

Web platform to strengthen the learning of Differential Calculus in Systems Engineering students

Tatyana Chávez-Barrios, Bach¹, Brayan Mujica-Guzman, Mg¹, Alexandra Zuñiga-Huanca, Bach¹, Iván Reaño-Soto, Bach¹, Jaime Villegas-Medina, Mg¹, José Esquicha-Tejada, Dr¹

¹Universidad Católica de Santa María, Peru,

tatyana.chavez@estudiante.ucsm.edu.pe, bmujica@ucsm.edu.pe, alexandra.zuniga@ucsm.edu.pe, ivan.reano@estudiante.ucsm.edu.pe, jvillegasmedina@ucsm.edu.pe, jesquicha@ucsm.edu.pe

Abstract- *In this research study, a web platform was developed to improve the learning of differential calculus among systems engineering students, knowing that first-year students currently have problems learning this subject, causing discomfort among students and parents. In response to this, the web platform was developed with interactively guided resources and practical challenges for each topic in the subject, applying problem-based learning methodology. In addition, to visualize the increase in learning and motivation, tests and surveys were conducted on a group of systems engineering students. The results showed favorable levels with an average SUS of 76.41 out of 100. Using the TAM model, the system's ease of use was rated at 4.23/5, validating its technical viability and usability in the subject of differential calculus.*

Keywords- *Web platform, Differential calculus, Higher education, Systems engineering, Challenge-based learning*

Plataforma web para fortalecer el aprendizaje de Cálculo Diferencial en estudiantes de Ingeniería de Sistemas

Tatyana Chávez-Barrios, Bach¹, Brayan Mujica-Guzman, Mg¹, Alexandra Zuñiga-Huanca, Bach¹, Iván Reaño-Soto, Bach¹, Jaime Villegas-Medina, Mg¹, José Esquicha-Tejada, Dr¹

¹Universidad Católica de Santa María, Perú,

tatyana.chavez@estudiante.ucsm.edu.pe, bmujica@ucsm.edu.pe, alexandra.zuniga@ucsm.edu.pe,

ivan.reano@estudiante.ucsm.edu.pe, jvillegasmedina@ucsm.edu.pe, jesquicha@ucsm.edu.pe

Resumen: En el presente estudio de investigación se desarrolló una plataforma web que permita mejorar el aprendizaje de cálculo diferencial en estudiantes de ingeniería de sistemas, sabiendo que en la actualidad los estudiantes de los primeros años tienen problemas en aprendizaje en esta asignatura, generando malestar entre estudiantes y padres de familia. En respuesta a esto, se desarrolló la plataforma web con recursos guiados interactivamente y desafíos prácticos para cada tema de la asignatura, aplicando la metodología aprendizaje basado en problemas; además, para visualizar el incremento del aprendizaje y motivación se realizaron pruebas y encuestas aplicadas a un grupo de estudiantes de Ingeniería de Sistemas. Los resultados mostraron niveles propicios con un promedio de SUS de 76.41 de 100 y mediante el modelo TAM, presentó una facilidad de uso de 4.23/5 del sistema, validando su viabilidad técnica y usable en la asignatura de cálculo diferencial.

Keywords—Plataforma Web, Cálculo diferencial, Educación Superior, Ingeniería Sistemas, Aprendizaje basado en retos.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la transformación por la que hoy en día pasa la educación superior está siendo propulsada por la introducción de las tecnologías digitales, lo que ha posibilitado que se implementen plataformas virtuales, modelos híbridos y espacios de aprendizaje más flexibles [1]. Según varios estudios, estas herramientas han promovido el aprendizaje autónomo y la disponibilidad de recursos educativos, siempre y cuando se diseñen con criterios pedagógicos apropiados y tengan como objetivo una interacción efectiva con los estudiantes [2]. Ante esta situación, el uso de plataformas educativas en línea se ha vuelto una opción fundamental para añadir a los métodos tradicionales de enseñanza en el ámbito universitario [3].

Adicionalmente, los estudios recientes señalan que los entornos digitales con componentes interactivos usando la retroalimentación automatizada y estructuras guiadas de aprendizaje favorecen al desarrollo de competencias matemáticas y disminuir errores procedimentales comunes [4]. Sin embargo, en la realidad universitaria persiste una

brecha entre las capacidades tecnológicas disponibles y su aplicación eficiente en cursos como Cálculo Diferencial, donde aún predominan enfoques tradicionales con un bajo nivel de interactividad y acompañamiento digital [5].

Finalmente, en el contexto peruano, los resultados nacionales en matemáticas evidencian dificultades persistentes en el desempeño académico previo al ingreso universitario, lo cual repercute directamente en el rendimiento de los estudiantes en cursos básicos de ingeniería [6]. Además, investigaciones en educación en ingeniería han demostrado que el desempeño en asignaturas iniciales como Cálculo I se encuentra estrechamente relacionado con la permanencia estudiantil y el progreso académico [7]. Bajo este escenario, la plataforma propuesta se plantea como una alternativa tecnológica orientada a fortalecer el aprendizaje autónomo y apoyar el desarrollo de competencias matemáticas en estudiantes de Ingeniería de Sistemas.

En esta investigación se redacta el diseño y desarrollo de una plataforma web interactiva y de fácil uso, enfocada al fortalecimiento del aprendizaje de Cálculo Diferencial [8] en los estudiantes de Ingeniería de Sistemas, integrando recursos audiovisuales, ejercicios guiados con retroalimentación instantánea y actividades prácticas para el estudio independiente. Esta propuesta busca mejorar la comprensión de conceptos matemáticos fundamentales [9], promover la participación del estudiante y apoyar el proceso de aprendizaje fuera del aula [10], considerando las limitaciones de seguimiento personalizado existentes en cursos masivos o con alta complejidad académica.

II. ANTECEDENTES

Hoy en día, la falta de recursos digitales interactivos específicamente diseñados para cursos matemáticos universitarios continúa siendo una limitación en diversos contextos educativos, especialmente en asignaturas con alto nivel de abstracción como el Cálculo Diferencial [11]. Estudios de revisión en educación matemática digital

reportan que muchas plataformas se enfocan principalmente en la distribución de contenidos, sin integrar retroalimentación automatizada ni estructuras guiadas de aprendizaje que acompañen el proceso cognitivo del estudiante [5].

Kumar et al. describen que las plataformas de aprendizaje digital bien estructuradas pueden mejorar la experiencia educativa al integrar recursos multimedia, actividades interactivas y mecanismos de seguimiento académico, siempre que exista alineación entre el diseño tecnológico y los objetivos pedagógicos del curso [2]. Este enfoque resalta la importancia de diseñar entornos virtuales centrados en el estudiante y orientados al aprendizaje autónomo [12].

Además, Hwang et al. analizan las principales tendencias en el uso de tecnología aplicada a la educación matemática y señalan que los enfoques más efectivos incorporan interactividad, retroalimentación inmediata y herramientas de analítica del aprendizaje para fortalecer la comprensión conceptual y procedimental [4]. Los autores concluyen que estos entornos superan en efectividad a metodologías tradicionales basadas únicamente en materiales estáticos.

Varios artículos científicos respaldan el uso de plataformas web como herramientas complementarias en carreras de ingeniería. López-Díaz y Peña reportan que la incorporación de aplicaciones tecnológicas en cursos de cálculo mejora el rendimiento académico y facilita la adaptación de los estudiantes a contenidos matemáticos complejos, siempre que las actividades estén alineadas con los objetivos curriculares del programa formativo [13].

Según Drozdikova-Zaripova y Sabirova, la implementación de recursos digitales bajo el enfoque de aula invertida incrementa la participación estudiantil y optimiza el tiempo destinado al estudio autónomo, al proporcionar materiales audiovisuales estructurados y actividades prácticas accesibles desde plataformas web [14]. Este enfoque evidencia el valor de combinar contenidos explicativos con evaluación automatizada dentro de entornos virtuales.

Asimismo, Pham et al. proponen un marco modular de aprendizaje web orientado a contextos con infraestructura tecnológica limitada, demostrando que plataformas ligeras pueden ofrecer experiencias educativas efectivas sin requerir sistemas complejos, lo cual resulta relevante para escenarios universitarios con restricciones técnicas o presupuestales [15].

Adicionalmente, Hidalgo et al. evidencian que la integración de sistemas de gestión de aprendizaje con recursos digitales colaborativos favorece la interacción académica, el pensamiento crítico y el seguimiento del

progreso estudiantil, resaltando la necesidad de diseñar plataformas centradas en la experiencia del usuario y el soporte pedagógico [16].

En un estudio realizado por Nevárez Jiménez et al. se demostró que el aprendizaje basado en problemas (ABP) en matemáticas a nivel universitario fomenta el desarrollo del pensamiento crítico y capacidad de resolución de autónoma mediante desafíos auténticos, mejorando el rendimiento de los estudiantes latinoamericanos en el cálculo diferencial [17]. En este sentido, el ABP se consolida como una estrategia validada para fortalecer competencias analíticas en contextos universitarios, donde se requiere mayor autonomía de aprendizaje.

Complementando, Alarcón et al. demostraron que en el aprendizaje basado en proyectos se aplica conceptos como derivadas a escenarios reales de ingeniería con tareas colaborativas, de esta forma promoviendo la presentación de soluciones prácticas y fortaleciendo la comprensión conceptual [18]. Evidenciando que la contextualización de contenidos matemáticos en problemas reales reduce la brecha entre lo teórico y práctico.

Según Rodríguez Borges et al. destacaron que el aprendizaje basado en retos (ABR) en las asignaturas técnicas, la incertidumbre estimula a la innovación y motivación intrínseca mediante prototipos y TIC, siendo ideal para integrar con plataformas digitales interactivas [19]. En consecuencia, el ABR potencia el desarrollo de competencias técnicas al situar al estudiante frente a desafíos abiertos que demandan creatividad y solución tecnológica.

Estos antecedentes demuestran que las plataformas web educativas representan una alternativa viable para fortalecer el aprendizaje de matemáticas en educación superior [20]. Sin embargo, también evidencian la necesidad de desarrollar soluciones específicas orientadas a cursos como Cálculo Diferencial, que integren contenidos estructurados, retroalimentación inmediata y actividades guiadas, enfoque bajo el cual se plantea el presente trabajo.

III. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Desde los últimos años de implementación acelerada de tecnologías digitales en educación superior, se ha evidenciado un incremento en el uso de plataformas virtuales como apoyo al aprendizaje [21]; sin embargo, este crecimiento no siempre ha estado acompañado de un diseño pedagógico adecuado ni de herramientas interactivas específicas para cursos matemáticos universitarios. En el contexto peruano, los resultados nacionales en matemáticas reflejan dificultades persistentes en el desempeño académico previo al ingreso universitario [22], lo cual impacta directamente en el rendimiento de los estudiantes en asignaturas básicas de ingeniería como Cálculo Diferencial [4].

Ante este problema, se puede deducir que un porcentaje significativo de los estudiantes enfrenta barreras de tipo conceptual como procedimental al abordar contenidos fundamentales de cálculo como; límites, derivadas y aplicaciones básicas [4]. Estas dificultades se ven agravadas por la escasa retroalimentación después de las clases dictadas, la falta de materiales estructurados e interactivos y la dependencia de métodos tradicionales centrados en la exhibición pasiva de los contenidos, lo cual reduce las oportunidades de prácticas fluidas y un aprendizaje autónomo de calidad [1].

Además, muchas de las estrategias actuales empleadas en cursos universitarios de matemáticas se basan principalmente en plataformas genéricas de gestión de contenidos, las cuales priorizan la distribución de archivos y evaluaciones básicas, pero carecen de mecanismos de acompañamiento progresivo, retroalimentación inmediata y secuencias didácticas adaptadas al ritmo de aprendizaje del estudiante [2]. Esta situación limita el aprovechamiento del potencial tecnológico disponible y reduce el impacto positivo que las herramientas digitales podrían tener en el proceso formativo, por tal motivo es importante cultivar a los estudiantes su creatividad en su vida universitaria con proyectos tecnológicos [23].

La carencia de una buena formación académica matemática en etapas previas, sumada a la alta carga cognitiva propia del Cálculo Diferencial, genera desmotivación, bajo rendimiento académico y dificultades en la continuidad curricular dentro de las carreras de ingeniería. Estudios en educación en ingeniería han señalado que el desempeño en asignaturas iniciales como Cálculo I se encuentra estrechamente relacionado con la permanencia estudiantil y el avance académico, lo que convierte a este curso en un punto crítico dentro del proceso formativo [4].

En este contexto, surge la necesidad de desarrollar herramientas educativas innovadoras que permitan reforzar el aprendizaje autónomo, mejorar la comprensión de conceptos matemáticos y ofrecer retroalimentación inmediata durante la práctica. Una plataforma web interactiva orientada específicamente al aprendizaje de Cálculo Diferencial representa una alternativa viable para complementar la enseñanza tradicional, facilitar el acceso a recursos estructurados y apoyar el desarrollo de competencias matemáticas en estudiantes de Ingeniería de Sistemas, contribuyendo así a mejorar su desempeño académico y su permanencia en la carrera.

IV. MÉTODOS Y MATERIALES

La investigación fue desarrollada en una universidad privada en la ciudad de Arequipa donde se hizo el estudio. El análisis se diseñó para el curso de Cálculo Diferencial en la Escuela de Ingeniería de Sistemas en Arequipa, se ejecutó el

estudio con una población de 225 estudiantes para que experimenten la plataforma web implementada.

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

p: Porcentaje de individuos que tienen una característica.

q: Porcentaje de individuos que no tienen la característica.

Z²: Número de unidades de desviación. (Se usará el 90%, siendo el valor de Z = 1.645).

N: Tamaño de la población. d: (Se usará el 90% siendo el valor de d = 0.1).

n: Tamaño de la muestra de la población.

El tamaño de la muestra es:

$$n = \frac{225 * 1.645^2 * 0.5 * 0.5}{0.1^2 * (225 - 1) + 1.645^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 53 \text{ encuestas}$$

Para el desarrollo de la plataforma web se siguió 6 etapas:

- Análisis del problema y requerimientos, se analiza y recolecta información sobre la asignatura donde se tenía inconvenientes, además de los requisitos para el desarrollo del sistema.
- Diseño del sistema, teniendo claro la toma de requerimientos, se desarrolla la arquitectura de la plataforma web con sus funcionalidades requeridas para el dictado de la asignatura.
- Selección, se elige la tecnología adecuada para que funcione correctamente en diferentes dispositivos la plataforma web.
- Desarrollo funcional, se desarrolla módulos en la plataforma web para adecuar el aprendizaje de cálculo diferencial.
- Pruebas del sistema, se realiza las pruebas de rapidez y apariencia de la plataforma web, en cada módulo y actividades que fueron implementadas.
- Validación, se evalúa la usabilidad de la plataforma y el nivel de aprendizaje que adquirió los estudiantes que usaron la plataforma web.

Para el aprendizaje del Cálculo Diferencial se adoptó el enfoque de aprendizaje basado en problemas, estructurado en cuatro etapas (ver fig. 1):

- Introducción guiada del contenido: El docente presenta los conceptos mediante video explicativo, contextualizando el tema y desarrollando ejemplos representativos en pizarra virtual.

- b) Práctica guiada con retroalimentación: El estudiante resuelve ejercicios paso a paso, recibiendo retroalimentación inmediata mediante fragmentos del video explicativo correspondiente.
- c) Práctica autónoma supervisada: El estudiante resuelve problemas de forma independiente, mientras el sistema valida respuestas y proporciona soluciones en video.
- d) Aplicación y transferencia: El estudiante aplica los procedimientos aprendidos en nuevos ejercicios, consolidando la comprensión y fortaleciendo la resolución de problemas.



Fig. 1 Etapas del Aprendizaje del Cálculo Diferencial

Los resultados del estudio permitieron desarrollar una solución tecnológica adecuada que permita mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje por medio de la plataforma web que se adapta al entorno universitario para los que llevan el curso de cálculo diferencial.

V. FUNCIONAMIENTO

El curso de Cálculo Diferencial corresponde al segundo semestre del primer año de estudios en la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas. Tiene una carga académica de 4 créditos y se desarrolla en 4 horas teóricas semanales. Para efectos de organización y evaluación del aprendizaje, el curso se estructura en tres fases, las cuales permiten realizar un seguimiento progresivo del rendimiento académico de los estudiantes.

A. Teoría de cálculo diferencial:

Fase 1: Límites y continuidad: Breve repaso de funciones

- La tangente y los problemas de la velocidad
- Límite de una función
- Límites laterales
- Límites infinitos y asíntotas verticales
- Cálculo de límites utilizando leyes de los límites y el Teorema de compresión
- Definición exacta de límite
- Continuidad: en un número y en un intervalo. Teorema del valor intermedio
- Límites al infinito y asíntotas horizontales

Fase 2: Aplicaciones De La Derivada

- Derivadas y razones de cambio: Tangentes y velocidades
- Derivadas superiores
- Reglas de derivación
- Derivadas de funciones trigonométricas

- Regla de la cadena
- Derivación implícita
- Derivadas de funciones trigonométricas inversas
- Derivadas de funciones logarítmicas: Derivación logarítmica
- Relaciones afines
- La derivada como una función.
- Aproximaciones lineales y diferenciales

Fase 3: Aplicaciones De La Derivada

- Valores máximos y mínimos.-Teorema del valor extremo.
- El teorema del valor medio.
- Manera en que las derivadas afectan la forma de una gráfica.-Prueba de la primera derivada.
- Prueba de concavidad.
- Formas indeterminadas y la Regla de L'Hôpital.
- Trazo de curvas.
- Problemas de optimización

Estas fases son importantes porque organizan progresivamente el aprendizaje del Cálculo Diferencial, comenzando por la comprensión de los conceptos fundamentales de límite y continuidad, que permiten interpretar el comportamiento de las funciones. Posteriormente, se profundiza en el estudio de la derivada y sus reglas, fortaleciendo la capacidad del estudiante para analizar razones de cambio y realizar aproximaciones. Finalmente, se abordan las aplicaciones de la derivada, donde el estudiante integra los conocimientos adquiridos para interpretar gráficas, resolver problemas de optimización y enfrentar situaciones matemáticas de mayor complejidad, favoreciendo así un aprendizaje más sólido y aplicado (ver fig. 2).



Fig. 2 Clases de Cálculo Diferencial

B. Prácticas teóricas de cálculo diferencial:

Práctica 1: Comprensión de límites y continuidad

En esta práctica, los estudiantes trabajan los conceptos fundamentales de límites y continuidad a partir de ejercicios desarrollados en clase y en la plataforma web. Primero revisan funciones y situaciones básicas, y luego avanzan hacia límites laterales e infinitos. La actividad combina la explicación del docente con ejercicios guiados paso a paso en la plataforma, permitiendo reforzar la comprensión conceptual mediante retroalimentación inmediata basada en los videos explicativos.

Práctica 2: Derivadas y reglas de derivación

Esta práctica está orientada a que los estudiantes comprendan la derivada como razón de cambio y dominen las principales reglas de derivación. Los estudiantes resuelven ejercicios tanto en papel como en la plataforma, comenzando con actividades guiadas que siguen el procedimiento completo de solución y continuando con retos donde aplican lo aprendido de forma más independiente, fortaleciendo así su seguridad en el manejo de los procedimientos.

Práctica 3: Aplicaciones de la derivada y optimización

En esta práctica, los estudiantes aplican los conceptos de derivada para analizar gráficas, encontrar valores máximos y mínimos y resolver problemas de optimización. El trabajo se centra en trasladar los procedimientos aprendidos a nuevos problemas, combinando ejercicios en clase con retos en la plataforma, donde las respuestas son validadas y reforzadas mediante explicaciones en video, favoreciendo un aprendizaje más aplicado y significativo.

Luego para entender el funcionamiento de la plataforma web es importante tener un panorama general como se comunica el usuario con el sistema.

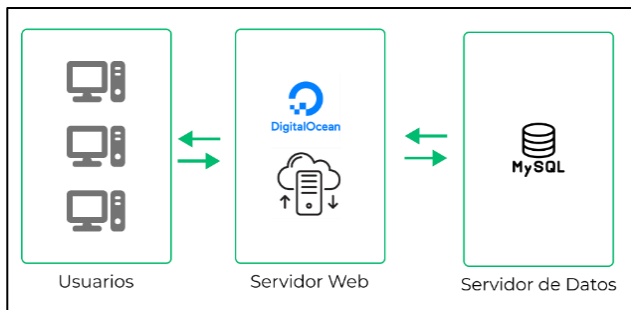


Fig. 3. Comunicación de la plataforma web

En la fig. 3, se muestra que el servidor web gestiona las peticiones y permite una comunicación bidireccional entre las peticiones del usuario y el servidor de datos, es de suma importancia de que los datos almacenados sean gestionados por un gestor de base de datos y que el servidor web este como intermediario para cualquier consulta que quiera realizar el usuario.

La plataforma web desarrollada para el curso de Cálculo Diferencial permite el acceso mediante un sistema de inicio de sesión con perfiles diferenciados de estudiante y docente (ver fig. 4). Una vez dentro, el estudiante puede visualizar los temas organizados del curso y acceder a cada uno de ellos de manera secuencial (ver fig. 6). En cada tema, la plataforma presenta un video explicativo elaborado por el docente, seguido de una sección de ejercicios guiados y una sección de retos para la aplicación de los contenidos. Durante la resolución de los ejercicios, el sistema brinda retroalimentación automática cuando el estudiante selecciona una respuesta incorrecta. Por su parte, el docente puede ingresar al sistema para monitorear el avance general de los estudiantes y revisar el progreso alcanzado en cada tema.

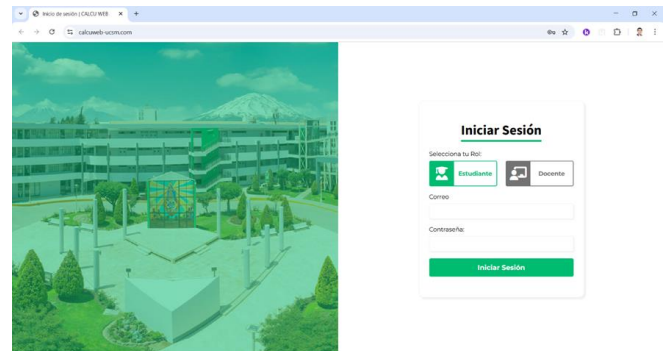


Fig. 4: Inicio de Sesión en la Plataforma

En la sección "Mi Perfil" ubicado en la barra lateral izquierda (ver fig. 5), es donde los usuarios pueden gestionar su información personal, cambiar su contraseña y cerrar sesión. Esta funcionalidad permite la personalización del entorno de aprendizaje y brinda a los estudiantes y docentes control sobre su cuenta dentro de la plataforma.

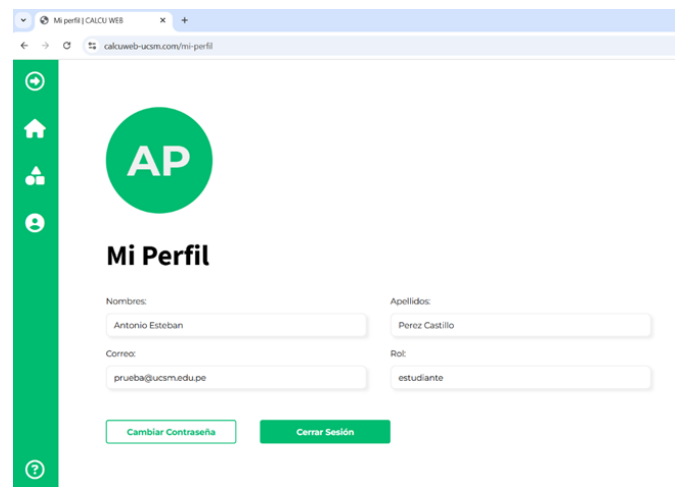


Figura 5: Perfil del Usuario

En la fig. 6, se muestra una estructura organizada de los temas de cálculo diferencial, cada uno con un estado de progreso marcado. Esta sección permite a los estudiantes acceder fácilmente a los contenidos y realizar un seguimiento de su avance en el curso. Y en el lado izquierdo de la

plataforma se observa el menú lateral de navegación de la plataforma, el cual incluye accesos directos a secciones clave como "Inicio", "Contenido", "Mi perfil" y "Ayuda". Este diseño mejora la usabilidad del sistema, permitiendo a los estudiantes y docentes moverse intuitivamente entre las diferentes secciones de la plataforma.

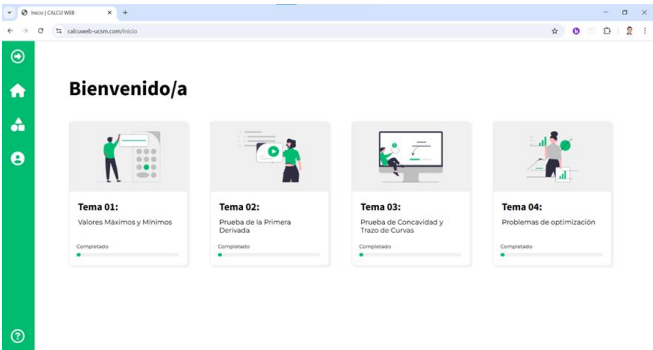


Fig. 6: Panel Principal del Estudiante

En la fig. 7 se aprecia la sección de contenidos educativos de la plataforma web, donde los temas de cálculo diferencial están organizados en un formato desplegable. Cada tema contiene explicaciones detalladas y materiales complementarios, lo que facilita el acceso a la información y refuerza el aprendizaje. Esta estructura está alineada con la metodología de clase invertida y aprendizaje basado en retos.

Al desplegar un tema (ver fig. 8) se observa el detalle de un tema específico dentro de la sección de contenidos de la plataforma. En esta pantalla se puede observar la organización interna del tema, que incluye un video explicativo, ejercicios guiados y desafíos propuestos al estudiante. Esta estructura permite acceder de manera secuencial a los recursos de aprendizaje y a las actividades prácticas asociadas al tema, facilitando el estudio progresivo y la aplicación de los conceptos de cálculo diferencial. La disposición en formato desplegable mejora la navegación y permite al estudiante identificar claramente cada componente del proceso de aprendizaje.

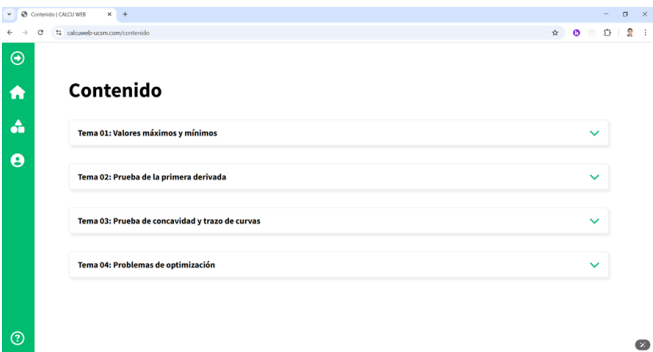


Fig. 7: Vista de Contenidos Educativos

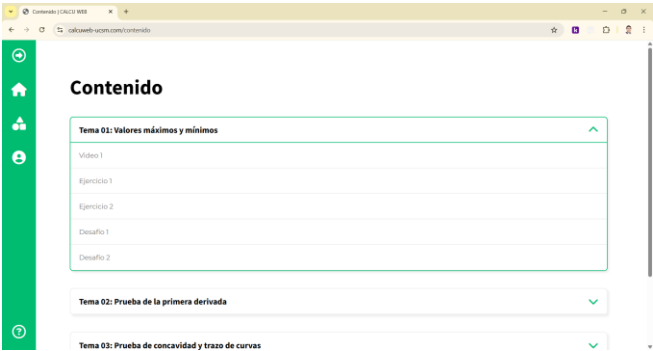


Fig. 8: Detalle de un Tema en la Sección de Contenidos

A continuación, se aprecia en la fig. 9, la vista del video correspondiente a un tema específico del curso. En este espacio, el estudiante accede a la explicación desarrollada por el docente mediante una pizarra virtual, donde se presentan los conceptos y se resuelven uno o dos ejemplos representativos. Este recurso constituye el punto de partida del aprendizaje, ya que introduce el contenido y establece la base conceptual necesaria para abordar los ejercicios posteriores.

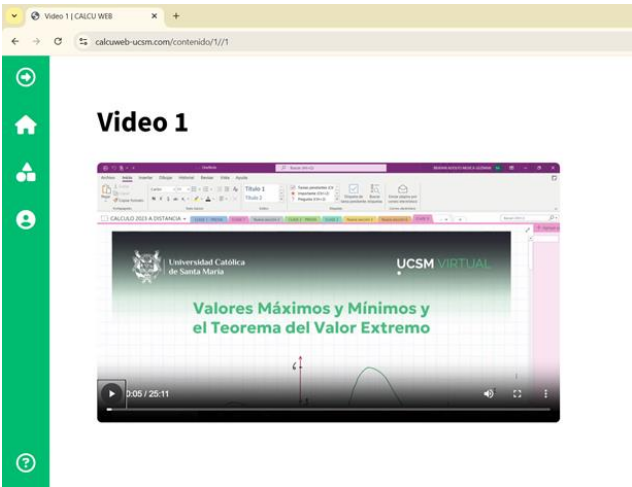


Fig. 9: Video explicativo del tema

Luego, en la fig. 10 se presenta la interfaz del ejercicio guiado, donde el estudiante va resolviendo el problema mediante una secuencia de preguntas. Cada paso está diseñado para reforzar la estructura del procedimiento de solución, permitiendo que el estudiante avance de forma progresiva y reflexiva. Esta sección busca consolidar lo explicado en el video mediante la práctica estructurada.

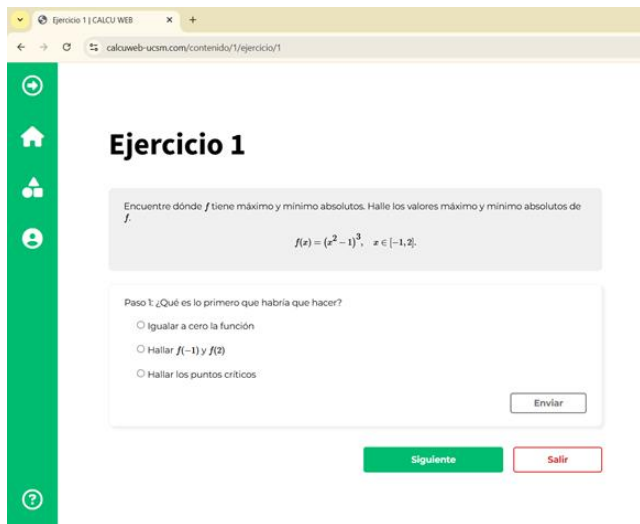


Fig. 10: Ejercicio guiado paso a paso

Después, se presenta la retroalimentación que recibe el estudiante cuando selecciona una alternativa incorrecta en alguna de las preguntas del ejercicio (ver fig. 11). La plataforma muestra automáticamente un fragmento del video explicativo donde se aborda específicamente el concepto relacionado con el error, permitiendo al estudiante corregir su comprensión antes de continuar con el siguiente paso.

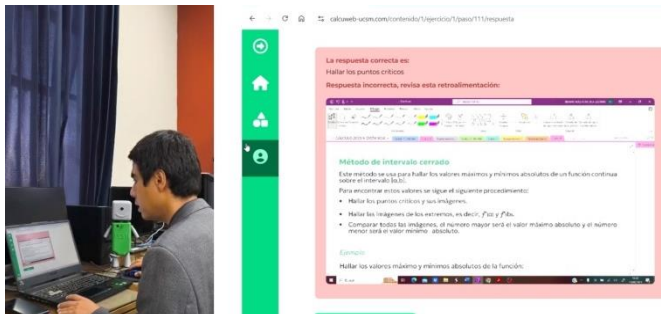


Figura 11. Retroalimentación ante una respuesta incorrecta en el ejercicio

Posteriormente se muestra la sección de desafíos (ver fig. 12), donde el estudiante debe resolver un ejercicio de manera autónoma, generalmente en una hoja aparte, y luego seleccionar la alternativa correcta en la plataforma. Esta actividad está orientada a evaluar la capacidad del estudiante para aplicar los procedimientos aprendidos sin la guía paso a paso, promoviendo un trabajo más independiente.

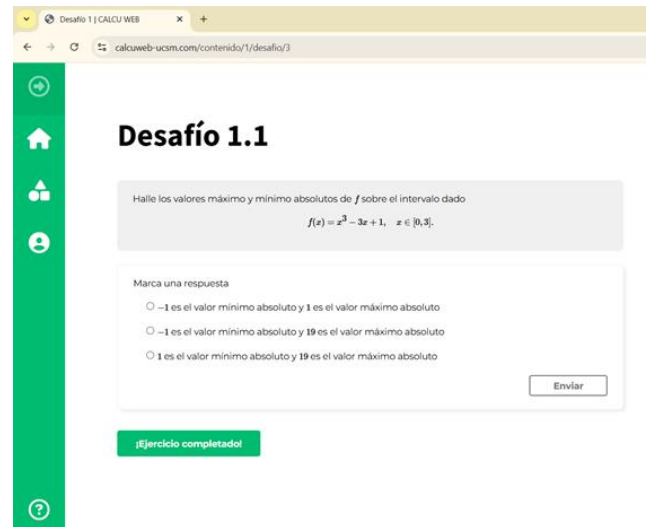


Figura 12: Desafío de resolución autónoma

Finalmente, en la fig. 13 se presenta la retroalimentación correspondiente al desafío cuando el estudiante no logra seleccionar la respuesta correcta. En este caso, la plataforma muestra la solución del ejercicio explicada mediante un video, lo que permite al estudiante revisar el procedimiento completo y comprender el error cometido, reforzando así el aprendizaje a partir de la corrección.

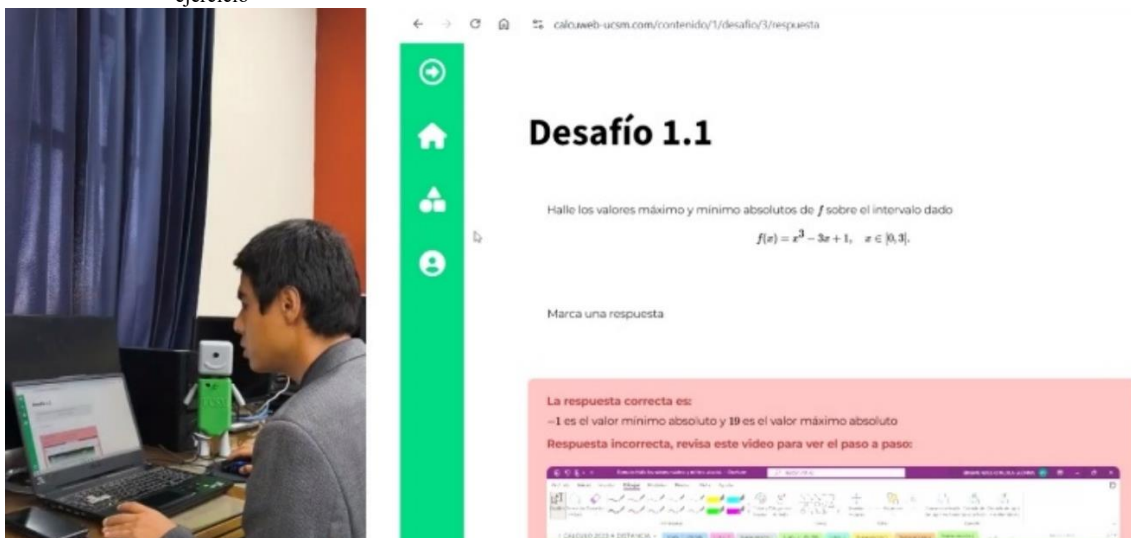


Figura 13: Retroalimentación del desafío

En conjunto, se ilustró el funcionamiento integral de la plataforma, desde la presentación de los contenidos mediante videos explicativos, pasando por los ejercicios guiados con retroalimentación inmediata y los desafíos de aplicación autónoma, hasta las opciones de gestión del perfil del usuario. Esta secuencia de capturas de pantalla evidencia una organización estructurada del proceso de aprendizaje, en la que el estudiante avanza progresivamente desde la comprensión conceptual hasta la aplicación de los procedimientos, mientras el sistema proporciona apoyo y refuerzo continuo. Asimismo, se muestra cómo la plataforma integra de manera coherente los recursos pedagógicos y las herramientas de gestión, ofreciendo un entorno unificado para el desarrollo del curso de Cálculo Diferencial.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados fueron procesados según su usabilidad del sistema y motivación de los estudiantes, para tal se procesaron los cuestionarios que evidencian el impacto que general el sistema en el proceso del curso de cálculo diferencial.

El SUS (System Usability Scale), es un instrumento usado para medir la usabilidad que se percibe en los sistemas interactivos. Este instrumento este compuesto por 10 preguntas de la encuesta con escala Likert de cinco puntos, las preguntas deben ser alternadas en afirmaciones positivas o contrapuestas.

Al aplicar el proceso a 53 participantes se generó los siguientes resultados (ver Tabla I)

TABLA I
RESULTADOS DE LA ENCUESTA SUS

Métrica	Valor
N (participantes)	53
Puntaje promedio SUS	76.41
Desviación estándar	9.97
Puntaje mínimo	55
Puntaje máximo	95
N (participantes)	53

En la tabla I, el puntaje promedio es de 76.41, se ubica en la escala como bueno, eso da a entender que es fácil de usar, es intuitiva y estructurada para la mayoría de los estudiantes, además se aprecia que su desviación estándar es 9.97, dando a entender que su dispersión es moderada, evidenciando que no existe percepción negativa significativa al no llegar un puntaje menor de 55.

Luego se aplicó el Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM), como se aprecia en la tabla II, se evidencia la aceptación de la plataforma web, con sus dimensiones propuestas. La dimensión de percepción obtuvo un promedio 3.93, da entender que los estudiantes reconocen

el potencial de usar una plataforma que permite cambiar las estrategias de enseñanza tradicional. Con respecto a la facilidad de uso su promedio es de 4.23, esto resalta que fue una experiencia intuitiva que no pierde la motivación en seguir en el proceso de aprendizaje. Luego, la dimensión de la actitud al uso del sistema tuvo un promedio de 4.16, eso refleja la disposición que tiene los estudiantes en usar una plataforma que complementa su formación. Finalmente, la intención de uso futuro tiene el más alto promedio con 4.35, eso demuestra que si hay interés por parte del estudiante de usar la plataforma web para el curso de cálculo diferencial.

TABLA II
RESULTADOS DE LA ENCUESTA TAM APLICADOS AL SISTEMA INTEGRADO

Dimensión	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Percepción de utilidad	3.93	0.84	1	5
Facilidad de uso percibida	4.23	0.78	1	5
Actitud hacia el uso del sistema	4.16	0.81	2	5
Intención de uso futura	4.35	0.88	1	5

Además, la aceptación y valoración del proyecto por parte de los encuestados indica que hay una demanda de soluciones educativas tecnológicas como sucede para el curso de cálculo diferencial. Esto podría impulsar el desarrollo de nuevas plataformas interactivos y tecnológicos para la educación en otras disciplinas.

Finalmente, se aplicó la prueba T para saber si las muestras están relacionadas y si fue suficientemente sólida. En la tabla III se aprecia que la media paso de 4.60 a 8.24, dando entender que duplicó el puntaje. Luego al calcular la desviación estándar se aprecia que subió de 4.3 a 5.8, esto se refiere que se aprovechó la plataforma web para aprender calculo, además se calculó el P, siendo P- valor <0.001, esto confirma que el aprendizaje no fue de casualidad y al calcular el tamaño del efecto, su valor es 0.71; afirmando que el cambio es notable y practico que ayuda en la vida real de los estudiantes.

TABLA III
RESULTADOS DE T STUDENT

Métrica	Pretest	Posttest
Media	4.60	8.24
Desviación estándar	4.31	5.86
Mediana	3.75	9.25
Nota Máxima	14.50	19.50

En términos de la superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU), recomienda

mejorar los sílabos cada año, permitiendo el ciclo de mejora continua entre las diferentes escuelas profesionales [22]. Además, recomienda la implementación de herramientas tecnológicas en las aulas, para mejorar significativamente la educación, fomentando un mayor compromiso y responsabilidad en los estudiantes [21].

Igual que [13], los resultados al emplear el instrumento SUS son positivos, eso refleja que la plataforma facilitó la interacción del estudiante con los contenidos de la fase, contribuyendo al proceso de aprendizaje de Cálculo. Por el lado de la motivación, el instrumento TAM mostró altos niveles de interés porque valoran la facilidad de uso, la interactividad del entorno y la experiencia distinta que supuso la presencia de estas herramientas digitales.

En este sentido, la combinación de recursos audiovisuales, práctica guiada y retroalimentación inmediata no solo mejora la experiencia del usuario, sino que también favorece la comprensión conceptual y la aplicación de los contenidos, superando las limitaciones de enfoques tradicionales centrados en la exposición pasiva.

Al igual que la investigación [17], se concluye que, utilizando una metodología de enseñanza como el aprendizaje basado en problemas hacia los estudiantes universitarios, permitió fomentar el pensamiento creativo para los futuros ingenieros.

Finalmente se presenta la tabla IV donde se detalla las diferencias con otras investigaciones.

TABLA IV COMPARATIVA DE PROPUESTAS			
Dimensión	Investigación de [24]	Investigación de [25]	Propuesta de investigación
Enfoque principal	Retroalimentación interactiva paso a paso en matemáticas	Laboratorio virtual para desarrollo de habilidades prácticas en ciberseguridad	Aprendizaje integral de cálculo diferencial con recursos interactivos y retroalimentación
Tipo de recurso	Entorno digital con evaluación automática	Plataforma de laboratorio remoto en la nube	Plataforma web + robot tutor físico
Retroalimentación	Interactiva y progresiva (guía al estudiante)	Limitada, enfocada en resultados de actividades	Retroalimentación automática en tiempo real
Recursos de aprendizaje	Ejercicios y problemas de matemática	Entonos prácticos simulados	Videos explicativos, ejercicios guiados y desafíos prácticos
Monitoreo del estudiante	Basado en resultados académicos	Seguimiento de interacción con el sistema	Monitoreo en tiempo real de atención mediante visión computacional
Componente emocional/motivacional	No considerado	Se aplico la encuesta TAM para evaluar la intención de uso futuro y la satisfacción del estudiante	Se realizaron encuestas para medir la aceptación del sistema (TAM), experiencia de usuario (SUS) y motivación del estudiante con respecto al curso (MSLQ)
Interacción estudiante-sistema	Digital e interactiva	Digital (simulación de entornos)	Multimodal: digital + física (robot)
Adaptación al contexto educativo	General (educación secundaria)	Educación superior técnica	Específica: estudiantes de Ingeniería de Sistemas en cálculo diferencial
Impacto en aprendizaje	Mejora en desempeño con retroalimentación interactivo	Alta aceptación tecnológica (TAM/UTAUT)	Mejora significativa en rendimiento (pretest–postest) + motivación
Diferenciador clave	Retroalimentación como proceso interactivo	Simulación de entornos virtuales en ciberseguridad	Integración de aprendizaje cognitivo + monitoreo atencional + apoyo emocional

IX. CONCLUSIÓN Y TRABAJO FUTURO

En la presente investigación se logró validar la plataforma web de manera funcional y pedagógica, permitiendo garantizar el funcionamiento estable y adecuada para la enseñanza de la asignatura de calculo diferencial. La

motivación de los estudiantes al utilizar una plataforma, evidencia la mejorar de la enseñanza y aprendizaje en entornos universitarios, eso se debe a que la plataforma web presenta módulos estructurados, con recursos audiovisuales, ejercicios interactivos, retroalimentación automática y desafíos prácticos que ofrecen un entorno de aprendizaje mas

flexible y dinámico para reforzar su estudio de manera autónoma. Al analizar las encuestas respectivas con SUS se comprobó que la plataforma web es percibida fácil de usar, para favorecer el aprendizaje más autónomo, teniendo un promedio de 76.41 de 100. Adicionalmente, con el modelo TAM se logró comprobar que los estudiantes aceptaban la tecnología como un medio para fortalecer sus conocimientos de la asignatura, su resultado fue 4.23 de 5.

Se espera, continuar con la investigación para lograr integrar un robot tutor que permita motivar a los estudiantes tanto en sus logros como en sus fracasos en la plataforma web, esto logrará disminuir la frustración y/u orientar a los estudiantes ser perseverante en la vida universitaria.

RECONOCIMIENTO

Expresar nuestro sincero agradecimiento al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Católica de Santa María por proporcionarnos el financiamiento mediante resolución Nro. 31667-R-2025, que ha sido de gran ayuda en la elaboración de este documento científico.

REFERENCIAS

- [1] Y. Sun and X. Xu, *The Development of Personal Learning Environments in Higher Education: Promoting Culturally Responsive Teaching and Learner Autonomy*. New York, NY, USA: Routledge, 2024. doi: 10.4324/9781003285243.
- [2] A. Kumar et al., "Blended learning tools and practices: A comprehensive analysis," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 85151–85197, 2021. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3085844.
- [3] A. S. Cornejo Paredes, A. Acuña Ramírez, B. Cueva Medina, A. Paja-Medina, J. Esquicha-Tejada, and J. Sulla-Torres, "Mobile application that integrates challenge-based learning with a chatbot to encourage innovation in university students," *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, vol. 18, no. 3, pp. 363–380, Jan. 2024. doi: 10.1504/IJML.2024.139718.
- [4] S. Hwang, E. Flavin, and J. E. Lee, "Exploring research trends of technology use in mathematics education: A scoping review using topic modeling," *Education and Information Technologies*, vol. 28, no. 8, pp. 10753–10780, 2023.
- [5] M. J. N. Mendezabal and D. J. C. Tindowen, "Improving students' attitude, conceptual understanding and procedural skills in differential calculus through microsoft mathematics," *J. Technol. Sci. Educ.*, vol. 8, no. 4, pp. 385–397, 2018. doi: 10.3926/jotse.356.
- [6] Oficina de Medición de la Calidad de los Aprendizajes (UMC–MINEDU), *El Perú en PISA 2022: Informe nacional de resultados*, 2024.
- [7] A. Baisley and V. D. Adams, "The effects of Calculus I on engineering student persistence," in *Proc. 2019 ASEE Annu. Conf. Expo.*, Tampa, FL, USA, Jun. 2019. doi: 10.18260/1-2--33386.
- [8] C. L. Dumalaog, L. M. B. Same, E. M. Adina, E. D. Dimaunahan, and C. R. V. Delos Reyes, "Predicting final grades in differential calculus using pre-college profile and ALeKS grades via artificial neural network," in **2025 16th Int. Conf. E-Educ., E-Bus., E-Manag. E-Learn. (IC4e)**, 2025, pp. 407–411. doi: 10.1109/IC4e65071.2025.11075402.
- [9] A. Dominguez, "Teaching dynamics to enhance critical thinking and knowledge socialization in the mathematics classroom," *Front. Educ.*, vol. 9, Art. no. 1388720, Aug. 2024. doi: 10.3389/educ.2024.1388720.
- [10] S. Barragán, O. Aya, and C. Soto, "Mathematical modelling, integrated STEM education and quality of education for linear algebra and vector calculus courses," *Math. Teach. Res. J.*, vol. 15, no. 4, pp. 136–163, 2023.
- [11] A. Cuadra, "Students' understanding of partial derivatives through the lens of math literacy," Ph.D. dissertation, Purdue Univ., West Lafayette, IN, USA, 2025.
- [12] T. Rashid and H. M. Asghar, "Technology use, self-directed learning, student engagement and academic performance: Examining the interrelations," *Comput. Hum. Behav.*, vol. 63, pp. 604–612, Oct. 2016. doi: 10.1016/j.chb.2016.05.084.
- [13] M. T. López-Díaz and M. Peña, "Improving calculus curriculum in engineering degrees: Implementation of technological applications," *Mathematics*, vol. 10, no. 3, Art. no. 341, Jan. 2022. doi: 10.3390/math10030341.
- [14] A. R. Drozdikova-Zaripova and E. G. Sabirova, "Usage of digital educational resources in teaching students with application of 'flipped classroom' technology," *Contemp. Educ. Technol.*, vol. 12, no. 2, Art. no. ep278, Oct. 2020. doi: 10.30935/cedtech/8582.
- [15] Q. D. Pham et al., "Detachable Web-Based Learning Framework to Overcome Immature ICT Infrastructure Toward Smart Education," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 34951–34961, 2021.
- [16] B. G. Hidalgo, L. A. Rivera, and R. S. Delgadillo, "Integration of learning management system technology and social networking sites in the e-learning mode," *Computers in Education Journal*, vol. 10, no. 2, 2019.
- [17] L. F. Nevárez Jiménez et al., "Aplicación del aprendizaje basado en problemas en la educación superior en la enseñanza de matemáticas: una estrategia innovadora para enfrentar los desafíos académicos y fomentar el pensamiento crítico," *Revista Social Fronteriza*, vol. 5, no. 1, Art. no. e-586, Jan. 2025, doi: 10.59814/resofro.2025.5(1)586.
- [18] R. Alarcón, M. Pérez, and J. Vargas, "Aplicaciones de la derivada mediante un aprendizaje basado en proyectos: un estudio en el bachillerato," *Formación Universitaria*, vol. 17, no. 1, pp. 61–72, 2024, doi: 10.4067/S0718-50062024000100061.
- [19] C. G. Rodríguez Borges et al., "Aprendizaje Basado en Retos como estrategia enseñanza-aprendizaje de la asignatura resistencia de los materiales," *Dominio de las Ciencias*, vol. 7, no. 3, pp. 82–97, 2021.
- [20] C. Guichaoua, J. L. Besada, E. Bisesi, and M. Andreatta, "The Tonnetz environment: A web platform for computer-aided 'mathemusical' learning and research," in *Proc. 13th Int. Conf. Comput. Supported Educ. (CSEDU)*, 2021, vol. 1, pp. 680–689.
- [21] A. R. Melchor Giraldo, M. A. Morales Sanchez, F. Sierra-Liñan, and S. D. Moquillaza Henríquez, "Analysis of virtual classrooms in the education sector: A systematic review of literature," in *Proc. 5th LACCEI Int. Multiconf. Entrep., Innov. Reg. Dev. (LEIRD)*, Cartagena, Colombia, Dec. 2025, Art. no. 345. doi: 10.18687/LEIRD2025.1.1.345.
- [22] W. Coronado Farroñán, C. Pérez Najera, A. Sime Marques, Y. M. López Cuadra, E. R. Tuesta Torres, J. K. Salazar Fernández, and G. L. Castro Ijiri, "Enhancing mathematics education in engineering schools: Didactic strategies for effective development," in **Proc. 22nd LACCEI Int. Multi-Conf. Eng., Educ. Technol. (LACCEI)**, San José, Costa Rica, Jul. 2024, Art. no. 411. doi: 10.18687/LACCEI2024.1.1.411.
- [23] J. Esquicha-Tejada, A. Cornejo-Paredes, C. Cuya-Zevallos, E. Portilla-Vilca, J. Angulo-Osorio, A. Montesinos-Murillo, and C. Sapaico-del-Castillo, "Cultivating Creativity: A Journey in the Fundamentals of Information Technology Infrastructure Course," in *Proc. 22nd LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: Sustainable Engineering for a Diverse, Equitable, and Inclusive Future at the Service of Education, Research, and Industry for a Society 5.0*, San Jose, Costa Rica, Jul. 17-19, 2024. doi: 10.18687/LACCEI2024.1.1.1000.
- [24] A. Barana, M. Marchisio, and M. Sacchet, "Interactive Feedback for Learning Mathematics in a Digital Learning Environment," *Educ. Sci.*, vol. 11, no. 6, p. 279, Jun. 2021, doi: 10.3390/educsci11060279.
- [25] A. Robles-Gómez, L. Tobarra, R. Pastor-Vargas, R. Hernández, and J. Cano, "Emulating and Evaluating Virtual Remote Laboratories for Cybersecurity," *Sensors*, vol. 20, no. 11, p. 3011, May 2020, doi: 10.3390/s20113011.