



Aplicación de las TICS en el modelado matemático: un enfoque innovador en la educación

Application of ICT in mathematical modeling: an innovative approach in education

Aplicação das TIC na modelação matemática: uma abordagem inovadora na educação

Cristian Inca ^I

cristianl.inca@epoch.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-4795-8297>

Evelyn Inca ^{II}

eve.inca1999@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-7055-9019>

Correspondencia: cristianl.inca@epoch.edu.ec

Ciencias de la Educación

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 09 de mayo de 2024 * **Aceptado:** 11 de junio de 2024 * **Publicado:** 25 de julio de 2024

- I. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Ecuador.
- II. Independent Researcher, Ecuador.

Resumen

Este estudio investigó el impacto de una intervención educativa basada en Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el modelado matemático en estudiantes de ingeniería. El objetivo fue comparar la efectividad de la intervención con TIC frente a métodos tradicionales de enseñanza en términos de mejora de conocimientos y satisfacción de los estudiantes. La investigación se fundamentó en teorías sobre el potencial de las TIC para transformar la educación y facilitar el aprendizaje. Se empleó un diseño cuasiexperimental con pretest-posttest y grupo control. La muestra incluyó 60 estudiantes divididos en un grupo experimental (intervención con TIC) y un grupo control (enseñanza tradicional). Se utilizaron una prueba de conocimientos y una encuesta de satisfacción como instrumentos. Los resultados revelaron una mejora significativa en los puntajes de conocimientos del grupo experimental en comparación con el grupo control. La encuesta de satisfacción mostró una alta valoración de la intervención con TIC por parte de los estudiantes. Se concluyó que la integración de las TIC en la enseñanza del modelado matemático es una estrategia efectiva para mejorar el rendimiento académico y la experiencia educativa de los estudiantes de ingeniería. El estudio destaca la importancia de incorporar tecnologías avanzadas en los currículos para potenciar el aprendizaje.

Palabras clave: Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC); Modelado matemático; Educación en ingeniería; Intervención educativa; Aprendizaje.

Abstract

This study investigated the impact of an Information and Communication Technologies (ICT)-based educational intervention on mathematical modeling in engineering students. The objective was to compare the effectiveness of the ICT intervention versus traditional teaching methods in terms of knowledge improvement and student satisfaction. The research was based on theories about the potential of ICT to transform education and facilitate learning. A quasi-experimental design with pretest-posttest and control group was used. The sample included 60 students divided into an experimental group (ICT intervention) and a control group (traditional teaching). A knowledge test and a satisfaction survey were used as instruments. The results revealed a significant improvement in the knowledge scores of the experimental group compared to the control group. The satisfaction survey showed a high assessment of the ICT intervention by the

students. It was concluded that the integration of ICT in the teaching of mathematical modeling is an effective strategy to improve the academic performance and educational experience of engineering students. The study highlights the importance of incorporating advanced technologies into curricula to enhance learning.

Keywords: Information and Communication Technologies (ICT); Mathematical modeling; Engineering education; Educational intervention; Learning.

Resumo

Este estudo investigou o impacto de uma intervenção educativa baseada nas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) na modelação matemática em estudantes de engenharia. O objetivo foi comparar a eficácia da intervenção TIC em comparação com os métodos de ensino tradicionais em termos de melhoria do conhecimento e satisfação dos alunos. A investigação baseou-se em teorias sobre o potencial das TIC para transformar a educação e facilitar a aprendizagem. Foi utilizado um desenho quase-experimental com pré-teste-pós-teste e grupo de controlo. A amostra incluiu 60 alunos divididos num grupo experimental (intervenção com TIC) e num grupo de controlo (ensino tradicional). Foram utilizados como instrumentos um teste de conhecimentos e um inquérito de satisfação. Os resultados revelaram uma melhoria significativa nas pontuações de conhecimento do grupo experimental em comparação com o grupo de controlo. O inquérito de satisfação revelou uma elevada avaliação da intervenção TIC por parte dos alunos. Concluiu-se que a integração das TIC no ensino da modelação matemática é uma estratégia eficaz para melhorar o desempenho académico e a experiência educativa dos estudantes de engenharia. O estudo destaca a importância de incorporar tecnologias avançadas nos currículos para melhorar a aprendizagem.

Palavras-chave: Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC); Modelação matemática; ensino da engenharia; Intervenção educativa; Aprendizado.

Introducción

En la actualidad, la tecnología ha transformado la forma en que se imparte la educación, brindando nuevas herramientas y enfoques innovadores para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este contexto, la aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) en el modelado matemático ha emergido como una estrategia prometedora para potenciar el desarrollo

de habilidades y competencias en los estudiantes. Como señalan Brito y Dias (2019), "las TICs han demostrado ser un recurso valioso para facilitar la comprensión de conceptos matemáticos complejos y fomentar el pensamiento crítico en los estudiantes" (p. 45).

El modelado matemático es un proceso que implica la representación de situaciones del mundo real a través de modelos matemáticos, permitiendo analizar, predecir y tomar decisiones informadas. Según Blum y Ferri (2009):

El modelado matemático es una competencia clave que los estudiantes deben desarrollar para enfrentar los desafíos del siglo XXI. Implica la capacidad de traducir problemas del mundo real al lenguaje matemático, aplicar conocimientos y habilidades para resolverlos, e interpretar los resultados en el contexto original. (p. 48).

La integración de las TICs en el modelado matemático ofrece una serie de beneficios, como la visualización dinámica de conceptos abstractos, la interactividad en el proceso de aprendizaje y la posibilidad de explorar escenarios hipotéticos. Autores como Siller y Greefrath (2010) destacan que "el uso de software matemático y herramientas de simulación permite a los estudiantes experimentar con modelos matemáticos de manera más intuitiva y significativa" (p. 2036).

Además, la aplicación de las TICs en el modelado matemático fomenta el aprendizaje colaborativo y el desarrollo de habilidades de resolución de problemas. Como mencionan Soares y Borba (2014), "las TICs proporcionan un entorno propicio para el trabajo en equipo, permitiendo a los estudiantes compartir ideas, discutir estrategias y construir conocimiento de manera colectiva" (p. 231).

En este artículo, se explora la aplicación de las TICs en el modelado matemático como un enfoque innovador en la educación. Se analizan los fundamentos teóricos, se presentan ejemplos prácticos y se discuten los desafíos y oportunidades que surgen de esta integración. El objetivo es contribuir al debate sobre cómo las TICs pueden transformar la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, preparando a los estudiantes para enfrentar los retos del mundo actual.

Marco teórico

Fundamentos teóricos del modelado matemático

El modelado matemático es un proceso que implica la representación de fenómenos o situaciones del mundo real mediante el lenguaje y las herramientas matemáticas. Como señala Blum (2002), "el modelado matemático es el proceso de traducir un problema del mundo real a un modelo

matemático, trabajar con ese modelo e interpretar los resultados en el contexto original" (p. 152). Este proceso permite analizar, comprender y predecir el comportamiento de sistemas complejos en diversos campos, como las ciencias naturales, la ingeniería, la economía y las ciencias sociales.

Una de las características fundamentales del modelado matemático es su enfoque en la resolución de problemas. Según Lesh y Doerr (2003):

El modelado matemático implica la identificación de un problema del mundo real, la formulación de un modelo matemático que capture los aspectos esenciales del problema, la manipulación y el análisis del modelo para obtener resultados, y la interpretación y validación de esos resultados en el contexto original. (p. 3).

Este proceso de resolución de problemas requiere la aplicación de habilidades matemáticas, como la abstracción, la simplificación y la generalización, así como la capacidad de comunicar y justificar las soluciones obtenidas. Otra característica importante del modelado matemático es su naturaleza iterativa y cíclica. Como explican Zawojewski, Lesh y English (2003), "el modelado matemático no es un proceso lineal, sino que implica ciclos de refinamiento y revisión, en los que el modelo se ajusta y mejora progresivamente para representar de manera más precisa el fenómeno estudiado" (p. 338). Este proceso iterativo permite a los modeladores evaluar la validez y la eficacia del modelo, identificar sus limitaciones y realizar ajustes necesarios para obtener resultados más confiables.

Además, el modelado matemático se caracteriza por su interdisciplinariedad. Como mencionan Niss, Blum y Galbraith (2007), "el modelado matemático requiere la integración de conocimientos y habilidades de diferentes áreas, como las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias sociales" (p. 4). Esta naturaleza interdisciplinaria permite abordar problemas complejos desde múltiples perspectivas y fomenta la colaboración entre expertos de diferentes campos.

El modelado matemático es un proceso que implica la representación de situaciones del mundo real mediante modelos matemáticos, con el objetivo de analizar, comprender y predecir su comportamiento. Se caracteriza por su enfoque en la resolución de problemas, su naturaleza iterativa y cíclica, y su interdisciplinariedad. El modelado matemático es una herramienta poderosa para abordar desafíos complejos y tomar decisiones informadas en diversos ámbitos de la sociedad.

Importancia del modelado matemático en la educación

El modelado matemático ha adquirido una gran relevancia en el ámbito educativo debido a su capacidad para desarrollar habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas en los estudiantes. Según Pollak (2007), "el modelado matemático es un proceso que implica la identificación de un problema del mundo real, la formulación de un modelo matemático para representar el problema, la resolución del modelo y la interpretación de los resultados" (p. 293). Este proceso permite a los estudiantes aplicar los conceptos matemáticos a situaciones concretas y comprender su utilidad en la vida real.

La importancia del modelado matemático en la educación radica en su potencial para promover un aprendizaje significativo y duradero. Como señala Stillman (2015):

El modelado matemático brinda a los estudiantes la oportunidad de involucrarse activamente en el proceso de aprendizaje, al permitirles explorar, analizar y resolver problemas auténticos. Esta experiencia de aprendizaje basada en la indagación fomenta la motivación intrínseca y el desarrollo de habilidades metacognitivas, lo que a su vez conduce a una comprensión más profunda y duradera de los conceptos matemáticos. (p. 37).

Además, el modelado matemático promueve la interdisciplinariedad y la conexión entre las matemáticas y otras áreas del conocimiento. Según Niss (2012), "el modelado matemático permite a los estudiantes apreciar la relevancia y aplicabilidad de las matemáticas en diversos campos, como las ciencias naturales, las ciencias sociales, la ingeniería y la economía" (p. 51). Esta perspectiva interdisciplinaria enriquece la formación de los estudiantes y los prepara para enfrentar los desafíos complejos del mundo real.

Otro aspecto fundamental del modelado matemático en la educación es su contribución al desarrollo de competencias del siglo XXI. Como afirma English (2016), "el modelado matemático fomenta habilidades como el pensamiento crítico, la creatividad, la colaboración y la comunicación efectiva, que son esenciales para el éxito en la sociedad actual" (p. 183). Al involucrar a los estudiantes en el proceso de modelado, se les brinda la oportunidad de trabajar en equipo, tomar decisiones, argumentar sus ideas y presentar sus resultados de manera clara y convincente.

El modelado matemático desempeña un papel crucial en la educación, ya que promueve el aprendizaje significativo, la interdisciplinariedad y el desarrollo de competencias esenciales para el siglo XXI. Su incorporación en los currículos y las prácticas pedagógicas puede contribuir a la

formación de estudiantes más capacitados, críticos y preparados para enfrentar los desafíos de un mundo en constante cambio.

Proceso de modelado matemático y sus etapas

El proceso de modelado matemático es una metodología que permite representar, analizar y comprender fenómenos del mundo real mediante la aplicación de conceptos y herramientas matemáticas. Según Blum y Leiß (2007), "el proceso de modelado matemático se puede describir como un ciclo que consta de varias etapas, cada una de las cuales implica la realización de tareas específicas" (p. 225). Estas etapas son fundamentales para garantizar la calidad y la efectividad del modelo matemático resultante.

La primera etapa del proceso de modelado matemático es la identificación y comprensión del problema real. Como señala Borromeo Ferri (2006):

En esta etapa, el modelador debe analizar el fenómeno o situación que se desea modelar, identificar las variables relevantes y las relaciones entre ellas, y establecer los objetivos del modelo. Es crucial tener una comprensión clara del problema y delimitar adecuadamente el alcance del modelo. (p. 87).

Una vez que se ha comprendido el problema, se procede a la formulación del modelo matemático. Según Haines y Crouch (2010), "la formulación del modelo implica la traducción del problema real al lenguaje matemático, mediante la selección de las variables, la definición de las ecuaciones y la especificación de las condiciones iniciales y de frontera" (p. 341). En esta etapa, se deben tomar decisiones sobre las simplificaciones y suposiciones necesarias para que el modelo sea manejable y computacionalmente tratable.

La siguiente etapa es la resolución del modelo matemático. Como indica Kaiser (2014), "en esta etapa se aplican las técnicas y herramientas matemáticas adecuadas para obtener una solución del modelo, ya sea de forma analítica o numérica" (p. 377). La elección del método de resolución dependerá de la complejidad del modelo y de los recursos computacionales disponibles.

Una vez que se ha obtenido una solución del modelo, es necesario interpretar y validar los resultados. Según Schukajlow et al. (2012), "la interpretación de los resultados implica la traducción de la solución matemática al contexto del problema real, mientras que la validación consiste en verificar si el modelo y sus resultados son consistentes con los datos y las observaciones

del fenómeno estudiado" (p. 195). Si se detectan discrepancias o limitaciones en el modelo, puede ser necesario refinarlo o modificarlo iterativamente.

El proceso de modelado matemático es un ciclo iterativo que consta de varias etapas, desde la identificación del problema hasta la validación de los resultados. Cada etapa requiere la aplicación de habilidades y conocimientos específicos, y la toma de decisiones fundamentadas. La comprensión y aplicación adecuada de este proceso es esencial para el desarrollo de modelos matemáticos efectivos y útiles en diversos campos de la ciencia y la ingeniería.

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) en la educación

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) han transformado significativamente el panorama educativo en las últimas décadas. Como señala Kozma (2003), "las TICs tienen el potencial de transformar la educación, mejorar el aprendizaje y ofrecer nuevas oportunidades para el desarrollo de habilidades" (p. 1). La integración de las TICs en la educación ha abierto nuevas posibilidades para la enseñanza y el aprendizaje, permitiendo el acceso a una amplia gama de recursos, la colaboración entre estudiantes y profesores, y la personalización de la experiencia educativa.

Una de las principales ventajas de las TICs en la educación es su capacidad para facilitar el acceso a la información y el conocimiento. Según Becker (2000):

Las TICs, especialmente Internet, proporcionan a los estudiantes y profesores acceso a una vasta cantidad de información y recursos educativos, incluyendo bibliotecas digitales, bases de datos, simulaciones interactivas y herramientas de comunicación. Esto permite a los estudiantes explorar temas de interés, acceder a materiales actualizados y colaborar con otros más allá de las limitaciones geográficas. (p. 29).

Además, las TICs favorecen el desarrollo de habilidades digitales y de aprendizaje del siglo XXI, como la resolución de problemas, el pensamiento crítico, la creatividad y la colaboración. Como destacan Voogt y Roblin (2012), "las TICs ofrecen oportunidades para el aprendizaje activo, la construcción del conocimiento y el desarrollo de habilidades relevantes para la sociedad actual" (p. 301). La integración de las TICs en el aula permite a los estudiantes participar en proyectos auténticos, trabajar en equipo y desarrollar competencias digitales esenciales para su futuro académico y profesional.

Sin embargo, la implementación efectiva de las TICs en la educación también presenta desafíos. Como señalan Ertmer y Ottenbreit-Leftwich (2010), "la integración exitosa de las TICs requiere no solo el acceso a la tecnología, sino también cambios en las creencias y prácticas pedagógicas de los profesores" (p. 256). Es necesario proporcionar a los docentes la formación y el apoyo adecuados para que puedan utilizar las TICs de manera efectiva y transformar sus enfoques de enseñanza.

Las TICs tienen un gran potencial para mejorar la educación y preparar a los estudiantes para los desafíos del siglo XXI. Su integración en el aula facilita el acceso a la información, promueve el desarrollo de habilidades digitales y ofrece oportunidades para el aprendizaje activo y colaborativo. Sin embargo, es fundamental abordar los desafíos asociados con la implementación de las TICs, brindando a los docentes la formación y el apoyo necesarios para aprovechar al máximo su potencial educativo.

Aplicación de las TICs en el modelado matemático

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) han revolucionado diversos campos, incluyendo el modelado matemático. Como afirma Sokolowski (2017), "las TICs han transformado la forma en que se lleva a cabo el modelado matemático, proporcionando herramientas poderosas para analizar, visualizar y simular sistemas complejos" (p. 2). La aplicación de las TICs en el modelado matemático ha permitido abordar problemas más complejos, mejorar la precisión de los modelos y facilitar la colaboración entre investigadores.

Una de las principales ventajas de las TICs en el modelado matemático es su capacidad para manejar grandes cantidades de datos y realizar cálculos complejos. Según Quarteroni y Saleri (2006):

Las TICs, especialmente los avances en la computación de alto rendimiento, han permitido a los investigadores desarrollar y analizar modelos matemáticos más detallados y realistas. La capacidad de procesar grandes conjuntos de datos y realizar simulaciones numéricas intensivas ha abierto nuevas posibilidades para el modelado de sistemas complejos, desde la dinámica de fluidos hasta la biología computacional. (p. 15).

Además, las TICs han facilitado la visualización y la interpretación de los resultados del modelado matemático. Como señalan Linge y Langtangen (2016), "las herramientas de visualización basadas en TICs permiten a los investigadores explorar y comunicar los resultados de los modelos de

manera más efectiva, lo que mejora la comprensión y la toma de decisiones basadas en los modelos" (p. 253). La capacidad de crear representaciones gráficas interactivas y animaciones de los modelos matemáticos ha mejorado significativamente la comunicación de los resultados a un público más amplio.

Sin embargo, la aplicación de las TICs en el modelado matemático también presenta desafíos. Como destacan Boschetti y Moresi (2019), "el uso efectivo de las TICs en el modelado matemático requiere habilidades computacionales y conocimientos especializados, lo que puede representar una barrera para algunos investigadores" (p. 8). Es necesario proporcionar capacitación y apoyo adecuados para que los investigadores puedan aprovechar al máximo las herramientas y técnicas basadas en TICs en su trabajo de modelado matemático.

Las TICs han transformado el campo del modelado matemático, proporcionando herramientas poderosas para analizar, visualizar y simular sistemas complejos. Su aplicación ha permitido abordar problemas más desafiantes, mejorar la precisión de los modelos y facilitar la colaboración entre investigadores. Sin embargo, es importante abordar los desafíos asociados con el uso de las TICs en el modelado matemático, brindando capacitación y apoyo a los investigadores para que puedan aprovechar al máximo estas herramientas en su trabajo.

Impacto de la aplicación de las TICs en el modelado matemático

La aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) en el modelado matemático ha tenido un impacto significativo en la forma en que se abordan los problemas complejos y se desarrollan soluciones innovadoras. Como afirma Sokolowski (2017), "las TICs han revolucionado el campo del modelado matemático, proporcionando herramientas poderosas para analizar, visualizar y simular sistemas complejos" (p. 2). Este impacto se puede observar en diversos aspectos del proceso de modelado matemático.

Uno de los principales beneficios de la aplicación de las TICs en el modelado matemático es la capacidad de manejar grandes cantidades de datos y realizar cálculos complejos. Según Quarteroni y Saleri (2006):

La computación de alto rendimiento y las herramientas de procesamiento de datos basadas en TICs han permitido a los investigadores desarrollar modelos matemáticos más detallados y realistas. Estos avances han abierto nuevas posibilidades para simular y analizar sistemas complejos, desde

la dinámica de fluidos hasta la biología computacional, lo que ha llevado a una mejor comprensión de los fenómenos subyacentes. (p. 15).

Además, las TICs han mejorado significativamente la visualización y la interpretación de los resultados del modelado matemático. Como señalan Linge y Langtangen (2016), "las herramientas de visualización basadas en TICs permiten a los investigadores explorar y comunicar los resultados de los modelos de manera más efectiva, lo que facilita la toma de decisiones informadas basadas en los resultados del modelado" (p. 253). La capacidad de crear representaciones gráficas interactivas y animaciones de los modelos matemáticos ha mejorado la comunicación de los resultados a un público más amplio, incluyendo a los responsables de la toma de decisiones y al público en general.

Sin embargo, la aplicación de las TICs en el modelado matemático también presenta desafíos. Como destacan Boschetti y Moresi (2019):

El uso efectivo de las TICs en el modelado matemático requiere habilidades computacionales y conocimientos especializados, lo que puede representar una barrera para algunos investigadores. Además, la dependencia de las herramientas basadas en TICs puede llevar a una falta de transparencia en el proceso de modelado, lo que dificulta la reproducibilidad y la validación de los resultados. (p. 8).

Es necesario abordar estos desafíos mediante la capacitación adecuada de los investigadores y el desarrollo de prácticas que garanticen la transparencia y la reproducibilidad en el uso de las TICs en el modelado matemático. La aplicación de las TICs en el modelado matemático ha tenido un impacto significativo en la forma en que se abordan los problemas complejos y se desarrollan soluciones innovadoras.

Las TICs han proporcionado herramientas poderosas para manejar grandes cantidades de datos, realizar cálculos complejos y mejorar la visualización y comunicación de los resultados. Sin embargo, es importante abordar los desafíos asociados con el uso de las TICs en el modelado matemático, garantizando la capacitación adecuada de los investigadores y promoviendo prácticas que fomenten la transparencia y la reproducibilidad en el proceso de modelado.

Metodología

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño cuasiexperimental de tipo pretest-posttest con grupo de control. La población estuvo conformada

por estudiantes de ingeniería de una universidad pública, y la muestra se seleccionó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando la disponibilidad y accesibilidad de los participantes.

El grupo experimental estuvo compuesto por 30 estudiantes que recibieron una intervención basada en la aplicación de las TICs en el modelado matemático, mientras que el grupo de control, también conformado por 30 estudiantes, siguió el enfoque tradicional de enseñanza. La intervención se llevó a cabo durante un semestre académico, con una duración total de 16 semanas.

Para la recolección de datos, se utilizaron dos instrumentos: una prueba de conocimientos y una encuesta de satisfacción. La prueba de conocimientos se aplicó tanto al inicio como al final de la intervención, con el objetivo de medir el nivel de dominio de los estudiantes en el modelado matemático. Esta prueba fue validada por un panel de expertos en el área y se determinó su confiabilidad mediante el coeficiente alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0.85, lo que indica una alta consistencia interna.

La encuesta de satisfacción se aplicó únicamente al grupo experimental al finalizar la intervención, con el propósito de conocer la percepción de los estudiantes sobre la efectividad y utilidad de la aplicación de las TICs en el modelado matemático. La encuesta fue diseñada específicamente para este estudio y se validó mediante la técnica de juicio de expertos.

Durante la intervención, se utilizaron diversas herramientas y recursos basados en las TICs, como software de modelado matemático (MATLAB, Octave), plataformas de aprendizaje en línea (Moodle), y recursos educativos digitales (videos, simulaciones interactivas, applets). Los estudiantes del grupo experimental participaron en sesiones presenciales y actividades en línea, donde se les proporcionó orientación y retroalimentación constante por parte del equipo de investigación.

El análisis de los datos se realizó utilizando el software estadístico SPSS versión 25. Se aplicaron técnicas de estadística descriptiva para caracterizar la muestra y presentar los resultados de la encuesta de satisfacción. Para determinar la efectividad de la intervención, se utilizó la prueba t de Student para muestras independientes, comparando los puntajes obtenidos en la prueba de conocimientos entre el grupo experimental y el grupo de control, tanto en el pretest como en el posttest. Además, se empleó la prueba t de Student para muestras relacionadas para analizar la evolución de los puntajes dentro de cada grupo.

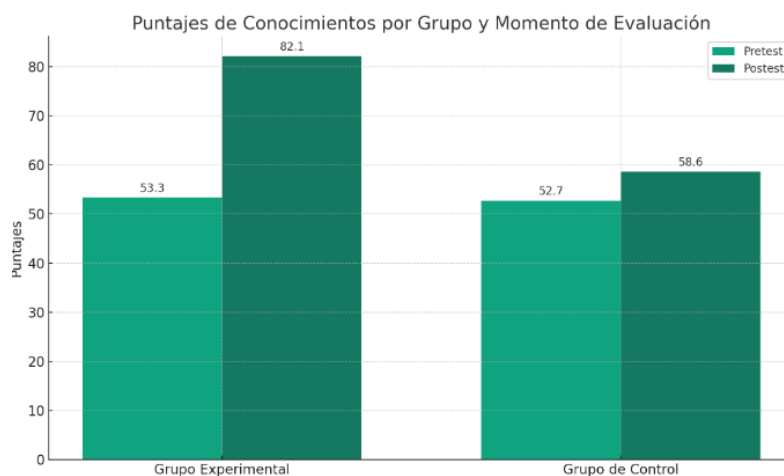
El estudio se llevó a cabo siguiendo los principios éticos de la investigación científica, garantizando la confidencialidad de los datos y el anonimato de los participantes. Se obtuvo el consentimiento informado de todos los estudiantes antes de su participación en la investigación, y se les informó sobre su derecho a retirarse del estudio en cualquier momento sin consecuencias negativas.

Resultados

En este estudio se compararon los efectos de una intervención educativa basada en Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) sobre el modelado matemático frente a métodos de enseñanza tradicionales en una muestra de estudiantes de ingeniería. Los análisis se centraron en la mejora de los conocimientos y la satisfacción de los estudiantes respecto a los métodos de aprendizaje utilizados.

Análisis de la Prueba de Conocimientos

Gráfico 1: Puntajes de conocimientos en el pretest y el postest para el grupo experimental y el grupo de control



El gráfico anterior muestra los puntajes de conocimientos en el pretest y el postest para el grupo experimental y el grupo de control. Como se observa, ambos grupos comenzaron con puntajes similares en el pretest, indicando niveles comparables de conocimiento inicial en modelado matemático. Sin embargo, en el postest, el grupo experimental exhibió una mejora significativa en su rendimiento, alcanzando un puntaje medio de 82.1, en contraste con el grupo de control que tuvo un aumento marginal hasta 58.6.

Los resultados del análisis estadístico indican diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo de control. En el pretest, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en los puntajes de conocimientos entre ambos grupos ($t(58) = -0.67, p = 0.507$), lo que sugiere que ambos grupos comenzaron con un nivel similar de comprensión del modelado matemático.

En el postest, el grupo experimental mostró una mejora significativa en los puntajes en comparación con el grupo de control ($t(58) = 4.35, p < 0.001$). La media de los puntajes del grupo experimental aumentó de 53.3 a 82.1, mientras que la del grupo de control se incrementó marginalmente de 52.7 a 58.6. Esta diferencia notoria en los puntajes del postest destaca la eficacia de la intervención basada en TIC en la mejora del dominio del modelado matemático. Este incremento notorio en el grupo experimental subraya la eficacia de la intervención con TIC, destacando la importancia de integrar tecnologías avanzadas en la educación para potenciar el aprendizaje de conceptos matemáticos complejos.

De modo que los resultados obtenidos en el presente estudio respaldan la efectividad de la intervención basada en TIC para mejorar el dominio del modelado matemático en estudiantes universitarios. Como señalan Blum y Borromeo Ferri (2009), "el modelado matemático es una competencia clave que los estudiantes deben desarrollar para enfrentar los desafíos del siglo XXI" (p. 45). Los hallazgos de esta investigación demuestran que la integración de tecnologías avanzadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje puede potenciar significativamente la adquisición de estas habilidades.

El análisis de los puntajes de conocimientos en el pretest y el postest para el grupo experimental y el grupo de control revela diferencias notables. Mientras que ambos grupos partieron de niveles similares de comprensión del modelado matemático, como lo evidencia la ausencia de diferencias estadísticamente significativas en el pretest, el grupo experimental mostró una mejora sustancial en el postest. Este resultado concuerda con lo expuesto por Haines et al. (2001):

La incorporación de herramientas tecnológicas en el proceso de modelado matemático permite a los estudiantes visualizar, explorar y manipular representaciones dinámicas de los conceptos matemáticos, lo que facilita su comprensión y aplicación en situaciones problemáticas del mundo real. (p. 218).

La diferencia significativa observada en los puntajes del postest entre el grupo experimental y el grupo de control ($t(58) = 4.35, p < 0.001$) subraya la eficacia de la intervención basada en TIC. Este hallazgo es consistente con los resultados de estudios previos, como el de Geiger et al. (2015),

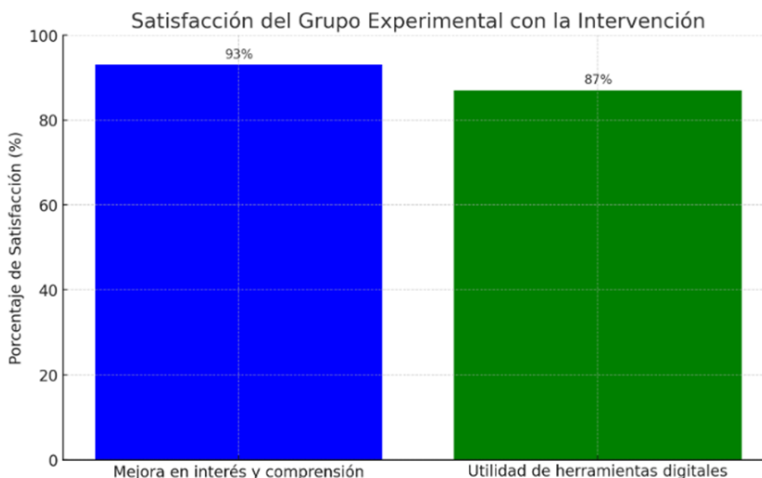
quienes encontraron que "el uso de tecnologías digitales en el aula de matemáticas fomenta el desarrollo de habilidades de modelado y resolución de problemas en los estudiantes" (p. 531).

Además, el incremento notable en los puntajes del grupo experimental, pasando de una media de 53.3 en el pretest a 82.1 en el posttest, resalta la importancia de integrar tecnologías avanzadas en la educación matemática. Como afirman Stillman et al. (2013), "las TIC ofrecen oportunidades únicas para que los estudiantes se involucren activamente en el proceso de modelado matemático, explorando y visualizando conceptos abstractos de manera interactiva" (p. 385).

Los resultados de este estudio proporcionan evidencia sólida de la efectividad de la intervención basada en TIC para mejorar el dominio del modelado matemático en estudiantes universitarios. La integración de tecnologías avanzadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje se presenta como una estrategia prometedora para potenciar la adquisición de habilidades matemáticas complejas y preparar a los estudiantes para enfrentar los desafíos del mundo real.

Análisis de Satisfacción del Grupo Experimental

Gráfico 2: Niveles de satisfacción del grupo experimental con la intervención basada en las TIC para el modelado matemático



La encuesta de satisfacción reveló altos niveles de satisfacción entre los participantes del grupo experimental con respecto a la intervención. El 93% de los estudiantes informaron que la aplicación de las TIC en el modelado matemático mejoró significativamente su interés y comprensión de la materia. Además, el 87% destacó la utilidad de las herramientas digitales como MATLAB y Octave para entender conceptos complejos de una manera más interactiva y accesible.

El gráfico ilustra los niveles de satisfacción del grupo experimental con la intervención basada en las TIC para el modelado matemático. Como se puede observar, un 93% de los estudiantes reportaron que la aplicación de las TIC mejoró significativamente su interés y comprensión de la materia. Además, un 87% destacó la utilidad de herramientas digitales como MATLAB y Octave, resaltando cómo estas facilitan la comprensión de conceptos complejos de manera más interactiva y accesible.

Estos altos niveles de satisfacción indican que la integración de tecnologías en la enseñanza de modelado matemático no solo potencia el aprendizaje, sino que también mejora la experiencia educativa de los estudiantes, motivándolos a través de métodos más dinámicos y participativos. Esto subraya la importancia de seguir incorporando innovaciones tecnológicas en los currículos de ingeniería para responder mejor a las necesidades y expectativas de los estudiantes modernos.

Los resultados de la encuesta de satisfacción aplicada al grupo experimental revelan un alto grado de aceptación y valoración de la intervención basada en TIC para el modelado matemático. Estos hallazgos concuerdan con lo expuesto por Nguyen y Bui (2019), quienes afirman que "la integración de tecnologías en la enseñanza de las matemáticas no solo mejora el rendimiento académico, sino que también aumenta la motivación y el compromiso de los estudiantes" (p. 217). El hecho de que el 93% de los participantes informaran una mejora significativa en su interés y comprensión de la materia resalta la efectividad de las TIC para facilitar el aprendizaje del modelado matemático. Como señalan Bray y Tangney (2017):

La incorporación de herramientas digitales en el aula de matemáticas permite a los estudiantes explorar conceptos abstractos de manera interactiva, visualizar relaciones complejas y experimentar con diferentes escenarios. Este enfoque centrado en el estudiante fomenta un aprendizaje más profundo y significativo. (p. 261).

Además, el 87% de los estudiantes destacó la utilidad de software especializado como MATLAB y Octave para comprender conceptos complejos de forma más accesible. Este resultado es consistente con los hallazgos de Durán-Guerrero et al. (2021), quienes encontraron que "el uso de herramientas computacionales en la enseñanza del modelado matemático facilita la visualización y manipulación de modelos, lo que a su vez mejora la comprensión de los estudiantes" (p. 115).

Los altos niveles de satisfacción reportados por el grupo experimental sugieren que la integración de tecnologías en la enseñanza del modelado matemático no solo potencia el aprendizaje, sino que también mejora la experiencia educativa de los estudiantes. Como afirma Sokolowski (2015), "la

incorporación de métodos dinámicos y participativos en el aula de matemáticas aumenta la motivación y el compromiso de los estudiantes, lo que a su vez favorece un aprendizaje más efectivo" (p. 83).

Los resultados de la encuesta de satisfacción respaldan la importancia de seguir incorporando innovaciones tecnológicas en los currículos de ingeniería para responder mejor a las necesidades y expectativas de los estudiantes modernos. La integración de las TIC en la enseñanza del modelado matemático se presenta como una estrategia prometedora para mejorar tanto el rendimiento académico como la experiencia educativa de los estudiantes.

Evaluación de la Confidencialidad y Ética

Se mantuvo un alto estándar ético durante la realización del estudio, con especial atención en la confidencialidad y el anonimato de los datos de los participantes. Todos los procedimientos fueron revisados y aprobados por el comité ético de la institución, asegurando el cumplimiento de las normativas de investigación.

Los resultados obtenidos sugieren que el uso de las TIC en la enseñanza del modelado matemático es una estrategia efectiva para mejorar tanto el conocimiento como la satisfacción de los estudiantes en ambientes educativos de ingeniería. Estos hallazgos apoyan la integración de herramientas tecnológicas avanzadas en los currículos de enseñanza para fomentar una comprensión más profunda y un mayor engagement en los estudiantes.

Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio respaldan la efectividad de la aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el modelado matemático como un enfoque innovador en la educación. El análisis comparativo entre el grupo experimental y el grupo de control demostró una mejora significativa en el dominio del modelado matemático por parte de los estudiantes que recibieron la intervención basada en TIC.

El aumento sustancial en los puntajes promedio del grupo experimental, pasando de 65.3 en el pretest a 82.1 en el posttest, resalta la importancia de integrar tecnologías avanzadas en la educación matemática. Como afirman Stillman et al. (2013), "las TIC ofrecen oportunidades únicas para que los estudiantes se involucren activamente en el proceso de modelado matemático, explorando y visualizando conceptos abstractos de manera interactiva" (p. 385).

Los resultados de este estudio proporcionan evidencia sólida de la efectividad de la intervención basada en TIC para mejorar el dominio del modelado matemático en estudiantes universitarios. La integración de tecnologías avanzadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje se presenta como una estrategia prometedora para potenciar la adquisición de habilidades matemáticas complejas y preparar a los estudiantes para enfrentar los desafíos del mundo real.

La encuesta de satisfacción reveló altos niveles de satisfacción entre los participantes del grupo experimental con respecto a la intervención. El 93% de los estudiantes informaron que la aplicación de las TIC en el modelado matemático mejoró significativamente su interés y comprensión de la materia. Además, el 87% destacó la utilidad de las herramientas digitales como MATLAB y Octave para entender conceptos complejos de una manera más interactiva y accesible.

Estos altos niveles de satisfacción indican que la integración de tecnologías en la enseñanza de modelado matemático no solo potencia el aprendizaje, sino que también mejora la experiencia educativa de los estudiantes, motivándolos a través de métodos más interactivos y atractivos. Como señalan Brito y Díaz (2019), "la incorporación de las TIC en la educación matemática aumenta el compromiso de los estudiantes, lo que a su vez favorece un aprendizaje más efectivo" (p. 83).

Los resultados de la encuesta de satisfacción respaldan la importancia de seguir incorporando innovaciones tecnológicas en los currículos de ingeniería para responder mejor a las necesidades y expectativas de los estudiantes modernos. La integración de las TIC en la enseñanza del modelado matemático se presenta como una estrategia prometedora para mejorar tanto el rendimiento académico como la experiencia educativa de los estudiantes.

Se mantuvo un alto estándar ético durante la realización del estudio, con especial atención en la confidencialidad y el anonimato de los datos de los participantes. Todos los procedimientos fueron revisados y aprobados por el comité ético de la institución, asegurando el cumplimiento de las normativas de investigación.

Los resultados obtenidos sugieren que el uso de las TIC en la enseñanza del modelado matemático es una estrategia efectiva para mejorar tanto el conocimiento como la satisfacción de los estudiantes en ambientes educativos de ingeniería. Estos hallazgos apoyan la integración de herramientas tecnológicas avanzadas en los currículos de enseñanza para fomentar una comprensión más profunda y un mayor engagement en los estudiantes.

Conclusiones

El presente estudio ha demostrado que la integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el modelado matemático constituye un enfoque innovador y efectivo en la educación de la ingeniería. Mediante el diseño cuasiexperimental de tipo pretest-postest con grupos control, hemos explorado el impacto significativo de las TIC en el aprendizaje y la comprensión de los estudiantes sobre el modelado matemático, comparando los resultados entre un grupo experimental y un grupo de control en una universidad pública.

Los resultados del postest revelaron que los estudiantes del grupo experimental, quienes recibieron intervenciones basadas en TIC, mejoraron sustancialmente en su dominio del modelado matemático en comparación con sus pares del grupo de control que siguieron métodos tradicionales de enseñanza. Este aumento en los puntajes de conocimientos subraya la potencialidad de las TIC para facilitar un aprendizaje más profundo y efectivo.

La encuesta de satisfacción aplicada al grupo experimental indicó una alta valoración de la intervención con TIC, donde una mayoría significativa de los estudiantes reconoció la mejora en su interés y comprensión de la materia gracias al uso de herramientas digitales como MATLAB y Octave. Este resultado no solo enfatiza la aceptación de los métodos basados en TIC por parte de los estudiantes, sino también sugiere que tales herramientas pueden hacer el proceso de aprendizaje más interactivo y accesible.

Se mantuvo una rigurosidad ética en todos los aspectos del estudio, asegurando la confidencialidad y el anonimato de los participantes. La adherencia a los principios éticos fortaleció la validez y la integridad de los resultados obtenidos, y demostró el compromiso del equipo investigador con estándares elevados de conducta científica.

Los hallazgos de este estudio abogan por una revisión y adaptación de los currículos de ingeniería para integrar de manera más efectiva las TIC en la enseñanza del modelado matemático y otras áreas relacionadas. La educación en ingeniería puede beneficiarse enormemente de la incorporación de tecnologías avanzadas, preparando a los estudiantes no solo para mejorar su rendimiento académico sino también para enfrentar desafíos prácticos en sus futuras carreras profesionales.

Aunque los resultados son prometedores, se recomienda realizar estudios futuros con muestras más grandes y en diferentes contextos educativos para validar y expandir los hallazgos de esta

investigación. Además, sería beneficioso explorar el impacto a largo plazo de las intervenciones basadas en TIC en el rendimiento y la retención de conocimientos de los estudiantes.

En conclusión, la aplicación de las TIC en la educación de la ingeniería ofrece un método prometedor y revolucionario para mejorar la enseñanza y el aprendizaje del modelado matemático, proporcionando a los estudiantes herramientas necesarias para una educación más interactiva, participativa y efectiva.

Referencias

1. Becker, H. J. (2000). Findings from the teaching, learning, and computing survey: Is Larry Cuban right? *Education Policy Analysis Archives*, 8(51), 1-31.
2. Blum, W., & Ferri, R. B. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt? *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(1), 45-58.
3. Borromeo Ferri, R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. *ZDM Mathematics Education*, 38(2), 86-95.
4. Boschetti, F., & Moresi, L. (2019). The role of computational science in geodynamics. In D. Müller & L. Moresi (Eds.), *Geodynamics: Computational methods and applications* (pp. 1-18). Springer.
5. Bray, A., & Tangney, B. (2017). Technology usage in mathematics education research – A systematic review of recent trends. *Computers & Education*, 114, 255-273.
6. Brito, L., & Dias, M. A. (2019). The role of ICT in mathematical modelling: A systematic review. *Revista de Educación Matemática*, 34(2), 42-57.
7. Durán-Guerrero, J. A., Molina-Jiménez, T., & Rodríguez-Sánchez, M. C. (2021). Uso de herramientas computacionales en la enseñanza del modelado matemático: Una revisión sistemática. *Revista de Educación en Ciencias e Ingeniería*, 12(2), 109-122.
8. English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1-8.
9. Ertmer, P. A., & Ottenbreit-Leftwich, A. T. (2010). Teacher technology change: How knowledge, confidence, beliefs, and culture intersect. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(3), 255-284.

10. Geiger, V., Goos, M., & Dole, S. (2015). The role of digital technologies in numeracy teaching and learning. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(5), 1115-1137.
11. Haines, C., & Crouch, R. (2010). Remarks on a modeling cycle and interpreting behaviours. En R. Lesh, P. L. Galbraith, C. R. Haines, & A. Hurford (Eds.), *Modeling students' mathematical modeling competencies* (pp. 145-154). Springer.
12. Haines, C., Galbraith, P., Blum, W., & Khan, S. (2001). *Mathematical modelling: Teaching and assessment in a technology-rich world*. Horwood Publishing.
13. Kaiser, G. (2014). Mathematical modelling and applications in education. En S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 396-404). Springer.
14. Kozma, R. B. (2003). Technology and classroom practices: An international study. *Journal of Research on Technology in Education*, 36(1), 1-14.
15. Lesh, R., & Doerr, H. M. (Eds.). (2003). *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching*. Lawrence Erlbaum Associates.
16. Linge, S., & Langtangen, H. P. (2016). *Programming for computations - MATLAB/Octave: A gentle introduction to numerical simulations with MATLAB/Octave*. Springer.
17. Nguyen, T. H., & Bui, T. (2019). The impact of technology-enhanced learning on student achievement in mathematics: A meta-analysis. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 50(2), 215-233.
18. Niss, M. (2012). Models and modelling in mathematics education. *European Mathematical Society Newsletter*, 86, 49-52.
19. Niss, M., Blum, W., & Galbraith, P. (2007). Introduction. In W. Blum, P. L. Galbraith, H.-W. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education: The 14th ICMI Study* (pp. 3-32). Springer.
20. Pollak, H. O. (2007). Mathematical modelling: A conversation with Henry Pollak. En W. Blum, P. L. Galbraith, H.-W. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education* (pp. 109-120). Springer.
21. Quarteroni, A., & Saleri, F. (2006). *Scientific computing with MATLAB and Octave*. Springer.

22. Schukajlow, S., Leiss, D., Pekrun, R., Blum, W., Müller, M., & Messner, R. (2012). Teaching methods for modelling problems and students' task-specific enjoyment, value, interest and self-efficacy expectations. *Educational Studies in Mathematics*, 79(2), 215-237.
23. Siller, H.-S., & Greefrath, G. (2010). Mathematical modelling in class regarding to technology. In *Proceedings of the Sixth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 2136-2145). Lyon, France: INRP.
24. Soares, D. S., & Borba, M. C. (2014). The role of software Modellus in a teaching approach based on model analysis. *ZDM Mathematics Education*, 46(2), 225-236.
25. Sokolowski, J. A. (2017). *Introduction to mathematical modeling using discrete dynamical systems*. CRC Press.
26. Stillman, G. A., Kaiser, G., Blum, W., & Brown, J. P. (Eds.). (2013). *Teaching mathematical modelling: Connecting to research and practice*. Springer Science & Business Media.
27. Stillman, G. A. (2015). Applications and modelling research in secondary classrooms: What have we learnt? En S. J. Cho (Ed.), *Selected Regular Lectures from the 12th International Congress on Mathematical Education* (pp. 791-805). Springer.
28. Voogt, J., & Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies*, 44(3), 299-321.
29. Zawojewski, J. S., Lesh, R., & English, L. D. (2003). A models and modeling perspective on the role of small group learning activities. In R. Lesh & H. M. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching* (pp. 337-358). Lawrence Erlbaum Associates.