

Software educativo, una estrategia didáctica para el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales no homogéneas

Educational software, a teaching strategy for learning non-homogeneous differential equations

Angelino Feliciano Morales ^a, Rene Edmundo Cuevas Valencia ^b, Claudio Flores Seefoo ^c, Arnulfo Catalán Villegas ^d

Abstract:

The study focused on the analysis of some technological tools that could be used in the design of didactic strategies to improve the learning of non-homogeneous differential equations. The objective was to evaluate the impact of using GeoGebra, Mathway, and Symbolab in the design of didactic strategies for learning non-homogeneous differential equations by the method of undetermined coefficients at the higher education level. In order to select the educational software, a functional comparative method was applied among the mentioned tools. The study was carried out with newly enrolled students in the Master's Degree in Engineering for Innovation and Technological Development at the Faculty of Engineering of the Autonomous University of Guerrero. The instruments used to obtain information regarding the solution of a non-homogeneous differential equation were through a survey in the form of a questionnaire. This questionnaire was structured with 15 closed questions with 4 answer options each. The population considered for the research work were the newly enrolled students in the aforementioned master's degree, a group of 15 students with different academic profiles, including some who do not have the learning unit of differential equations in their curriculum. It should be noted that only the results of the second questionnaire (post-test) were considered, in which 14 students achieved an acceptable score, representing a 93% success rate.

Keywords:

Software, strategy, questionnaire, learning.

Resumen:

El estudio estuvo centrado en el análisis de algunas herramientas tecnológicas que podrían ser utilizadas en el diseño de estrategias didácticas para mejorar el aprendizaje de ecuaciones diferenciales no homogéneas. El objetivo fue evaluar el impacto del uso de GeoGebra, Mathway y Symbolab en el diseño de estrategias didácticas para el aprendizaje de ecuaciones diferenciales no homogéneas por el método de coeficientes indeterminados en el nivel superior. Con la finalidad de seleccionar el software educativo, se aplicó un método comparativo funcional entre las herramientas mencionadas. El estudio se realizó con los estudiantes de nuevo ingreso de la Maestría en Ingeniería para la Innovación y Desarrollo Tecnológico de la facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Guerrero. Los instrumentos utilizados en la obtención de la información respecto a la solución de una ecuación diferencial no homogénea, fue a través de la encuesta en su modalidad de cuestionario. Este cuestionario estuvo estructurado de 15 preguntas cerradas con 4 opciones de respuesta cada una de ellas. La población considerada para el trabajo de investigación fueron los estudiantes de nuevo ingreso a la citada maestría, se conformó un grupo de 15 estudiantes con diferente perfil académico, incluso, algunos de ellos no tienen contemplado en plan de estudios la unidad de aprendizaje de ecuaciones diferenciales. Cabe aclarar que solo se consideraron los resultados del segundo cuestionario (post - test) en el que 14 estudiantes lograron una puntuación aceptable, representando un 93% de éxito.

Palabras Clave:

Software, estrategia, cuestionario, aprendizaje.

Introducción

En el campo de las matemáticas, se han realizado diversos estudios, los cuales se han centrado en el uso de software educativo con el fin mejorar el

aprendizaje de estos contenidos. Por ejemplo, Escorcia et al. (2005), emplearon un software didáctico en la enseñanza de las ecuaciones diferenciales parciales en cursos de Ingeniería y Ciencias básicas. Este software fue desarrollado en la plataforma MATLAB con el propósito de obtener soluciones analíticas y numéricas

^a Universidad Autónoma de Guerrero, México, <https://orcid.org/0000-0002-7707-7319>, Email: afmorales@uagro.mx

^b Universidad Autónoma de Guerrero, México, <https://orcid.org/0000-0001-9528-7603>, Email: reneecuevas@uagro.mx

^c Universidad Autónoma de Guerrero, México, <https://orcid.org/0000-0001-8346-1723>, Email: claudiofseefoo@uagro.mx

^d Universidad Autónoma de Guerrero, México, <https://orcid.org/0009-0001-0391-7960>, Email: catalanvillegas@uagro.mx

Fecha de recepción: 31/03/2024, Fecha de aceptación: 22/05/2024, Fecha de publicación: 30/09/2024

DOI: <https://doi.org/10.29057/esa.v12iEspecial.12622>



para problemas con valores en la frontera relacionados con ecuaciones lineales de difusión en una y dos dimensiones.

Según Valdez et al. (2014), presentaron una propuesta para la enseñanza de ecuaciones en diferencias a través de la nota "Ecuaciones en Diferencias" del año 2005. Este enfoque teórico - formal se implementó en las asignaturas del profesorado y licenciatura en matemáticas en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Catamarca.

Delgado (2015), presentó una evaluación de la herramienta Modellus 4.0 con el propósito de promover el aprendizaje activo de ecuaciones diferenciales ordinarias. Para ello, se formaron dos grupos de estudiantes del III Nivel de Mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga - UFA ESPEL durante el período marzo – agosto 2014. El estudio evaluó la eficacia de la herramienta para mejorar la comprensión de los estudiantes en las ecuaciones diferenciales homogéneas, las cuales son cruciales en diversas disciplinas científicas y de ingeniería. Los resultados de la evaluación mostraron que Modellus 4.0 es un recurso valioso para mejorar el rendimiento de los estudiantes y fomentar un entorno de aprendizaje dinámico e interactivo.

Camacho (2016), propuso la implementación de una aplicación para la resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias en el Sistema Tecnológico Nacional de México. La aplicación que combina elementos multimedia con el software Mathematica 10, que incluye evaluaciones para medir las habilidades de los estudiantes en el uso de la herramienta. La propuesta de Camacho busca no solo facilitar la resolución de problemas de ecuaciones diferenciales, sino también evaluar y mejorar las competencias de los estudiantes en el uso de tecnologías avanzadas para el aprendizaje de matemáticas.

Mosquera y Vivas (2017), llevan a cabo una evaluación de software educativo para el proceso de enseñanza - aprendizaje del Cálculo diferencial. Para ello, aplican criterios de selección, valorando la parte técnica, la interfaz y usabilidad, así como las funcionalidades matemáticas que fortalecen las competencias asociadas a la asignatura, identificándose tres tipos de software, los cuales son, MalMath, Symbolab y Grapher. Estas herramientas tecnológicas se caracterizan por su capacidad de ofrecer soluciones innovadoras y efectivas para el aprendizaje de conceptos matemáticos complejos, lo que permite a los estudiantes desarrollar habilidades y competencias clave en esta materia.

Reyes (2020), evaluó el impacto del software educativo Symbolab en el aprendizaje de las funciones matemáticas por parte de estudiantes del primer ciclo de una universidad privada, ubicada en San Juan de Lurigancho, Lima. Esta investigación, de naturaleza cuantitativa con enfoque explicativo y diseño cuasi experimental, arrojó resultados concluyentes. Se determinó que la utilización del software educativo Symbolab generó un impacto positivo significativo en el proceso de aprendizaje de las funciones matemáticas, destacando su eficacia como herramienta de apoyo para

el desarrollo de competencias matemáticas en el ámbito universitario.

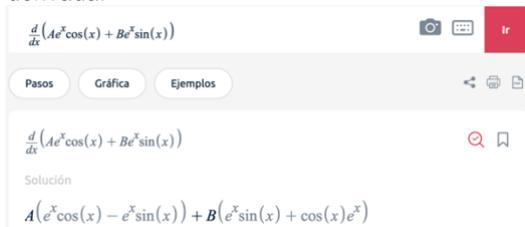
La problemática del aprendizaje de las matemáticas en los diferentes niveles educativos tanto, a nivel nacional como internacional, ha llevado a plantear la necesidad de abordar este desafío de manera innovadora. En este sentido, se realizó una evaluación detallada del uso herramientas tecnológicas como GeoGebra, Mathway y Symbolab para diseñar estrategias didácticas que no solo aborden las dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, sino también contribuyan a mejorar el rendimiento académico de los estudiantes. Con ello, se pretende aprovechar las bondades que ofrecen estas herramientas para fomentar un aprendizaje interactivo, personalizado y dinámico, que estimule el pensamiento y la resolución de problemas matemáticos. Esta propuesta no solo pretende mejorar el rendimiento académico de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería (FI) de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro), sino también sentar las bases para una educación matemática más accesible y en sintonía con las demandas educativas contemporáneas.

Con base a una evaluación exhaustiva de las herramientas tecnológicas, se tomó la decisión de utilizar el software educativo Symbolab en la creación de una propuesta para el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales no homogéneas. Esta propuesta tiene el firme propósito no solo de facilitar la comprensión de conceptos, sino también potenciar la participación de los estudiantes en su proceso de aprendizaje. Además, esta iniciativa pretende no solo enriquecer el material didáctico disponible, sino también promover un enfoque interactivo y dinámico en las actividades académicas, brindando a los estudiantes una experiencia educativa enriquecedora y significativa (Díaz et al. 2009; Rivera et al. 2011).

Es importante señalar que la herramienta tecnológica Symbolab está disponible en el enlace <https://es.symbolab.com/>, también puede descargarse para ser utilizado en los dispositivos móviles como ipad, iphone, Android, tablets. Para utilizar Symbolab en la solución de una ecuación diferencial no homogénea, es necesario ingresar cada una de las ecuaciones indicadas en la calculadora para obtener la información sobre el problema planteado. La calculadora, en algunas ocasiones proporciona una solución paso a paso, que incluye la identificación de la solución homogénea (complementaria) y particular. Esta herramienta resulta útil tanto para estudiantes como profesores de matemáticas, debido a su capacidad para abordar problemas matemáticos complejos. En la figura 1, se muestra el entorno del área de trabajo de la herramienta tecnológica Symbolab.

Figura 3.

Entorno de la plataforma para el cálculo de la primera derivada.

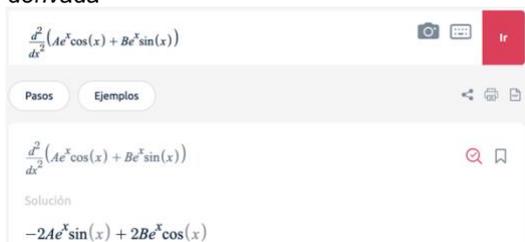


Nota. Elaboración propia

Después, se selecciona la opción de segunda derivada y en la plataforma aparece la notación $\frac{d^2}{dx^2}(\)$ donde se escribe nuevamente la función. Luego se da enter o bien un clic en la palabra "ir" para obtener la segunda derivada, como se muestra en la figura 4.

Figura 4

Entorno de la plataforma para el cálculo de la segunda derivada



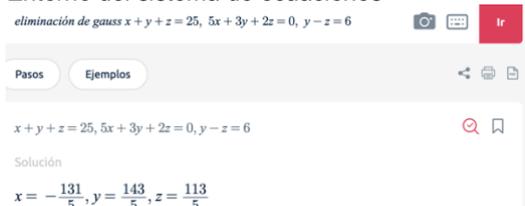
Nota. Elaboración propia

Nota: con este procedimiento se pueden obtener las derivadas sucesivas que se requieran para resolver la ecuación diferencial no homogénea. Es importante simplificar y ordenar los resultados que proporciona el software en plataforma, para una mejor organización del trabajo realizado.

Respecto a la solución de un sistema de ecuaciones con la herramienta seleccionada, se elige la opción de *Álgebra*; luego, sistema de ecuaciones, después lineal y finalmente eliminación de *Gauss Jordan*. Posteriormente, se escriben las ecuaciones separadas por comas, donde dice "gaussian elimination". Luego se da enter o bien un clic en "ir" para obtener el resultado, ver figura 5.

Figura 5

Entorno del sistema de ecuaciones

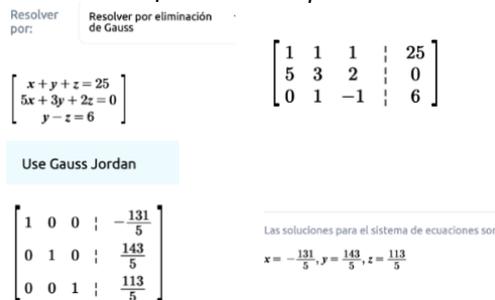


Nota. Elaboración propia

Luego se da clic en la opción "mostrar pasos" para visualizar el procedimiento, como se aprecia en la figura 6.

Figura 6

Entorno de la opción mostrar pasos



Nota. Elaboración propia

A continuación, se ilustrará el uso del software Symbolab con un ejemplo de ecuación diferencial con cierto grado de complejidad, mostrado así la aplicación práctica y efectividad de esta herramienta tecnológica.

Problema: determinar la solución general de la siguiente ecuación diferencial $y'' - 4y' + 4y = 2(9x - 2)e^{2x}$ por el método de coeficientes indeterminados.

Solución

Paso 1: para formular la ecuación característica, se iguala a cero la ecuación diferencial no homogénea.

$$\varphi(D)y = 0$$

$$(m^2 - 4m + 4)e^{mx} = 0$$

como $e^{mx} \neq 0$, entonces $m^2 - 4m + 4 = 0$

Paso 2: se introduce la ecuación de segundo grado en el espacio que dice: "introduce el problema", utilizando el teclado de la computadora o bien el de la plataforma, después se da un enter o bien un clic en el botón rojo donde está la palabra "ir" para obtener las raíces de la ecuación, ver figura 7.

Figura 7

Raíces del polinomio característico (raíz doble)



Nota. Elaboración propia

Nota: de ser necesario se puede dar un enter o bien un clic en la opción “mostrar pasos” para desplegar el procedimiento del cálculo de las raíces de la ecuación característica.

Paso 3: solución complementaria

Para formalizar la solución complementaria, se deben sustituir los valores obtenidos en la combinación lineal. Dado que la raíz es de multiplicidad 2, la primera solución se multiplica por x para hacerla diferente. Luego se procede a formular la solución complementaria u homogénea.

como $m_1 = m_2 = 2$, se tiene

$$y_1 = e^{2x}, \quad y_2 = xe^{2x}$$

$$y_c = c_1 e^{2x} + c_2 x e^{2x}$$

Paso 4: formular la propuesta de solución particular.

Tomando en cuenta la función no homogénea y comparándola con la solución complementaria, se propone la forma de la solución particular, en primera instancia sería.

$$y_p = (Ax + B)e^{2x} = Ax e^{2x} + B e^{2x}$$

Sin embargo, los términos de la solución complementaria están contenidos en la función no homogénea, por lo que se hace necesario multiplicar la propuesta de solución particular por x tantas veces como sea necesario, hasta hacerla diferente.

La ecuación quedaría como:

$$y_p = (Ax^2 + Bx)e^{2x} = Ax^2 e^{2x} + Bx e^{2x}$$

Nuevamente, una parte de la propuesta, sigue estando contenida en la solución complementaria, la siguiente sería:

$$y_p = (Ax^3 + Bx^2)e^{2x} = Ax^3 e^{2x} + Bx^2 e^{2x}$$

Esta última ecuación, ya cumple con la condición requerida, por tanto, ya se tiene la propuesta de solución particular.

Paso 5: para calcular la primera derivada de la propuesta de solución particular, se selecciona en la plataforma la opción “cálculo”, luego la expresión $\frac{d}{dx}(\quad)$, se escribe entre los paréntesis la y_p , y se da enter o clic en la palabra “ir” para obtener la y' , ver figura 8.

Figura 8.

Entorno de la plataforma para el cálculo de la primera derivada.

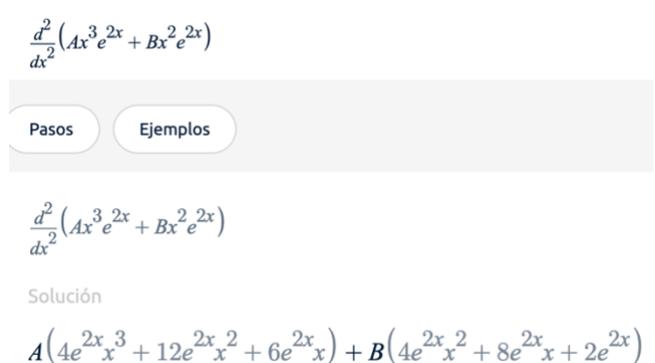


Nota. Elaboración propia

Después, se selecciona la opción de segunda derivada y en plataforma aparece la notación $\frac{d^2}{dx^2}(\quad)$ donde se escribe la y_p . Luego se da enter o bien un clic en la palabra “ir” para obtener la y'' , como se muestra en la figura 9.

Figura 9

Entorno de la plataforma para el cálculo de la segunda derivada



Nota. Elaboración propia

Nota: de ser necesario se puede dar enter en “mostrar pasos” para visualizar el proceso. Es importante simplificar y ordenar los resultados que proporciona el software en plataforma, razón por la cual se realizan las operaciones indicadas de las derivadas sucesivas.

$$y'_p = 3Ax^2e^{2x} + 2Ax^3e^{2x} + 2Bxe^{2x} + 2Bx^2e^{2x}$$

Ordenando los términos, queda.

$$y'_p = 2Ax^3e^{2x} + 3Ax^2e^{2x} + 2Bx^2e^{2x} + 2Bxe^{2x}$$

$$y'_p = (2Ax^3 + (3A + 2B)x^2 + 2Bx)e^{2x}$$

De igual manera se hace con la segunda derivada

$$y''_p = 4Ax^3e^{2x} + 12Ax^2e^{2x} + 6Axe^{2x} + 4Bx^2e^{2x} + 8Bxe^{2x} + 2Be^{2x}$$

$$y''_p = 4Ax^3e^{2x} + 12Ax^2e^{2x} + 4Bx^2e^{2x} + 6Axe^{2x} + 8Bxe^{2x} + 2Be^{2x}$$

$$y''_p = [4Ax^3 + (12A + 4B)x^2 + (6A + 8B)x + 2B]e^{2x}$$

Paso 6: se sustituyen las derivadas sucesivas en la ecuación diferencial no homogénea

$$y'' - 4y' + 4y = 2(9x - 2)e^{2x}$$

$$4Ax^3e^{2x} + 12Ax^2e^{2x} + 4Bx^2e^{2x} + 6Axe^{2x} + 8Bxe^{2x} + 2Be^{2x} - 4(2Ax^3 + 3Ax^2 + 2Bx^2 + 2Bx)e^{2x} + 4(Ax^3 + Bx^2)e^{2x} = 18xe^{2x} - 4e^{2x}$$

Realizando las operaciones indicadas, se obtiene:

$$4Ax^3e^{2x} + 12Ax^2e^{2x} + 4Bx^2e^{2x} + 6Axe^{2x} + 8Bxe^{2x} + 2Be^{2x} - 8Ax^3e^{2x} - 12Ax^2e^{2x} - 8Bx^2e^{2x} - 8Bxe^{2x} + 4Ax^3e^{2x} + 4Bx^2e^{2x} = 18xe^{2x} - 4e^{2x}$$

Simplificando y agrupando términos, se obtiene:

$$(4A - 8A + 4A)x^3e^{2x} + (12A - 12A + 4B - 8B + 4B)x^2e^{2x} + (6A + 8B - 8B)xe^{2x} + 2Be^{2x} = 18xe^{2x} - 4e^{2x}$$

$$(0)x^3e^{2x} + (0)x^2e^{2x} + (6A)xe^{2x} + 2Be^{2x} = 18xe^{2x} - 4e^{2x}$$

$$6Axe^{2x} + 2Be^{2x} = 18xe^{2x} - 4e^{2x}$$

Paso 7: se igualan los coeficientes de ambos lados de la ecuación para formar un sistema de ecuaciones.

$$6A = 18$$

$$2B = -4$$

Paso 8: para resolver el sistema de ecuaciones con la herramienta seleccionada, se elige la opción de Álgebra; luego, sistema de ecuaciones, después lineal y finalmente eliminación de Gauss Jordan. Posteriormente, se escriben las ecuaciones separadas por comas, donde dice “gaussian elimination”. Luego se da enter o bien clic en “ir” para obtener el resultado, ver figura 10.

Figura 10

Entorno del sistema de ecuaciones



Nota. Elaboración propia

Posteriormente, se da clic en “mostrar pasos” para visualizar el procedimiento, como se aprecia en la figura 11.

Figura 11

Solución del sistema de ecuaciones

Solve by: Resolver por eliminación de Gauss

$$\begin{cases} 6A = 18 \\ 2B = -4 \end{cases}$$

Escribir una matriz con los coeficientes y soluciones

$$\left[\begin{array}{cc|c} 6 & 0 & 18 \\ 0 & 2 & -4 \end{array} \right]$$

Use Gauss Jordan

$$\left[\begin{array}{cc|c} 1 & 0 & 3 \\ 0 & 1 & -2 \end{array} \right]$$

Las soluciones para el sistema de ecuaciones son:

$$A = 3, B = -2$$

Nota. Elaboración propia

Paso 9: para obtener la solución particular, se sustituyen los valores obtenidos en la propuesta, la cual es:

$$y_p = (3x^3 - 2x^2)e^{2x}$$

Paso 10: solución general, es

$$y = y_c + y_p$$

$$y_c = c_1e^{2x} + c_2xe^{2x} + (3x^3 - 2x^2)e^{2x}$$

$$y_c = (c_1 + c_2x + 3x^3 - 2x^2)e^{2x}$$

Resultados

Cabe resaltar que el uso de las herramientas tecnológicas en el diseño de la estrategia didáctica para resolver de una ecuación diferencial no homogénea de orden superior por el método de Coeficientes Indeterminados, propició en los estudiantes un cambio de actitud respecto a la utilización de la tecnología para mejorar el aprendizaje de la matemática. Respecto al cuestionario pre test, no se tuvo información relevante, dado que ningún estudiante acertó más de 5 respuestas de un total de 15. Con relación al segundo cuestionario pos test aplicado al grupo de nuevo ingreso de la MIIDT, 14 estudiantes obtuvieron buen desempeño con un mínimo de 8 y un máximo de 13 respuestas correctas, representando un 93% de aprovechamiento. Esto significa que el uso de la herramienta Symbolab en la resolución de una ecuación diferencial no homogénea, contribuyó en la mejora del rendimiento académico de los estudiantes. Por lo anterior, se infiere que el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) impactó favorablemente en el aprendizaje de la matemática en el nivel superior de manera particular con los estudiantes de nuevo ingreso de la MIIDT de la FI de la UAGro. Lo cual permite sugerir la implementación de las herramientas tecnológicas en el aprendizaje de la matemática en toda la UAGro. La información de los resultados se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

<i>Resultados de la prueba pos test</i>	
Número de estudiantes participantes	Número de reactivos acertados
E ₉	7
E ₂ , E ₃ , E ₇	8
E ₆ , E ₁₄	9
E ₅ , E ₈ , E ₁₀ , E ₁₃	10
E ₁₁ , E ₁₅	11
E ₁ , E ₄	12
E ₁₂	13

Nota. Elaboración propia

Discusión

Mosquera y Vivas (2017), en su estudio destacan como la integración de la tecnología en el entorno educativo no solo facilita el acceso a recursos si no que permite al estudiante potenciar su aprendizaje, fomentando una participación activa. Asimismo, subrayan que la tecnología no solo enriquece el proceso de enseñanza-aprendizaje, sino que también contribuye a desarrollar habilidades digitales esenciales para la sociedad actual.

Feliciano y Cuevas (2021), afirman que la Tecnología Educativa (TE) es una disciplina en constante evolución que estudia los procesos de enseñanza y transmisión de la cultura a través de las TIC en diversos entornos educativos. Desde la implementación de plataformas de aprendizaje en línea hasta el uso de herramientas de realidad virtual, la Tecnología Educativa ha revolucionado la forma en que se enseña y se aprende, adaptándose a las necesidades y demandas de la educación actual.

En el trabajo de Feliciano (2022), se destaca la importancia de implementar recursos y herramientas didácticas de manera efectiva para informar y comunicar de manera eficaz en el ámbito educativo. Vielma y Salas (2000) afirman que la tecnología desempeña un papel vital en el proceso enseñanza - aprendizaje de las matemáticas al facilitar la comprensión de los contenidos propuestos. En este estudio, se utilizó una herramienta tecnológica con un enfoque basado en competencias, la cual se adaptó a los planes de estudio de los diferentes PE que se imparten en la FI. Estos planes se basan en los aportes de las teorías de Vygotsky y otros teóricos relevantes en el campo educativo.

Conclusiones

Después de analizar los resultados, se tiene la información respecto al impacto del uso de las TIC en aprendizaje de las ecuaciones diferenciales homogéneas, por lo cual se está en posibilidades de expresar las conclusiones del trabajo.

Es importante diseñar estrategias didácticas para el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales no homogéneas que permitan a los estudiantes manipular adecuadamente la herramienta tecnológica en la resolución de problemas matemáticos complejos.

Si el uso de las TIC mejoró el aprendizaje del estudiante en la resolución de ecuaciones diferenciales no homogéneas, entonces los estudiantes utilizaron adecuadamente la herramienta Symbolab para resolver una ecuación diferencial no homogénea por el método de coeficientes indeterminados.

Al comprobar que el uso de la TIC, tuvo un impacto positivo en el proceso del aprendizaje de las ecuaciones diferenciales no homogéneas, entonces se concluye el empleo de las TIC, ha mejorado el rendimiento académico del estudiante del nivel superior.

Si la metodología empleada en la estrategia didáctica facilitó el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales no homogéneas, entonces el estudiante se

sentirá motivado por el uso de la tecnología en su proceso de aprendizaje.

Un aprendizaje es significativo para el estudiante si este ha sido construido sobre sus conocimientos previos, permitiéndole conectar nueva información con lo que ya sabe. Esta conexión activa y relevante no solo facilita la comprensión y retención de los conceptos, sino que también fomenta un aprendizaje profundo y duradero.

Si la implementación de las TIC en el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales homogéneas ha mostrado mejorar el rendimiento académico del estudiante, se puede inferir que estas herramientas tecnológicas no solo impactan positivamente en el desempeño académico, sino que también pueden jugar un papel crucial en la reducción de la deserción escolar.

Se observaron diferencias significativas entre las puntuaciones obtenidas en pruebas previas y posteriores al uso del software, lo que sugiere que su implementación contribuyó a mejorar el rendimiento académico en el aprendizaje de funciones matemáticas.

Referencias

- Abril, V. (S.F.). *Técnicas e instrumentos de la investigación*. [Diapositivas de PowerPoint]. https://www.academia.edu/6964411/T%C3%A9cnicas_e_Instrumentos_de_Investigaci%C3%B3n_Abril_Ph_D
- Camacho, G. (2016). Aplicación para mejorar la enseñanza de las Ecuaciones Diferenciales. *ANFEI Digital*. Vol. 5, pag. 4-10. file:///Users/afmorales/Downloads/apoyo.+140_ponencia_cartel-2.pdf
- Campbell, D., y Stanley, J. (1970). *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social*. Amorrortu editores Buenos Aires. <https://knowledgesociety.usal.es/sites/default/files/campbell-stanley-disec3b1os-experimentales-y-cuasiexperimentales-en-la-investigac3b3n-social.pdf>
- Delgado, I. D. L. A. (2015). *El Modellus 4.0 como herramienta didáctica para el aprendizaje de Ecuaciones Diferenciales en los estudiantes del III Nivel de Mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPEL, en el período Marzo-Agosto 2014*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. <http://dspace.espech.edu.ec/handle/123456789/4414>.
- Díaz, F., Hernández, G., & Rigo, M. (2009). Aprender y enseñar con TIC en educación superior: Contribuciones del socioconstructivismo. UNAM. México. Digital. <https://librooa.unam.mx/xmlui/handle/123456789/3487>.
- Escorcía, H. A., Villada, L. M., Toro, M., & Mejía, C. E. (2006). Uso de un software como propuesta metodológica para la enseñanza de ecuaciones diferenciales. *Lecturas matemáticas*, 27(3), 361-369. <file:///Users/afmorales/Downloads/Dialnet-UsodeUnSoftwareComoPropuestaMetodologicaParaLaEnse-7176383-2.pdf>
- Feliciano, A., & Cuevas, R. E. (2021). Uso de las TIC en el aprendizaje de las matemáticas en el nivel superior. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 12(23). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-74672021000200120&script=sci_arttext
- Feliciano, A. (2022). *Diseño de estrategias didácticas, utilizando las Tecnologías de la Información y Comunicación en el proceso de la enseñanza – aprendizaje de las ecuaciones diferenciales no homogéneas*. (Tesis Doctoral). Centro Escolar Mar de Cortés, Sinaloa México.
- Hernández - Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). Metodología de la Investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, 440-520. McGraw Hill México.
- Mosquera, M. A. y Vivas, S. J. (2017). Análisis comparativo de software matemático para la formación de competencias de aprendizaje en cálculo diferencial. *Plumilla Educativa*, 19 (1), 98–113. <https://doi.org/10.30554/plumillaedu.19.2476.2017>
- Rivera, E., Quispe, L. B., y Montalvo, C. A., (2011). Realidad aumentada e inteligencias múltiples en el aprendizaje de matemáticas. *Concurso de Proyectos Feria Tecnológica IEEE INTERCON*. <https://es.scribd.com/document/334112065/Realidad-Aumentada-e-Inteligencias-Multiples-en-El-Aprendizaje-de-Matematicas>.
- Reyes, S. E. (2020). El uso del software educativo Symbolab y su influencia en el aprendizaje de las funciones matemáticas en el estudiante del primer ciclo de la Universidad Privada del Norte – sede San Juan de Lurigancho – Lima, durante el ciclo 2028-1. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Symbolab, simplificando las matemáticas. Publicado en (2011). <https://es.symbolab.com/>
- Vielma, E. V., y Salas, M. L. (2000). Aportes de las teorías de Vygotsky, Piaget, Bandura y Bruner.
- Valdez, L. E., Juárez, G. A., Navarro, S. I., & Barros, L. E. (2014). Implementación de software para la Enseñanza de Ecuaciones en Diferencias con valores iniciales. *Revista de Educación Matemática*, 29(1), 19-35