



MathOff: 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

Contenido

Objetivos.....	3
1.1 Objetivo General	3
1.2 Objetivos específicos.....	3
Planteamiento del problema	4
Antecedentes.....	6
1.1 Uso de software educativo en el graficado de funciones.....	6
1.2 herramientas interactivas para mejorar la comprensión conceptual	6
1.1.1 Trabajos que abordan la relación del Uso de software educativo en el graficado de funciones.	7
1.2.1 Trabajos que abordan la relación con herramientas interactivas para mejorar la comprensión conceptual	10
1.3 Conclusión.....	14
Justificación	15
Resultados	17
Conclusiones.....	35
Referencias	37

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.

Diseñar un prototipo web utilizando tecnologías front-end y back-end, que permita evaluar la usabilidad y la interacción con los usuarios

Planteamiento del problema

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.

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

En quinto lugar, Isaías Fernández, Víctor Riveros, Germain Montiel (2017) , en su investigación para la Universidad del Zulia titulada “ Software educativo y las funciones matemáticas. Una estrategia de apropiación”, genera como pregunta problema ¿ cómo emplear el software educativo como medio para favorecer la apropiación de conceptos relacionados con las funciones matemáticas en estudiantes universitarios? , se plantearon como como propósito establecer criterios para el uso del software educativo como estrategia para el aprendizaje de funciones matemáticas, utilizaron como tipo de metodología una metodología de tipo documental, en el cual emplearon la técnica de análisis de contenido a partir de documentos, como referentes teóricos tomaron planteamientos de autores como Mora (2002) y Marques (2007) los cuales destacan el papel de las tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza, en el cual se afirma que el software educativo puede generar entornos de aprendizaje

donde el estudiante construye activamente el conocimiento. los resultados permitieron concluir que el uso del software favorece a la apropiación de nuevos conocimientos relacionados con funciones matemáticas siempre y cuando se acompañe de una estrategia que ingrese al estudiante activamente en el proceso de aprendizaje

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 utilizó 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 utilizó una metodología de tipo descriptiva, cuantitativa y cualitativa y usó como referentes teóricos el uso de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la enseñanza de las matemáticas especialmente para centrarse en la 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 Roza. 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.

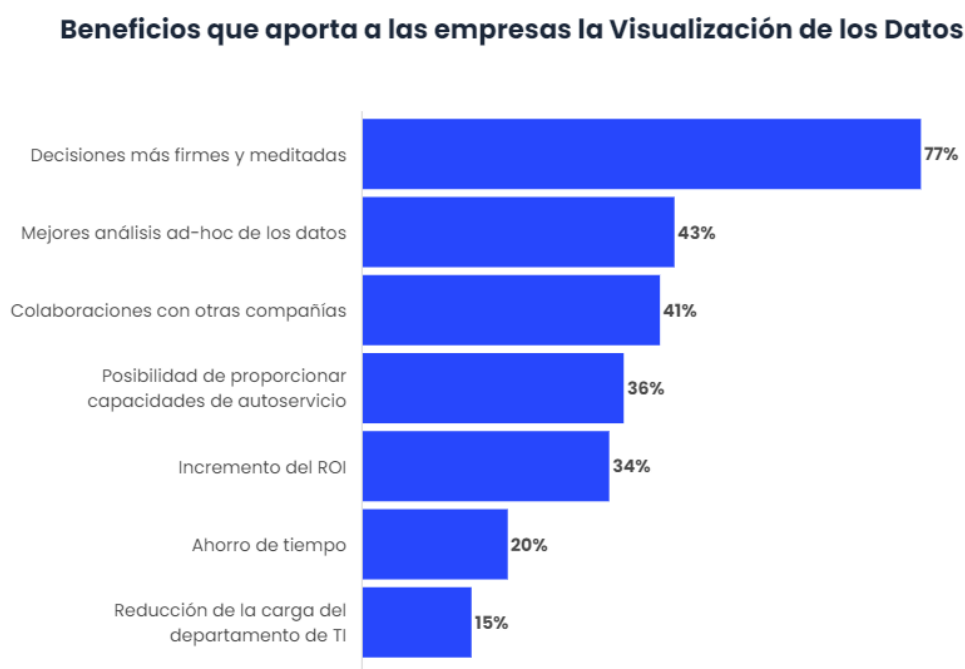
Justificación

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.

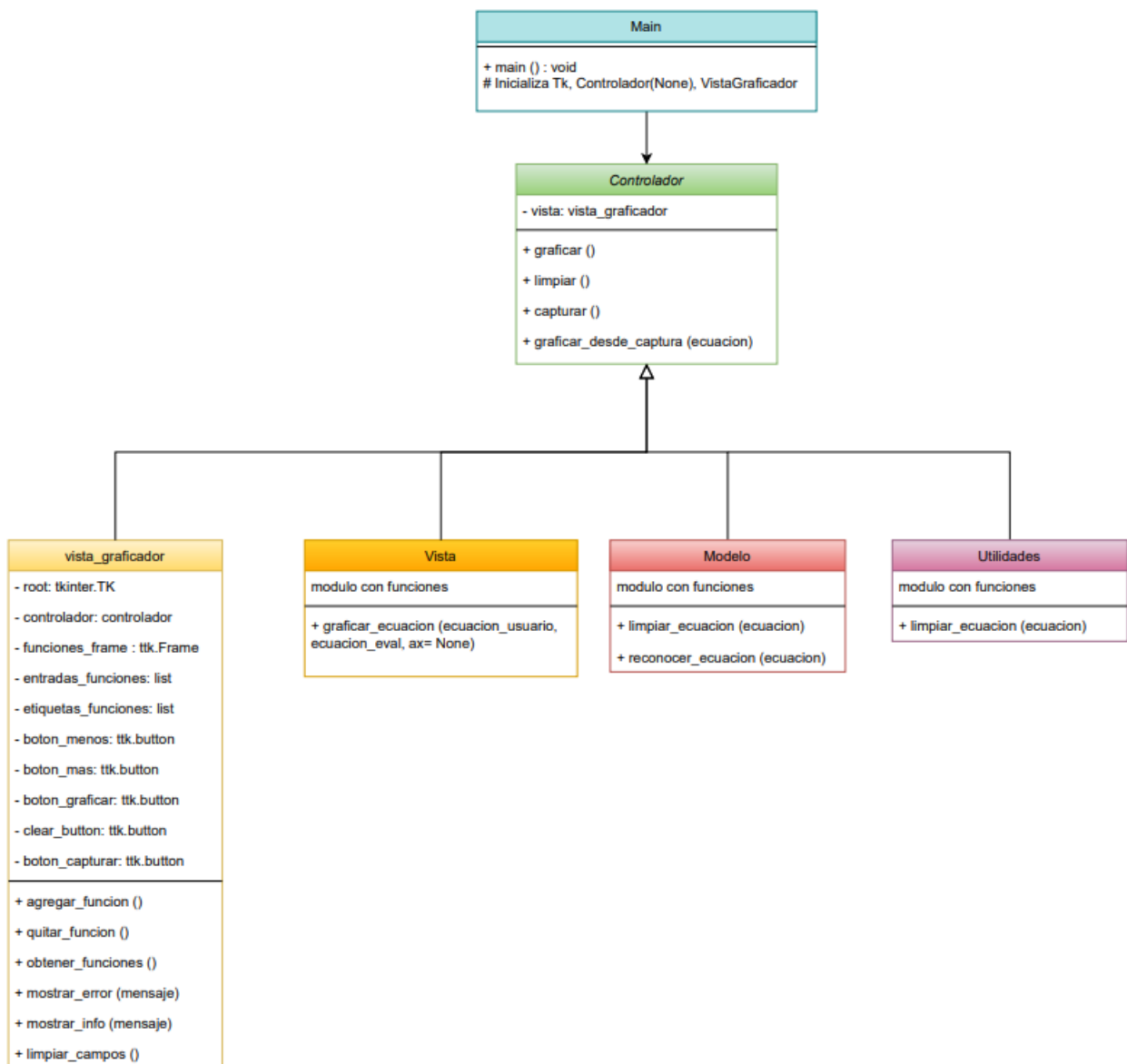
En este sentido, para fortalecer la idea se va a observar una estadística sobre los beneficios que aporta la visualización de datos, al observar los beneficios que aporta la visualización de datos en diferentes entornos como lo es en este caso en empresas, se evidencia la importancia de contar con herramientas 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:



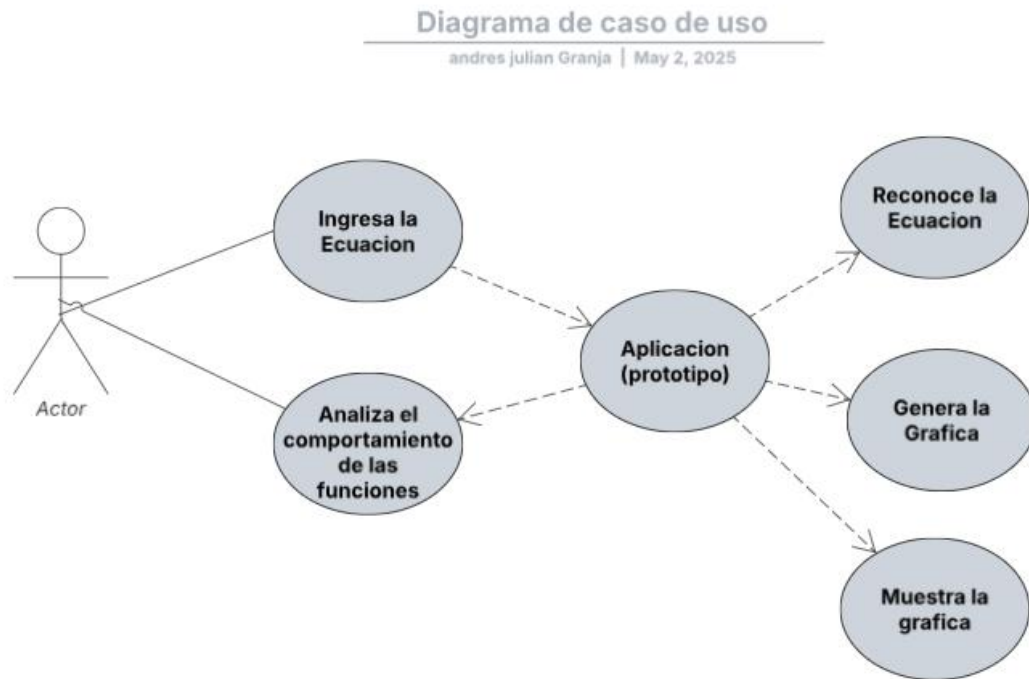
Resultados

- Diagrama de clases

El siguiente diagrama de clases representa la estructura principal del funcionamiento del prototipo y muestra la relación entre los diferentes componentes que lo conforman. se modela el sistema siguiendo el patrón Modelo-Vista-Controlador desarrollado en el código del software.



- Diagrama de caso de uso



- 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 gráficas 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

- **Explicación de funcionalidades**

El proyecto desarrollado consiste en una herramienta capaz de reconocer ecuaciones matemáticas ya sea tanto de forma digital o escritas a mano mediante una cámara y graficarlas automáticamente. El prototipo del sistema fue implementado en Python, utilizando herramientas del lenguaje como Tkinter para la interfaz gráfica, Matplotlib para la generación de gráficos de funciones, Numpy para el cálculo numérico y OpenCV junto con módulos de procesamiento para la captura y reconocimiento de ecuaciones como lo es Pytesseract

- Requerimientos funcionales

los requerimientos funcionales descritos mediante la siguiente tabla representan las acciones que el sistema debe ser capaz de realizar para cumplir con los requerimientos planteados inicialmente para la realización del proyecto

Requerimiento funcional	Funcionalidades implementadas
Permitir al usuario ingresar ecuaciones manualmente.	El usuario puede escribir una ecuación mediante un campo de texto dentro de la interfaz gráfica.
Graficar las ecuaciones ingresadas.	El sistema cuenta con un botón Graficar que al ser presionado por el usuario, procesa la ecuación y genera la gráfica correspondiente en el plano cartesiano
Limpiar los campos de entrada.	El botón limpiar borra todas las ecuaciones ingresadas en el campo de texto por el usuario
Capturar ecuaciones escritas a mano mediante cámara.	El sistema utiliza la cámara del dispositivo para capturar una imagen y reconocer los caracteres de una ecuación escrita a mano
Graficar la ecuación reconocida automáticamente.	El sistema reconoce la ecuación y la limpia mediante expresiones regulares para ser adaptada al formato Python y ser graficada
Permitir agregar o eliminar varias funciones.	El usuario puede añadir o eliminar campos para ingresar ecuaciones con los botones “+” y “-“, permitiendo graficar varias funciones de forma simultánea

- Requerimientos no funcionales

los requerimientos no funcionales descritos mediante la siguiente tabla representan las características y condiciones que debe cumplir el sistema para garantizar un funcionamiento eficiente con los requerimientos definidos inicialmente para la realización del proyecto.

Requerimiento no funcional	Funcionalidades implementadas
Usabilidad	La interfaz del sistema es sencilla, de fácil acceso y permite al usuario interactuar fácilmente con las herramientas mediante botones y etiquetas
Rendimiento	El tiempo de graficado del sistema se realiza de forma eficiente gracias al uso de librerías optimizadas.
Escalabilidad	El código se estructuro siguiendo el patrón MVC y utilizando los principios de la POO, lo cual facilita su mantenimiento y actualización para futuras mejoras
Portabilidad	El software puede ejecutarse en cualquier sistema operativo que tenga Python instalado y las debidas correspondencias de las librerías utilizadas
Confiabilidad	El sistema valida y limpia las ecuaciones antes de graficarlas para evitar error en la interpretación de las ecuaciones
Accesibilidad	El sistema no requiere conexión a internet

- Dependencias e instalación

El desarrollo del proyecto requiere la instalación de las siguientes librerías externas de

Python:

Librería	Versión
matplotlib	3.10.3
numpy	2.2.5
opencv_python	4.11.0.86
pytesseract	0.3.13

comandos de instalación:

```
pip install matplotlib
```

```
pip install numpy
```

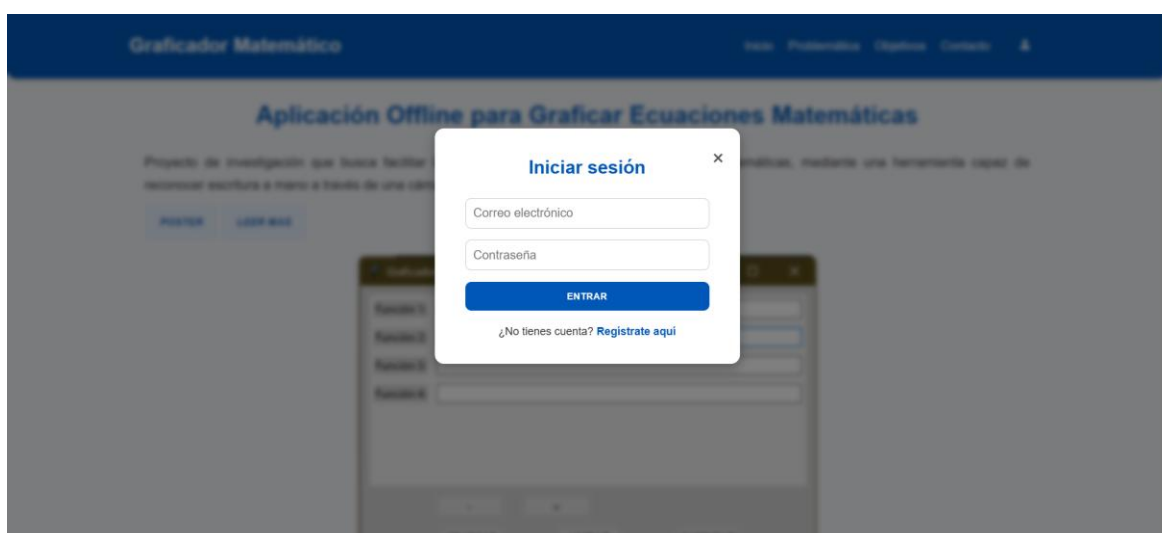
```
pip install opencv-python
```

```
pip install pytesseract
```

En conclusión el desarrollo de este proyecto permitió implementar una herramienta educativa que integra la visión por computador, el reconocimiento de escritura a mano, el cálculo numérico y la visualización gráfica. Todos estos conceptos se relacionan dentro un mismo prototipo, cada una de las funcionalidades fue diseñada con base en los requerimientos funciones y no funcionales definidos al inicio del proceso para el correcto funcionamiento del software para obtener como resultado un sistema funcional bien estructurado, fácil de usar y adaptable que contribuye al aprendizaje y el análisis de funciones matemáticas

- Ambiente web

Con el objetivo de mostrar el avance de la estructura visual del sistema por medio de un ambiente web, se presentan a continuación algunas capturas de la página web del proyecto, estas capturas permiten evidenciar la organización del contenido del proyecto, el menú de navegación y el diseño general de la interfaz propuesta para el grafico de funciones matemáticas, el cual se espera implementar en la web, manteniendo el objetivo principal de funcionar como una aplicación offline.





Graficador Matemático Inicio Problemática Objetivos Contacto

Problemática

En campos como matemáticas, física e ingeniería, comprender el comportamiento de las funciones es crucial. Sin embargo, la interpretación de ecuaciones complejas puede ser un desafío. La visualización de datos ofrece una solución, transformando números en representaciones visuales más comprensibles. Para facilitar este proceso, proponemos el desarrollo de una herramienta tecnológica interactiva que permita graficar funciones a partir de ecuaciones escritas a mano, utilizando Python. Esta herramienta busca simplificar el análisis de funciones para estudiantes y profesionales, sin importar su nivel de experiencia en matemáticas, y ofrecer una solución accesible y eficiente.

Justificación

Este proyecto busca desarrollar una aplicación offline que permite capturar ecuaciones matemáticas con la cámara y visualizar sus gráficas, respondiendo a la necesidad de mejorar la enseñanza de las matemáticas en las aulas. La herramienta, basada en Python, facilitará la comprensión de funciones y el análisis matemático tanto para estudiantes como para profesionales, permitiendo una toma de decisiones más informada y un aprendizaje más efectivo. Al simplificar el acceso y uso de herramientas de graficación, buscamos fortalecer las competencias matemáticas fundamentales y ofrecer una solución adaptable y escalable a diferentes entornos educativos y profesionales. La visualización de datos, como se ha demostrado en diversos sectores, mejora la toma de decisiones, la colaboración y la eficiencia, lo que justifica aún más la importancia de esta herramienta.



Graficador Matemático

Inicio Problemática Objetivos Contacto

Objetivos

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..

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.

Graficador Matemático

Inicio Problemática Objetivos Contacto

Antecedentes

Para respaldar esta investigación, revisamos 10 estudios (6 internacionales y 4 nacionales) que exploran el uso de software educativo para mejorar la comprensión de funciones algebraicas. Estos estudios, que abarcan trabajos de pregrado y posgrado, incluyen desarrollos de software y propuestas didácticas que utilizan herramientas como GeoGebra

- Uso de software educativo en el graficado de funciones
- herramientas interactivas para mejorar la comprensión conceptual

Conclusión

En resumen, la investigación y la revisión de antecedentes demuestran un creciente interés en el uso de herramientas tecnológicas para mejorar la enseñanza de funciones matemáticas. Estudios previos han explorado tanto el desarrollo de software educativo como la implementación de estrategias didácticas innovadoras. Esto respalda la importancia de crear herramientas accesibles como la nuestra: un graficador de funciones que busca facilitar la visualización y contribuir a la innovación en el aula

Diagrama de caso de uso

andrea julian Ortega | May 2, 2023

Graficador Matemático

Inicio Problemática Objetivos Contacto

Conclusión

En resumen, la investigación y la revisión de antecedentes demuestran un creciente interés en el uso de herramientas tecnológicas para mejorar la enseñanza de funciones matemáticas. Estudios previos han explorado tanto el desarrollo de software educativo como la implementación de estrategias didácticas innovadoras. Esto respalda la importancia de crear herramientas accesibles como la nuestra: un graficador de funciones que busca facilitar la visualización y contribuir a la innovación en el aula


Diagrama de caso de uso

andrea julian Ortega | May 2, 2023

```

graph LR
    Actor((Actor)) --> U1((Ingresa la Ecuacion))
    Actor --> U2((Analiza el comportamiento de las funciones))
    U1 --> U3((Aplicacion prototipo))
    U2 --> U3
    U3 --> U4((Reconoce la Ecuacion))
    U3 --> U5((Genera la Grafica))
    U3 --> U6((Muestra la grafica))
  
```

Graficador Matemático

[Inicio](#) [Problemática](#) [Objetivos](#) [Contacto](#) 

Demo

Ingresa funciones en x (ej.: $\sin(x)$, x^2+2^x+1 , $\exp(-x)$). Usa ^ para potencia.

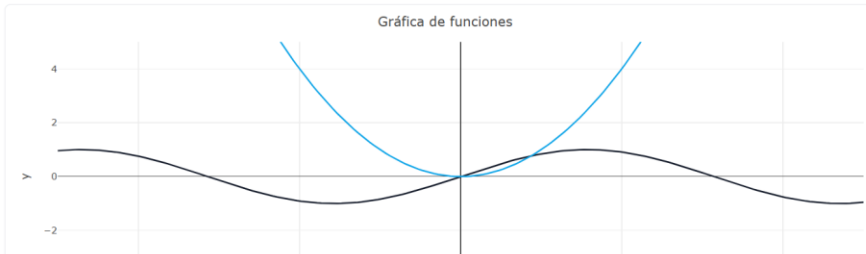
+ AÑADIR FUNCIÓN

- ELIMINAR FUNCIÓN

GRAFICAR

LIMPIAR

Gráfica de funciones



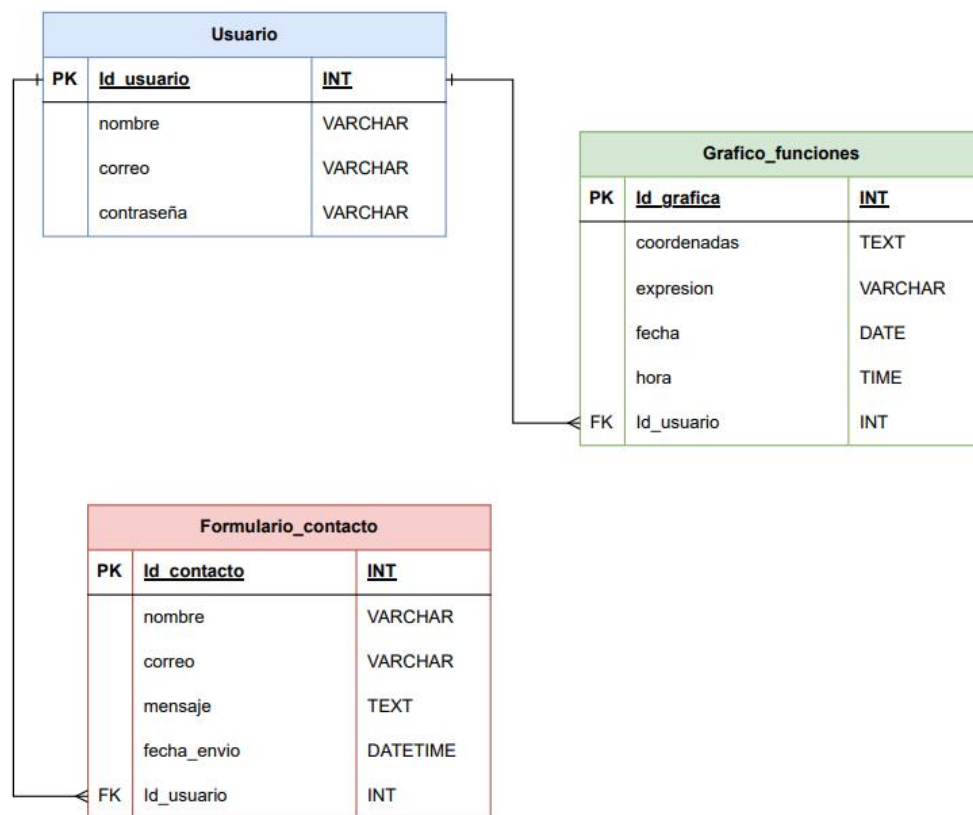
Contacto

ENVIAR

© 2025 Aplicación Offline para Graficar Ecuaciones
Andres Julian Granja Andrade
Ivan David Miranda Castro

- Modelamiento de bases de datos

El siguiente diagrama relacional de la base de datos del sistema, muestra las entidades principales, sus atributos y las relaciones que existen entre entidades, el modelo fue diseñado para gestionar la información de los usuarios, los gráficos de funciones generados y los formularios de contacto enviados dentro del repositorio que serán almacenados en un futuro dentro del sistema, por otro lado, también se especifican las claves primarias, claves foráneas y los tipos de datos correspondiente para cada atributo de cada tabla.



- prueba de usabilidad

se realizó una prueba de usabilidad con el objetivo de evaluar la facilidad de uso y eficiencia del prototipo del graficador de funciones matemáticas, en la prueba se buscó analizar la interacción del usuario con la interfaz, el proceso de reconocimiento de escritura y la visualización de la gráfica generada por el sistema.

la prueba se realizó por medio de cuatro usuarios estudiantes de ingeniería de software de cuarto semestre los cuales poseen conocimientos en funciones matemáticas, ninguno de los usuarios había utilizado esta herramienta antes lo cual permito obtener resultados concretos sobre el nivel de usabilidad

▪ Aspectos evaluados

Durante la prueba de usabilidad cada estudiante debía realizar las siguientes tareas :

1. Abrir la aplicación
2. Escribir una ecuación matemática de forma manual en el cuadro de texto
3. Graficar la ecuación ingresada
4. Ingresar una ecuación escrita a mano desde la cámara y generar el grafico
5. Probar las herramientas del prototipo

resultados obtenidos:

Nombre del software:	Graphwrite: Aplicación offline para graficar ecuaciones matemáticas mediante el reconocimiento de escritura a mano		
Nombre del Tester	Eider Medina		
Fecha:	22/10/2025	Versión:	1
Visibilidad y Navegación			
Criterio	Descripción	Escala (1-5)	Observaciones
Claridad inicial	El usuario entiende de inmediato qué hace el sistema al ingresar.	5	ninguna
Menús y botones claros	Los botones, menús y enlaces son fáciles de encontrar y entender.	5	ninguna
Retroalimentación visual	El sistema muestra respuestas visuales ante acciones del usuario.	5	ninguna
Ubicación actual	El sistema indica claramente en qué parte o sección se encuentra el	4	si indica, es una interfaz sencilla
Eficiencia y Flujo de Tareas			
Criterio	Descripción	Escala (1-5)	Observaciones
Flujo simple	Las tareas comunes se completan en pocos pasos y sin redundancias.	5	ninguna
Formularios claros	Los formularios son comprensibles y solicitan solo la información	5	ninguna
Botones coherentes	Los botones de acción están bien ubicados y nombrados.	5	ninguna
Carga rápida	Las páginas cargan rápidamente sin errores visibles.	4	en ocasiones el reconocimiento de escritura a mano no reconoce la función
Consistencia y Diseño			
Criterio	Descripción	Escala (1-5)	Observaciones
Estilo coherente	Colores, fuentes e iconos son consistentes en toda la interfaz.	5	ninguna
Mensajes claros	Los mensajes de error y éxito son comprensibles y amables.	4	ninguna
Diseño ordenado	Los elementos están bien alineados y el diseño no se ve saturado.	5	ninguna
Control y Manejo de errores			
Criterio	Descripción	Escala (1-5)	Observaciones
Prevención de errores	El sistema valida los campos antes de permitir acciones incorrectas.	4	ninguna
Mensajes explicativos	Los mensajes de error indican la causa y la solución posible.	4	si son claros pero puede mejorar algunas validaciones
Corrección posible	El usuario puede deshacer, editar o cancelar sin perder datos.	5	ninguna
Satisfacción del Usuario			
Criterio	Descripción	Escala (1-5)	Observaciones
Facilidad percibida	¿Qué tan fácil fue completar las tareas?	5	el sistema es muy claro y se comprende con facilidad las tareas que se requieren realizar
Atractivo visual	¿Qué tan agradable le pareció la interfaz?	5	la interfaz es muy agradable presenta una interfaz sencilla que permite identificar las funcionalidades del sistema
Confusión	¿Encontró algo confuso o difícil de usar?	5	ninguna
Intención de uso futuro	¿Volvería a usar este software?	5	si lo volvería usar es un software funcional que permite analizar el compartimiento que toma una función
Fortalezas			
El software tiene una buena interfaz intuitiva que permite comprender fácilmente como ingresar las funciones y como generar los graficos ademas cumple con un redimiento adecuado			
Debilidades			
El software presenta una limitacion en el ingreso de funciones de forma escrita que podría ser mejor			
Mejoras y/o Recomendaciones			
mejorar el modulo de reconocimiento de escritura a mano para garantizar que el sistema sea mas eficiente			
Total			4,7

Nombre del software:	Graphwrite: Aplicación offline para graficar ecuaciones matemáticas mediante el reconocimiento de escritura a mano		
Nombre del Tester	Juan Francisco Mosquera		
Fecha:	22/10/2025	Version:	1

Visibilidad y Navegación				5
Criterio	Descripción	Escala (1-5)	Observaciones	
Claridad inicial	El usuario entiende de inmediato qué hace el sistema al ingresar.	5	El sistema permite identificar con solo ver su interfaz cual es su funcionamiento	
Menús y botones claros	Los botones, menús y enlaces son fáciles de encontrar y entender.	5	ninguna	
Retroalimentación visual	El sistema muestra respuestas visuales ante acciones del usuario.	5	ninguna	
Ubicación actual	El sistema indica claramente en qué parte o sección se encuentra el usuario.	5	ninguna	

Eficiencia y Flujo de Tareas				4,875
Criterio	Descripción	Escala (1-5)	Observaciones	
Flujo simple	Las tareas comunes se completan en pocos pasos y sin redundancias.	5	El sistema maneja una excelente optimización en la realización de tareas	
Formularios claros	Los formularios son comprensibles y solicitan solo la información necesaria.	5	ninguna	
Botones coherentes	Los botones de acción están bien ubicados y nombrados.	5	ninguna	
Carga rápida	Las páginas cargan rápidamente sin errores visibles.	4,5	El sistema carga los procesos rápidamente, sin embargo el reconocimiento de escritura a mano puede no reconocer la ecuación	

Consistencia y Diseño				5
Criterio	Descripción	Escala (1-5)	Observaciones	
Estilo coherente	Colores, fuentes e iconos son consistentes en toda la interfaz.	5	ninguna	
Mensajes claros	Los mensajes de error y éxito son comprensibles y amables.	5	ninguna	
Diseño ordenado	Los elementos están bien alineados y el diseño no se ve saturado.	5	ninguna	

Control y Manejo de errores				4,3333
Criterio	Descripción	Escala (1-5)	Observaciones	
Prevención de errores	El sistema valida los campos antes de permitir acciones incorrectas.	4	ninguna	
Mensajes explicativos	Los mensajes de error indican la causa y la solución posible.	4	Los mensajes que se muestran si indican el error generado sin embargo pueden incluirse nuevas validaciones	
Corrección posible	El usuario puede deshacer, editar o cancelar sin perder datos.	5	ninguna	

Satisfacción del Usuario				5
Criterio	Descripción	Escala (1-5)	Observaciones	
Facilidad percibida	¿Qué tan fácil fue completar las tareas?	5	El sistema permite completra las tareas facilmente ya que permite identificar al usuario que se debe realizar	
Atractivo visual	¿Qué tan agradable le pareció la interfaz?	5	La interfaz me parecio muy agradable ya que no satura al usuario con tanta informacion	
Confusión	¿Encontró algo confuso o difícil de usar?	5	ninguna	
Intención de uso futuro	¿Volvería a usar este software?	5	Si ya que me puede ser util para determinar el comportamiento de una funcion	

Fortalezas	
Como fortalezas identifico la usabilidad del sistema ya que es intuitivo y de facil acceso en el cual permite identificar de forma clara las herrmientas que el sistema ofrece	

Debilidades	
Como debilidades identifico un poco el tema del reconocimiento de escritura a mano ya que a pesar que el software reconoce las funciones y las grafica bien en ocasiones presenta errores de lectura	

Mejoras y/o Recomendaciones	
Cpmo recomendación sugiero seguir trabajando en el reconocimiento de escritura a mano para optimizarlo	

Total				4,8417
--------------	--	--	--	---------------

Nombre del software:	Graphwrite: Aplicación offline para graficar ecuaciones matemáticas mediante el reconocimiento de escritura a mano.		
Nombre del Tester	Sebastian Camilo Loaiza		
Fecha:	22/10/2025	Version:	1

Visibilidad y Navegación			
Criterio	Descripción	Escala (1-5)	Observaciones
Claridad inicial	El usuario entiende de inmediato qué hace el sistema al ingresar.	5	ninguna
Menús y botones claros	Los botones, menús y enlaces son fáciles de encontrar y entender.	5	ninguna
Retroalimentación visual	El sistema muestra respuestas visuales ante acciones del usuario.	5	ninguna
Ubicación actual	El sistema indica claramente en qué parte o sección se encuentra el usuario.	5	ninguna

Eficiencia y Flujo de Tareas			
Criterio	Descripción	Escala (1-5)	Observaciones
Flujo simple	Las tareas comunes se completan en pocos pasos y sin redundancias.	5	ninguna
Formularios claros	Los formularios son comprensibles y solicitan solo la información necesaria.	5	ninguna
Botones coherentes	Los botones de acción están bien ubicados y nombrados.	5	ninguna
Carga rápida	Las páginas cargan rápidamente sin errores visibles.	5	El sistema carga el gráfico de las funciones ingresadas rápidamente no presenta demoras

Consistencia y Diseño			
Criterio	Descripción	Escala (1-5)	Observaciones
Estilo coherente	Colores, fuentes e íconos son consistentes en toda la interfaz.	5	Me gusta como se puede diferenciar cada ecuación ingresada con un color diferente
Mensajes claros	Los mensajes de error y éxito son comprensibles y amables.	5	ninguna
Diseño ordenado	Los elementos están bien alineados y el diseño no se ve saturado.	5	ninguna

Control y Manejo de errores			
Criterio	Descripción	Escala (1-5)	Observaciones
Prevención de errores	El sistema valida los campos antes de permitir acciones incorrectas.	5	ninguna
Mensajes explicativos	Los mensajes de error indican la causa y la solución posible.	4,8	Si, los mensajes indican que no se puede graficar si no hay ninguna ecuación ingresada
Corrección posible	El usuario puede deshacer, editar o cancelar sin perder datos.	5	ninguna

Satisfacción del Usuario			
Criterio	Descripción	Escala (1-5)	Observaciones
Facilidad percibida	¿Qué tan fácil fue completar las tareas?	5	Fue muy fácil ya que se pueden ingresar las ecuaciones de forma sencilla y además permite agregar la cantidad de funciones deseadas
Atractivo visual	¿Qué tan agradable le pareció la interfaz?	5	La interfaz es muy agradable ya que permite ver todas las herramientas que tiene el programa en un solo lugar
Confusión	¿Encontró algo confuso o difícil de usar?	5	ninguna
Intención de uso futuro	¿Volvería a usar este software?	5	Si, me gusta el software y su estructura y me gustaría volverlo a usar cuando sea necesario

Fortalezas	
Como fortalezas identifico la facilidad de uso del sistema ya que permite una correcta ejecución de las principales funciones lo cual hace el sistema sencillo para un usuario que no tenga mucha experiencia en herramientas tecnológicas	

Debilidades	
No identifique debilidades del sistema	

Mejoras y/o Recomendaciones	
Como recomendación sugiero agregar validaciones en el campo de texto de ingresar ecuación para que no permita ingresar otros textos	

Total			4,9867
-------	--	--	--------

Nombre del software:	Graphwrite: Aplicación offline para graficar ecuaciones matemáticas mediante el reconocimiento de escritura a mano		
Nombre del Tester	Cristian Albeiro Jimenez		
Fecha:	22/10/2025	Versión:	1
Visibilidad y Navegación			
Criterio	Descripción	Escala (1-5)	Observaciones
Claridad inicial	El usuario entiende de inmediato qué hace el sistema al ingresar.	5	ninguna
Menús y botones claros	Los botones, menús y enlaces son fáciles de encontrar y entender.	5	ninguna
Retroalimentación visual	El sistema muestra respuestas visuales ante acciones del usuario.	5	El sistema muestra correctamente las graficas de las ecuaciones ingresadas de forma precisa
Ubicación actual	El sistema indica claramente en qué parte o sección se encuentra el usuario.	5	ninguna
Eficiencia y Flujo de Tareas			
Criterio	Descripción	Escala (1-5)	Observaciones
Flujo simple	Las tareas comunes se completan en pocos pasos y sin redundancias.	5	ninguna
Formularios claros	Los formularios son comprensibles y solicitan solo la información necesaria.	5	ninguna
Botones coherentes	Los botones de acción están bien ubicados y nombrados.	5	ninguna
Carga rápida	Las páginas cargan rápidamente sin errores visibles.	4	El sistema carga rapidamente las graficas sin embargo en ocasiones no reconoce las ecuaciones escritas a mano si no soy muy legibles

Consistencia y Diseño			
Criterio	Descripción	Escala (1-5)	Observaciones
Estilo coherente	Colores, fuentes e iconos son consistentes en toda la interfaz.	5	ninguna
Mensajes claros	Los mensajes de error y éxito son comprensibles y amables.	5	Los mensajes de error manejados son correctos ya que informan de buena forma al usuario e informan que el modulo de reconocimiento de escritura a mano esta en fase beta
Diseño ordenado	Los elementos están bien alineados y el diseño no se ve saturado.	5	ninguna
Control y Manejo de errores			
Criterio	Descripción	Escala (1-5)	Observaciones
Prevención de errores	El sistema valida los campos antes de permitir acciones incorrectas.	5	ninguna
Mensajes explicativos	Los mensajes de error indican la causa y la solución posible.	5	ninguna
Corrección posible	El usuario puede deshacer, editar o cancelar sin perder datos.	5	ninguna
Satisfacción del Usuario			
Criterio	Descripción	Escala (1-5)	Observaciones
Facilidad percibida	¿Qué tan fácil fue completar las tareas?	5	Completar las tareas fue muy facil ya que los campos de texto para ingresar las ecuaciones estan muy claros
Atractivo visual	¿Qué tan agradable le pareció la interfaz?	5	La interfaz es muy agradable ya que al ser sencilla permite reconocer las funciones y botones que cuenta con el sistema
Confusión	¿Encontró algo confuso o difícil de usar?	5	ninguna
Intención de uso futuro	¿Volvería a usar este software?	5	si lo volvería a usar

Fortalezas
Como fortalezas resalto que el sistema maneja resultados claros, en el cual los graficos generados fueron precisos y comprensibles, ademas de esto resalto la facilidad de uso del software gracias a su interfaz intuitiva
Debilidades
como debilidades encuentro la precision del modulo de reconocimiento de escritura a mano con escritura que no es muy comprensible
Mejoras y/o Recomendaciones
como recomendacion sugiero seguir trabajando con el modulo de reconocimiento de escritura a mano
Total

Total 4,95

De acuerdo con los resultados obtenidos, la prueba de usabilidad permitió evidenciar que los usuarios comprendieron fácilmente el funcionamiento de la interfaz del sistema, lograron ingresar y graficar de forma eficiente las ecuaciones de forma manual, el tiempo de ejecución del sistema para mostrar las gráficas resultó eficiente, sin embargo se presentaron leves errores en el reconocimiento de ecuaciones escritas a mano mediante la cámara. Aun así, en general los usuarios destacaron aspectos como la claridad de la interfaz y la rapidez con la que se genera la gráfica de funciones, mostrando alta satisfacción con el uso del prototipo.

En conclusión la prueba de usabilidad permitió validar que el sistema cumple con los criterios acordados como lo es la facilidad de uso, eficiencia y satisfacción del usuario, se logra determinar que la aplicación si es intuitiva y útil para el análisis de funciones matemáticas para comprender el comportamiento de una ecuación, además se evidencia como aspecto a mejorar optimizar el reconocimiento de escritura a mano

Conclusiones

El desarrollo de esta herramienta representó grandes retos, ya que implicó abordar varios aspectos nuevos para nosotros. La creación de la interfaz gráfica con Tkinter fue un reto significativo, dado que no contábamos con experiencia previa en el diseño de interfaz gráfica. Sin embargo, logramos implementar una interfaz funcional, lo que nos permitió expandir nuestras habilidades en el desarrollo de aplicaciones interactivas.

Además, trabajar con la biblioteca Matplotlib para generar gráficos fue otra área en la que tuvimos que adquirir nuevos conocimientos, esta experiencia nos permitió integrar diversas herramientas y conceptos para construir una solución completa y nos ayudó a mejorar nuestra comprensión en algunos aspectos de Python que no conocíamos.

A partir de lo anterior, se lograron determinar las siguientes conclusiones:

- El desarrollo del prototipo permitió comprobar el alcance del proyecto, evidenciando su capacidad de ser escalable a futuras mejoras y su utilidad como una herramienta de apoyo para los usuarios en el análisis de funciones matemáticas.
- Durante la implementación del proyecto se logró integrar diferentes áreas del conocimiento, como la visión por computador, el reconocimiento de escritura a mano y la visualización gráfica, mediante el uso de librerías como OpenCV, NumPy, Matplotlib y Tkinter, utilizando Python como lenguaje de programación
- El prototipo fue presentado en una feria de proyectos, en la cual estudiantes de diferentes instituciones académicas y docentes resaltaron su funcionalidad y facilidad de uso para ingresar ecuaciones, destacando un aporte educativo para el análisis de funciones

- Se comprobó que el sistema puede reconocer y graficar ecuaciones escritas a mano de forma eficiente, aun estando en su fase beta, convirtiéndose en una herramienta útil para reforzar conceptos matemáticos de forma visual e interactiva
- La aplicación promueve el aprendizaje y el interés de los usuarios por la tecnología y las matemáticas, al ofrecer una experiencia más dinámica y accesibles que las herramientas tradicionales, mostrando el proceso de desarrollo del prototipo de forma clara.
- Se determino que existen oportunidades de mejora, como la incorporación de nuevos tipos de funciones y la optimización del módulo de reconocimiento de reconocimiento de escritura.
- El desarrollo de este proyecto demuestra que es posible aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación en Ingeniería de software para crear soluciones funcionales e innovadoras que contribuyan al mundo como lo es este proyecto que impacta al proceso de aprendizaje

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>