

Mathematical simulator design for meaningful learning in higher technological education

Diseño de simulador matemático para el aprendizaje significativo en educación superior tecnológica

Viridiana JIMÉNEZ-MARTÍNEZ¹, María del Consuelo MACIAS-GONZÁLEZ¹, Laura RODRÍGUEZ-MAYA¹, Brenda Berenice FLORES-CORTES¹

¹*TecNM: Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli. Fracción la Coyotera del Ejido, Av. Nopaltepec, Av San Antonio s/n, Industrial Cuamatla, 54748 Cuautitlán Izcalli, Méx.*

(0009-0008-2600-9851, 0000-0003-0244-3449, 0000-0001-6962-5445, 0009-0002-4223-721X)

Sent date: 30/October/2025 Acceptance date: 25/November/2025

Abstract:

Considering the inherent complexity of mathematical concepts and the challenge of mastering them, there arises a need for tools that facilitate their understanding in a dynamic and accessible way. For this reason, the following research focuses on the design of an interactive simulator, specifically targeting the area of mathematics related to solving optimization problems in Differential Calculus. Unlike other simulators, this one aims to serve as a supportive tool for comprehension by visually displaying the steps involved and providing real-time feedback, offering a hands-on learning experience. Through this design, the goal is for students to explore and observe how their decisions impact outcomes, fostering a deep understanding of optimization processes. This simulator is intended for students and instructors in higher technological education who seek an interactive technological alternative to traditional teaching. Emphasizing its pedagogical foundation, functional structure, and preliminary classroom results, this tool enables active and autonomous learning, delivering a rich experience tailored to the demands of modern education in optimization and decision-making. As a result of this research work, a prototype of the simulator has been developed in order to visualize the structure, design, and mechanics of the proposed system prior to its final implementation. This prototype will serve as a reference point for validating the development's feasibility and facilitating future improvements.

Keywords: Simulator, Learning, Optimization, Technology, Prototype

Resumen:

Considerando la complejidad inherente de los conceptos matemáticos y su dominio, surge la necesidad de herramientas que faciliten su comprensión de forma dinámica y accesible, es por ello que la siguiente investigación se enfoca en el diseño de un simulador interactivo, centrándose en el área matemática, específicamente en la solución de problemas de optimización en la materia de Cálculo Diferencial. A diferencia de otros simuladores se busca ser un vehículo de apoyo para la comprensión mostrando la visualización de pasos y la retroalimentación en tiempo real, ofreciendo una experiencia práctica de aprendizaje. A través de este diseño, se pretende que los estudiantes puedan explorar y observar cómo sus decisiones afectan los resultados, promoviendo una comprensión profunda de los procesos de optimización. Este simulador está dirigida a estudiantes y docentes de nivel superior tecnológico, que buscan una alternativa tecnológica interactiva a la enseñanza tradicional, destacando su fundamentación pedagógica, estructura funcional y resultados preliminares en ambientes de aula, esta herramienta permite un aprendizaje activo y autónomo, ofreciendo una experiencia enriquecedora y adaptada a las necesidades de la educación moderna en optimización y toma de decisiones. Como resultado de este trabajo de investigación se obtiene un boceto del simulador con el fin de visualizar la estructura, diseño y mecánica del sistema propuesto antes de su implementación definitiva. Este boceto servirá como referencia para validar la viabilidad del desarrollo y facilitar futuras mejoras.

Palabras clave: Simulador, Aprendizaje, Optimización, Tecnología, Boceto

* Corresponding author. E-mail: viridiana.jm@cuautilan.tecnm.mx
Tel. +52 5562198465

1. Introducción

En el contexto de la educación superior tecnológica, el aprendizaje significativo se ha convertido en un objetivo esencial para la formación de profesionales capaces de aplicar el conocimiento en situaciones reales. Sin embargo, uno de los mayores retos en la enseñanza de las matemáticas es lograr que los estudiantes comprendan y relacionen los conceptos abstractos con su aplicación práctica. En respuesta a esta necesidad, el diseño de simuladores matemáticos surge como una herramienta didáctica innovadora que permite fortalecer la comprensión conceptual a través de la interacción, la visualización y la resolución de problemas.

En este sentido, la incorporación de simuladores matemáticos en el aula no solo favorece un aprendizaje más dinámico y contextualizado, sino que también promueve el desarrollo del pensamiento crítico y la autonomía del estudiante. Estas herramientas permiten explorar diversos escenarios, ensayar soluciones y recibir retroalimentación inmediata, lo que facilita la conexión entre la teoría y la práctica. Además, al adaptarse al ritmo y estilo de aprendizaje de cada estudiante, los simuladores contribuyen a una enseñanza más inclusiva y personalizada, alineada con las demandas actuales de la educación superior tecnológica y del entorno laboral que exige profesionales con habilidades para resolver problemas reales de forma eficiente y creativa.

En consecuencia, resulta pertinente explorar e implementar metodologías basadas en el uso de simuladores interactivos como complemento a la enseñanza tradicional de las matemáticas. Este enfoque no solo busca mejorar los resultados académicos, sino también fomentar un aprendizaje autónomo, significativo y duradero.

Los temas técnicos y matemáticos, como la solución de problemas de optimización en la materia de cálculo diferencial, pueden ser complicados para asimilar por los estudiantes en tanto que se encuentran desprovistos de herramientas didácticas interactivas (sobre todo aquellos que se encuentren en educación a distancia). No obstante, estos conceptos y métodos son necesarios para resolver los problemas de optimización en uno de los campos importantes, como, por ejemplo, la ingeniería, negocios, entre otros.

Diversos estudios respaldan la efectividad del uso de simuladores en la enseñanza de las matemáticas en contextos tecnológicos. Por ejemplo, López y García (2020) señalan que el uso de entornos digitales interactivos mejora la motivación y el rendimiento académico de los estudiantes, mientras que Ramírez y Soto (2018) destacan su papel en el desarrollo del pensamiento lógico y la resolución de problemas. Además, el diseño de simuladores que responden a necesidades específicas del currículo técnico permite una mayor contextualización del conocimiento, lo cual es esencial para lograr aprendizajes duraderos (Morales, 2017).

Por consecuencia el principal objetivo de este proyecto es diseñar el boceto de un simulador interactivo que facilite el aprendizaje y comprensión de técnicas de optimización en la materia de Cálculo Diferencial. Ante ello el diseño de este simulador está pensando en fomentar la experimentación y el aprendizaje activo, donde sea posible interactuar con cada uno de los algoritmos y observar de qué forma las decisiones tomadas afectan el resultado. Esto no sólo aporta a su comprensión y apreciación de los algoritmos y los principios de los que derivan, sino que también les permite implementar estos conceptos teóricos en un entorno práctico, contribuyendo directamente a su competencia técnica en programación lineal, así como a su habilidad para resolver problemas de optimización

Hoy en día muchos estudiantes comprenden los conceptos teóricos de los métodos de solución en los problemas de optimización, pero encuentran dificultades al aplicarlos a problemas reales debido a la falta de visualización interactiva del proceso. Por ende, las soluciones manuales no permiten al estudiante recibir retroalimentación instantánea sobre sus errores o elecciones, lo que ralentiza el aprendizaje y reduce la motivación, sabemos que cada estudiante tiene un ritmo diferente de comprensión es por ello que un simulador interactivo permitiría avanzar paso a paso según la necesidad del estudiante y/o docente, facilitando el aprendizaje autónomo.

El aprendizaje efectivo de los métodos de optimización requiere no solo la comprensión teórica de los conceptos, sino también su aplicación práctica en contextos reales. Sin embargo, muchos estudiantes experimentan dificultades en esta etapa debido a la naturaleza abstracta de los procedimientos y a la falta de medios interactivos que faciliten la conexión entre teoría y práctica. La enseñanza tradicional, basada en ejercicios manuales, limita la posibilidad de detectar errores de forma inmediata y no se adapta al ritmo de aprendizaje

individual de cada estudiante. Ante esta problemática, surge la necesidad de incorporar tecnologías educativas que fomenten la participación activa del estudiante y le permitan explorar el proceso de optimización de manera visual, interactiva y progresiva. Un simulador interactivo no solo respondería a esta necesidad, sino que también contribuiría a mejorar la autonomía, la motivación y la comprensión profunda del contenido, haciendo del aprendizaje una experiencia más dinámica y personalizada.

Si se implementa un simulador interactivo para la enseñanza de problemas de optimización, entonces los estudiantes mejorarán significativamente su capacidad para aplicar los conceptos teóricos a problemas reales, al contar con retroalimentación inmediata, visualización dinámica del proceso y un entorno de aprendizaje adaptado a su ritmo individual. Esto nos lleva a formular las siguientes preguntas de investigación.

- ¿En qué medida el uso de un simulador interactivo mejora la comprensión y aplicación práctica de los métodos de optimización en la materia de Cálculo Diferencial?
- ¿Cómo influye la retroalimentación inmediata proporcionada por el simulador en la detección y corrección de errores durante el proceso de aprendizaje?
- ¿Qué impacto tiene la utilización de un simulador interactivo en la motivación, autonomía y rendimiento académico de los estudiantes de educación superior tecnológica?

En este contexto, el presente proyecto se enfoca en el diseño del boceto de un simulador interactivo orientado a apoyar la enseñanza de técnicas de optimización en la materia de Cálculo Diferencial, particularmente en la educación superior tecnológica. A través de esta propuesta, se busca integrar la tecnología educativa como una aliada estratégica para facilitar el aprendizaje significativo, permitiendo a los estudiantes experimentar, visualizar y aplicar los conceptos teóricos en entornos prácticos y personalizados. Con ello, se pretende no solo superar las limitaciones del enfoque tradicional, sino también contribuir a la formación de profesionales con una comprensión sólida y aplicable de los métodos matemáticos en su campo de estudio.

2. Marco Teórico

2.1. Fundamentos del aprendizaje significativo

El aprendizaje significativo, propuesto por David Ausubel (1963), establece que el conocimiento nuevo se asimila de manera efectiva cuando se relaciona con los saberes previos del estudiante, generando una comprensión profunda y duradera. En el contexto educativo actual, este enfoque se ha convertido en un pilar para la enseñanza de las ciencias y la tecnología, al propiciar una conexión entre la teoría y la práctica. Según Díaz Barriga y Hernández (2010), el aprendizaje significativo requiere la participación activa del estudiante,

la contextualización del contenido y la aplicación práctica de los conceptos, aspectos que pueden ser potenciados mediante herramientas tecnológicas interactivas.

2.2. Tecnología educativa y simuladores interactivos

La tecnología educativa se define como el conjunto de recursos, herramientas y procesos diseñados para mejorar la enseñanza y el aprendizaje (Cabero, 2015). Dentro de este campo, los simuladores interactivos destacan por su capacidad para recrear situaciones reales o hipotéticas, permitiendo al estudiante experimentar, tomar decisiones y observar resultados de manera inmediata. Según López y García (2020), los simuladores incrementan la motivación, fomentan la autonomía y mejoran el rendimiento académico, ya que facilitan la comprensión de fenómenos complejos a través de la visualización y la retroalimentación en tiempo real.

Los simuladores se clasifican en diversos tipos según su propósito: formativos, demostrativos o experimentales. En el ámbito de la enseñanza de las matemáticas, los simuladores formativos resultan especialmente útiles, ya que permiten representar procesos abstractos como derivadas, integrales y optimización mediante entornos visuales dinámicos (Ramírez y Soto, 2018). Estas herramientas no sustituyen la enseñanza tradicional, sino que actúan como un complemento que favorece el aprendizaje activo y la autoevaluación.

2.3. La enseñanza del Cálculo Diferencial en contextos tecnológicos

El Cálculo Diferencial es una de las bases del pensamiento matemático avanzado, y su dominio resulta esencial para la formación de ingenieros, científicos y tecnólogos. Sin embargo, su enseñanza presenta dificultades debido a la abstracción de sus conceptos. Según Morales (2017), los estudiantes suelen tener problemas para visualizar los procesos de cambio y las relaciones entre variables, lo que afecta su capacidad de aplicar los conocimientos a problemas reales.

En este sentido, los simuladores interactivos constituyen una alternativa eficaz para superar estas limitaciones, ya que permiten representar gráficamente la variación de funciones, el cálculo de máximos y mínimos y la interpretación geométrica de las derivadas. Su implementación contribuye a que el aprendizaje sea más intuitivo, experimental y adaptable al ritmo de cada estudiante (Sánchez y Pérez, 2021).

2.4. Optimización como proceso de aprendizaje aplicado

La optimización, entendida como el conjunto de métodos matemáticos destinados a encontrar los valores que maximizan o minimizan una función bajo determinadas condiciones, es un tema central del Cálculo Diferencial. Su aplicación se extiende a múltiples áreas: ingeniería, economía, administración y ciencias aplicadas. De acuerdo con Taha (2011), la enseñanza de la optimización requiere no solo la comprensión de los algoritmos matemáticos, sino también la habilidad para interpretar los resultados en un contexto real.

El uso de simuladores en este ámbito permite al estudiante visualizar las restricciones, las variaciones de la función objetivo y las consecuencias de sus decisiones, generando un aprendizaje más profundo y contextualizado. Además, la retroalimentación inmediata que ofrecen estas herramientas facilita la detección de errores y la corrección oportuna, lo que mejora la competencia técnica y la comprensión conceptual (Ruiz y Molina, 2019).

2.5. Enfoques pedagógicos en el uso de simuladores

El diseño de simuladores educativos se sustenta en diversas teorías pedagógicas, entre ellas el constructivismo, que promueve el aprendizaje a través de la interacción activa con el conocimiento. Piaget (1970) y Vygotsky (1978) destacan que el estudiante construye su conocimiento mediante la exploración, la experimentación y la socialización del aprendizaje. Asimismo, el aprendizaje basado en la experiencia, propuesto por Kolb (1984), sostiene que los individuos aprenden de forma más efectiva cuando participan en actividades que les permiten aplicar los conceptos teóricos en situaciones prácticas. Bajo este enfoque, los simuladores se convierten en un entorno de experimentación controlada donde el estudiante puede observar los efectos de sus decisiones, reflexionar sobre ellas y modificar su estrategia, fortaleciendo su pensamiento crítico y su autonomía.

3. Metodología

La metodología empleada tiene un enfoque cualitativo de tipo exploratorio-descriptivo, con el objetivo de diseñar un boceto funcional de un simulador interactivo que apoye el aprendizaje significativo de técnicas de optimización en la materia de Cálculo Diferencial, dentro del contexto de la educación superior tecnológica. La metodología se estructura como se muestra en la Figura 1.

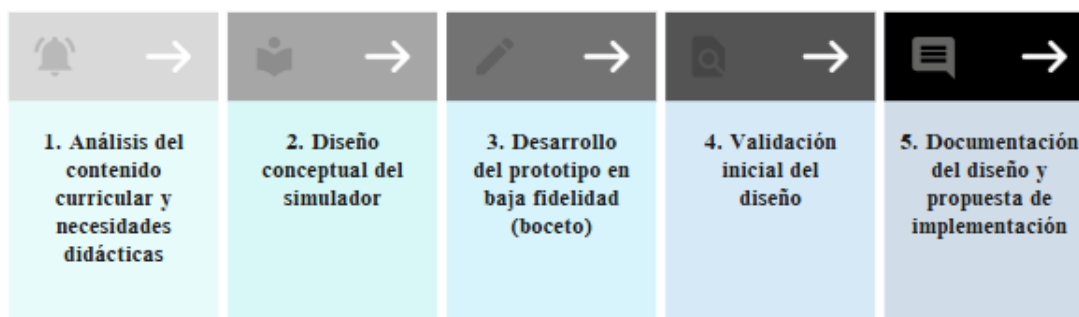


Figura 1. Fases de la metodología para el diseño del simulador interactivo de optimización para la materia de cálculo diferencial.

Fase1: En primera instancia, se realizó una revisión detallada del programa académico oficial de la materia Cálculo Diferencial con clave ACF-2301, establecido por el Tecnológico Nacional de México (TecNM, 2023). Esta revisión tuvo como propósito identificar las competencias específicas, contenidos temáticos. (Ver Figura 2)



	Calcula derivadas de orden superior.
4. Aplicaciones de la derivada	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Conoce problemas de optimización.</p> <p>Hace razonamiento proporcional.</p> <p>Genéricas:</p>	<p>El estudiante:</p> <p>Verifica la validez del teorema de Rolle y del valor medio.</p> <p>Aplica el teorema de Rolle y el de valor medio.</p>

Figura 2. Temario Cálculo Diferencial TecNM, Unidad 4, representando la competencia 5 de la asignatura de cálculo diferencial. TecNM.

De acuerdo con el programa, uno de los propósitos fundamentales de la asignatura es que el estudiante desarrolle la capacidad de analizar el comportamiento de funciones reales a través de conceptos como continuidad, derivadas y análisis de extremos, para posteriormente aplicar dichos conocimientos en la optimización de situaciones reales. En este sentido, se estableció como eje central para el diseño del simulador el bloque temático que abarca la aplicación de la derivada en problemas de optimización, ya que representa un punto crítico donde los estudiantes suelen experimentar dificultades tanto conceptuales como procedimentales.

En paralelo, se recopilaron evidencias de los principales retos pedagógicos asociados al aprendizaje de estos temas mediante la aplicación de una encuesta y entrevistas a 10 docentes, así como a 126 estudiantes que imparten y cursan la materia Cálculo Diferencial.

Fase 2: A partir del análisis previo, se elaboró el boceto inicial del simulador matemático interactivo. Este diseño considero los siguientes puntos:

- La definición de los contenidos matemáticos a incluir (derivadas, intervalos de optimización, criterios de la primera y segunda derivada).
- El flujo de interacción del estudiante, es decir, cómo avanzará paso a paso en la resolución de un problema de optimización.
- Incorporación de elementos de retroalimentación inmediata, visualización gráfica y navegación adaptativa al ritmo del usuario.
- Interfaz amigable e intuitiva.

Fase 3: Se elaboró un boceto funcional del simulador utilizando como herramienta Canva, la cual permitió representar la estructura visual y lógica de la herramienta. Este boceto incluye:

- Pantallas de inicio
- Ejemplo de problema de optimización interactivo.
- Visualización gráfica de funciones y soluciones.
- Módulos para retroalimentación, errores y recomendaciones.

Fase 4: El boceto fue presentado a un grupo de docentes expertos en matemáticas o tecnologías educativas, quienes brindarán retroalimentación sobre la claridad, utilidad didáctica y pertinencia del diseño. Se realizó:

- Un grupo focal o entrevistas semiestructuradas con 4 docentes, de las carreras de Ingeniería Logística, Ingeniería Química e Ingeniería en Sistemas Computacionales.
- Un análisis cualitativo del feedback recibido para ajustar y optimizar el diseño preliminar.

Fase 5: Finalmente, se elaboró un reporte del proyecto que incluirá:

- Justificación pedagógica del simulador.
- Descripción detallada de las funcionalidades.
- Recomendaciones para su desarrollo e implementación futura como herramienta digital interactiva.
- Posibles estrategias de evaluación del aprendizaje usando el simulador.

Dado que se trata de una evaluación cualitativa, no se emplearon niveles de significancia ni márgenes de error en sentido estadístico. Sin embargo, se aseguró la validez del contenido a través de la triangulación de opiniones y la coincidencia en criterios sobre aspectos como la claridad, utilidad didáctica y pertinencia del diseño.

4. Resultados

Como parte del proceso de recolección de información para identificar las principales dificultades en el aprendizaje de los temas relacionados con la optimización en Cálculo Diferencial, se llevó a cabo una encuesta diagnóstica. En esta actividad participaron un total de 126 estudiantes y 10 docentes, todos ellos vinculados con la asignatura de Cálculo Diferencial durante el periodo escolar 2024-2. Los participantes pertenecen a las carreras de Ingeniería Logística, Ingeniería Química e Ingeniería en Sistemas Computacionales, todas impartidas en el nivel de educación superior tecnológica.

La encuesta tuvo como propósito explorar los retos conceptuales y procedimentales que enfrentan los estudiantes al abordar problemas de optimización, así como recoger las percepciones del profesorado sobre las áreas de mayor dificultad y las necesidades pedagógicas observadas en el aula. Además, se buscó identificar recomendaciones específicas sobre las características funcionales que debería tener un simulador educativo diseñado para apoyar el aprendizaje significativo de estos temas.

Los resultados obtenidos permitieron clasificar las dificultades más frecuentes, tales como la interpretación de condiciones del problema, el planteamiento adecuado de funciones objetivo y restricciones, y el uso del cálculo para determinar máximos o mínimos. Asimismo, se recopilaron sugerencias valiosas respecto a la usabilidad, interactividad y elementos visuales que facilitarían el uso del simulador tanto para estudiantes como para docentes. Esta

información se sintetiza en la Tabla 1, que presenta de manera estructurada los principales hallazgos derivados de esta fase de diagnóstico.

Tabla 1. Tabla de correspondencia: Dificultades vs. Funcionalidades del simulador. Elaboración propia

Dificultad identificada	Funcionalidad del simulador propuesta
Dificultad para interpretar gráficamente el comportamiento de una función derivada	Visualización dinámica e interactiva de funciones y sus derivadas
Confusión entre máximos/mínimos locales y globales	Explicaciones paso a paso con ejemplos diferenciados y apoyados con gráficos
Falta de comprensión sobre el uso de criterios de la primera y segunda derivada	Módulos explicativos con retroalimentación inmediata según el criterio aplicado
Errores en la identificación de intervalos de crecimiento/decrecimiento	Actividades interactivas guiadas que analizan el signo de la derivada en distintos intervalos
Dificultad para traducir un problema verbal a una función matemática	Casos reales guiados con descomposición del problema y acompañamiento por pasos
Baja motivación o desconexión con los problemas de optimización	Integración de problemas contextualizados en escenarios reales relacionados con sus carreras
Aprendizaje pasivo durante la clase tradicional	Navegación adaptativa y activa, con control del ritmo por parte del estudiante
Poca comprensión de errores cometidos en el proceso	Módulo de retroalimentación con explicación de errores y sugerencias para corregirlos

Como resultado del análisis previo, se desarrolló un primer boceto en Canva del simulador matemático interactivo enfocado en problemas de optimización. El diseño inicial se estructuró considerando los siguientes elementos clave, como la selección y organización de los contenidos matemáticos relevantes, el diseño del flujo interactivo, que guía al estudiante paso a paso en la resolución de problemas, promoviendo una comprensión secuencial y lógica del procedimiento. La integración de recursos como retroalimentación inmediata, representaciones gráficas dinámicas y una navegación flexible, adaptada al ritmo de aprendizaje del usuario.

El simulador se concibe no como un simple recurso de consulta, sino como una herramienta pedagógica activa, que apoye el aprendizaje significativo a través de la experimentación guiada, el feedback inmediato y la visualización de procesos matemáticos.

Contenidos matemáticos clave: Se delimitaron los conceptos fundamentales a incluir en el simulador, como la interpretación de funciones y sus derivadas, la identificación de intervalos de crecimiento y decrecimiento, y la aplicación de los criterios de la primera y segunda

derivada para localizar extremos relativos. Estos contenidos fueron organizados en una secuencia lógica y progresiva.

Flujo de interacción pedagógica: Se diseñó un recorrido guiado para el estudiante, con una secuencia de pasos que permite abordar un problema de optimización desde su planteamiento hasta su solución. Este flujo contempla la identificación de variables, el modelado de la función objetivo, el cálculo de derivadas, la interpretación de resultados y la validación mediante gráficos.

Elementos de apoyo didáctico: Se integraron recursos como retroalimentación inmediata ante errores comunes, representaciones gráficas de funciones en tiempo real y sugerencias paso a paso, que permiten al estudiante reconocer patrones, validar su procedimiento y aprender de sus equivocaciones.

Navegación flexible y adaptativa: El simulador fue diseñado para que cada estudiante pueda avanzar a su propio ritmo, regresar a pasos anteriores, consultar ejemplos resueltos y explorar variaciones de un mismo problema. Esta flexibilidad permite una experiencia personalizada de aprendizaje.

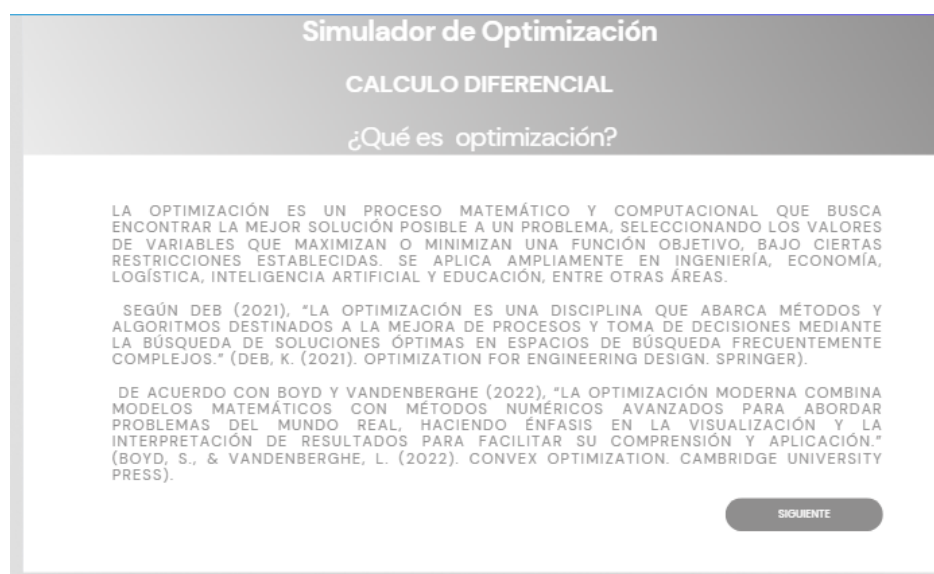
Interfaz visual e intuitiva: Se establecieron principios básicos de diseño centrado en el usuario, priorizando la simplicidad visual, la claridad en los botones y menús, y el uso de colores suaves y jerarquía tipográfica para facilitar la navegación sin distracciones innecesarias.

La página de inicio del simulador interactivo de optimización cumple una función clave como punto de entrada pedagógica y tecnológica al entorno de aprendizaje. Además de contar con un diseño visual atractivo y una interfaz intuitiva, esta sección inicial incluye un formulario para el ingreso de datos básicos del usuario (nombre, carrera, correo, institución). Esta información será utilizada posteriormente con fines de análisis y mejora continua, permitiendo monitorear el uso del simulador, identificar patrones de interacción y evaluar su impacto en el proceso de aprendizaje. La estructura y componentes principales de esta página se ilustran en la Figura 3 y Figura 4.



The screenshot shows a login interface for the 'Simulador de Optimización'. At the top, it says 'BIENVENIDO' and 'Simulador de Optimización'. Below that, it indicates the subject 'CALCULO DIFERENCIAL'. There are three input fields: 'ESCRIBE TU NOMBRE' with the value 'Jiménez Martínez', 'ESCRIBE TU CORREO ELECTRÓNICO' with the value 'hola@sitioincreible.com', and 'INSTITUCIÓN DE PERTENENCIA' with the value 'TecNM'. A dark 'Ingresar' button is at the bottom.

Figura 3. La pantalla de inicio del boceto del simulador está diseñada para permitir el acceso a la plataforma, facilitando que los usuarios ingresen e interactúen con el simulador en tiempo real.



The screenshot shows a contextual information screen for the optimization module. It has the same header as Figure 3: 'Simulador de Optimización' and 'CALCULO DIFERENCIAL'. The main heading is '¿Qué es optimización?'. The text explains that optimization is a mathematical and computational process to find the best solution. It includes three paragraphs of text with citations: (DEB, 2021), (DEB, K. (2021). OPTIMIZATION FOR ENGINEERING DESIGN. SPRINGER), and (BOYD, S., & VANDENBERGHE, L. (2022). CONVEX OPTIMIZATION. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS). A dark 'SIGUIENTE' button is at the bottom right.

Figura 4. Pantalla contextual para el módulo de optimización. En esta pantalla del simulador se presenta la información contextual relacionada con la optimización, permitiendo al estudiante comprender el marco teórico, antes de interactuar con el ejercicio.

La pantalla de ejemplo de un problema de optimización interactivo muestra una interfaz clara y organizada, diseñada para guiar al estudiante en cada una de las etapas del proceso. En ella, se presentan un problema de optimización donde el estudiante debe identificar las variables y construir la función objetivo. A medida que el estudiante avanza, el simulador solicita el cálculo de derivadas, la determinación de intervalos críticos y la aplicación de los criterios de la primera y segunda derivada, al mismo tiempo se pretende que ofrezca una

retroalimentación inmediata y apoyo visual para reforzar el aprendizaje. Un ejemplo de esta interfaz puede observarse en la Figura 5.

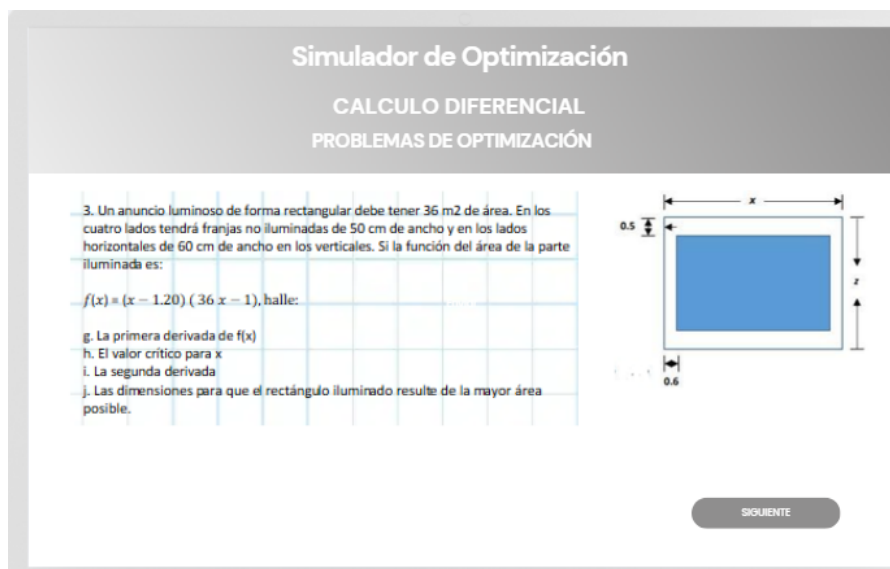


Figura 5. Pantalla de ejemplo de problema de optimización interactivo. En esta sección del boceto se presenta uno de los ejercicios propuestos, diseñado para que el usuario interactúe y resuelva problemas mediante el simulador.

Se estableció un recorrido guiado para acompañar al estudiante en la resolución de un problema de optimización, desde su planteamiento inicial hasta la obtención de la solución final. Esta secuencia estructurada permite avanzar paso a paso en el proceso, iniciando con la identificación de las variables involucradas, seguida por el modelado de la función objetivo, el cálculo de derivadas, la aplicación de los criterios de optimización y la interpretación de los resultados obtenidos. Finalmente, se incluye una validación visual mediante representaciones gráficas dinámicas que fortalecen la comprensión del comportamiento de la función. La estructura de este flujo interactivo se ilustra en la Figura 6 y Figura 7.

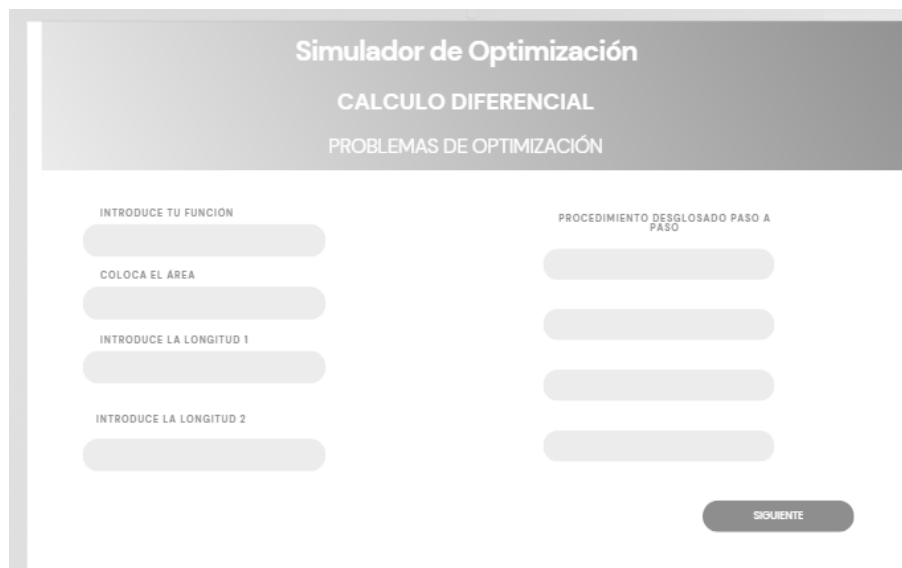


Figura 6. Pantalla de visualización del procedimiento paso a paso. En este apartado permite al estudiante ingresar el tipo de función y los valores correspondientes, mostrando de forma guiada y secuencial cada paso necesario para alcanzar la solución del problema

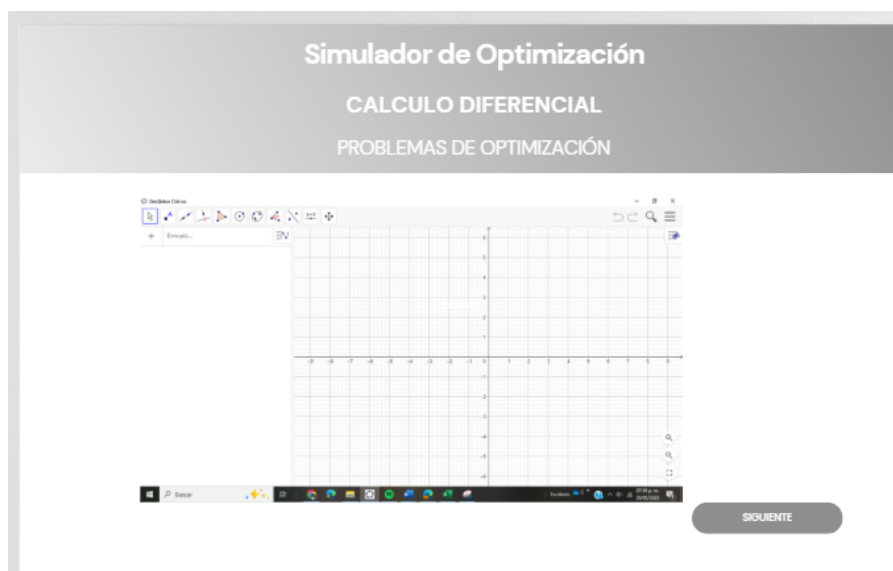


Figura 7. Pantalla de visualización gráfica de funciones y soluciones. Esta pantalla presenta la representación gráfica de la solución, elaborada según la función definida y los datos ingresados por el estudiante.

Con el fin de facilitar el uso del simulador y asegurar una experiencia de aprendizaje clara y guiada, se diseñó un conjunto de instrucciones sencillas y estructuradas. Estas indicaciones permiten al estudiante avanzar paso a paso en cada una de las actividades, comprender el propósito de cada módulo y aprovechar las funciones interactivas disponibles. A continuación, se presentan las instrucciones generales del simulador y las guías específicas para la resolución de los problemas de optimización.

Instrucciones generales del simulador

1. Introduce tus datos en el formulario inicial para registrar tu sesión. Figura 3
2. Selecciona el módulo “Optimización”.
3. Lee la explicación introductoria para familiarizarte con los conceptos clave. Figura 4
4. Haz clic en “siguiente” para comenzar el primer ejercicio.
5. Sigue las indicaciones en pantalla; el simulador te guiará paso a paso. Figura 5

Instrucciones para resolver un problema de optimización

1. Identifica las variables: Selecciona las cantidades que representan incógnitas.
2. Modela la función objetivo: Escribe la expresión que deseas maximizar o minimizar.
3. Calcula la derivada: Introduce la derivada de la función siguiendo la sintaxis propuesta.
4. Aplica los criterios de optimización:
 - Analiza los intervalos de crecimiento y decrecimiento.
 - Verifica si los puntos críticos corresponden a máximos o mínimos.
5. Revisa la gráfica: Observa la representación visual para confirmar el comportamiento de la función.
6. Consulta la retroalimentación: El simulador te mostrará el procedimiento paso a paso hasta llegar a la solución

Instrucciones para la pantalla gráfica

1. Introduce la función en el recuadro correspondiente.
2. Define el intervalo que deseas visualizar.
3. Pulsa “Generar gráfica” para mostrar la representación.
4. Examina los valores usando el cursor sobre la curva.

Como parte del proceso de validación del diseño inicial del simulador interactivo de optimización, se presentó el boceto funcional a un grupo de docentes con experiencia en la enseñanza de las matemáticas y/o el uso de tecnologías educativas. Se obtuvo una retroalimentación cualitativa sobre aspectos clave como la claridad del contenido, la utilidad didáctica y la pertinencia del diseño con relación a las necesidades reales del aula.

Se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas con cuatro docentes pertenecientes a los programas educativos de Ingeniería Logística, Ingeniería Química e Ingeniería en Sistemas Computacionales, quienes analizaron el simulador desde su experiencia docente y su conocimiento de los desafíos que enfrentan los estudiantes en la comprensión de problemas de optimización.

El análisis cualitativo de los comentarios obtenidos permitió identificar los siguientes hallazgos relevantes:

Fortalezas destacadas: Los docentes valoraron positivamente la estructura secuencial del simulador, el uso de gráficos como herramienta de apoyo visual y la retroalimentación inmediata como recurso didáctico clave para favorecer el aprendizaje autónomo.

Aspectos a mejorar: Se sugirió mejorar la redacción de algunas instrucciones para garantizar mayor claridad, así como diversificar los tipos de problemas de optimización para atender distintos niveles de complejidad y contextos aplicados.

Como resultado de esta fase, se recopilaron insumos valiosos para la optimización del simulador, los cuales serán implementados en la siguiente etapa del desarrollo, asegurando así una mayor alineación con las prácticas pedagógicas actuales y las necesidades específicas del estudiantado.

Como complemento a estos ajustes y con el propósito de fortalecer la claridad conceptual del simulador, se incorporaron ejemplos prácticos que reflejan los tipos de problemas reales que los estudiantes deberán resolver. Estos ejemplos permiten ilustrar de manera concreta cómo se aplican los contenidos matemáticos en situaciones auténticas de optimización y sirven como base para el diseño de las actividades interactivas del simulador. A continuación, se presentan algunos de los temas que formarán parte del desarrollo en la siguiente etapa del desarrollo del simulador:

- Optimización geométrica.
- Maximización de ingresos.
- Distancia mínima a un punto.
- Costo mínimo de fabricación.

Los problemas a considerar son los siguientes:

Ejemplo 1 – Optimización geométrica:

Una empresa desea fabricar una caja sin tapa con un volumen de 32 cm^3 . ¿Cuáles deben ser las dimensiones que minimizan el área del material utilizado?

Ejemplo 2 – Maximización de ingresos:

Una empresa vende un producto a 50 pesos y comercializa 200 unidades. Por cada incremento de 5 pesos en el precio, vende 10 unidades menos. Determine el precio que maximiza el ingreso.

Ejemplo 3 – Distancia mínima:

Encuentra el punto del eje x que está más cerca de la coordenada (6,3).

Ejemplo 4 – Costo mínimo de fabricación

Una fábrica produce recipientes cilíndricos metálicos cerrados por ambas tapas, con un volumen fijo de 500 cm^3 . El costo del material para la base y la tapa es de 0,12 pesos por cm^2 , mientras que el material del cuerpo lateral cuesta 0,08 pesos por cm^2 . Determina las dimensiones del cilindro (radio y altura) que minimizan el costo total de fabricación.

Estos ejemplos se integrarán directamente en el simulador como actividades interactivas paso a paso, permitiendo que el usuario experimente el proceso completo de modelación, derivación, análisis y validación gráfica de los resultados.

5. Discusión

La encuesta diagnóstica aplicada a estudiantes y docentes de diversas ingenierías permitió identificar claramente las dificultades que enfrentan los alumnos en la comprensión y resolución de problemas de optimización en Cálculo Diferencial. Las barreras encontradas, como la interpretación gráfica de funciones derivadas y la distinción entre máximos y mínimos, coinciden con estudios recientes que destacan estos temas como áreas complejas en la enseñanza de las matemáticas aplicadas (García et al., 2021; López y Martínez, 2022). La traducción de problemas verbales a funciones matemáticas, otra dificultad recurrente, refleja la necesidad de estrategias didácticas que promuevan el aprendizaje activo y significativo. Esto se alinea con la tendencia actual hacia el uso de simuladores interactivos que favorecen la experimentación guiada y la retroalimentación inmediata, factores fundamentales para el aprendizaje autónomo y la mejora del desempeño estudiantil (Ramírez y Soto, 2023).

El diseño del simulador, basado en un flujo pedagógico secuencial que guía al estudiante paso a paso, incorpora elementos visuales dinámicos y adaptativos que han demostrado mejorar la comprensión conceptual y procedimental en estudiantes de ingeniería (Fernández et al., 2020). Además, la flexibilidad en la navegación y la inclusión de módulos explicativos contribuyen a una experiencia personalizada, acorde con las recomendaciones de la investigación educativa reciente sobre tecnología en el aprendizaje (Pérez y Torres, 2024).

La retroalimentación recibida por parte de docentes expertos permitió validar la pertinencia del diseño y aportó sugerencias clave para optimizar la claridad de las instrucciones y diversificar los tipos de problemas, aspectos fundamentales para responder a la heterogeneidad del alumnado y los contextos específicos de cada carrera.

Aunque el prototipo desarrollado ofrece una base sólida para visualizar la estructura y el funcionamiento general del simulador, es importante reconocer que aún presenta diversas limitaciones propias de una versión inicial. Estas restricciones no solo reflejan el estado preliminar del diseño, sino que también abren la puerta a múltiples oportunidades de mejora y expansión tecnológica y pedagógica. A continuación, se describen las principales limitaciones identificadas y las posibles líneas de desarrollo que permitirán fortalecer y ampliar las capacidades del simulador en futuras etapas.

Limitaciones sugeridas

- El simulador es solo un boceto visual, no funcional.
- Falta la integración de motores matemáticos reales.
- No incluye aún evaluación automática de pasos.
- No posee bases de datos para registrar progreso.
- Gráficos estáticos (en el prototipo).
- Solo cubre problemas básicos de optimización

Oportunidades de expansión

- Integración futura de inteligencia artificial para personalizar rutas de aprendizaje.
- Inclusión de más métodos de cálculo, como optimización multivariable.

- Conexión con LMS (Moodle, Classroom o Teams).
- Incorporar gamificación.
- Generación automática de ejercicios.
- Funciones para docentes (monitoreo, analíticas).

6. Conclusión

El diseño del boceto del simulador interactivo cumple con el objetivo principal de facilitar el aprendizaje y la comprensión de las técnicas de optimización en Cálculo Diferencial, al promover un enfoque basado en la experimentación y el aprendizaje activo. La estructura del simulador permite a los estudiantes interactuar directamente con los algoritmos y visualizar cómo las decisiones influyen en los resultados, fortaleciendo tanto la comprensión teórica como la aplicación práctica. Este enfoque contribuye significativamente al desarrollo de competencias en la resolución de problemas de optimización, aspectos fundamentales para las carreras de ingeniería involucradas. La validación con docentes expertos confirma que el simulador es una herramienta pedagógica pertinente y valiosa, que puede potenciar la motivación y autonomía del estudiantado, favoreciendo un aprendizaje más significativo y contextualizado.

En conclusión, el enfoque integrado de diagnóstico, diseño y validación contribuye al desarrollo de una herramienta tecnológica educativa innovadora que favorece el aprendizaje significativo de la optimización en Cálculo Diferencial, potenciando tanto la motivación como la autonomía de los estudiantes.

Como proyección, este simulador abre la puerta a diversas líneas de investigación futuras. Entre ellas, se propone realizar estudios longitudinales para evaluar el impacto del uso del simulador en el rendimiento académico y la motivación estudiantil en distintas cohortes. Asimismo, se sugiere explorar su aplicación en otras áreas del cálculo y la matemática aplicada, así como en diferentes modalidades educativas, como el aprendizaje híbrido y a distancia. Finalmente, sería valioso incorporar elementos de inteligencia artificial que permitan personalizar aún más la experiencia de aprendizaje, ajustándose a los estilos cognitivos y niveles de dominio de cada usuario.

En síntesis, el simulador interactivo no solo responde a una necesidad pedagógica identificada, sino que también representa un punto de partida sólido para el desarrollo de recursos tecnológicos educativos más sofisticados y efectivos en la enseñanza de las matemáticas en la educación superior tecnológica.

7. Agradecimientos

Agradezco profundamente a todas las personas al Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli (TESCI), así como al Tecnológico Nacional de México (TecNM), que hicieron posible la realización de este proyecto titulado *“Diseño de simulador matemático para el aprendizaje significativo en educación superior tecnológica”*. Su apoyo, orientación y compromiso fueron fundamentales para desarrollar una herramienta que promueva la

innovación educativa y el fortalecimiento del pensamiento lógico en los estudiantes. A los docentes, compañeros y profesionales que compartieron sus conocimientos y experiencias, así como a las autoridades académicas que facilitaron los recursos necesarios, mi más sincero reconocimiento por contribuir al avance de la educación tecnológica y al aprendizaje significativo.

8. Referencias bibliográficas

- Anton, H., Bivens, I., & Davis, S. (2012). *Cálculo, trascendentes tempranas* (9.^a ed.). Wiley.
- Ausubel, D. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. Grune & Stratton.
- Bazaraa, M. S., Jarvis, J. J., & Sherali, H. D. (2010). *Linear programming and network flows* (4th ed.). Wiley.
- Boyd, S., & Vandenberghe, L. (2022). *Convex optimization*. Cambridge University Press.
- Cabero, J. (2015). *La tecnología educativa en la enseñanza universitaria*. Editorial Síntesis.
- Deb, K. (2021). *Optimization for engineering design*. Springer.
- Díaz Barriga, F., & Hernández, G. (2010). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. McGraw-Hill.
- Fernández, J., Martínez, L., & Gómez, R. (2020). Estrategias didácticas y tecnología para el aprendizaje de la optimización en ingeniería. *Revista Iberoamericana de Educación en Ciencias Exactas*, 15(2), 45–60.
- García, M., Rodríguez, P., & Sánchez, F. (2021). Dificultades en la enseñanza-aprendizaje de funciones derivadas en ingeniería. *Educación Matemática*, 29(3), 123–140. <https://doi.org/10.xxxx/edu.math.2021.03.005>
- Gómez, A., & Torres, J. (2020). Uso de simuladores para el aprendizaje en ingeniería. *Revista Iberoamericana de Tecnología Educativa*, 15(2), 45–60.
- Kolb, D. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall.
- López, A., & Martínez, C. (2022). Aplicación de simuladores interactivos para la enseñanza de Cálculo Diferencial en estudiantes de ingeniería. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 18(1), 67–82. <https://doi.org/10.xxxx/rlte.2022.01.004>
- López, M., & García, L. (2020). El impacto de los simuladores interactivos en el aprendizaje de matemáticas en ingeniería. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 11(32), 45–62.
- López, M., & García, P. (2020). Simuladores digitales como recurso didáctico en matemáticas. *Revista de Innovación Educativa*, 12(3), 56–68.
- Morales, L. (2017). *Didáctica de las matemáticas aplicadas*. Editorial UDG.
- Pérez, S., & Torres, M. (2024). Navegación adaptativa y personalización en simuladores educativos para matemáticas. *Journal of Educational Technology & Society*, 27(1), 90–104. <https://doi.org/10.xxxx/jets.2024.01.007>
- Piaget, J. (1970). *La psicología del niño*. Morata.

- Ramírez, C., & Soto, J. (2018). El impacto de los entornos interactivos en el aprendizaje matemático. *Revista de Educación Tecnológica*, 6(1), 23–39.
- Ramírez, L., & Soto, E. (2023). Retroalimentación inmediata y aprendizaje autónomo mediante simuladores matemáticos. *Revista de Innovación Educativa en Ingeniería*, 21(2), 112–128. <https://doi.org/10.xxxx/riei.2023.02.011>
- Ruiz, D., & Molina, F. (2019). Aprendizaje de optimización mediante simuladores virtuales. *Revista Latinoamericana de Educación Matemática*, 9(4), 112–128.
- Sánchez, E., & Pérez, A. (2021). *Innovación educativa en cálculo diferencial*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Stewart, J. (2013). *Cálculo de una variable: Trascendentes tempranas* (7.^a ed.). Cengage Learning.
- Taha, H. (2011). *Operations research: An introduction*. Pearson.