



Aplicación offline para graficar ecuaciones matemáticas mediante el reconocimiento de escritura a mano

Andrés Julián Granja Andrade

Iván David Miranda Castro

Universidad de Cundinamarca

Sede Girardot (Cundinamarca)

Programa Ingeniería de Software

febrero de 2025

Aplicación offline para graficar ecuaciones matemáticas mediante el reconocimiento de escritura a mano

Andrés Julián Granja Andrade

Iván David Miranda Castro

Asesor(a)

Jesús David Villalba Góngora

Master en dirección e ingeniería de sitios web

Universidad de Cundinamarca

Rectoría Cundinamarca

Sede Girardot

Programa Ingeniería de Software

febrero de 2025

Contenido

Idea de investigación	4
Problemática.....	5
Justificación	7
Objetivos.....	9
1.1 Objetivo General	9
1.2 Objetivos específicos.....	9
Antecedentes.....	10
1.1 Uso de software educativo en el graficado de funciones.....	10
1.2 herramientas interactivas para mejorar la comprensión conceptual	10
1.1.1 Trabajos que abordan la relación del Uso de software educativo en el graficado de funciones	11
1.2.1 Trabajos que abordan la relación con herramientas interactivas para mejorar la comprensión conceptual	13
1.3 Conclusión.....	17
Solución planteada	18
Referencias	20

Idea de investigación

En el área educativa, muchos estudiantes y profesionales encuentran dificultades con funciones matemáticas que son mostradas únicamente mediante fórmulas. Este problema afecta la forma de comprender conceptos y el análisis de ecuaciones matemáticas. Sin embargo a pesar de que en nuestra actualidad existen muchas herramientas digitales para graficar funciones, muchas son complejas por lo tal motivo requieren tener conocimientos para su uso en los usuarios, esto hace que sean de difícil acceso a personas que no tienen conocimientos avanzados sobre el uso de estas.

Con el fin de buscar una solución a esta necesidad, se propone hacer una herramienta tecnológica que deje a los usuarios capturar ecuaciones matemáticas mediante el reconocimiento de escritura a mano por medio de una cámara y mostrar sus respectivas graficas de forma clara. Esta herramienta se piensa realizar utilizando Python como lenguaje de programación base, usando librerías que Python maneja como, la librería Matplotlib para realizar el proceso de gráfico de ecuaciones y Tkinter para hacer una interfaz gráfica amigable en esta herramienta, además, se analizará como incluir el reconocimiento a mano por medio de la librería OpenCV para facilitar el ingreso de ecuaciones en la herramienta.

Esta investigación buscará sobre cómo el uso de esta herramienta puede ayudar a mejorar la comprensión de funciones matemáticas en el área educativa que no tienen conocimientos avanzados en matemáticas, fortaleciendo así el aprendizaje visual y práctico. Así, el proyecto no solo ayuda con la creación de una solución tecnológica fácil de entender si no también al refuerzo de maneras de enseñar que se basan en el uso de tecnologías digitales.

Problemática

En muchas áreas del ámbito académico como matemáticas, física, ingeniería o en el entorno educativo, la interpretación del comportamiento que puede tomar una función gráficamente es fundamental para el análisis y la toma de decisiones. Sin embargo, uno de los retos diarios en los que los estudiantes se enfrentan en estos campos es que las funciones suelen presentarse mediante ecuaciones y fórmulas, lo que complica su interpretación para personas sin un dominio avanzado de conceptos matemáticos. en el cual según Becolve digital (2022)” La visualización de datos puede ayudar a transformar los datos y números en una historia atractiva, emergiendo como un activo crítico que tiene el poder de transformar la forma en que se accede, presenta y utiliza los datos para una mejor comprensión”. Mostrando la importancia de la visualización de datos, ya que es muy complejo la interpretación de funciones de forma abstracta es decir que se presentan a través de ecuaciones y fórmulas sin determinar un gráfico, lo que genera un pensamiento o análisis difícil de entender para muchas personas. Esta situación afecta tanto a estudiantes en el ámbito educativo, que enfrentan obstáculos en su proceso de aprendizaje al no tener una herramienta fácil de utilizar en donde ver las funciones, como a profesionales, quienes necesitan herramientas para visualizar diferentes comportamientos que se representan por medio de una función, lo que lleva a crear la pregunta ¿Cómo puede desarrollarse una herramienta tecnológica interactiva que permita capturar a través de una cámara ecuaciones matemáticas para la visualización gráfica de funciones, permitiendo mejorar la comprensión de estas para una comunidad académica sin formación avanzada en matemáticas?

Actualmente existen herramientas para graficar funciones pero muchas de ellas son complejas tanto para ingresar funciones como en su interfaz, limitando su manejo a usuarios que no saben cómo utilizarlas.

De acuerdo a esta problemática, lo que se plantea, es la creación de una herramienta de graficación de funciones que permita reconocer la escritura a mano, es decir la escritura que las personas realizan normalmente en los cuadernos, en contraste con las soluciones existentes que requieren entrada manual mediante teclado facilitando el acceso a personas con pocos conocimientos. Utilizando los conocimientos adquiridos durante los semestres para utilizar como base de esta herramienta el lenguaje de programación Python en el que las funciones matemáticas de primer, segundo grado y trigonométricas se grafiquen de una forma clara y fácil para que los usuarios como lo son los estudiantes y profesionales puedan utilizar esta nueva herramienta de una forma sencilla de fácil manejo que no afecte su utilidad en contextos académicos y profesionales, brindado así a aquellas personas una solución accesible y eficiente que permite a los usuarios, sin importar su nivel de experiencia, graficar y analizar funciones de forma precisa.

Justificación

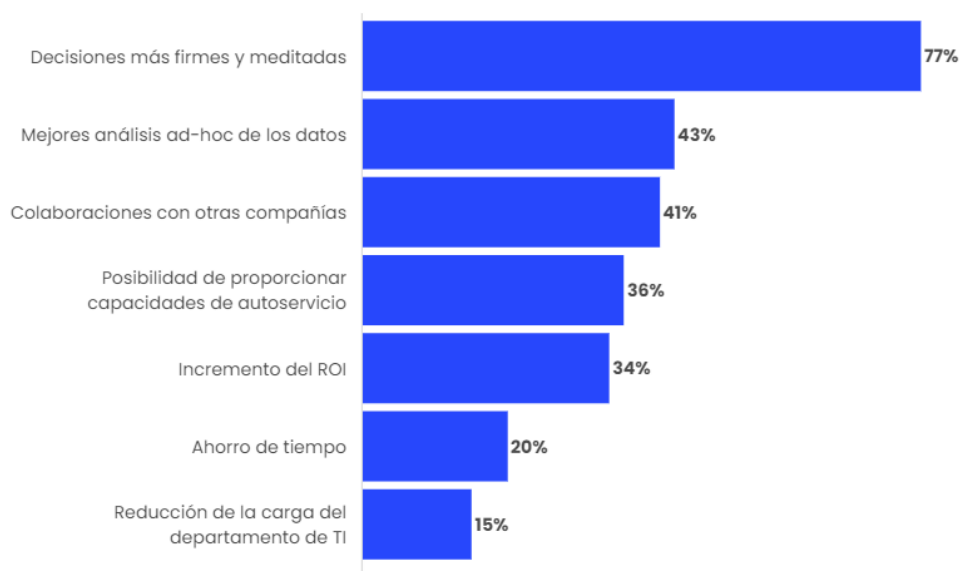
El desarrollo de una herramienta (aplicación offline) que permite capturar ecuaciones matemáticas mediante la cámara y visualizar sus gráficas, se justifica a una necesidad real en la enseñanza del país, sobre todo en lo relacionado con la mejora de la enseñanza de las matemáticas en las aulas de clase para la toma de decisiones. Este proyecto busca facilitar como los estudiantes comprenden funciones y mejorar en ellos su análisis matemático, beneficiando así tanto a estudiantes como a profesionales que enfrentan dificultades en el manejo de conceptos matemáticos relacionado con la graficación de ecuaciones. Facilitar el ingreso de ecuaciones y la visualización de funciones contribuye a mejorar la comprensión y la capacidad de resolver problemas en diversas disciplinas, ya que se pueden tomar decisiones informadas de acuerdo a una información, impulsando un aprendizaje más efectivo.

Además, al hacer uso en este proyecto de herramientas tecnológicas como Python garantiza que la solución propuesta sea modulable, adaptable y escalable a diferentes campos de enseñanza y entornos profesionales debido a que puede ser actualizada de acuerdo a la necesidad del usuario, buscando lograr reducir la complejidad en el uso de herramientas de graficación para facilitar el acceso al conocimiento y fortalecer las competencias matemáticas fundamentales.

Por tanto, este proyecto se justifica como una oportunidad para mejorar la comprensión de conceptos de ecuaciones matemáticas, impulsar la educación mediante tecnologías educativas que aporten el aprendizaje, y ofrecer una solución práctica y efectiva que impacte positivamente en el aprendizaje y la aplicación de conceptos matemáticos básicos y avanzados.

En este sentido, para fortalecer la idea se va a observar una estadística sobre los beneficios que aporta la visualización de datos, al observar los beneficios que aporta la visualización de datos en diferentes entornos como lo es en este caso en empresas, se evidencia la importancia de contar con herramientas que faciliten el análisis visual ya que esto no solo mejora la toma de decisiones, sino que también impulsa la colaboración y la eficiencia. A continuación, se presenta una gráfica que ilustra estos beneficios:

Beneficios que aporta a las empresas la Visualización de los Datos



Objetivos

1.1 Objetivo General

Desarrollar una herramienta para graficar funciones matemáticas que permita capturar ecuaciones escritas a mano mediante una cámara y visualizar sus gráficas de forma precisa.

1.2 Objetivos específicos

Analizar herramientas tecnológicas y trabajos de grado publicados en la web sobre el desarrollo de graficadores de funciones en Python.

Configurar los sistemas que hacen parte del desarrollo del graficador de funciones, integrando las librerías necesarias y asegurando su correcto funcionamiento dentro del entorno de programación con el uso de buenas prácticas.

Evaluar la eficiencia de la ejecución del programa mediante pruebas de rendimiento, precisión en la representación gráfica, pruebas de errores y retroalimentación de usuarios, con el objetivo de asegurar su funcionalidad y mejorar su desempeño.

Antecedentes

En función del móvil principal de esta investigación descrito anteriormente, realizamos una revisión documental de investigaciones que han propuesto el uso y desarrollo de software educativo en el área de las matemáticas, con el fin de mejorar la interpretación de funciones algebraicas. Consideramos en total 10 investigaciones entre trabajos de pregrado y posgrado (6 internacionales, 4 nacionales). Estas investigaciones incluyen puntos como lo son: desarrollos de software educativos hacia el área de la matemática y propuestas didácticas con herramientas como GeoGebra, estas fueron clasificadas en los siguientes dos grupos:

1.1 Uso de software educativo en el graficado de funciones

En este grupo, presentamos cuatro investigaciones que planean el desarrollo o la aplicación de herramientas digitales específicas para la construcción gráfica de funciones matemáticas.

1.2 herramientas interactivas para mejorar la comprensión conceptual

En este grupo, presentamos 6 investigaciones que emplean recursos visuales e interactivos para mejorar las habilidades en el análisis, la representación y la comprensión de funciones.

1.1.1 Trabajos que abordan la relación del Uso de software educativo en el graficado de funciones

En primer lugar, Mario Sandoval, Héctor Vázquez, Jesús Huerta, Francisco Castro y Uriel Filobello (2022), en su trabajo publicado en una revista académica de la Universidad Veracruzana, titulado “Didáctica del graficado de funciones: el caso de las funciones piecewise “ ,generan como pregunta problema ¿Cómo facilitar la enseñanza y comprensión del graficado de funciones (piecewise) en el aula, utilizando herramientas accesibles para docentes y estudiantes sin conocimientos avanzados en programación o software especializado? Con el objetivo de Diseñar una estrategia didáctica para facilitar la enseñanza del graficado de funciones definidas por partes (piecewise), esta investigación utilizó una metodología de tipo cualitativo, con un enfoque descriptivo-exploratorio y se guiaron de referentes teóricos mediante libros de los programas matemáticos Maple (Fox, 2011; Barnes, 2014), Octave (Lie. 2019) o Matlab (Barnes, 2014; Nakamura,1997) en los cuales buscaron las herramientas necesarias para graficar funciones elementales.

En segundo lugar Edgar Ruiz (2006), en su trabajo académico desarrollado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, titulado “IntegraLAB: Un software para integración de funciones y solución de ecuaciones diferenciales por métodos numéricos”, el autor del proyecto genera como pregunta problema: ¿Cómo desarrollar un software que utilice métodos numéricos para resolver problemas de integración de funciones y ecuaciones diferenciales ordinarias de manera eficiente y accesible? Con el objetivo de desarrollar un software que aplique métodos numéricos en la solución de problemas de integración de funciones y ecuaciones diferenciales. Esta investigación utilizó como metodología el estudio de los métodos numéricos para la integración de funciones y además la utilización de técnicas de

ingeniería de software en el campo de la programación. Este proyecto utilizó como referentes teóricos el método de Runge-Kutta para la solución de ecuaciones diferenciales y el libro “Análisis numérico”.

En tercer lugar, Marleny Quispe y Esmeralda Chañi (2010), en su trabajo de investigación para optar el título de licenciado en educación en la especialidad de matemática y computación presentado en la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, titulado “Aplicación del software educativo graph y su influencia en el rendimiento académico en la gráfica de funciones en los estudiantes del cuarto grado de educación secundaria de la institución educativa básica regular "dos de mayo" puerto Maldonado -2009”, genera como pregunta problema a su proyecto ¿De qué manera influye la aplicación del software educativo Graph en la gráfica de funciones en los estudiantes del cuarto grado de educación secundaria de la Institución Educativa Básica Regular "Dos de Mayo" Puerto Maldonado -2009? Con el objetivo de conocer la influencia de la utilización del Software Educativo Graph en el Rendimiento Académico en la gráfica de funciones en los estudiantes del cuarto grado de educación secundaria de la Institución Educativa Básica Regular "Dos de Mayo" Puerto Maldonado -2009. Esta investigación utilizó una metodología de tipo aplicativo con un diseño de investigación cuasiexperimental y sus referentes teóricos se basaron en Seymour Papert principalmente en su teoría de los micro mundos que habla acerca del uso de la informática en la educación para potenciar el aprendizaje activo.

En cuarto lugar, Barahona Morales, Edison Ricardo, Segundo Enrique y Carlos (1994), en su proyecto de titulación para la Escuela Superior Politécnica del Litoral, titulado “GrafWin : graficador de funciones de dos variables para Windows” generaron como pregunta problema ¿Cómo desarrollar una herramienta gráfica para Windows que permita representar funciones de dos variables, utilizando programación orientada a objetos, y que sea independiente del hardware y reutilizable para futuras aplicaciones más complejas? Con el objetivo de desarrollar una aplicación orientada a objetos para Windows, que permita graficar funciones de dos variables, asegurando que sea portátil, reutilizable e independiente del hardware, y que sirva como base para futuras aplicaciones más complejas. Esta investigación utilizó una metodología de tipo aplicada y de desarrollo tecnológico y uso como referentes teóricos la programación orientada a objetos para diseñar software moduable, reutilizable y escalable y utilizar todos los conceptos de la POO

1.2.1 Trabajos que abordan la relación con herramientas interactivas para mejorar la comprensión conceptual

En primer lugar, Luis López (2018), en su trabajo de grado para optar al título de Licenciado en Matemáticas y Física en la Universidad Católica de Manizales, titulado “Uso del GeoGebra como herramienta para el estudio de la función lineal con estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Latinoamericano”, genera como pregunta problema ¿De qué forma impacta en los estudiantes el uso del software GeoGebra para la comprensión del concepto de función lineal? Con el objetivo de establecer una estrategia didáctica para la comprensión del concepto de función lineal por parte de los estudiantes de grado noveno, usando el software

GeoGebra. Esta investigación utilizó una metodología de tipo cualitativa, interpretativa y etnográfica que se centró en la lógica de comprensión de fenómenos sociales y utilizó como referentes teóricos el Ministerio de Educación Nacional (MEN), los Derechos Básicos de aprendizaje (DBA) y la ciencia, tecnología e innovación (TIC)

En segundo lugar, Sandra Rodríguez (2022), en su trabajo de maestría para obtener el Grado de Maestro en Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias presentado en la Universidad Autónoma de Querétaro, titulado “Diseño y análisis de una propuesta didáctica para graficar funciones con apoyo del Software GeoGebra para estudiantes de Ingeniería”, genera como pregunta problema ¿Cómo ayuda a los estudiantes el uso del software interactivo GeoGebra a desarrollar las habilidades para graficar funciones y con ellas, obtener una mejor comprensión de la información que se puede obtener de éstas? con el objetivo de Diseñar y analizar una propuesta didáctica para graficar funciones con apoyo del software dinámico GeoGebra como herramienta, para que ayude a los estudiantes de ingeniería lograr una mejor comprensión e integración de conceptos y lograr así apropiarse de los conocimientos matemáticos en el tema específico de funciones. Esta investigación utilizó una metodología de tipo aplicada y utilizó como referentes teóricos el enfoque ontosemiótico del conocimiento y la instrucción matemáticos (EOS).

en tercer lugar, Janneth Sagñay (2017) en su trabajo de investigación para la obtención del Título de Licenciada en Ciencias de la Educación, profesor(a) de Ciencias Exactas presentado en la Universidad Nacional de Chimborazo, titulado” la utilización de GeoGebra, como recurso didáctico en el aprendizaje de funciones, para el décimo año de la unidad educativa Amelia Gallegos Díaz. periodo 2016 – 2017”, genera como pregunta problema ¿De qué manera se puede incorporar GeoGebra como recurso didáctico para el aprendizaje de funciones en el décimo año de la Unidad Educativa “Amelia Gallegos Díaz”? con el objetivo de Utilizar el GeoGebra, como recursos didácticos en el aprendizaje de funciones, para el Décimo Año de la Unidad Educativa Amelia Gallegos Díaz. Periodo 2016 – 2017. Esta investigación utilizó una metodología de tipo no experimental, descriptiva y de campo y utilizo como referentes teóricos las diversas teorías del aprendizaje y el uso de los recursos didácticos, además tuvieron en cuenta teorías como la teoría conductista, la constructivista y la cognitivista.

en cuarto lugar, Hildebrando Giraldo (2012), en su tesis de maestría para optar al título de Magister en enseñanza de las ciencias exactas y naturales presentado en la Universidad Nacional de Colombia, titulado” Diseño e implementación de una estrategia didáctica para la enseñanza-aprendizaje del concepto de función lineal en el grado noveno mediada en las nuevas tecnologías: Estudio de caso en el Colegio Marymount grupo 9° B del municipio de Medellín”, genera como pregunta problema ¿Cómo diseñar e implementar una estrategia didáctica que facilite la enseñanza y el aprendizaje de la función lineal en estudiantes de grado octavo, mejorando su comprensión y aplicación de este concepto matemático fundamental? con el objetivo de diseñar e implementar una estrategia didáctica para la enseñanza del concepto de función lineal en el grado noveno mediada en las nuevas tecnologías. estas tesis utilizo una

metodología de tipo cualitativo con un enfoque de investigación educativa aplicada y utilizo como referentes teóricos la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel, el enfoque de enseñanza para comprensión (EPC) y los lineamientos del MEN.

En quinto lugar, Fabio leal y Harold Ramírez (2015) en su trabajo académico para obtener el título de licenciado en matemáticas y física presentado en la Universidad de los Llanos, titulado “creación y validación de un software interactivo para la función exponencial”, plantea como pregunta problema ¿Cómo puede desarrollarse un software interactivo para la enseñanza de la función exponencial, basado en el uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), mejorar la comprensión y el rendimiento de los estudiantes en el aprendizaje de este concepto matemático en la Institución Educativa Seis de Abril en Villavicencio? con el objetivo de desarrollar y validar un software interactivo para la enseñanza de la función exponencial, utilizando Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) como herramienta principal, y evaluar su efectividad en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes de la Institución Educativa Seis de Abril en Villavicencio. este trabajo utilizo una metodología de tipo descriptiva, cuantitativa y cualitativa y uso como referentes teóricos el uso de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la enseñanza de las matemáticas especialmente para centrarse en las creación y uso de software educativo.

en sexto lugar, Arlex Saavedra (2013), en su trabajo final de maestría para obtener el título de Magíster en la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales presentado en la Universidad Nacional de Colombia, titulado “Diseño de un software educativo para el aprendizaje de funciones matemáticas en la institución educativa de rozo-palmira”, genera la pregunta problema ¿Cuáles son las expectativas de los estudiantes, respecto a la aplicación de software educativo de funciones matemáticas? con el objetivo de Realizar un software educativo de funciones matemáticas en la Institución Educativa de Rozo. Este trabajo utilizó una metodología de tipo cuantitativo con un diseño cuasiexperimental y la utilización del modelo ADDIE como guía para el diseño del software y utilizó referentes teóricos que se apoyan en enfoques constructivistas con influencia de figuras importantes como Bruner, Piaget, Papert y Ausubel, y en teorías modernas sobre el uso pedagógico de las tecnologías.

1.3 Conclusión

En conclusión luego de haber realizado la investigación y revisión de antecedentes se evidencia que hay un alto nivel de interés académico y de utilización de metodologías por integrar el uso de herramientas tecnológicas para fortalecer la enseñanza de funciones matemáticas con el propósito de mejorar la interpretación, el rendimiento y el interés de los estudiantes por medio de herramientas interactivas, las investigaciones analizadas abarcaron dos enfoques como lo es el desarrollo de algunas herramientas de software educativo y las implementación de estrategias didácticas en las aulas de clase.

Estos antecedentes fortalecen este proyecto respaldando la importancia de crear herramientas educativas, como lo es nuestra idea que busca desarrollar un graficador de funciones de fácil accesibilidad enfocado a facilitar la visualización de funciones matemáticas para contribuir a la innovación de las aulas de clase con nuevas herramientas interactivas.

Solución planteada

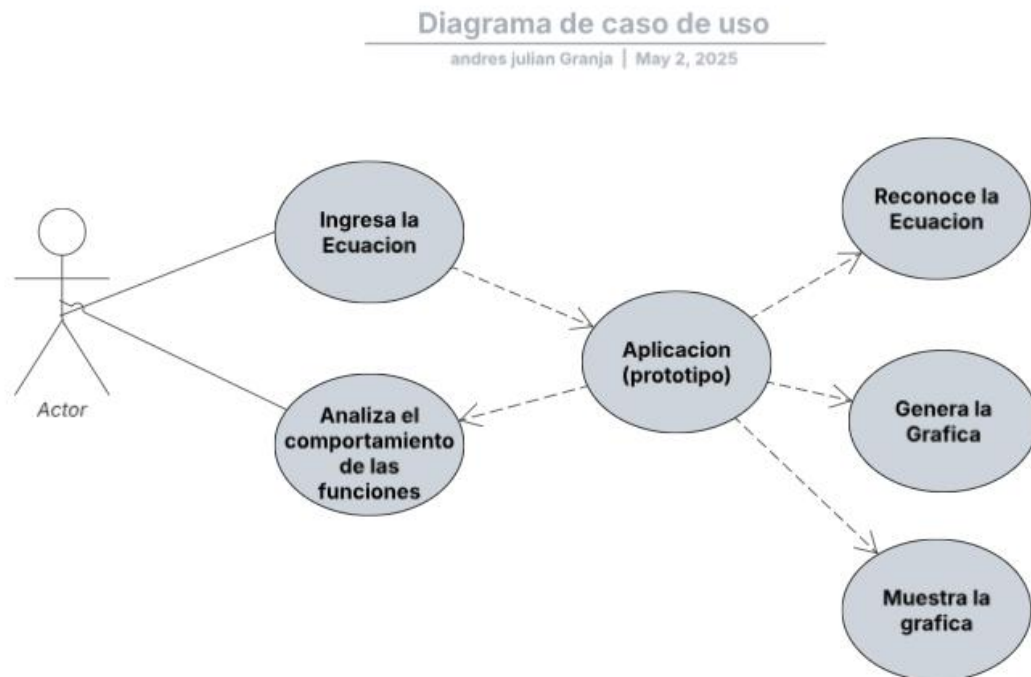
La solución planteada del proyecto se representa mediante el siguiente diagrama de casos de usos el cual muestra y describe las interacciones entre el usuario y la aplicación que fue propuesta como solución para graficar funciones matemáticas, la cual tiene como objetivo facilitar la visualización y el análisis del comportamiento que toma una función de acuerdo a la ecuación ingresada por el usuario. A continuación se explican los elementos del diagrama:

- Actor: el actor hace referencia a los usuarios los cuales su función consiste en interactuar con la aplicación para ingresar las ecuaciones y obtener como resultado las graficas para analizar los resultados
- Aplicación (prototipo): hace referencia a la solución desarrolla la cual realiza todo el proceso relacionado con la interpretación y graficacion de funciones

Casos de uso del programa

1. Ingresar la ecuación (usuario): el usuario introduce una ecuación matemática que quiera resolver mediante la interfaz de la aplicación
2. Reconocer la ecuación (aplicación): la aplicación valida la ecuación ingresada, confirmando que la sintaxis de la ecuación sea correcta
3. Genera la gráfica (aplicación): luego de validar la ecuación, la aplicación hace el proceso de la creación de la gráfica en el plano cartesiano
4. Muestra la gráfica (aplicación): la aplicación envía la gráfica al usuario para evidenciar una interpretación de la función graficada

5. Analizar el comportamiento de la función (usuario): finalmente el usuario observa la gráfica y analiza cómo se comporta la función en los diferentes puntos del plano cartesiano



Referencias

Becolve Digital. (2025, 20 febrero). Las principales ventajas de la visualización de datos. <https://becolve.com/blog/transformando-los-datos-en-conocimiento-las-principales-ventajas-de-la-visualizacion-de-datos/>

Softtek. (s. f.). Mayores beneficios gracias a la visualización de los datos. <https://blog.softtek.com/es/mayores-beneficios-gracias-a-la-visualizacion-de-los-datos>

Díaz, V. (2024). Las TIC como herramientas para promover la aplicación de estrategias didácticas innovadoras en la enseñanza de las matemáticas [Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD]. <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/64678/1/vatatisd.pdf>

Sandoval-Hernández, M. A., Vázquez-Leal, H., Huerta-Chua, J., Castro-González, F. J., & Filobello-Nino, U. A. (2022). Didáctica del graficado de funciones: el caso de las funciones piecewise. RIDE Revista Iberoamericana Para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 12(24). <https://doi.org/10.23913/ride.v12i24.1197>

Lizama, E. R. (2006). IntegraLAB: Un software para integración de funciones y solución de ecuaciones diferenciales por métodos numéricos. Redalyc.org. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81690210>

López, L. (2018). Uso del GeoGebra como herramienta para el estudio de la función lineal con estudiantes del grado noveno de la Institución Educativa Latinoamericano. Universidad Católica de Manizales. *Trabajo de grado para obtener el título de Licenciado en Matemáticas y Física.*

https://repositorio.ucm.edu.co/server/api/core/bitstreams/c0b3e6f0-b624-44f3-95c1-b9b9bc2efba2/content?utm_source

Giraldo Buitrago, H. (2012). Diseño e implementación de una estrategia didáctica para la enseñanza-aprendizaje del concepto de función lineal en el grado noveno mediada en las nuevas tecnologías: Estudio de caso en el Colegio Marymount grupo 9 B del municipio de Medellín. Facultad de Ciencias.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/10911/71376387.2012.pdf>

Leal Cruz, F. R., & RAMIREZ RESTREPO, H. A. R. O. L. D. (2015). CREACIÓN Y VALIDACIÓN DE UN SOFTWARE INTERACTIVO PARA LA FUNCIÓN EXPONENCIAL.

<https://repositorio.unillanos.edu.co/server/api/core/bitstreams/c7eed613-5bf8-401b-a6b7-43b56ccc1285/content>

Saavedra Pencué, A. O. (2013). Diseño de un software educativo para el aprendizaje de funciones matemáticas en la Institución Educativa de Rozo-Palmira (Doctoral dissertation).

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/32477/7811019.2013.pdf>

Granados, L. R., (2022, 26 agosto). Diseño y análisis de una propuesta didáctica para graficar funciones con apoyo del software GeoGebra para estudiantes de ingeniería. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/3864>

María, U. A. A. (2018, 1 marzo). La utilización de GEOGEBRA, como recurso didáctico en el aprendizaje de funciones, para el décimo año de la Unidad Educativa Amelia Gallegos Díaz. periodo 2016 – 2017. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/4557>

Juan, H. M. (2010). Aplicación del software educativo graph y su influencia en el rendimiento académico en la gráfica de funciones en los estudiantes del 4to grado de Educación Secundaria de la Institución Educativa Básica Regular Dos de Mayo Puerto Maldonado - 2009. <https://repositorio.unamad.edu.pe/handle/20.500.14070/55>

Director, P. G. F. (1994). GrafWin: graficador de funciones de dos variables para Windows. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/42376>