda a conectar los conceptos abstractos con aplicaciones prácticas, fomentando una experiencia de aprendizaje más dinámica y accesible para los estudiantes.

Fuente: Andrea C et al.⁽⁸⁾

La modelización matemática es la actividad fundamental cuya naturaleza se deriva de la actividad científica que implica el uso de modelos matemáticos para representar, entender, resolver problemas en una variedad de áreas, pudiendo usarse para hacer predicciones sobre futuros comportamientos o para simular diferentes escenarios bajo condiciones controladas. La modelación matemática como herramienta, se convierte en una

estrategia que posibilita el entendimiento de un concepto matemático inmerso en un “micromundo” (contexto dotado de relaciones y significados) que prepara al estudiante para desarrollar competencias mientras resuelve problemas de la realidad contextualizada.⁽⁹⁾

Hein et al.⁽²⁾ destacan que la enseñanza formal presenta ciertos desafíos relacionados con factores como el diseño curricular, la duración de las clases, la cantidad de estudiantes por grupo y el tiempo disponible para que los docentes supervisen simultáneamente el progreso de los estudiantes. Estos aspectos requieren adaptaciones específicas en el uso de la modelización matemática al ser aplicada como metodología de enseñanza. Por ello, proponen un enfoque estructurado al que denominan Modelación Matemática, diseñado para responder a estas limitaciones mientras se optimizan los procesos de enseñanza aprendizaje.

Las competencias en la educación se definen como “competencias genéricas y específicas, entendidas como el conjunto de conocimientos, capacidades, destrezas, aptitudes y actividades más adecuadas para alcanzar unos objetivos sociales de largo recorrido.”⁽¹⁰⁾

Otra perspectiva para comprender las competencias las clasifica en tres dimensiones: el saber, que implica disponer de conocimientos necesarios para llevar a cabo una tarea; el saber hacer, que se refiere a las habilidades para aplicar esos conocimientos en contextos prácticos; y el saber ser o saber estar, que abarca las actitudes, valores y comportamientos adecuados al contexto.⁽¹¹⁾

En el proyecto Alfa Tunning⁽¹²⁾ se establece que las competencias genéricas buscan identificar los atributos compartidos que pudieran generarse en cualquier titulación y que son considerados importantes para la sociedad, además de ser comunes para todos. Por otro lado, las competencias específicas se vinculan directamente con las áreas temáticas particulares, destacando su importancia en cada disciplina al estar asociadas a conocimientos específicos y especializados.

La modelación matemática no solo mejora las habilidades matemáticas, sino también desarrolla un conjunto de competencias cognitivas como habilidades mentales que permiten a una persona procesar información, desarrollar la capacidad creativa tomar decisiones y adaptarse a nuevas situaciones mediante la resolución problemas, siendo fundamentales para el éxito académico y el aprendizaje a lo largo de la vida.^(13,14,15)

MÉTODO

Tipo de estudio

El diseño de la investigación es cuasi-experimental con un enfoque cuantitativo y longitudinal, ya que se trabaja con un grupo de estudiantes para mejorar el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales, un área identificada con dificultades, y se recopilan datos en distintos momentos para analizar los cambios resultantes de la metodología propuesta. En este estudio, se evaluó el impacto de la modelación matemática como estrategia metodológica en el desarrollo de competencias cognitivas en los estudiantes de esta asignatura.⁽¹⁶⁾

Este estudio es de tipo descriptivo-correlacional, ya que busca identificar la relación entre la variable independiente, “Desarrollo de competencias cognitivas,” y la variable dependiente, “Uso de la modelación matemática como propuesta metodológica.” Este enfoque permite analizar cómo incide esta herramienta didáctica en el desarrollo de competencias cognitivas dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura de ecuaciones diferenciales

Lugar y fecha de realización

El estudio se desarrolló en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo, ubicada en la ciudad de Riobamba, Ecuador, durante el período académico comprendido entre abril y agosto de 2024.

Población y Muestra

La población de este estudio estuvo conformada por todos los estudiantes matriculados en la asignatura de Ecuaciones Diferenciales en la Facultad de Ingeniería de la Carrera de Tecnologías de la Información de la UNACH durante el período de estudio.

Criterios de inclusión

- Estudiantes matriculados en la asignatura de Ecuaciones Diferenciales durante el período de estudio.
- Participación voluntaria en el estudio.
- Disponibilidad para completar todas las actividades del programa de modelación matemática.

Criterios de exclusión

- Estudiantes que hayan cursado previamente la asignatura.
- Estudiantes con asistencia menor al 75 % del total de sesiones.
- Estudiantes que no completen las evaluaciones requeridas para el análisis.

Variables de estudio

- Variable independiente: uso de la modelación matemática como metodología didáctica.
- Variables dependientes: nivel de desarrollo de competencias cognitivas en resolución de ecuaciones diferenciales (comprensión, análisis y aplicación de conceptos matemáticos).

Métodos e instrumentos de recolección de datos

Se emplearon los siguientes métodos e instrumentos para la recopilación de datos:

- Pruebas de evaluación pre y post intervención para medir el desarrollo de competencias cognitivas.
- Encuestas estructuradas para recoger percepciones de los estudiantes sobre el método de modelación matemática.
- Observación sistemática en el aula mediante listas de cotejo para evaluar la participación de los estudiantes.

Técnicas y procedimientos estadísticos

Se realizó un análisis descriptivo de los datos utilizando medidas de tendencia central y dispersión. Para la comparación de los resultados pre y post intervención, se aplicaron pruebas estadísticas inferenciales como, la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, la prueba F para igualdad de varianzas y la prueba t de Student para muestras relacionadas.⁽¹⁷⁾

Se estableció un nivel de confianza del 95 %, con un valor p crítico de 0,05 para determinar la significancia estadística de los resultados obtenidos.

RESULTADOS

En esta investigación se comparan dos grupos de estudiantes: uno que fue instruido mediante un método tradicional y otro que utilizó la modelación matemática propuesta, es decir se realizó el análisis para grupos independientes.

Tamaño de la población

N=24

Tabla 2. Calificaciones según el modelo tradicional y usando el modelo propuesto

Tradicional	Modelación
6,84	9,70
7,03	8,78
7,10	8,37
8,02	8,87
6,31	7,68
6,58	7,71
5,58	7,78
6,34	9,41
8,26	8,64
8,79	9,80
7,23	7,81
5,71	7,66
7,32	8,37
4,35	6,26
7,45	9,03
5,67	7,19
6,09	6,91
7,56	8,13
7,02	8,77
6,99	7,65
5,00	6,66
6,94	8,87
6,38	8,65
5,52	7,66

Se identifica en la tabla 2 las calificaciones según el modelo tradicional y aquella que usa la modelación matemática a través del modelo propuesto, a continuación, en las tabla 3, se puede apreciar la estadística descriptiva de cada grupo poblacional.

Variable	Conteo total	Media	Des.Est.	Rango	CoefVar	Mínimo	Máximo
M-Tradicional	24	6,67	1,04	4,44	15,60	4,35	8,79
M-Modelación	24	8,18	0,92	3,54	11,26	6,26	9,80

Los estudiantes que usaron el método de modelación matemática tienen una media de 8,18, mientras que los del método tradicional tuvieron 6,67. Esto sugiere que el método de modelación tuvo mejores resultados en promedio. La dispersión de los puntajes fue un poco menor en el método de modelación (0,92) en comparación con el método tradicional (1,04). Esto indica que los resultados en el grupo de modelación fueron más consistentes. El coeficiente de variación (relación entre la desviación estándar y la media) es menor en el método de modelación (11,26 %) que en el tradicional (15,60 %). Esto refuerza la idea de que los puntajes en el grupo de modelación fueron más homogéneos. El rango de los valores también es menor en el grupo de modelación (3,54 vs. 4,44), lo que nuevamente indica menor variabilidad en los puntajes. El puntaje mínimo y máximo en el método de modelación (6,26 - 9,80) están en un intervalo superior al del método tradicional (4,35 - 8,79), lo que implica que ningún estudiante del grupo de modelación tuvo puntajes tan bajos como en el tradicional.

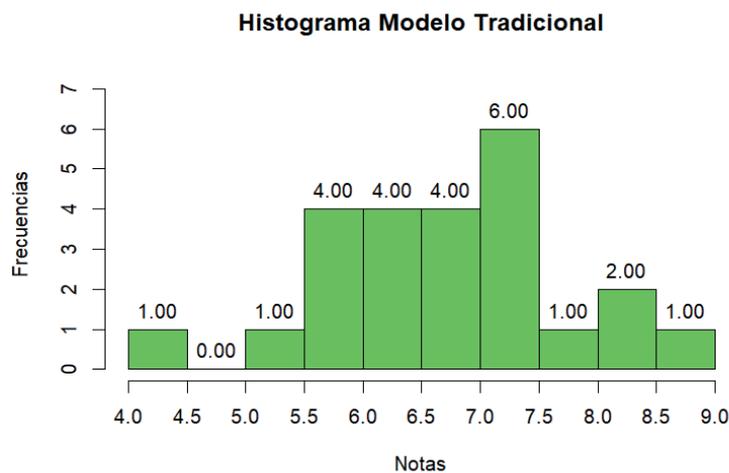


Figura 1. Histograma Modelo Tradicional

En la figura 1 se observa el histograma de notas con el modelo tradicional en donde se puede observar que la mayoría de los estudiantes tienen notas entre 6,5 y 7,5, con un pico en 7,0 - 7,5 (frecuencia = 6), hay pocas notas en los extremos (4,0 y 9,0), lo que indica que la mayoría de los estudiantes se agrupan en el centro de la escala. Parece haber una ligera asimetría negativa (sesgo a la izquierda), ya que hay más valores hacia las notas altas. No hay una concentración extrema en las notas bajas, lo que sugiere que el desempeño de los estudiantes en este modelo no fue muy deficiente. La nota más común es entre 7,0 y 7,5, lo que sugiere que la enseñanza tradicional permitió a varios estudiantes obtener calificaciones en ese rango.

Mientras que en la figura 2, se presenta un histograma con las notas con el modelo con modelación donde se verifica que la mayoría de los estudiantes obtuvieron notas entre 7,5 y 9,0, con un pico en 7,5 - 8,0. Se observa un aumento en las notas más altas en comparación con el modelo tradicional. A diferencia del modelo tradicional, este histograma muestra una tendencia hacia las notas altas, con una mayor frecuencia de valores entre 8,0 y 10. Existe menos valores bajos (6,0 - 7,0) en comparación con el modelo anterior, lo que sugiere una mejora en el rendimiento. Las notas están concentradas en un rango más alto (6,0 - 10), mientras que en el modelo tradicional eran menores se puede concluir que la dispersión sigue presente, pero ahora hay más estudiantes con calificaciones sobresalientes. La mayor cantidad de estudiantes tiene notas entre 7,5 y 9,0, lo que indica que la modelación matemática podría estar ayudando a mejorar los resultados. Hay más estudiantes con notas perfectas (10) en comparación con el modelo tradicional, lo que sugiere un mejor desempeño general.

Para realizar el análisis inferencial es necesario realizar pruebas de normalidad, homogeneidad y homocedasticidad que permitirá encontrar la prueba de hipótesis más adecuada.

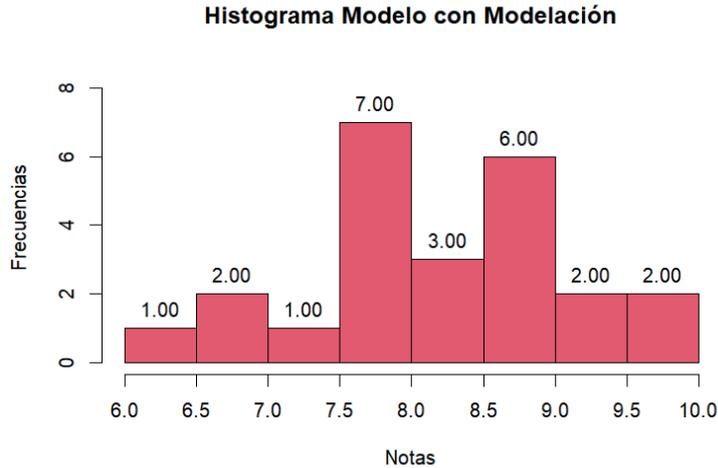


Figura 2. Histograma Modelo con Modelación

Prueba de Normalidad

Se comprueba si existe normalidad en los datos mediante la prueba de hipótesis de Shapiro Wilk.

- H0: los datos siguen una distribución normal.
- H1: los datos no siguen una distribución normal.

Para las notas del método tradicional se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 4. Resultados	
Shapiro-Wilk normality test	
W	0,98678
p-value	0,9822

Como el p-valor (0,9822) es mayor que el nivel de significancia de 0,05 entonces no se rechaza la H0 por lo tanto, los datos del método tradicional siguen una distribución normal.

Para las notas del método con modelación se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 5. Resultados	
Shapiro-Wilk normality test	
W	0,97298
p-value	0,7405

Como el p-valor (0,7405) es mayor que el nivel de significancia de 0,05 entonces no se rechaza la H0 por lo tanto, los datos del método con modelación siguen una distribución normal.

Esto se puede verificar también a través de las figura 3 y figura 4 en las que se evalúa si el conjunto de datos sigue una distribución normal, donde la línea azul, representa la distribución teórica normal esperada y los puntos rojos, representan los cuantiles de la distribución muestral. La mayoría de los puntos se alinean bastante bien con la línea azul, lo que indica que los datos tienen una distribución cercana a la normal, además hay ligeras desviaciones en los extremos, lo que sugiere la posible presencia de valores atípicos o una ligera asimetría.

Luego de verificar la normalidad es necesario probar la homocedasticidad para ello se puede observar el comportamiento de la variable “notas” comparándolas en un diagrama de caja y bigote y visualizar mejor la diferencia en el rendimiento de los estudiantes entre ambos métodos. En la figura 5 se observa que el grupo que utilizó el método de modelación matemática presenta una mayor mediana y menor dispersión en comparación con el grupo que empleó el método tradicional, lo que respalda los resultados estadísticos previamente analizados.

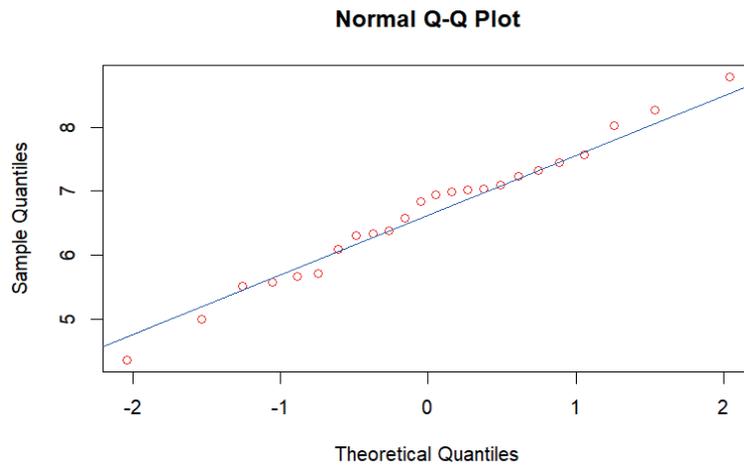


Figura 3. Prueba de normalidad - Método Tradicional

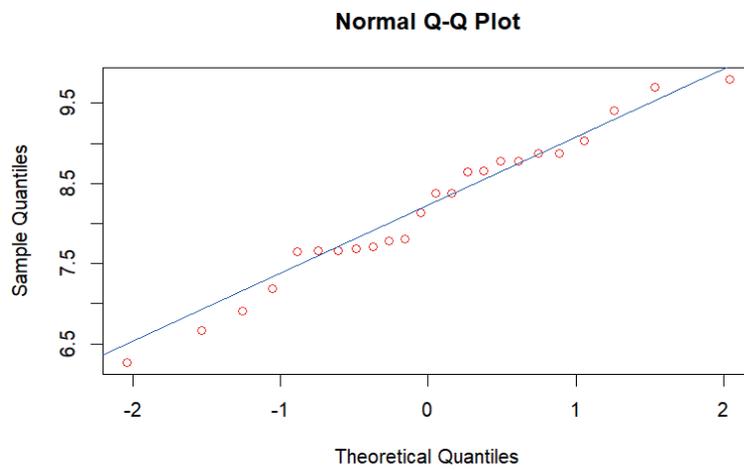


Figura 4. Prueba de normalidad - Método Tradicional

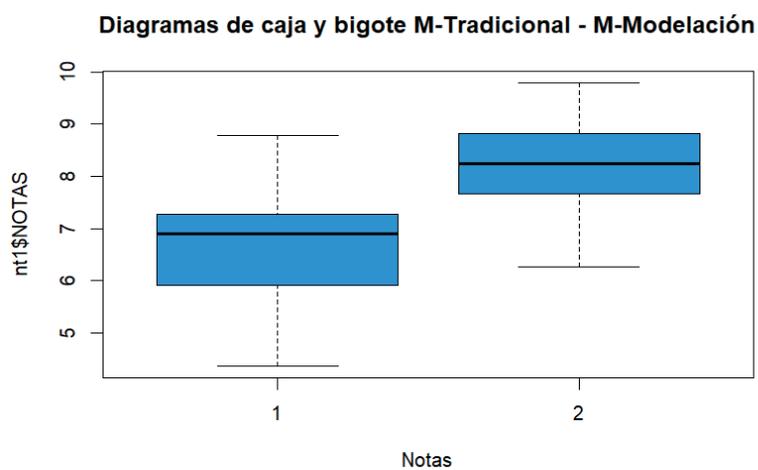


Figura 5. Diagramas de cajas y bigotes

Prueba de Homocedasticidad

Se comprueba si existe o no homocedasticidad mediante la prueba de F, para eso se plantea la siguiente hipótesis.

$$H0: \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = 1$$

$$H1: \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} \neq 1$$

Tabla 6. Resultados	
F test to compare two variances	
F	0,97298
num df	23
denom df	23
p-value	0,5643

Como el p-valor (0,5643) es mayor que el nivel de significancia de 0,05 entonces no se rechaza la H0 por lo tanto, los datos cumplen con la condición de homocedasticidad. Por lo tanto, cumple con la condición de normalidad y homocedasticidad lo que permite realizar una prueba de hipótesis paramétrica. De ahí el planteamiento de la hipótesis general:

Hipótesis Nula (H0): no existe una diferencia significativa en el desarrollo y logro de competencias cognitivas en los estudiantes que cursan la asignatura de ecuaciones diferenciales al implementar la modelación matemática como propuesta metodológica activo en base a la solución de problemas de aquellos estudiantes que utilizan el método tradicional para la enseñanza de ecuaciones diferenciales en la educación formal.

$$H0: \mu_1 - \mu_2 = 0$$

Hipótesis Investigación (H1): existe una mejora significativa en el desarrollo y logro de competencias cognitivas en los estudiantes que cursan la asignatura de ecuaciones diferenciales al implementar la modelación matemática como propuesta metodológica activo en base a la solución de problemas de aquellos estudiantes que utilizan el método tradicional para la enseñanza de ecuaciones diferenciales en la educación formal.

$$H1: \mu_1 - \mu_2 < 0$$

Para el análisis de hipótesis se utilizará el cálculo de la Prueba T de muestras independientes, para lo cual se utilizará las calificaciones de cada grupo.

Grupo de Control (Método Tradicional)

Media: 6,67.
Desviación Estándar: 1,04.

Grupo de Prueba (Modelación Matemática)

Media: 8,18.
Desviación Estándar: 0,92.

Los grados de libertad se calcula

$$v = n_1 + n_2 - 2 = 46$$

Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05$$

Tabla 7. Resultados	
Two Sample t-test	
t	-5,3295
df	46
p-value	1,444e-06

Se rechaza la hipótesis nula, pues el p-value ($1,444e-06$) es mucho menor que el nivel de significancia de 0,05. Por lo tanto, se puede inferir que si existe una mejora significativa en el desarrollo y logro de competencias cognitivas en los estudiantes que cursan la asignatura de ecuaciones diferenciales al implementar la modelación matemática como propuesta metodológica activo en base a la solución de problemas en comparación con aquellos que utilizaron el modelo tradicional.

DISCUSIÓN

Luego de revisar la bibliografía especializada sobre la forma como se produce el desarrollo de competencias cognitivas a través de la modelación matemática se observa que los resultados obtenidos guardan relación con lo que manifiestan:

María Brito⁽¹⁸⁾ en su propuesta de intervención en los programas de ciencias básicas y las carreras de ingeniería, integra la modelación matemática como una metodología activa. Su objetivo es utilizarla como un puente que conecte la resolución de problemas del mundo real con el fortalecimiento de competencias que son fundamentales en las carreras de ingeniería. Este enfoque propone generar procesos interactivos que promuevan una comprensión más profunda y significativa del conocimiento, alineándose con los principios de una educación moderna basada en paradigmas activos y centrados en el aprendizaje.⁽¹⁹⁾

Carlos Márquez⁽²⁰⁾ en sus hallazgos destaca que la modelación matemática es una herramienta clave tanto en investigación como en la formación de ingenieros. En su estudio sobre el desarrollo de competencias a partir de la modelación matemática manifiesta la necesidad mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje de la educación actual recontextualizando el currículo, considerando tres categorías claves: qué enseñar, cómo enseñar y cuando se enseña, estas categorías deben interactuar en permanente armonía para que el estudiante aprenda de manera significativa y al mismo tiempo desarrolle competencias cognitivas. En consecuencia, en la educación actual el docente se constituye en un organizador, guía y mediador del conocimiento potenciando el pensamiento crítico y creativo de los aprendices, para ello manifiesta que la enseñanza requiere métodos activos y que en matemática las situaciones problemas permiten dinamizar el aprendizaje ya que dan significado a los conceptos matemáticos permitiendo detonar la actividad cognitiva, siendo el principal objetivo del trabajo evaluar el impacto de la modelación en situaciones problema de tipo experimental para lograr en los estudiantes aprendizajes significativos.^(21,22)

Los resultados más relevantes del estudio confirman que la enseñanza de la matemática y en particular de ecuaciones diferenciales mediante la presentación de problemas es fundamental en la formación de un ingeniero ya que permite desarrollar la capacidad de modelar conceptos matemáticos a través de un lenguaje simbólico además que desarrolla competencias cognitivas, fortalece el pensamiento crítico, la creatividad, el interés y el trabajo en equipo en los estudiantes. En consecuencia, se acepta la hipótesis de investigación ya que existe una mejora significativa en el desarrollo y logro de competencias cognitivas al implementar la modelación matemática en comparación con aquellos estudiantes que se les aplico métodos tradicionales de enseñanza.^(23,24)

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la investigación permiten aceptar la hipótesis de investigación, evidenciando que la implementación de una intervención didáctica basada en modelación matemática contribuye de manera significativa al desarrollo de competencias cognitivas demostrando una mejora sustancial en la comprensión, análisis y aplicación de conceptos matemáticos, en comparación que aquellos estudiantes que fueron instruidos mediante métodos tradicionales de enseñanza aprendizaje

La implementación de la metodología en el aula de clase no sólo transforma la enseñanza de las ciencias haciendo las clases de matemáticas más dinámicas y significativas, además contribuye a la modernización del currículo y a la formación de los estudiantes con mejores competencias para fortalecer su entorno académico y enfrentarse a nuevos desafíos profesionales.

La presente investigación plantea una propuesta de intervención en los programas de ciencias básicas de las carreras de ingeniería, incorporando la modelación matemática como una propuesta metodológica activa de enseñanza. Este enfoque promueve procesos de aprendizaje interactivos que favorecen una comprensión más profunda y significativa del conocimiento, en coherencia con los principios de una educación moderna basada en metodologías activas y centradas en el estudiante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Laledj N, Salim A, Lazreg JE, Abbas S, Ahmad B, Benchohra M. On implicit fractional q-difference equations: Analysis and stability. *Math Methods Appl Sci.* 2022 Nov 30;45(17):10775-97.
2. Guerrero Ortiz C, Camacho Machín M, Mejía Velasco HR. Dificultades de los estudiantes en la interpretación de las soluciones de ecuaciones diferenciales ordinarias que modelan un problema. *Enseñanza de las ciencias [Internet].* 2010 [cited 2025 Apr 1];28(3):0341-52. Available from: <https://ddd.uab.cat/record/64498>

3. Prasath SG, Marthelot J, Govindarajan R, Menon N. Shapes of a filament on the surface of a bubble. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 2021;477(2253).
4. Romero Pérez JF, Lavigne Cerván R. Dificultades en el Aprendizaje Unificación de Criterios Diagnósticos. I. Definición, Características y tipos. *CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN [Internet]*. 2004 Jan 22 [cited 2024 Oct 20];1(1):186. Available from: <https://repositorio.minedu.gob.pe/handle/20.500.12799/4775>
5. Mao Y, Zhong S, Yin H. Model-based deep reinforcement learning for active control of flow around a circular cylinder using action-informed episode-based neural ordinary differential equations. *Physics of Fluids*. 2024 Aug 1;36(8).
6. Salett Biembengut M, Hein N. Modelación matemática y los desafíos para enseñar matemática. 2004;16(2):105-25.
7. Lee K, Parish EJ. Parameterized neural ordinary differential equations: applications to computational physics problems. *Proceedings of the Royal Society A [Internet]*. 2021 [cited 2025 Apr 1];477(2253). Available from: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspa.2021.0162>
8. Andrea C, Montenegro D, Arely V, Morales V. “Aprendizaje basado en Competencias: una propuesta de Aplicación.”
9. Wang J, Wang S, Unjhwala HM, Wu J, Negrut D. MBD-NODE: physics-informed data-driven modeling and simulation of constrained multibody systems. *Multibody Syst Dyn*. 2024;
10. Villa Sánchez A, Poblete Ruiz M, Olalla AG, Mora GM, Paredes JAM, Otero JM, et al. Aprendizaje basado en competencias: una propuesta para la evaluación de las competencias genéricas. *Aprendizaje basado en competencias: una propuesta para la evaluación de las competencias genéricas*. 2007;
11. Delors J, Mufti I Al, Amagi I, Carneiro R, Chung F, Geremek B, et al. La educación encierra un tesoro: informe para la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo Veintiuno. 1997 [cited 2024 Oct 20]; Available from: <https://repositorio.minedu.gob.pe/handle/20.500.12799/1847>
12. Beneitone P. Desafíos de la convergencia curricular en América Latina: la nueva fase del proyecto ALFA Tuning América Latina 2011 - 2014. 2014; Available from: <http://www.tuningal.org/>
13. ECUACIONES DIFERENCIALES ORDINARIAS TEORÍA Y EJERCICIOS RESUELTOS.
14. Bojorque Ñiguez JA. Métodos para el análisis de la estabilidad de pendientes. *MASKANA [Internet]*. 2011 Dec 22 [cited 2025 Apr 1];2(2):1-16. Available from: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/379>
15. Cepeda LC, Alarcón FB, Cundar AN, Arévalo CF. Aplicación de las ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden para la solución de problemas físicos. *Dominio de las Ciencias [Internet]*. 2023 Jul 11 [cited 2025 Apr 1];9(3):336-55. Available from: <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/3446>
16. Oyola De Los Rios DDM, Parraguéz Castro PL. Ecuaciones diferenciales ordinarias en la solución de problemas de oferta y demanda asistidos con Matlab. 2020 [cited 2025 Apr 1]; Available from: <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8884>
17. Teresa M, García R, Diéguez Batista R, Raudel;, Díaz T. **Propuesta de perfeccionamiento para la formación del pensamiento reflexivo desde el proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática en carreras.** [cited 2025 Apr 1]; Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?>
18. Lucía Brito-Vallina M, Alemán-Romero I, Fraga-Guerra E, Luís Para-García J, Arias-De Tapia RI. Artículo Original Papel de la modelación matemática en la formación de los ingenieros Role of mathematical modeling in the training of engineers. *Ingeniería Mecánica*. 2011;14(2):129-39.
19. Vu H, Phu ND, Hoa N Van. A survey on random fractional differential equations involving the generalized Caputo fractional-order derivative. *Commun Nonlinear Sci Numer Simul*. 2023 Jun 15;121.

20. Marquéz Fernández CA, Gaviria C, López Rivera YM. Evaluación del desarrollo de competencias a partir de la modelación matemática. Ingenierías USBMed. 2019 Aug 17;10(2):8-15.

21. Gallardo PC, Politécnico I, México N. Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática. Vol. 10. 2012.

22. Claudio N, Rosas C. EN BÚSQUEDA DE UN SISTEMA DE FORMACION DE HABILIDADES EN MATEMÁTICAS. INNOVA Research Journal. 2017;2(2):84-94.

23. Data Science Trends 2023 | Jobs, Data Analytics, Security, AI, ML [Internet]. [cited 2025 Apr 5]. Available from: <https://www.discoverdatascience.org/articles/data-science-trends/>

24. Sample Size Calculator | Find the Right Sample Size for Your Research [Internet]. [cited 2025 Apr 5]. Available from: <https://tgmresearch.com/tools/sample-size-calculator.html?msclid=7f29d5e276071baac7b1b2114e900398>

FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron financiamiento para desarrollar esta investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Lidia Castro, Hugo Paz.

Curación de datos: Hugo Paz.

Análisis formal: Lidia Castro.

Investigación: Hugo Paz.

Metodología: Marco Velasco.

Administración del proyecto: Hugo Paz.

Software: Hugo Paz.

Supervisión: Lidia Castro.

Validación: Lidia Castro, Marco Velasco, Lenin Orozco.

Visualización: Hugo Paz.

Redacción - borrador original: Lidia Castro.

Redacción - revisión y edición: Lidia Castro, Hugo Paz, Marco Velasco, Lenin Orozco.