

UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU SANTO

FACULTAD DE ARTES LIBERALES Y EDUCACIÓN

PRODUCCIONES VISUALES INTERACTIVAS COMO ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN ALTERNATIVA EN MATEMÁTICA EN BACHILLERATO

TRABAJO DE TITULACIÓN QUE SE PRESENTA COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

JEAN PIERRE GIRALDO APONTE

ISAAC CAICEDO

SAMBORONDÓN, 05 DE OCTUBRE 2025

Resumen

El estudio tuvo como objetivo analizar el uso de producciones visuales interactivas como estrategia de evaluación alternativa para evidenciar la comprensión de contenidos matemáticos en estudiantes de bachillerato. Se aplicó un diseño cuasi-experimental con pretest y postest en dos paralelos de tercero de bachillerato, asignando uno a condición experimental (producción interactiva en Desmos y GeoGebra) y otro a condición control (tarea tradicional). Los instrumentos utilizados fueron la Prueba de Comprensión Básica (PCB), la Rúbrica Analítica de Productos (RPI) y el Cuestionario de Experiencia y Motivación (CEM). Los resultados mostraron mejoras significativas en el grupo experimental respecto al control, con desempeños sólidos en representación y comunicación técnica, aunque con debilidades en justificación. Asimismo, se evidenció un alto interés y utilidad percibida, junto con una carga cognitiva moderada. En conclusión, la estrategia demostró ser pedagógicamente viable y con potencial formativo para fortalecer tanto el aprendizaje conceptual como la motivación estudiantil.

Palabras clave: evaluación alternativa; producciones visuales interactivas; GeoGebra; Desmos; comprensión matemática; motivación estudiantil.

Abstract

The study aimed to analyze the use of interactive visual productions as an alternative assessment strategy to reveal high school students' understanding of mathematical content. A quasi-experimental design with pretest and posttest was applied in two third-year classes, assigning one to the experimental condition (interactive production in Desmos and GeoGebra) and the other to the control condition (traditional task). The instruments used were the Basic Comprehension Test (PCB), the Analytical Rubric of Products (RPI), and the Experience and Motivation Questionnaire (CEM). Results showed significant improvements in the experimental group compared to the control, with strong performance in representation and technical communication, although with weaknesses in justification. Likewise, students reported high interest and perceived usefulness, together with a moderate cognitive load. In conclusion, the strategy proved pedagogically viable and formative, with potential to strengthen both conceptual learning and student motivation in the mathematics classroom.

Keywords: alternative assessment; interactive visual productions; GeoGebra; Desmos; mathematical understanding; student motivation.

Introducción

En la evaluación del aprendizaje matemático en bachillerato predomina el uso de ejercicios cerrados centrados en la repetición algorítmica, con escaso espacio para la expresión conceptual, la visualización estructural o la creatividad del estudiante. Tal predominio ha sido cuestionado en la literatura, que advierte que este enfoque limita la visibilización auténtica del pensamiento matemático y debilita la motivación de los estudiantes hacia la asignatura (Brookhart, 2013), (Jonsson, Svingby, 2007). Frente a ello, se han propuesto enfoques de evaluación alternativa orientados a valorar no solo la respuesta final, sino también los procesos de representación, argumentación y comunicación matemática, en coherencia con la idea de evaluación auténtica (Zambrano, Alarcón, 2024).

En este marco, la integración de herramientas digitales como Desmos o GeoGebra ha mostrado un potencial particular para articular lo algebraico, lo visual y lo numérico en la construcción de significados. Investigaciones recientes han evidenciado que el uso de estas plataformas favorece la comprensión estructural de las funciones y el tránsito de un trabajo mecánico hacia uno más reflexivo y exploratorio. Así lo demuestran, por ejemplo, Cox Figueroa et al. (2023), al documentar avances en el aprendizaje funcional mediante tareas con Desmos, y experiencias latinoamericanas que destacan mejoras de rendimiento y motivación al trabajar con GeoGebra en geometría y cálculo (Choco et al., 2024), (Barragán, 2024).

El presente estudio se delimita al diseño y validación preliminar de una estrategia de evaluación alternativa basada en la construcción de producciones visuales interactivas mediante dichas herramientas. Estas producciones se fundamentan en el uso consciente de funciones matemáticas, transformaciones gráficas y relaciones geométricas, orientadas a representar ideas o composiciones significativas elaboradas por el estudiante.

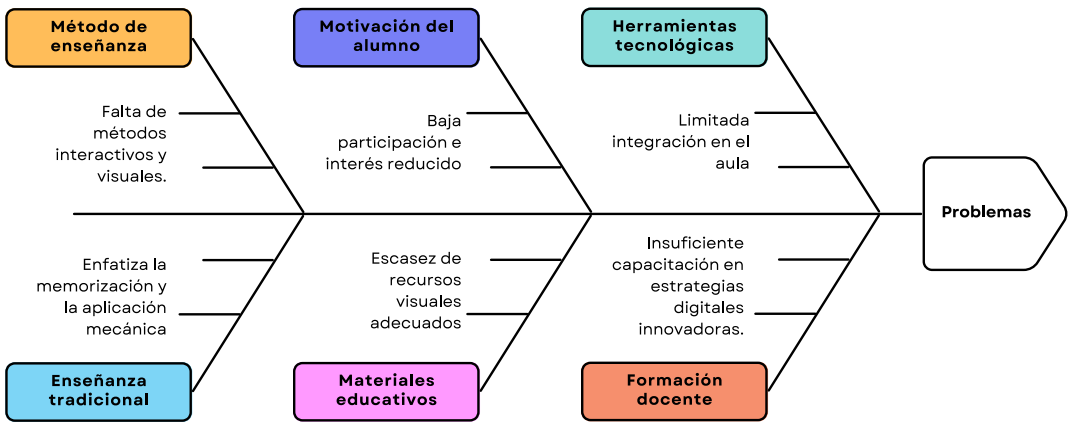
La propuesta se dirige a estudiantes de bachillerato entre 14 y 17 años y abarca contenidos de álgebra, funciones y geometría. El análisis se centra en la capacidad de estas producciones para evidenciar comprensión conceptual y en su impacto motivacional como forma alternativa de evaluación. Con ello se busca responder al objetivo general de explorar la pertinencia y viabilidad pedagógica de esta estrategia en contextos escolares, aportando evidencia empírica que dialogue con los referentes teóricos y con experiencias previas en educación matemática.

Técnicas para el análisis del problema:

- Espina de pescado:

Figura 1

Diagrama de espina de pescado



Nota: Análisis de problemas encontrados respecto a la enseñanza y evaluación de las matemáticas en el bachillerato

Planteamiento del problema

Preguntas de investigación

1. ¿Cómo se expresa la comprensión de contenidos matemáticos a través de producciones visuales interactivas diseñadas por estudiantes de bachillerato?
2. ¿Qué elementos del pensamiento matemático emergen mediante el uso de Desmos o GeoGebra como herramienta evaluativa alternativa?
3. ¿Qué dificultades y estrategias se evidencian durante la construcción de dichas producciones?

Objetivos:

General:

- Analizar el uso de producciones visuales interactivas como estrategia de evaluación alternativa para evidenciar la comprensión de contenidos matemáticos en estudiantes de bachillerato.

Específicos:

- Diseñar e implementar una tarea de evaluación alternativa basada en producciones visuales interactivas mediante Desmos o GeoGebra.
- Recolectar y categorizar las producciones elaboradas por los estudiantes, identificando los conceptos matemáticos utilizados.
- Interpretar las estrategias, dificultades y niveles de comprensión matemática expresados en las construcciones visuales.

- Valorar la viabilidad pedagógica y el potencial formativo de esta estrategia en el contexto de la enseñanza de la matemática.

Hipótesis

La implementación de una estrategia de evaluación alternativa basada en producciones visuales interactivas mediante Desmos y GeoGebra favorecerá en los estudiantes de bachillerato una comprensión estructural más profunda de conceptos algebraicos, funcionales y geométricos, al integrar representaciones gráficas y relaciones matemáticas significativas.

Se espera además que el carácter visual, creativo y exploratorio de estas producciones promueva un mayor compromiso y una actitud más favorable hacia el aprendizaje de la matemática, en contraste con las experiencias evaluativas tradicionales, lo que se reflejará en las producciones, reflexiones y respuestas recogidas durante el proceso..

Revisión de literatura

Antecedentes

Las herramientas gráfico-visuales interactivas tienen un impacto significativo en el aprendizaje de las matemáticas, especialmente cuando se emplean con fines evaluativos o exploratorios. En investigaciones desarrolladas en Latinoamérica, como la de Choco et al. (2024), se documentó que el uso de GeoGebra en la enseñanza de áreas y perímetros mejoró tanto el rendimiento académico como la motivación intrínseca de los estudiantes. De forma similar, Cox Figueroa et al. (2023) observaron que Desmos, al integrar representación gráfica, simbólica y numérica, permitió un avance del 14,1 % en el aprendizaje de funciones exponenciales en estudiantes universitarios.

Otros trabajos han evidenciado que estas herramientas tecnológicas facilitan la comprensión estructural de conceptos complejos. Barragán (2024) encontró que el uso de GeoGebra en cálculo diferencial fortaleció la conexión entre la noción algebraica y la visual de la derivada. Gutiérrez et al. (2017), por su parte, desarrollaron un Objeto Virtual de Aprendizaje para superar dificultades en álgebra y reportaron que la animación de conceptos potencia la comprensión conceptual.

Desde una mirada transversal, Monroy Andrade (2024) revisó investigaciones sobre visualización matemática en procesos de modelación y concluyó que estas herramientas deben emplearse como medios para activar procesos de reflexión, no solo como apoyo gráfico.

En cuanto a sus efectos actitudinales, Murphy (2016) señala que el uso de tecnología matemática reduce la ansiedad, fomenta la precisión y promueve una actitud activa hacia el aprendizaje, todos ellos factores fundamentales para una evaluación auténtica.

En síntesis, la literatura reciente muestra que las producciones visuales interactivas, diseñadas por los propios estudiantes a partir de recursos como GeoGebra y Desmos, pueden generar beneficios cognitivos y actitudinales simultáneamente, enmarcándose dentro de un enfoque alternativo de evaluación que supera la repetición mecánica y promueve la construcción activa del conocimiento.

Marco teórico

Evaluación alternativa en matemática. La evaluación alternativa en matemática se refiere a enfoques de evaluación centrados en el aprendizaje y en competencias, en contraste con la evaluación tradicional exclusivamente sumativa. Una forma destacada es la evaluación auténtica, definida como una evaluación “para el aprendizaje”, realizada a

través de tareas del mundo real que requieren que los estudiantes apliquen sus conocimientos y habilidades (Zambrano, Alarcón, 2024).

Ciertos estudios recientes como el realizado por (Zambrano, Alarcón, 2024) en bachillerato evidencian sus ventajas: por ejemplo, en Montecristi (Ecuador) se halló que los docentes que emplean estrategias auténticas (trabajos grupales, rúbricas, exposiciones, etc.) permiten a los estudiantes adquirir conocimientos de forma independiente y aplicarlos dentro y fuera del aula (Zambrano, Alarcón, 2024). Los expertos señalan que este tipo de evaluación pone menos énfasis en la repetición memorística y más en lo que el estudiante sabe hacer, crear, construir o argumentar, fomentando destrezas y pensamiento crítico (Zambrano, Alarcón, 2024)

Asimismo, la literatura señala que la evaluación alternativa (incluyendo la evaluación formativa continua) favorece el desarrollo de competencias matemáticas de manera proactiva y motivadora (Farfán, Delgado, 2025). Una revisión teórica concluye que la evaluación formativa, concebida como un proceso de mejora continua del aprendizaje, consolida esencialmente las competencias matemáticas en estudiantes, al brindar retroalimentación constante y promover una participación activa del alumno en su progreso (Farfán, Delgado, 2025). Incluso a nivel universitario, se ha observado que la evaluación alternativa aporta “grandes beneficios en la formación de profesionales con capacidad creadora, innovadora, crítica y analítica”, al involucrar al estudiante como agente activo (autoevaluación, coevaluación) en su proceso de aprendizaje (Balbi et al., 2024).

En suma, la evaluación alternativa en matemática se alinea con enfoques pedagógicos centrados en el estudiante, enfatizando la evaluación como herramienta

formativa para el aprendizaje significativo en vez de solo una medida final del rendimiento.

Herramientas gráfico-visuales interactivas. Las herramientas gráfico-visuales interactivas constituyen un recurso didáctico clave en la enseñanza moderna de las matemáticas. GeoGebra es un software matemático dinámico de código abierto que integra de forma interactiva la geometría, el álgebra y el cálculo en todos los niveles educativos (Ordóñez et al., 2022). Permite a los estudiantes manipular construcciones geométricas y visualizar instantáneamente sus representaciones algebraicas, facilitando un acercamiento experimental a conceptos abstractos.

De hecho, en entornos de geometría dinámica como GeoGebra, el usuario puede "asir" y arrastrar elementos de una figura en pantalla, provocando cambios en la figura, pero manteniendo las relaciones geométricas definidas; esta capacidad de exploración activa convierte a la geometría dinámica en una potente herramienta didáctica que permite descubrir y comprobar propiedades matemáticas mediante la manipulación directa (Castillo, 2008).

Numerosos estudios reportan beneficios concretos del uso de GeoGebra: mejora el rendimiento en matemáticas (Ordóñez et al., 2022), diversifica las estrategias de enseñanza y contribuye a la comprensión profunda de conceptos complejos mediante simulaciones y visualizaciones (Asqui, 2024).

Por su parte, Desmos es una plataforma gratuita de calculadora gráfica en línea, ampliamente utilizada en la educación bachillerato. Desmos destaca por su accesibilidad y facilidad de uso, ofreciendo ventajas claras como herramienta didáctica para introducir

y practicar funciones y gráficas (González, 2020). Esta plataforma permite a docentes y estudiantes crear actividades interactivas: graficar funciones en tiempo real, manipular parámetros mediante deslizadores y observar instantáneamente cómo cambian las curvas, lo que favorece la experimentación y el aprendizaje activo de tópicos de álgebra y análisis.

En su trabajo, González (2020) subraya que "Desmos es una calculadora gráfica con claras ventajas para su uso como herramienta didáctica en las aulas de bachillerato", posibilitando que el profesorado diseñe actividades dinámicas para la enseñanza de funciones.

Tanto GeoGebra como Desmos comparten la característica de ser altamente interactivas e intuitivas, potenciando la visualización matemática y la exploración autónoma por parte del estudiante. Investigaciones señalan que estos softwares contribuyen a un aprendizaje más significativo, al conectar múltiples representaciones (gráficas, numéricas, algebraicas) de un mismo objeto matemático y fomentar la indagación y el descubrimiento guiado (Guerrido et al., 2025). El estudio de Cox et al. (2023) mostró que el uso de Desmos en la enseñanza de funciones exponenciales produjo un incremento significativo en el rendimiento académico.

En síntesis, GeoGebra y Desmos ejemplifican las herramientas gráfico-visuales interactivas más reconocidas en educación matemática, respaldadas por evidencia que muestra su eficacia para enriquecer la comprensión conceptual y la motivación de los estudiantes en diversos contenidos (geometría, funciones, estadística, etc.). Su uso, acompañado de una adecuada integración curricular, promueve ambientes de aprendizaje más dinámicos, participativos y centrados en el alumno.

Comprensión conceptual en matemática. La comprensión conceptual en matemática se refiere al entendimiento profundo de los conceptos, principios y relaciones matemáticas, en contraposición a la mera memorización de procedimientos. En términos generales, implica que el estudiante sea capaz de representar un mismo objeto o idea matemática de múltiples formas y reconocer sus distintas interpretaciones (Godino et al., 2017).

De acuerdo con estos autores, "comprender un concepto consiste en ser capaz de representarlo de diferentes formas", lo cual incluye poder explicarlo en lenguaje natural, aplicarlo en la resolución de problemas y conectarlo con otros conocimientos previos (Godino et al., 2017). Esto sugiere que a medida que los estudiantes desarrollan mejores comprensiones conceptuales, pueden abordar procesos de mayor complejidad, establecer conexiones entre distintos temas matemáticos y argumentar o justificar ideas con mayor solvencia.

En la educación matemática actual, la comprensión conceptual se valora como un objetivo central porque se asocia con aprendizajes más significativos y transferibles. Por ejemplo, comprender el concepto de función no es solo saber usar una fórmula, sino entender las relaciones entre variables, las representaciones gráficas, algebraica y tabular, y su significado en contextos reales.

La literatura enfatiza que propiciar esta comprensión profunda requiere metodologías activas, uso de variados registros de representación y énfasis en el porqué detrás de los resultados. En este sentido, el uso de herramientas tecnológicas visuales ha demostrado ser muy beneficioso.

Una revisión narrativa de publicaciones recientes destaca que la visualización matemática es fundamental para mejorar la comprensión conceptual, ya que transforma ideas abstractas en experiencias concretas para el estudiante (Guerrido et al., 2025). Los resultados de dicha revisión revelan que la visualización "facilita la internalización de conceptos complejos, y potencia la conexión entre diferentes áreas matemáticas, promoviendo una comprensión relacional más sólida" (Guerrido et al., 2025). Recursos educativos como manipulativos virtuales y software especializado (por ejemplo, GeoGebra) permiten a los alumnos explorar dinámicamente relaciones matemáticas, reforzando la construcción de significado conceptual.

Por otro lado, la evaluación formativa contribuye también a la comprensión conceptual al centrar la retroalimentación en conceptos mal entendidos y alentar al estudiante a reflexionar sobre sus errores.

En resumen, lograr la comprensión conceptual en matemática implica fomentar que el estudiante construya un modelo mental coherente de los conceptos, más que aplicar mecánicamente reglas. Esto se logra mediante estrategias que integren múltiples representaciones, la resolución de problemas reales y la discusión matemática en el aula, apoyándose en recursos tecnológicos y prácticos que hagan visibles los conceptos. La investigación educativa coincide en que cultivar este tipo de comprensión profunda es clave para que el aprendizaje matemático sea duradero y significativo (Godino et al., 2017) y (Guerrido et al., 2025).

Motivación académica y visualización matemática. La motivación académica de los estudiantes es un factor determinante en el aprendizaje de la matemática. Tradicionalmente, muchos alumnos desarrollan actitudes negativas hacia esta asignatura,

considerándola difícil o poco atractiva, lo que reduce su involucramiento (Farfán, Delgado, 2025). Por ello, incrementar la motivación intrínseca, el interés y disfrute por aprender matemáticas, se ha vuelto un objetivo importante para educadores e investigadores.

Diversos enfoques metodológicos recientes buscan justamente motivar a los estudiantes mediante experiencias de aprendizaje más visuales, interactivas y lúdicas. La incorporación de herramientas digitales gráfico-visuales contribuye en este aspecto al hacer los contenidos más accesibles y atractivos.

Por ejemplo, la gamificación en matemática (con alumnos de nivel inicial y primaria) al introducir plataformas digitales lúdicas como Kahoot!, Classcraft o Prodigy, mejora significativamente la motivación intrínseca del grupo experimental, especialmente en la percepción de autonomía y competencia de los estudiantes (Villacís et al., 2025). Esta intervención gamificada también elevó los puntajes de rendimiento académico respecto al grupo control, demostrando la estrecha relación entre motivación y logro en matemáticas (Villacís et al., 2025). Los hallazgos de dicho estudio coinciden con otras investigaciones como la de Mera et al., (2025) que vinculan la gamificación y el uso de recursos digitales con un aprendizaje más activo y un mayor compromiso emocional del estudiante.

Asimismo, la visualización matemática, entendida como la capacidad de representar y manipular mentalmente conceptos matemáticos de forma visual o gráfica, tiene un efecto positivo tanto en la comprensión como en la motivación. Al utilizar recursos visuales (gráficas dinámicas, simulaciones, geometría interactiva), los alumnos

pueden “ver” las ideas abstractas cobrar forma, lo cual suele incrementar su curiosidad y disminuir la ansiedad matemática.

La revisión de Guerrido et al. (2025) resalta precisamente que la visualización puede “transformar positivamente la experiencia de aprendizaje matemático, tendiendo puentes entre la abstracción disciplinar y la experiencia concreta de los estudiantes”. En términos motivacionales, esto significa que el estudiante percibe la matemática como algo más cercano y entendible, aumentando su interés por participar.

De hecho, investigaciones en aula reportan que al usar software como Desmos o GeoGebra, los alumnos se muestran más enganchados y participativos, porque disfrutan explorando y descubriendo relaciones por sí mismos (aprendizaje activo) en lugar de solo seguir instrucciones pasivas (Valencia, 2025) y (Villacís et al., 2025).

Adicionalmente, la motivación académica está vinculada a factores socioemocionales: entornos interactivos y visuales pueden fortalecer la confianza del estudiante en sus capacidades (autoeficacia) al permitirle comprobar sus hipótesis y corregir errores de manera inmediata y menos amenazante.

En conclusión, motivar al estudiante en matemática requiere estrategias pedagógicas que consideren su necesidad de autonomía, dominio y propósito. El uso de herramientas digitales visuales, la gamificación y la creación de experiencias de aprendizaje más significativas resultan ser intervenciones eficaces para aumentar la motivación intrínseca, lo cual a su vez se refleja en mejoras en el desempeño académico y en una actitud más positiva hacia la matemática (Villacís et al., 2025).

La visualización matemática, por su parte, no solo facilita la comprensión (como se mencionó antes) sino que también actúa como puente para despertar el interés y el gusto por las matemáticas al hacerlas más tangibles y conectadas con la intuición del estudiante.

Marco pedagógico

El presente trabajo se sustenta en enfoques pedagógicos contemporáneos que promueven un aprendizaje activo, centrado en el estudiante, en concordancia con el uso de herramientas digitales y evaluaciones alternativas. Uno de los marcos teóricos primordiales es el constructivismo, que concibe al estudiante como protagonista en la construcción de su conocimiento a partir de la experiencia. De acuerdo con la literatura, Jean Piaget es representante del constructivismo cognitivo (enfatiza la adaptación mental del individuo mediante asimilación y acomodación), mientras que Lev Vygotsky encarna el constructivismo sociocultural, resaltando la importancia de la interacción social y las herramientas de mediación en el aprendizaje (Castillo, 2008).

Estas perspectivas han influido directamente en la educación matemática: desde la visión constructivista, aprender matemáticas implica que el alumno construya activamente significados y estructuras mentales, en lugar de recibir conocimientos de forma pasiva. En la práctica, esto se traduce en metodologías donde el docente actúa como facilitador o guía, brindando andamiajes (scaffolding) para que el estudiante explore, investigue y llegue a conclusiones por sí mismo.

El uso de herramientas digitales en el aula encaja naturalmente en este paradigma, pues dichas herramientas (pizarras digitales, software interactivo, etc.) actúan como artefactos

mediadores que amplían las posibilidades de exploración y colaboración, tal como lo sugiere la teoría de Vygotsky sobre los instrumentos psicológicos en el aprendizaje.

Seymour Papert, discípulo de Piaget, llevó estas ideas más allá con el construccionismo, proponiendo que los estudiantes aprenden mejor cuando construyen productos públicos (por ejemplo, programando en Logo o creando construcciones en GeoGebra), integrando tecnología con pedagogía activa (Castillo, 2008). Así, desde Papert hasta las teorías actuales de learning by doing, se refuerza la noción de que la tecnología educativa debe ser un medio para que el alumno haga matemática de forma significativa.

Otro referente pedagógico importante es David Ausubel y su teoría del aprendizaje significativo, que postula que la adquisición de nuevos conocimientos es más eficaz cuando estos se relacionan con las ideas previas del alumno a través de organizadores avanzados. En nuestro contexto, la evaluación alternativa y el uso de representaciones visuales ayudan a conectar los nuevos contenidos matemáticos con esquemas existentes, favoreciendo la asimilación comprensiva en lugar del aprendizaje memorístico.

Desde la perspectiva motivacional, la teoría de la autodeterminación de Deci y Ryan sugiere que satisfacer las necesidades de autonomía, competencia y relación incrementa la motivación intrínseca. Aplicado a la pedagogía, esto significa que las prácticas educativas deben otorgar cierto grado de autonomía al estudiante (por ejemplo, permitiéndole investigar con herramientas tecnológicas), desarrollar su sentido de competencia (mediante retos asequibles y retroalimentación positiva) y fomentar la colaboración y el apoyo en clase.

La integración de herramientas digitales, como juegos educativos y plataformas interactivas, ha mostrado elevar la motivación precisamente al atender estos factores (Villacís et al., 2025).

Por otro lado, el modelo pedagógico institucional, en el caso de muchas escuelas y universidades ecuatorianas, suele declararse humanista y constructivista, apuntando a formar estudiantes críticos, creativos y autónomos. Esto se refleja en la práctica en enfoques como la resolución de problemas, el aprendizaje basado en proyectos y el trabajo cooperativo, todos ellos compatibles con el uso de TIC.

Cabe citar a John Dewey como precursor del aprendizaje por la experiencia: su énfasis en "aprender haciendo" y en la relevancia de la educación para la vida resuena con la idea de vincular la matemática a contextos reales y usar evaluaciones auténticas.

En suma, el marco pedagógico de este trabajo integra conceptos como constructivismo, socio-constructivismo, aprendizaje significativo, y teorías motivacionales, con un enfoque en la mediación tecnológica. Los principales autores, Piaget, Vygotsky, Ausubel, Papert, entre otros, aportan la base teórica que justifica por qué estrategias como la evaluación alternativa, las herramientas gráfico-visuales y la visualización matemática pueden mejorar la comprensión y motivación: todos enfatizan el rol activo del alumno, la importancia de conectar conocimientos y la necesidad de un entorno de aprendizaje rico en interacciones.

Este marco orienta la interpretación de los hallazgos empíricos y guía la implementación didáctica, concibiendo la educación matemática como un proceso integral y centrado en el estudiante, donde el docente facilita experiencias significativas apoyadas en teoría sólida y prácticas innovadoras.

Marco legal

En Ecuador, el sustento legal y normativo de la educación provee un marco que promueve tanto la calidad de los aprendizajes como la inclusión de las tecnologías en la enseñanza, en concordancia con la visión pedagógica antes descrita.

La Constitución de la República del Ecuador (2008) consagra la educación como un derecho humano fundamental y un deber primordial del Estado. El artículo 26 establece que "la educación es un derecho de las personas a lo largo de su vida y un deber ineludible e inexcusable del Estado", constituyendo además área prioritaria de la política pública y la inversión estatal (Constitución del Ecuador, 2008, art. 26).

En el artículo 27, la Constitución dispone que "la educación se centrará en el ser humano y garantizará su desarrollo holístico, en el marco del respeto a los derechos humanos, al medio ambiente sustentable y a la democracia" (Constitución del Ecuador, 2008, art. 27). Este mandato refuerza legalmente un modelo educativo integral, orientado al pleno desarrollo de las capacidades del estudiante, lo cual se alinea con el énfasis en competencias, motivación y comprensión conceptual planteado en el marco teórico.

Adicionalmente, el artículo 28 constitucional señala que la educación responderá al interés público y se garantizará el acceso universal, la permanencia y el egreso sin discriminación, asegurando igualdad de oportunidades para todos (Constitución del Ecuador, 2008, art. 28). Esto es relevante en cuanto a la adopción de herramientas digitales: el Estado debe procurar que la integración tecnológica en la educación no excluya a ningún grupo y más bien sirva para democratizar el aprendizaje.

Una pieza clave de la normativa educativa es la Ley Orgánica de Educación Intercultural (LOEI), vigente desde 2011 y reformada en 2021. La LOEI desarrolla los principios constitucionales en el ámbito educativo. Por ejemplo, proclama entre sus principios generales que la evaluación del sistema educativo será integral, permanente y participativa, subrayando la importancia de la evaluación formativa continua en coherencia con los enfoques alternativos descritos (LOEI, 2021, art. 40). La ley reconoce el derecho de los estudiantes a intervenir en procesos de evaluación interna y externa "como parte y finalidad de su proceso educativo", sin discriminación (LOEI, 2021, art. 165), garantizando un enfoque más inclusivo y formativo de la evaluación.

Por otra parte, la LOEI enfatiza la incorporación de las tecnologías en la educación: delega al Estado la responsabilidad de "garantizar la alfabetización digital y el uso de las tecnologías de la información y comunicación en el proceso educativo, y propiciar el enlace de la enseñanza con las actividades productivas o sociales" (LOEI, 2021, art. 7). Esta disposición, reflejo del mandato del artículo 347 numeral 8 de la Constitución, le da sustento legal a iniciativas de integración de TIC en las aulas, como el uso de GeoGebra, Desmos u otras herramientas mencionadas, dentro de una visión de educación pertinente al desarrollo social y económico.

Complementariamente, el artículo 16 de la Constitución reconoce el acceso a las tecnologías de información y comunicación (TIC) como un derecho ciudadano, y el artículo 17 manda al Estado a facilitar el acceso universal a las TIC, especialmente para personas o colectivos con acceso limitado (Constitución del Ecuador, 2008, arts. 16-17). Esto se vincula con políticas públicas para dotar de conectividad y recursos tecnológicos a las instituciones educativas, buscando reducir la brecha digital en el sistema educativo.

En cuanto al Reglamento General de la LOEI, reformado y publicado oficialmente en febrero de 2023, se introduce un nuevo enfoque de evaluación educativa acorde con la filosofía formativa. Según el Ministerio de Educación del Ecuador (2023), este reglamento "propicia un nuevo modelo de evaluación que se centra en la adquisición de aprendizajes, desarrollo de destrezas y el trabajo continuo en refuerzo pedagógico, en lugar de enfocarse en la aprobación de uno o varios exámenes". En la práctica normativa, se reduce el peso de las calificaciones numéricas y de las evaluaciones sumativas, dando paso a un sistema orientado a identificar rezagos o necesidades de nivelación de los estudiantes a tiempo.

El reglamento establece tres tipos de evaluación complementarias: diagnóstica (al inicio, para establecer el punto de partida del estudiante), formativa (durante el proceso, para ajustar la enseñanza) y sumativa (al final de un periodo, para verificar logros alcanzados) (Reglamento General a la LOEI, 2023, arts. 223-224). Esta orientación legal fortalece la legitimidad de las prácticas de evaluación alternativa en el aula, alineando la evaluación escolar con estándares modernos de calidad educativa centrados en el aprendizaje.

Además de la Constitución, la LOEI y su reglamento, existen acuerdos ministeriales y políticas específicas que apoyan la integración de tecnologías y las mejoras pedagógicas. Por ejemplo, el Acuerdo Ministerial 00065-2020 estableció las Competencias Digitales Docentes como parte de la formación continua de maestros, incentivando el desarrollo profesional en el uso pedagógico de TIC (Ministerio de Educación, 2020).

Asimismo, el Plan Decenal de Educación y programas como "Educación Digital" del Ministerio incorporan objetivos concretos para dotar de recursos tecnológicos a escuelas y capacitar a docentes en metodologías activas con TIC.

En el ámbito curricular, los lineamientos oficiales de matemáticas para Educación General Básica y Bachillerato (Ministerio de Educación, 2016) recomiendan explícitamente el uso de software educativo y calculadoras gráficas como apoyo a la enseñanza de funciones, geometría y estadística, reconociendo su valor en la visualización de conceptos abstractos.

En resumen, la estructura legal vigente en el Ecuador, Constitución, leyes, reglamentos y políticas, brinda un andamiaje sólido para promover una educación matemática moderna: centrada en el estudiante, con evaluación formativa continua y enriquecida con tecnología educativa para lograr los fines supremos del sistema educativo, que son la formación integral y el desarrollo pleno de cada persona dentro de una sociedad del conocimiento.

Metodología

Estudio aplicado con enfoque mixto de predominio cuantitativo. El objetivo es estimar el efecto de una estrategia de evaluación alternativa basada en producciones visuales interactivas (GeoGebra/Desmos) sobre la comprensión conceptual y la experiencia/motivación, comparada con una tarea tradicional isocronal y de igual contenido. Se adopta un diseño cuasi-experimental con grupos intactos por paralelo y medición pre-post, por tres razones: (i) minimiza contaminación entre estudiantes al asignar la condición a nivel de curso, (ii) preserva la organización académica real del centro, y (iii) permite control parcial de diferencias iniciales mediante un pretest común.

Métodos para la recolección de la información

Se adopta un diseño aplicado con predominio cuantitativo en un enfoque mixto. Este enfoque integra mediciones pre-post y comparaciones entre condiciones experimentales y de control, siempre que la logística institucional lo permita, para identificar efectos atribuibles con mayor precisión. Su fundamentación en estudios de investigación educativa es sólida: Johnson y

Onwuegbuzie (2004), pioneros en el paradigma de métodos mixtos, argumentan que esta aproximación supera los enfoques monométodo, aportando amplitud y profundidad de comprensión (Johnson, Onwuegbuzie, 2004,).

Este enfoque logra una comprensión más completa al combinar datos cuantitativos con evidencias cualitativas. Buchholtz (2019), en el campo de la investigación en educación matemática, señala que la metodología de métodos mixtos ha ganado creciente relevancia debido a su capacidad para integrar múltiples perspectivas metodológicas, lo que enriquece el diseño, la recolección y el análisis de datos específicos de este tipo de educación (Buchholtz, 2019).

La triangulación metodológica se implementa mediante tres fuentes complementarias: (a) el producto visual interactivo, (b) el desempeño conceptual y (c) la experiencia percibida del estudiantado. Ross (2012) destaca que esta combinación de instrumentos permite contrastar resultados desde distintas dimensiones, lo que refuerza la validez interna de la investigación al reducir el sesgo de fuentes únicas (Ross, 2012)

La estrategia de triangulación multiperspectiva aporta profundidad al análisis. Campbell y Fiske (1959), precursores en el concepto de triangulación, promovieron el uso de múltiples fuentes para aumentar la validez. Este principio, extendido por Johnson y Onwuegbuzie (2004), justifica plenamente el uso de instrumentos diversos para capturar las distintas facetas del aprendizaje matemático en contextos visuales e interactivos

Rúbrica analítica del producto interactivo (RPI).

Este instrumento fue diseñado para operacionalizar de manera directa la calidad de los artefactos creados por los estudiantes en entornos digitales como Desmos, como manifestación observable de comprensión estructural (representación, relaciones, parametrización, justificación

in-artefacto) y capacidad de comunicación técnica. (Brookhart, 2013) establece que una rúbrica efectiva debe articular criterios alineados con los objetivos de aprendizaje, no simplemente con las tareas, y describir niveles de desempeño a lo largo de un continuo claro y coherente.

La RPI consta de cinco criterios: representación y precisión matemática; relaciones y propiedades; modelación/parametrización; justificación y metacognición in-artefacto; y diseño técnico y comunicación. Cada criterio se evalúa en una escala ordinal de 0 a 3, donde 0 indica ausencia o incorrección total y 3 calidad plena y coherente. Jonsson y Svingby (2007) sostienen que el uso de rúbricas analíticas, específicas por temática y complementadas con ejemplos o formación para evaluadores, mejora la confiabilidad del puntaje y puede favorecer el aprendizaje, al hacer explícitas las expectativas y facilitar la retroalimentación y autoevaluación

La aplicación de la RPI ocurre después de que los estudiantes entregan sus productos digitales. Se revisa cada producto y asignan una puntuación para cada criterio (ver anexo 4). Los puntajes resultantes permiten comparaciones internas entre estudiantes. Además, al cruzarse con indicadores de desempeño conceptual y experiencia percibida, es posible identificar correlaciones y contrastar dimensiones cognitivas, motivacionales y técnicas.

Prueba conceptual breve (PCB, pre y post).

Es instrumento permite estimar la línea base y la ganancia en comprensión del contenido con un instrumento tema-independiente y de baja intrusión temporal (10-12 min) (ver anexo 5 y 6). Habilita análisis pre-post y, en diseño cuasi-experimental, comparación ajustada entre condiciones mediante ANCOVA.

Tabla 1

Parámetros de ítems para la prueba conceptual

Ítem
Definición operativa del concepto centra.
Ejemplo y no-ejemplo con justificación breve.
Aplicación directa (cálculo/verificación)
Construcción mínima que cumpla una condición.
Contraejemplo a una afirmación frecuente.
Interpretación de representación (gráfica/tabla/ecuación).

Nota: Esta es la estructura base que tendrá una prueba escrita para medir el aprendizaje de los estudiantes, tanto para los que siguen el modelo clásico, como los que no.

Cuestionario de experiencia y motivación (CEM, post).

La finalidad es recoger, con validez de contenido, dimensiones afectivo-motivacionales y carga cognitiva percibida, además de un auto-reporte de procesos que actúa como proxy de observación dada la restricción de no realizar observaciones en aula. Informa la aceptabilidad pedagógica y la viabilidad de la estrategia. Punto de inserción técnica

El Cuestionario de Experiencia y Motivación (CEM) fue diseñado como un instrumento estructurado de tipo post-test, con base en escalas Likert de cinco puntos (1 = Totalmente en desacuerdo; 5 = Totalmente de acuerdo), complementadas con preguntas abiertas y variables de control. La construcción del cuestionario se orientó a recoger evidencias en tres planos: dimensiones afectivo-motivacionales (interés, disfrute, utilidad percibida, autoeficacia, esfuerzo),

percepción de carga cognitiva y autorreporte de procesos vinculados con la construcción del producto interactivo

El diseño del instrumento se fundamentó en la literatura de investigación educativa que reconoce la relevancia de integrar componentes motivacionales y afectivos en la evaluación de experiencias de aprendizaje. Johnson y Onwuegbuzie (2004) destacan que los diseños mixtos, al incluir tanto indicadores cuantitativos como cualitativos, permiten captar dimensiones complejas del aprendizaje y la experiencia estudiantil. En el campo específico de la educación matemática, Buchholtz (2019) subraya que la inclusión de auto-reportes y medidas de motivación en estudios empíricos contribuye a contextualizar mejor los desempeños observados en tareas experimentales.

El cuestionario fue implementado a través de un formulario digital en Google Forms (ver anexo 10), lo que permitió garantizar anonimato, estandarización de respuestas y facilidad de aplicación a grupos numerosos en un tiempo reducido. La población de estudio estuvo compuesta por dos paralelos de tercero de bachillerato, aplicándose el CEM inmediatamente después de la finalización de la tarea asignada en la condición experimental. De esta forma, el instrumento proporcionó datos inmediatos y situados sobre la aceptabilidad pedagógica y la viabilidad de la estrategia propuesta

Población y diseño de la muestra, aplicación de los instrumentos

El estudio se realiza en una institución con 755 estudiantes. La población accesible está compuesta por dos paralelos de Bachillerato: Tercero (35 y 32), para un total aproximado de 67 estudiantes. Se trabaja con censo de los paralelos accesibles. La asignación de condiciones es por paralelo: un paralelo en Condición Experimental (CE: producción interactiva) y el otro en

Condición Control (CC: tarea tradicional isocronal). La docencia del tema se imparte de forma habitual y homogénea para ambas condiciones.

La aplicación se organiza en dos jornadas consecutivas. En la jornada 1 se aplica el PCB-pre y imparte el tema en ambos paralelos, además en el paralelo CE se explica el uso de Desmos y se enseña todas las características y funciones. En la jornada 2, el paralelo CE entrega el producto interactivo, mientras el paralelo CC resuelve una tarea tradicional equivalente en tiempo y contenidos; al cierre de la jornada 2 se aplican la PCB-post y el CEM. Se garantiza anonimización, uso académico exclusivo y resguardo seguro de los datos.

Métodos de análisis de datos

La información recolectada se organiza en una base con identificadores anónimos que incluyen grado, paralelo y condición (experimental o control), además de los puntajes obtenidos en el pretest y postest (PCB), las calificaciones de los cinco criterios de la rúbrica analítica (RPI) y las respuestas del cuestionario de experiencia y motivación (CEM). También se incorporan variables de control como el tipo de dispositivo utilizado, la experiencia digital, la conectividad y el tiempo dedicado a la elaboración de la tarea. Antes del procesamiento se efectúa una limpieza de datos, verificación de rangos y control de valores atípicos.

En el análisis cuantitativo, la mejora conceptual se examina comparando los resultados del pretest y postest en cada grupo mediante la prueba t para muestras relacionadas; cuando no se cumplen los supuestos de normalidad, se aplica la prueba no paramétrica de Wilcoxon. En estos contrastes se reportan los estadísticos de prueba, niveles de significancia, tamaños de efecto y sus intervalos de confianza. La comparación entre condiciones en la medición postest se realiza aplicando un modelo de análisis de covarianza (ANCOVA), con la puntuación postest como

variable dependiente, la condición como factor y la puntuación pretest como covariable, verificando la homogeneidad de pendientes antes de la interpretación.

La calidad de los productos se describe a partir de los puntajes obtenidos en la RPI, considerando tanto la media y la dispersión como la distribución por niveles en cada criterio. La experiencia y motivación se analizan con base en los resultados del CEM, calculando medidas descriptivas (medias y desviaciones estándar) por ítem y dimensión, y complementando con los porcentajes de respuesta en cada categoría de la escala Likert para facilitar la interpretación. Las variables de control se resumen de manera descriptiva mediante frecuencias y medidas de tendencia central, lo que permite contextualizar los resultados de desempeño y experiencia.

Finalmente, las respuestas abiertas incluidas en el CEM se someten a un análisis cualitativo de codificación mixta, que combina categorías predefinidas (dificultades técnicas, dificultades conceptuales, planificación y verificación) con categorías emergentes derivadas del propio corpus. Estos hallazgos se integran como complemento interpretativo de los resultados cuantitativos, de modo que el análisis conjunto ofrezca una visión coherente de la mejora conceptual, la calidad del producto y la experiencia de los estudiantes en la propuesta.

En cuanto al manejo ético de los datos, se garantiza la confidencialidad y el anonimato de los participantes mediante la asignación de códigos alfanuméricos que impiden asociar los resultados con nombres propios. La participación de los estudiantes se efectúa con consentimiento informado institucional y asentimiento de los grupos involucrados, bajo el compromiso de que los datos se utilizan únicamente con fines académicos e investigativos. Toda la información recolectada se almacena en registros protegidos y no implica riesgos adicionales para los participantes, en concordancia con los principios de respeto, voluntariedad y resguardo que rigen la investigación educativa.

Resultados y discusión

Resultados

Desempeño conceptual (PCB).

La Prueba Conceptual Breve (PCB) se aplicó en modalidad pre y post a los dos grupos de estudio: experimental (CE) y control (CC). La Tabla 2 presenta las medias, desviaciones estándar (DE), ganancias promedio y valores de significancia de las comparaciones intra-grupo.

Tabla 2

Resultados de la PCB en los grupos experimental y control

Grupo	n	Pretest (M, DE)	Postest (M, DE)	Ganancia	t (gl)	p	d
CE	35	24.9 (16.4)	59.2 (23.3)	+34.3	7.12 (34)	< 0.001	1.70
CC	32	17.0 (20.7)	34.4 (23.8)	+17.4	3.13 (31)	0.004	0.78

Nota: DE *= desviación estándar;* p *= valor de significancia;* $IC95\%$ *= intervalo de confianza al* 95%*;* d *= tamaño del efecto de Cohen.*

En el pretest, CE obtuvo una media de 24.9 puntos ($DE = 16.4$) y CC de 17.0 puntos ($DE = 20.7$), diferencia que no fue estadísticamente significativa ($p = 0.18$).

En el postest, CE alcanzó una media de 59.2 puntos ($DE = 23.3$), con una ganancia de 34.3 puntos respecto del pretest, diferencia significativa ($t(34) = 7.12, p < 0.001$), con tamaño del efecto $d = 1.70$. CC registró una media de 34.4

puntos ($DE = 23.8$), con una ganancia de 17.4 puntos, también significativa ($t(31) = 3.13, p = 0.004$), con tamaño del efecto $d = 0.78$.

El análisis de covarianza (ANCOVA), con la puntuación postest como variable dependiente y el pretest como covariable, indicó un efecto significativo de la condición experimental ($F(1.64) = 17.4, p < 0.001$), mientras que el pretest no mostró un efecto significativo ($F(1.64) = 3.24, p < 0.077$). El tamaño del efecto parcial fue $n_p^2 = 0.21$. lo que corresponde a un efecto grande. La diferencia ajustada de medias entre grupos fue de 21.7 puntos, con un intervalo de confianza del 95 % entre 11.3 y 32.0 puntos, confirmando la superioridad del grupo experimental sobre el grupo control.

Calificación del producto (RPI)

La rúbrica analítica del producto interactivo (RPI) permitió evaluar la calidad de los artefactos producidos por los estudiantes del grupo experimental (CE) en cinco criterios: representación y precisión matemática, relaciones y propiedades, modelación/parametrización, justificación in-artefacto y comunicación técnica. Cada criterio fue calificado en escala de 0 a 3, donde 0 representa ausencia de logro y 3 el nivel máximo de desempeño.

Tabla 3

Distribución de frecuencias por nivel en la RPI (CE, n=35)

Criterio	**Nivel 0**	**Nivel 1**	**Nivel 2**	**Nivel 3**
Representación y precisión	0 (0%)	6 (17%)	12 (34%)	17 (49%)
Relaciones y propiedades	3 (9%)	9 (26%)	11 (31%)	12 (34%)

Modelación/Parametrización	4 (11%)	10 (29%)	16 (46%)	5 (14%)
Justificación in-artefacto	15 (43%)	9 (26%)	9 (26%)	2 (6%)
Comunicación técnica	6 (17%)	25 (71%)	2 (6%)	2 (6%)

En la mayoría de los criterios predominó la ubicación en los niveles intermedios (1 y 2), con excepciones. En representación y precisión, casi la mitad de los estudiantes (49 %) alcanzó el nivel máximo, mientras que en relaciones y propiedades la distribución fue más equilibrada entre los niveles 1, 2 y 3. En modelación/parametrización, la mayor parte de los estudiantes se concentró en el nivel 2 (46 %), con solo un 14 % en el nivel máximo. La justificación in-artefacto mostró el mayor rezago: un 43 % permaneció en nivel 0, con apenas un 6 % en el nivel 3. Finalmente, la comunicación técnica se concentró de forma notable en el nivel 1 (71 %), reflejando un dominio limitado en este aspecto.

Tabla 4

Resultados de la RPI por criterio y total (CE, n=35)

Criterio	**M**	**DE**	**Mín**	**Máx**
Representación y precisión	2.3	0.8	1	3
Relaciones y propiedades	1.9	1.0	0	3
Modelación/Parametrización	1.6	0.9	0	3
Justificación in-artefacto	0.9	1.0	0	3

Comunicación técnica	1.0	0.6	0	3
Total RPI (0-15)	7.7	–	3	13

Nota: M = Media aritmética, DE = desviación estándar.

En promedio, los puntajes oscilaron entre 0.9 y 2.3 en los distintos criterios. Los valores más altos se registraron en representación y precisión ($M = 2.3$), seguidos de relaciones y propiedades ($M = 1.9$). La modelación/parametrización mostró un rendimiento intermedio ($M = 1.6$), mientras que las puntuaciones más bajas correspondieron a justificación in-artefacto ($M = 0.9$) y comunicación técnica ($M = 1.0$). El puntaje total de la rúbrica se situó en una media de 7.7 sobre 15, lo que indica un nivel global medio de desempeño, con un rango observado entre 3 y 13 puntos.

Cuestionario de experiencia y motivación (CEM)

El CEM se estructuró en dimensiones conceptuales: interés/disfrute, utilidad percibida, autoeficacia, esfuerzo/compromiso, carga cognitiva, preferencias/comparación, autorreporte de procesos y variables de control. Cada dimensión se calculó a partir de ítems tipo Likert codificados numéricamente $1 - 5$ (1 = “Totalmente en desacuerdo” … 5 = “Totalmente de acuerdo”): con las frecuencias observadas se obtuvieron media, desviación estándar, mínimo y máximo por ítem y luego el promedio de la dimensión. La estadística se estimó sobre el número de respuestas válidas (n), con recodificación de ítems invertidos cuando correspondía. Este

procedimiento resume la distribución de respuestas y permite caracterizar, de manera sistemática y comparable, las percepciones del grupo experimental sobre la estrategia implementada.

Interés/disfrute. La dimensión evaluada está orientada a identificar el grado en que la actividad resultó atractiva, placentera y con disposición a ser repetida en el futuro. A continuación, se presentan los estadísticos descriptivos de los tres ítems que conforman esta sección.

Tabla 5

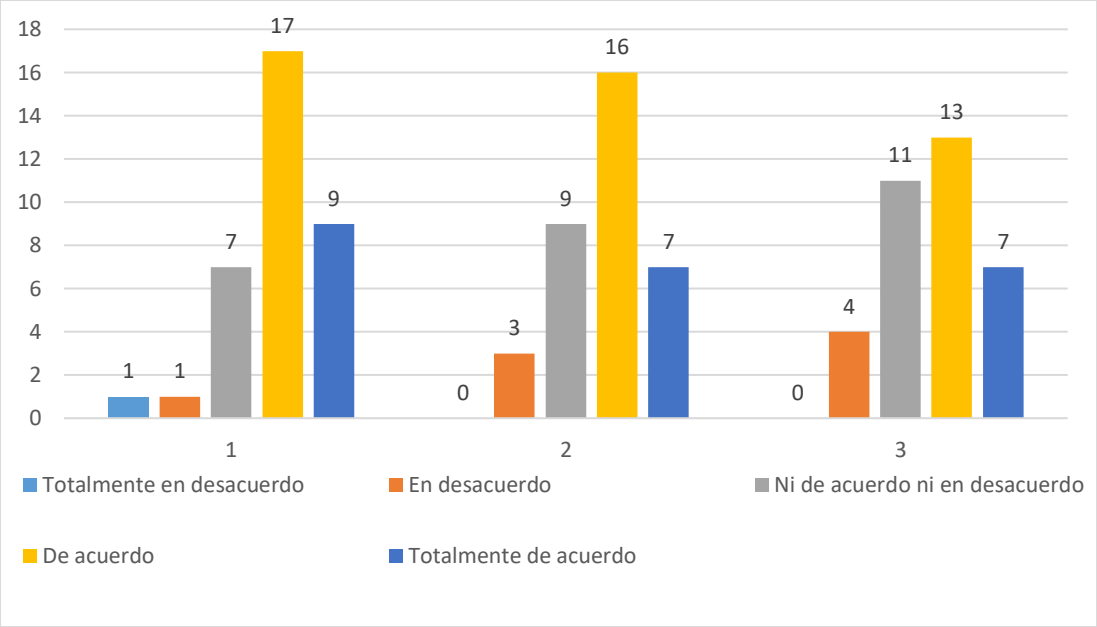
Estadística descriptiva de la dimensión interés/disfrute

Ítem	Enunciado	M	DE	Mín	Máx
1	Me resultó interesante construir el producto	4.3	0.7	3	5
2	Disfruté trabajar con la herramienta digital	4.1	0.8	2	5
3	Seguiría usando esta forma de trabajar en matemática	4.0	0.9	2	5

Para complementar estos resultados se muestran las distribuciones de respuesta en la escala Likert, lo que permite apreciar de manera visual la concentración de percepciones en cada categoría.

Figura 2

Distribución de respuestas en la dimensión interés/disfrute



A partir de estas distribuciones y de los valores obtenidos en media y dispersión, se realiza el análisis interpretativo de la dimensión.

Análisis. En el ítem (1), el 48.6 % de los estudiantes estuvo de acuerdo y el 25.7 % totalmente de acuerdo, sumando un 74.3 % de respuestas positivas. La media obtenida (M = 4.3; DE = 0.7) confirma que la mayoría percibió la construcción como una actividad atractiva, lo que evidencia motivación intrínseca hacia la tarea.

En (2), el 45.7 % manifestó estar de acuerdo y el 20 % totalmente de acuerdo, mientras que apenas un 8.6 % expresó desacuerdo. Con una media de 4.1 (DE = 0.8), este resultado indica que la incorporación de la tecnología no generó resistencia, sino que fue valorada como un recurso facilitador y agradable.

Finalmente, en (3), el 37.1 % estuvo de acuerdo y el 20 % totalmente de acuerdo, aunque un 31.4 % se ubicó en la categoría neutral y un 11.4 % en desacuerdo. La media de 4.0 (DE = 0.9) refleja disposición favorable hacia la continuidad, aunque la mayor dispersión

muestra que existe un subgrupo de estudiantes con reservas frente a la sostenibilidad de la estrategia.

En conjunto, los tres ítems de la dimensión presentan medias superiores a 4 puntos, lo que refleja un impacto positivo de la intervención en el interés y el disfrute hacia la matemática. Este patrón refuerza que la propuesta no solo fortaleció aprendizajes conceptuales, sino que también generó un cambio en la actitud y en la percepción motivacional de los estudiantes.

Utilidad percibida. Esta dimensión recoge la valoración de los estudiantes acerca de la relevancia y aplicabilidad de la actividad para comprender el tema central, conectar conocimientos previos y consolidar aprendizajes en el producto final.

Tabla 6

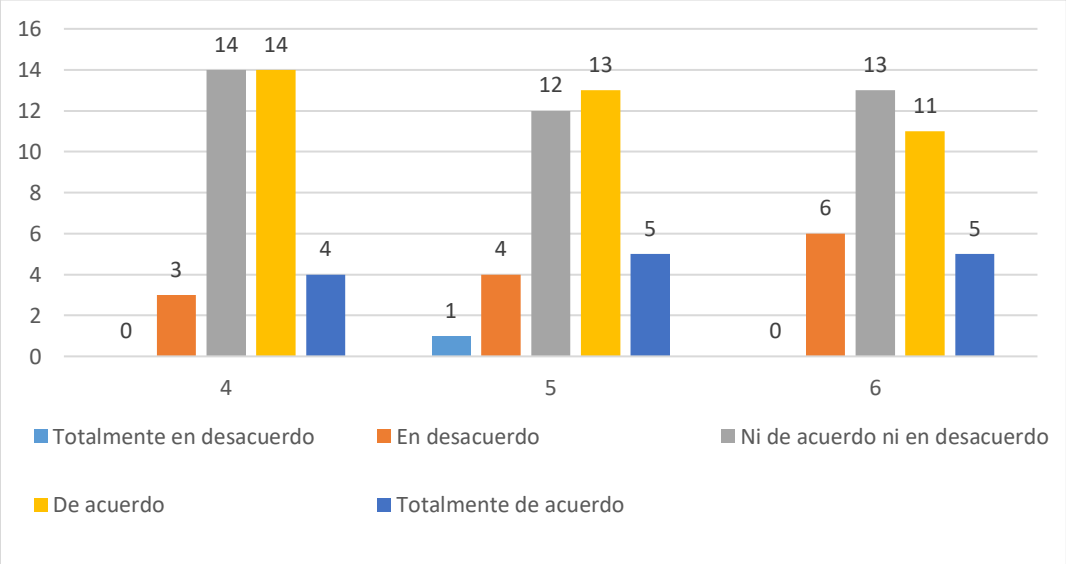
Estadística descriptiva de la dimensión utilidad percibida

Ítem	Enunciado	M	DE	Mín	Máx
4	Esta actividad me ayudó a entender el tema central	3.6	0.8	2	5
5	Pude conectar conceptos previos con el nuevo contenido	3.5	0.9	2	5
6	El producto final refleja lo que aprendí	3.4	0.9	2	5

A continuación, en la figura se representa la distribución de respuestas para cada ítem de la dimensión, lo que permite visualizar la tendencia general en las percepciones de los estudiantes.

Figura 3

Distribución de respuestas en la dimensión utilidad percibida



A partir de estas distribuciones y de los valores obtenidos en media y dispersión, se realiza el análisis interpretativo de la dimensión.

Análisis. Los resultados muestran que la mayoría de los estudiantes reconoció la utilidad de la actividad en términos de comprensión y aplicación del contenido. En el ítem (4), un 80 % manifestó estar de acuerdo o totalmente de acuerdo con que la actividad les ayudó a entender el tema, aunque un 9 % señaló desacuerdo, lo que refleja que no todos lograron la misma claridad conceptual.

En el ítem (5), un 51 % indicó haber podido conectar conceptos previos con el nuevo contenido, mientras que un 34 % permaneció neutral, lo que sugiere que la tarea logró activar conocimientos previos en parte de los estudiantes, pero no en todos.

El ítem (6) evidencia percepciones más divididas: aunque un 45 % consideró que el producto final reflejó lo aprendido, un 37 % se mantuvo neutral y un 17 % expresó

desacuerdo. Esto apunta a que la construcción del producto sirvió como evidencia parcial del aprendizaje, pero no resultó igualmente significativa para todos.

En conjunto, los promedios entre 3.4 y 3.6 muestran una utilidad percibida positiva, aunque más moderada que la observada en la dimensión de interés/disfrute. Estos hallazgos resaltan la necesidad de fortalecer la conexión explícita entre la actividad y los aprendizajes esperados, de modo que todos los estudiantes reconozcan con claridad la relevancia del producto desarrollado.

Autoeficacia. La dimensión de Autoeficacia explora la percepción de los estudiantes respecto a su capacidad para completar la tarea con calidad, la posibilidad de mejorar con mayor tiempo disponible y la habilidad para explicar a otros el procedimiento seguido en su construcción.

Tabla 7

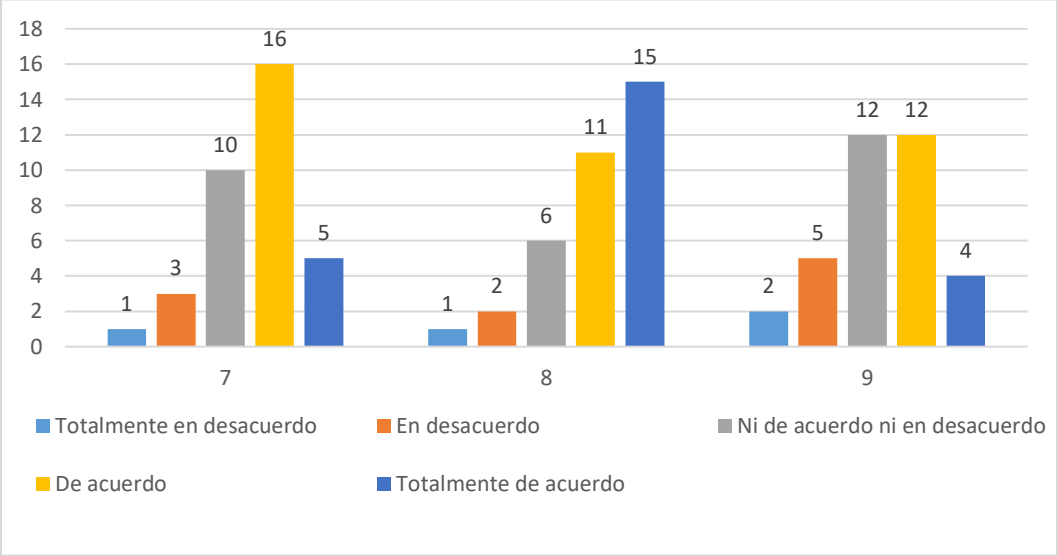
Estadística descriptiva de la dimensión autoeficacia

Ítem	Enunciado	M	DE	Mín	Máx
7	Me sentí capaz de completar la tarea con calidad	3.7	0.9	2	5
8	Con más tiempo, podría mejorar significativamente	4.1	0.8	2	5
9	Puedo explicar a otra persona cómo hice mi construcción	3.5	1.0	1	5

En la figura correspondiente se visualizan los resultados de cada ítem, lo que permite observar la tendencia de las respuestas en la escala Likert de 1 a 5.

Figura 4

Distribución de respuestas en la dimensión autoeficacia



A partir de estas distribuciones y de los valores obtenidos en media y dispersión, se realiza el análisis interpretativo de la dimensión.

Análisis. Los resultados reflejan una autoeficacia moderadamente alta en el grupo experimental. El 45,7 % de los estudiantes estuvo de acuerdo y el 14,3 % totalmente de acuerdo con sentirse capaces de completar la tarea con calidad (7), lo que se traduce en una media de 3.7. Este resultado muestra confianza, aunque con presencia de un 28,6 % en posición neutral y un 8,6 % en desacuerdo, lo cual evidencia que no todos alcanzaron la misma seguridad en su desempeño.

En cuanto a la percepción de mejora con más tiempo (8), la media más alta de la dimensión (4.1) sugiere que la mayoría considera que podría optimizar su producción si dispusiera de un margen temporal mayor. Esto es relevante desde el punto de vista

pedagógico, pues indica que el nivel de autoeficacia no es estático, sino sensible a las condiciones de trabajo.

Finalmente, el ítem referido a la capacidad de explicar el procedimiento a otros (9) obtuvo la media más baja (3.5). Aunque un 34,3 % se mostró de acuerdo y otro 11,4 % totalmente de acuerdo, un 34,3 % permaneció neutral y un 14,3 % en desacuerdo. Esta dispersión señala que la construcción del producto interactivo fortaleció la confianza para realizar la tarea, pero no siempre garantizó la claridad para comunicar el proceso, aspecto clave para consolidar el aprendizaje matemático desde un enfoque metacognitivo.

Esfuerzo/compromiso. La dimensión evaluada buscó determinar el grado en que los estudiantes mantuvieron constancia, cuidado y organización en el desarrollo de la tarea. A continuación, se presentan los estadísticos descriptivos de los tres ítems que conforman esta sección.

Tabla 8

Estadística descriptiva de la dimensión esfuerzo/compromiso

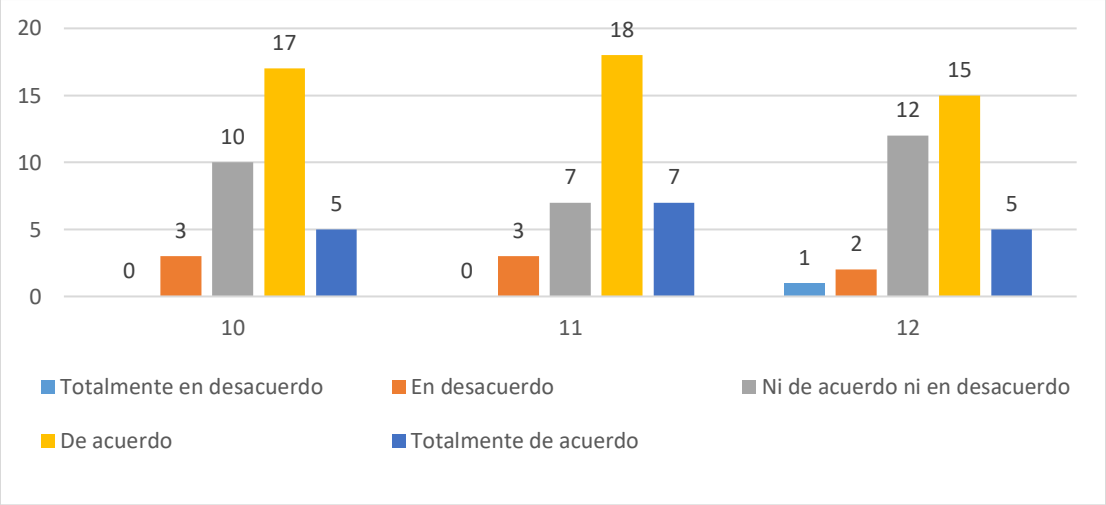
Ítem	Enunciado	M	DE	Mín	Máx
10	Trabajé de forma sostenida durante la tarea	4.1	0.7	3	5
11	Busqué errores y los corregí antes de entregar	3.9	0.9	2	5
12	Organicé mi trabajo en pasos claros	3.8	0.8	2	5

Para complementar estos resultados, en la siguiente figura se muestran las distribuciones

de respuesta en la escala Likert, lo que permite visualizar la concentración de percepciones en cada categoría.

Figura 5

Distribución de respuestas en la dimensión esfuerzo/compromiso



A partir de estas distribuciones y de los valores obtenidos en media y dispersión, se realiza el análisis interpretativo de la dimensión.

Análisis. En el ítem (10), el 48.6 % de los estudiantes manifestó estar de acuerdo y el 14.3 % totalmente de acuerdo, sumando un 62.9 % de percepciones positivas. Con una media de 4.1 (DE = 0.7), se confirma que la mayoría trabajó con constancia en el desarrollo de la actividad.

En el ítem (11), un 51.4 % indicó estar de acuerdo y un 20 % totalmente de acuerdo, alcanzando un 71.4 % de respuestas positivas. La media (M = 3.9; DE = 0.9) refleja que la mayoría de los estudiantes asumió responsabilidad en la revisión de su trabajo, aunque con una ligera dispersión por la presencia de un 8.6 % en desacuerdo.

En el ítem (12), el 42.9 % estuvo de acuerdo y el 14.3 % totalmente de acuerdo, totalizando un 57.2 % de percepciones favorables. La media de 3.8 (DE = 0.8) muestra que los estudiantes lograron organizar sus procedimientos, aunque cerca de un 34.3 % se ubicó en la categoría neutral, lo cual revela diferencias en el nivel de planificación individual.

En conjunto, los resultados evidencian que la intervención promovió en la mayoría de los estudiantes una actitud de esfuerzo sostenido y compromiso en la calidad del producto. Estos hallazgos sugieren que la estrategia aplicada no solo impactó en los aprendizajes conceptuales, sino también en la formación de hábitos de trabajo sistemático y responsable, componentes claves de la autorregulación en el aprendizaje.

Carga cognitiva. Esta dimensión se orienta a evaluar la percepción de los estudiantes frente a la exigencia mental y organizativa de la actividad. Se analiza tanto la posible sobrecarga experimentada al trabajar con la herramienta digital, como la claridad de las instrucciones y la capacidad de atender simultáneamente varias demandas.

Tabla 9

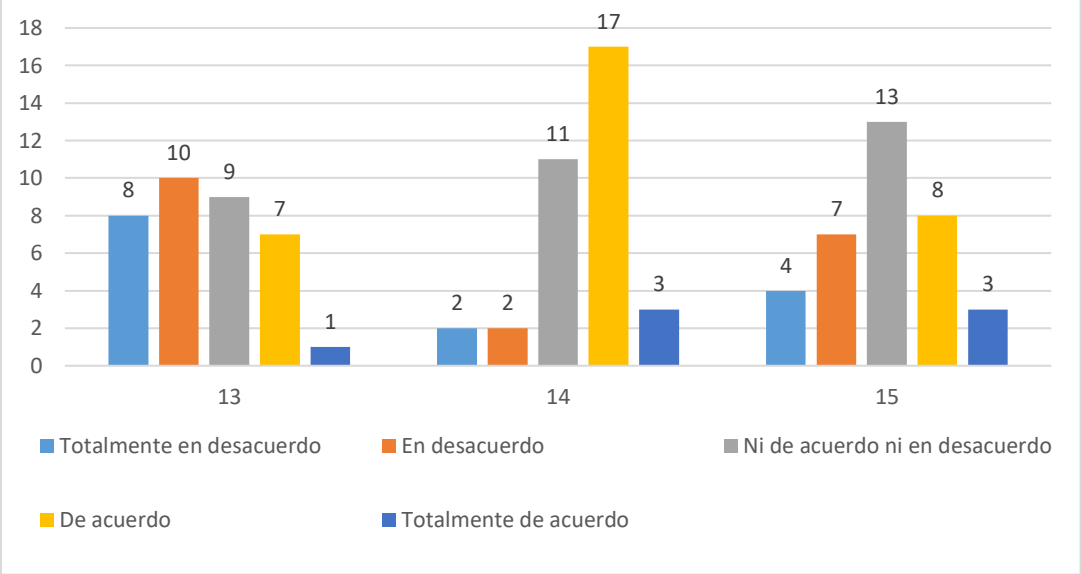
Estadística descriptiva de la dimensión carga cognitiva

Ítem	Enunciado	M	DE	Mín	Máx
13	Sentí sobrecarga al usar la herramienta digital	2.5	1.1	1	5
14	Las instrucciones fueron suficientes	3.5	1.0	1	5
15	Hubo demasiadas cosas que atender al mismo tiempo	3.0	1.1	1	5

Para complementar, la figura presenta la distribución de respuestas por categoría Likert en cada ítem.

Figura 6

Distribución de respuestas en la dimensión carga cognitiva



A partir de estas distribuciones y de los valores de tendencia y dispersión, se realiza el análisis interpretativo de la dimensión.

Análisis. En el ítem (13), el 22.9 % estuvo totalmente en desacuerdo y el 28.6 % en desacuerdo con sentir sobrecarga; 25.7 % fue neutral, 20.0 % de acuerdo y 2.9 % totalmente de acuerdo. La media baja (M = 2.5; DE = 1.1) indica que, en general, la herramienta no generó sobrecarga; la dispersión amplia revela subgrupos con experiencias distintas.

En el ítem (14), 48.6 % estuvo de acuerdo y 8.6 % totalmente de acuerdo en que las instrucciones fueron suficientes; 31.4 % neutral y 11.4 % en desacuerdo/totalmente en

desacuerdo. El promedio moderadamente alto (M = 3.5; DE = 1.0) sugiere que la guía operó como soporte para manejar la complejidad.

En el ítem (15), 37.1 % se ubicó en neutralidad, 22.9 % en acuerdo, 20.0 % en desacuerdo y 11.4 % en total desacuerdo, con 8.6 % totalmente de acuerdo; el valor medio (M = 3.0; DE = 1.1) refleja percepciones divididas sobre la multitarea inherente a la actividad. En conjunto, la carga cognitiva percibida fue controlable para la mayoría; la claridad de instrucciones actuó como factor compensador, aunque persisten diferencias individuales en la gestión simultánea de pasos y decisiones.

Preferencias/comparación. Esta dimensión explora la valoración de los estudiantes al comparar la estrategia innovadora con métodos tradicionales (listas de ejercicios) y su percepción sobre la capacidad de la actividad para reflejar mejor la comprensión. A continuación, se presenta la estadística descriptiva de los dos ítems correspondientes

Tabla 10

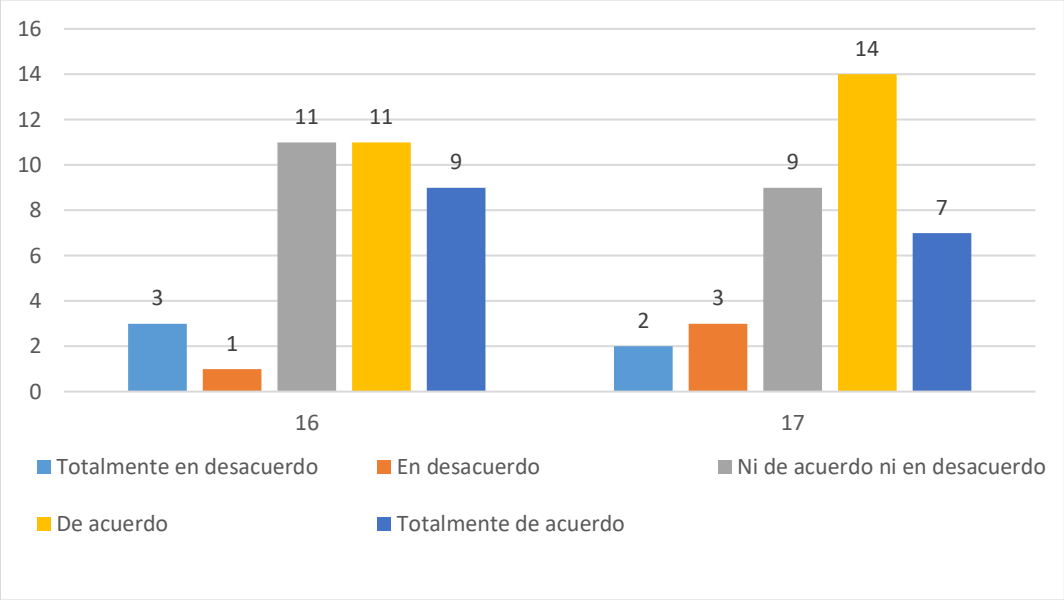
Estadística descriptiva de la dimensión preferencias/comparación

Ítem	Enunciado	M	DE	Mín	Máx
16	Prefiero esta actividad a una lista de ejercicios	4.0	1.0	1	5
17	Esta forma evalúa mejor mi comprensión	3.6	1.0	1	5

Para complementar, la figura muestra la distribución de respuestas en la escala Likert, lo que permite observar cómo se concentran las percepciones en cada categoría.

Figura 7

Distribución de respuestas en la dimensión preferencias/comparación



A partir de estas distribuciones y de los valores de tendencia y dispersión, se realiza el análisis interpretativo de la dimensión.

Análisis. En el ítem (16), un 31.4 % estuvo de acuerdo y 25.7 % totalmente de acuerdo en preferir la actividad frente a una lista de ejercicios, lo que suma un 57.1 % de respuestas positivas. En contraste, 31.4 % se ubicó en neutralidad y un 11.5 % manifestó desacuerdo o total desacuerdo. El promedio (M = 4.0; DE = 1.0) confirma que, aunque la tendencia general es favorable, existe una fracción considerable de estudiantes que no expresó clara preferencia, lo que sugiere cierta resistencia al cambio de formato.

En el ítem (17), el 40.0 % indicó acuerdo o total acuerdo con que esta forma evalúa mejor su comprensión, mientras que un 25.7 % permaneció en la categoría neutral y un 34.3 % expresó desacuerdo. La media (M = 3.6; DE = 1.0) refleja una percepción menos

consensuada: la estrategia es valorada por un grupo relevante, pero también encuentra resistencia en más de un tercio de los estudiantes.

En conjunto, la dimensión muestra que la propuesta es vista por muchos como una alternativa más atractiva y significativa que los ejercicios tradicionales, pero la variabilidad en las respuestas indica que la implementación de estrategias innovadoras requiere un acompañamiento gradual y mayor familiarización por parte de todos los estudiantes.

Autorreporte de procesos. Esta dimensión busca indagar en qué medida los estudiantes reflexionaron sobre su propio trabajo, planificaron, verificaron propiedades matemáticas y colaboraron cuando fue necesario. Se trata de indicadores de metacognición y autorregulación, claves para valorar la profundidad del aprendizaje más allá del resultado final. A continuación, se presentan los estadísticos descriptivos de los tres ítems que conforman esta sección

Tabla 11

Estadística descriptiva de la dimensión autorreporte de procesos

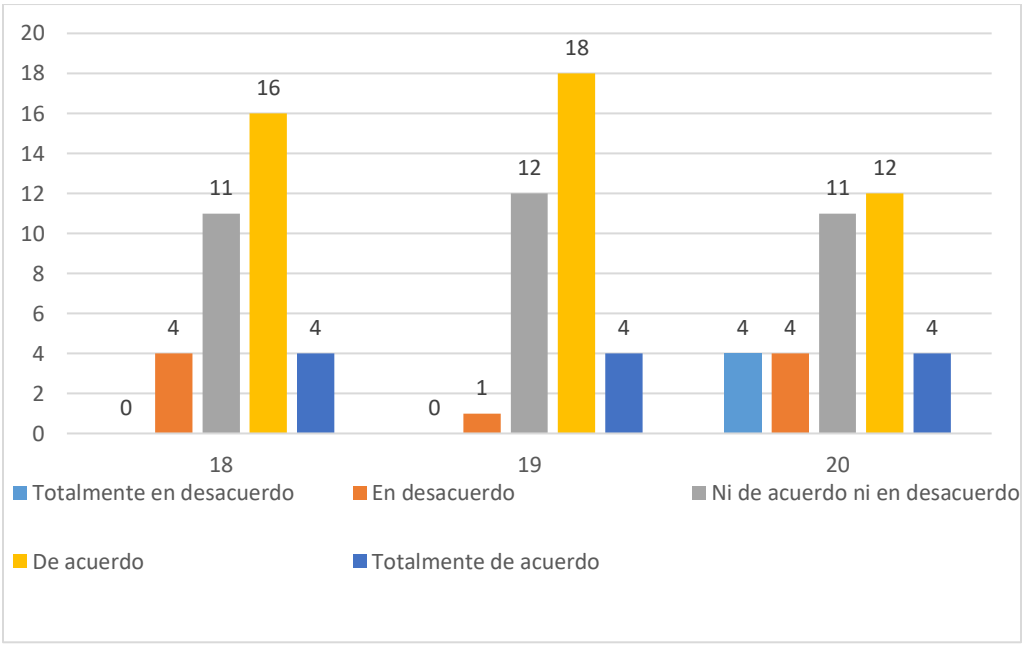
Ítem	Enunciado	M	DE	Mín	Máx
18	Hice un plan antes de construir	3.5	0.8	1	5
19	Verifiqué propiedades variando parámetros	3.5	0.9	1	5
20	Pedí ayuda o colaboré cuando fue necesario	3.2	1.2	1	5

Para complementar, en la figura se muestran las distribuciones de respuesta en la escala

Likert, lo que permite observar de forma visual cómo se concentran las percepciones de los estudiantes en cada categoría.

Figura 8

Distribución de respuestas en la dimensión autorreporte de procesos



A partir de estas distribuciones y de los valores de tendencia y dispersión, se realiza el análisis interpretativo de la dimensión.

Análisis. En el ítem (18), un 45.7 % de los estudiantes estuvo de acuerdo y un 8.6 % totalmente de acuerdo, sumando un 54.3 % de respuestas positivas. El 34.3 % se ubicó en la categoría neutral y un 11.4 % expresó desacuerdo. La media obtenida (M = 3.5; DE = 0.8) muestra que la mayoría planifica antes de construir, aunque existe un grupo que no evidencia esta práctica de manera consistente, lo cual refleja la necesidad de reforzar la importancia de la planificación inicial.

En (19), el 51.4 % manifestó estar de acuerdo y un 5.7 % totalmente de acuerdo, alcanzando un 57.1 % de respuestas positivas. Un 31.4 % se mantuvo neutral y un 11.4 % expresó desacuerdo. Con una media de 3.5 (DE = 0.9), se observa que la verificación de propiedades mediante la variación de parámetros es reconocida como parte del proceso, aunque no está plenamente consolidada en todos los estudiantes, lo que sugiere que aún hay un segmento que requiere acompañamiento para incorporar la verificación sistemática en sus estrategias de resolución.

Finalmente, en (20), un 34.3 % estuvo de acuerdo y un 11.4 % totalmente de acuerdo, sumando un 45.7 % de respuestas positivas. El 31.4 % se mantuvo en la categoría neutral y un 22.9 % en desacuerdo. La media de 3.2 (DE = 1.2) revela una mayor dispersión en comparación con los ítems anteriores, evidenciando que la disposición a colaborar o pedir ayuda no es homogénea. Esto apunta a la necesidad de fomentar dinámicas de trabajo colaborativo más estructuradas que promuevan la interacción y la corresponsabilidad entre los estudiantes.

En conjunto, los tres ítems de la dimensión autorreporte de procesos presentan medias entre 3.2 y 3.5, con predominio de respuestas en las categorías de acuerdo. Esto indica que la mayoría de los estudiantes logra autorregular aspectos clave del proceso (planificación, verificación y colaboración), aunque con diferencias en el grado de consolidación.

Tabla 12

Variables de control

Variable	Categorías principales
Experiencia previa con Desmos/GeoGebra	Ninguna: 57.1% / Básica: 25.7% / Intermedia: 17,1% / Avanzada: 0%
Dispositivo utilizado	Laptop: 42.9% / PC: 28.6% / Tablet: 20% / Celular: 8.6%
Conexión a internet	Sí: 82.9% / Intermitente: 14.3% / No: 2.9%
Tiempo efectivo (min)	Media = 147.7, DE = 230.4, rango 30-1440

Análisis. En cuanto a la experiencia previa con las herramientas digitales (Desmos/GeoGebra), más de la mitad de los estudiantes (57.1%) no tenía ninguna experiencia, y apenas un 17.1% contaba con un nivel intermedio. Esto refleja que la gran mayoría se enfrentó a la actividad desde un punto inicial de aprendizaje, lo que da mayor valor a los resultados alcanzados, pues se evidencia que la estrategia fue comprendida incluso por quienes partían sin familiaridad previa.

Respecto al dispositivo utilizado, predominó el uso de laptops (42.9%) y computadoras de escritorio (28.6%), mientras que una proporción menor trabajó con tablets (20%) y celulares (8.6%). Esta distribución sugiere que la actividad se ejecutó mayoritariamente en entornos más estables para tareas académicas (laptop/PC), aunque también se adaptó a dispositivos de menor formato, lo que refleja cierta flexibilidad de la propuesta.

En la conexión a internet, el 82.9% reportó contar con conexión estable, mientras que un 14.3% la experimentó de manera intermitente y un 2.9% no tuvo acceso adecuado. Esto indica que, aunque la mayoría pudo trabajar sin interrupciones técnicas significativas, existe un subgrupo que enfrentó limitaciones externas que pudieron afectar su desempeño, un factor relevante a considerar en futuras implementaciones.

Finalmente, el tiempo efectivo de trabajo muestra una media de 147.7 minutos con una desviación estándar muy alta (DE = 230.4) debido a un valor atípico de 1440 minutos (24 horas). El rango oscila entre 30 y 1440 minutos, pero la mayoría de los estudiantes se ubicó entre 60 y 160 minutos, lo que constituye un esfuerzo razonable y consistente con la complejidad de la tarea. La presencia de este valor extremo distorsiona el promedio general, lo que obliga a interpretar la media con cautela y a resaltar que la tendencia real del grupo refleja un tiempo de dedicación entre 1 y 3 horas.

En conjunto, estas variables de control contextualizan los resultados de las dimensiones motivacionales y de desempeño: los estudiantes, en su mayoría sin experiencia previa y con recursos tecnológicos heterogéneos, lograron desenvolverse en la actividad. El tiempo invertido refuerza que hubo un compromiso sostenido, aunque heterogéneo, lo cual aporta evidencia sobre la viabilidad y el grado de accesibilidad de la propuesta.

Análisis cualitativos

Además de los análisis cuantitativos, se examinaron las respuestas abiertas del cuestionario de experiencia y motivación con el fin de identificar las percepciones de los estudiantes sobre la actividad. Este análisis permitió reconocer tanto las principales

dificultades enfrentadas como las decisiones de construcción que consideraron más relevantes.

En la primera pregunta “¿Cuál fue la dificultad principal que enfrentaste?” emergieron cuatro focos principales. Un grupo de estudiantes destacó problemas de carácter técnico vinculados al uso del programa, especialmente en la manipulación de funciones, intervalos o restricciones. Otro conjunto de respuestas evidenció limitaciones conceptuales, como la dificultad para seleccionar ecuaciones lineales adecuadas o comprender los procedimientos matemáticos necesarios. También se identificaron obstáculos en la fase de planificación creativa, dado que varios estudiantes señalaron que no sabían qué figura elaborar o que les costaba imaginar un diseño original. Finalmente, algunos participantes aludieron a factores pedagógicos y motivacionales, mencionando la falta de claridad inicial en las explicaciones o su escaso gusto por la matemática. En conjunto, estas categorías reflejan que la propuesta supuso un reto integral que abarcó tanto el dominio técnico como el conceptual y el creativo, con implicaciones en la disposición afectiva hacia la tarea.

En la segunda pregunta “¿Cuál fue la decisión de construcción más importante y por qué?” la mayoría de los estudiantes resaltó la elección de la figura a representar como el punto de partida más importante. Ejemplos recurrentes incluyeron la elaboración de estrellas, casas o figuras con simetría, decisiones que determinaron la selección posterior de funciones. En este sentido, varios participantes subrayaron la importancia de escoger adecuadamente las funciones lineales, trigonométricas o circunferencias para dar forma al dibujo, mientras que otros optaron por estrategias de simplificación, utilizando formas sencillas y funciones básicas para evitar complicaciones. Asimismo, surgieron menciones

a la planificación del diseño, como definir un punto central, decidir el tamaño de la figura o establecer el orden de trazado, y en menor medida a aspectos estéticos, como procurar que el resultado fuera visualmente atractivo o intentar añadir movimiento.

Este análisis cualitativo complementa los hallazgos previos al mostrar que, más allá de los resultados cuantitativos en desempeño y motivación, los estudiantes enfrentaron un proceso complejo en el que confluyeron la comprensión matemática, la habilidad técnica, la creatividad y la disposición personal. La convergencia de estas dimensiones refuerza la pertinencia de la estrategia como experiencia formativa integral.

Discusión

Mejora conceptual (PCB) y rol de las producciones visuales interactivas

Los resultados muestran incrementos significativos entre el pretest y el postest en ambos grupos, con una ganancia claramente mayor en el grupo experimental (CE) que trabajó con producciones visuales interactivas. Este hallazgo coincide con lo documentado por Cox Figueroa et al. (2023), quienes reportaron un progreso del 14,1 % en el aprendizaje de funciones exponenciales al integrar representaciones gráficas, simbólicas y numéricas en Desmos. Al igual que en su estudio, en esta investigación la combinación de representaciones contribuyó a superar una comprensión meramente superficial del trazado de gráficas, favoreciendo la construcción estructural de las relaciones funcionales.

De manera convergente, en el ámbito latinoamericano, Choco et al. (2024) y Barragán (2024) evidenciaron mejoras en rendimiento y motivación al incorporar GeoGebra en la enseñanza de geometría y cálculo. Tus resultados replican este patrón, pues el CE mostró un

desempeño postest superior, atribuible al vínculo entre lo algebraico y lo visual que promueven estas plataformas digitales.

El análisis ajustado mediante ANCOVA, que controló el puntaje de pretest, confirmó que la condición experimental tuvo un efecto positivo significativo. Este resultado dialoga con la perspectiva de Zambrano y Alarcón (2024) sobre la evaluación auténtica, en tanto que la producción de un artefacto interactivo exigió aplicar los conceptos en una tarea auténtica y creativa, más allá de la resolución isomorfa de ejercicios.

Calificación de los productos (RPI)

En la rúbrica analítica, la mayoría de estudiantes alcanzó niveles intermedios y altos en criterios como representación/precisión y comunicación técnica, mientras que en justificación in-artefacto se observó mayor dispersión, con un número considerable de estudiantes en niveles básicos (0–1). Este patrón refleja lo que la literatura ha señalado respecto al uso de rúbricas en contextos de evaluación auténtica: suelen visibilizar discrepancias entre la ejecución técnica y la capacidad de argumentación. Brookhart (2013), Jonsson y Svingby (2007) destacan el potencial formativo de las rúbricas justamente porque permiten identificar estas brechas.

De manera más específica, Moskal y Leydens (2000) subrayan que la justificación es uno de los componentes más difíciles de lograr en evaluaciones de desempeño. Los resultados de este estudio confirman esa observación, mostrando que, aunque los estudiantes fueron capaces de representar funciones y parametrizar adecuadamente, tuvieron dificultades para explicitar el razonamiento detrás de sus decisiones matemáticas dentro del propio artefacto.

En términos pedagógicos, esto implica que futuras aplicaciones de la propuesta deberían incorporar andamiajes que favorezcan la explicación explícita de las elecciones funcionales, los

intervalos y las simetrías utilizadas. Este punto coincide con las recomendaciones de Barragán (2024), quien enfatiza la necesidad de reforzar el vínculo entre la noción algebraica y su representación visual para afianzar la comprensión conceptual.

Experiencia y motivación (CEM)

Los resultados del CEM mostraron medias superiores a 4 puntos en dimensiones como interés/disfrute y utilidad, lo que indica una actitud positiva hacia la propuesta y hacia el uso de la herramienta digital. Estos hallazgos son consistentes con Murphy (2016), quien reporta que la tecnología matemática contribuye a reducir la ansiedad, elevar la precisión y promover actitudes activas frente al aprendizaje.

La dimensión de autoeficacia también presentó valores altos, lo cual evidencia que los estudiantes se percibieron capaces de completar la tarea con calidad y de explicar, en distintos grados, sus procedimientos. Este resultado refuerza la idea, recogida en la literatura revisada, de que las producciones interactivas no solo favorecen el aprendizaje conceptual, sino que también fortalecen la confianza en las propias capacidades.

En contraste, la dimensión de carga cognitiva se ubicó en niveles intermedios: suficientes para implicar un desafío significativo y sostener la atención, pero sin generar sobrecarga generalizada. Este balance entre exigencia y viabilidad pedagógica resulta coherente con el enfoque de construcción activa y resolución de problemas promovido en experiencias previas con GeoGebra y Desmos (Choco et al., 2024; Barragán, 2024).

Variables de control

El análisis de las variables de control mostró que la mayoría de los estudiantes contó con laptop o PC y conectividad relativamente estable, lo cual facilitó el trabajo en plataformas

gráficas. Sin embargo, se observó una alta dispersión en el tiempo efectivo dedicado a la tarea, con algunos estudiantes requiriendo más de dos horas para completarla. Este resultado se vincula con las dificultades iniciales señaladas en las respuestas abiertas del CEM, como la falta de familiaridad con el programa o la indecisión sobre qué figura construir.

Lejos de constituir un problema, esta variabilidad refleja el tránsito esperado entre la manipulación procedimental y la comprensión estructural, un proceso que la literatura atribuye como valor central al uso educativo de herramientas como GeoGebra y Desmos: no se trata únicamente de "dibujar", sino de modelar relaciones con sentido matemático. En este punto, los resultados coinciden con la caracterización de Cox Figueroa et al. (2023) sobre el potencial de las producciones digitales para promover un aprendizaje más profundo y sostenido.

Conclusiones

El estudio permitió cumplir con el objetivo general planteado, al demostrar que la implementación de producciones visuales interactivas como estrategia de evaluación alternativa favorece el aprendizaje conceptual en matemática y contribuye a la motivación estudiantil. La metodología empleada, basada en un diseño cuasi-experimental con pretest y postest, junto con el uso de instrumentos complementarios como la rúbrica analítica de productos (RPI) y el cuestionario de experiencia y motivación (CEM), ofreció evidencia clara y sistemática para contrastar el efecto de la propuesta. De igual modo, la revisión de literatura sirvió de marco de validación y contraste, pues los resultados obtenidos coincidieron con investigaciones que destacan el impacto positivo de herramientas como GeoGebra y Desmos en la comprensión de funciones y en la disposición favorable de los estudiantes hacia la matemática.

Entre los hallazgos más significativos se encuentra la mejora conceptual en el grupo experimental, que superó al grupo control en la medición postest aun cuando ambos recibieron la misma instrucción formal. También destaca que la calificación de los productos mostró un desempeño sólido en criterios como representación y precisión, pero evidenció dificultades en la justificación in-artefacto, un punto señalado también por la literatura como uno de los más complejos de alcanzar en contextos de evaluación auténtica. A nivel motivacional, los estudiantes reportaron altos niveles de interés, disfrute y autoeficacia, con una carga cognitiva percibida moderada, lo cual refleja un equilibrio pedagógico entre desafío y viabilidad. Estos resultados permiten afirmar que la propuesta no solo fortaleció la comprensión conceptual, sino que también generó una experiencia positiva hacia la matemática.

No obstante, la investigación presentó limitaciones que deben ser reconocidas. La primera estuvo relacionada con la participación parcial de los estudiantes, ya que no todos entregaron sus productos o respondieron los cuestionarios, lo que redujo el tamaño efectivo de la muestra en algunos análisis. Además, la implementación se desarrolló en un periodo breve y con una sola institución, lo cual restringe la generalización de los hallazgos. Asimismo, la falta de experiencia previa en el uso de herramientas digitales generó variabilidad en los tiempos de trabajo y en la calidad de las producciones, influyendo en algunos de los resultados obtenidos.

A partir de estas limitaciones, se sugieren varias recomendaciones para futuras investigaciones. Es necesario replicar la propuesta en diferentes instituciones y con poblaciones más amplias para consolidar la validez externa de los resultados. También conviene ampliar el tiempo de aplicación y ofrecer sesiones adicionales de entrenamiento en el manejo de software matemático, con el fin de reducir la curva de aprendizaje tecnológica y facilitar un mayor énfasis en la justificación matemática. De igual manera, resultaría pertinente incorporar evaluaciones

longitudinales que permitan observar el impacto sostenido de las producciones visuales interactivas en la formación matemática de los estudiantes.

Referencias

Asqui Lema, B. O. (2024). Recursos educativos digitales para mejorar el aprendizaje en matemáticas. Esprint Investigación, 3(1), 59-72. doi.org/10.61347/ei.v3i1.67

Balbi, A., Berrutti, S., Tejera, M., Gonzalez, E., & Bonilla, M. (2024). Tecnologías digitales y evaluación formativa en clases de matemática: una revisión de la literatura. Bolema, 38, e230045. doi.org/10.1590/1980-4415v38a230045

Barragán Arciniega, P. D. (2024). Uso del Software GeoGebra para la Enseñanza de Cálculo Diferencial en Estudiantes de Bachillerato de la Unidad Educativa Fiscal 24 de Mayo. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 8(3), 10832-10850. doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.12246

Brookhart, S. M. (2013). How to create and use rubrics for formative assessment and grading. ASCD.

Buchholtz, N. (2019). Planning and Conducting Mixed Methods Studies in Mathematics Educational Research. En G. Kaiser & N. Presmeg (Eds.), Compendium for Early Career Researchers in Mathematics Education (pp. 131-152). Cham: Springer. doi.org/10.1007/978-3-030-15636-7_6

Campbell, D. T., & Fiske, D. W. (1959). Convergent and discriminant validation by the multitrait-multimethod matrix. Psychological Bulletin, 56, 81-105. doi:10.1037/h0046016

Castillo, S. (2008). Propuesta pedagógica basada en el constructivismo para el uso óptimo de las TIC en la enseñanza y el aprendizaje de la matemática. Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa (Relime), 11(2), 189-208.

Choco Coronel, P. G., Rojas Rojas, M. A., Astudillo Aguilar, P. S., & Castillo Barrezueta, J. F. (2024). Impacto académico y motivacional del GeoGebra en el estudio de áreas y perímetros. Religación, 9(42), e2401286. doi.org/10.46652/rgn.v9i42.1286

Constitución de la República del Ecuador. (2008). Registro Oficial No. 449, 20 de octubre de 2008.

Cox Figueroa, E. J., Salas Giler, J. C., Espinoza Sánchez, M. G., & Macías Barberán, J. R. (2023). Aplicación de Desmos para la enseñanza de funciones exponenciales. Polo del Conocimiento, 8(12), 372-383. doi.org/10.23857/pc.v8i12.6285

Farfán Pimentel, J. F., & Delgado Arenas, R. (2025). Evaluación formativa en el desarrollo de competencias matemáticas en estudiantes de bachillerato. Horizontes. Revista de Investigación en Ciencias de la Educación, 9(36), 458-466. doi.org/10.33996/revistahorizontes.v9i36.931

Godino, J. D., Batanero, C., & Font, V. (2017). Fundamentos de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. Universidad de Granada.

González Ogando, P. (2020). Desmos: una herramienta didáctica para trabajar con funciones y gráficas. Números. Revista de Didáctica de las Matemáticas, (104), 9-28.

Guerrido-Tumbaco, M. Á., Baque-Parrales, E. M., Vera-Pisco, D., & Quishpi-Vera, H. A. (2025). La visualización matemática y su impacto en la comprensión conceptual: una revisión narrativa. Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación, 8(15), 84-102. doi.org/10.46296/ig.v8i15.0262

Gutiérrez Mendoza, L., Buitrago Alemán, M. R., & Ariza Nieves, L. M. (2017). Identificación de dificultades en el aprendizaje del concepto de la derivada y diseño de un OVA como mediación pedagógica. Revista Científica General José María Córdova, 15(20), 137-153.

Johnson, R. B., & Onwuegbuzie, A. J. (2004). Mixed methods research: A research paradigm whose time has come. Educational Researcher, 33(7), 14-26. doi.org/10.3102/0013189X0330070

Jonsson, A., & Svingby, G. (2007). The use of scoring rubrics: Reliability, validity and educational consequences. Educational Research Review, 2(2), 130-144. doi.org/10.1016/j.edurev.2007.05.002

Ley Orgánica de Educación Intercultural (LOEI). (2011, última codificación 2021). Registro Oficial Suplemento No. 417, 31 de marzo de 2011.

Mera Calle , B. Y., Ramos Ruales, A. P., Dolores Carpio, M., Padilla Toapanta, M. A., & Marcillo Valdez, M. A. (2025). Gamificación y Aprendizaje Activo en el Aula. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 9(2), 8141-8158. doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.17540

Ministerio de Educación del Ecuador. (2016). Actualización y fortalecimiento curricular de la Educación General Básica y Bachillerato General Unificado. educacion.gob.ec/curriculo-2016/

Ministerio de Educación del Ecuador. (2020). Acuerdo Ministerial 00065-2020. Competencias Digitales Docentes. educacion.gob.ec/

Ministerio de Educación del Ecuador. (2023). Nuevo enfoque de evaluación educativa acorde al Reglamento a la LOEI. [Comunicado]. educacion.gob.ec/nuevo-enfoque-de-evaluacion-educativa-acorde-al-reglamento-a-la-loei/

Monroy Andrade, J. (2024). El uso de las nuevas tecnologías en la enseñanza de las matemáticas: una revisión sistemática. Revista Tecnología, Ciencia Y Educación, (28), 115-140. doi.org/10.51302/tce.2024.18987

Moskal, B. M. & Leydens, J. A., (2000) "Scoring Rubric Development: Validity and Reliability", Practical Assessment, Research, and Evaluation 7(1): 10. doi.org/10.7275/q7rm-gg74

Murphy, D. (2016). A literature review: The effect of implementing technology in a high school mathematics classroom. International Journal of Research in Education and Science (IJRES), 2(2), 295-299.

Ordóñez García, K. I., Molina Ortiz, M. I., & Ordoñez García, J. E. (2022). GeoGebra: una herramienta tecnológica para aprender matemáticas. RECIAMUC, 6(1), 182-192. doi.org/10.26820/reciamuc/6.(1).enero.2022.182-192

Reglamento General a la LOEI. (2023). Registro Oficial No. 453, 22 de febrero de 2023.

Rojas Llerena, F. A., Timbila Crespo, N. M., Moscoso Noroña, M. L., & Chiluisa Chiluisa, A. A. (2025). Transformación digital en la enseñanza de las matemáticas: impacto de herramientas educativas en el rendimiento académico de estudiantes secundarios. Dominio de las Ciencias, 11(3), 1-18. doi.org/10.23857/dc.v11i3.4467

Ross, A. A. (2012). Prevalence of Mixed Methods Research in Mathematics Education. ERIC.

Valencia-Caballero, L. Y. (2025). Impacto de la integración tecnológica en el rendimiento matemático de estudiantes de primaria en Chía, Colombia. Holopraxis: Revista de Ciencia, Tecnología e Innovación, 9(1), 140-158.

Villacís Montoya, D. I., Chávez Oña, E. D., Pico Sánchez, P. M., Guallichico, L. A., & Simbaña Collaguazo, V. S. (2025). Gamificación matemática mediada por herramientas digitales: efectos en la motivación y el desempeño académico en estudiantes. Revista ASCE, 4(3), 45-59. doi.org/10.70577/ASCE/823.846/2025

Zambrano Bazurto, M. D., & Alarcón Barcia, L. A. (2024). Evaluación auténtica y el aprendizaje de la matemática en los estudiantes del nivel de bachillerato. Revista Cognosis, 9(4), 411-420. doi.org/10.33936/cognosis.v9iEE1.5709

Anexos

Anexo 1. Solicitud de autorización en la Unidad Educativa Cavanis

Solicitud de autorización para aplicación de instrumentos de investigación

Santo Domingo, 2 de septiembre de 2025

Estimado

Msc. Wilson Salas
Rector de la Unidad Educativa Cavanis

Presente.-

De mi consideración:

Reciba un cordial saludo. Por medio de la presente solicito autorización para aplicar los instrumentos de investigación de mi proyecto titulado: **"Producciones visuales interactivas como estrategia de evaluación alternativa en matemática en bachillerato"**, en dos paralelos de 3° de Bachillerato General Unificado de su institución.

La finalidad de este estudio es analizar cómo los estudiantes expresan su comprensión conceptual en matemática a través de producciones visuales interactivas (con *Desmos*) en comparación con una metodología tradicional basada en ejercicios escritos. Con ello se busca aportar evidencia sobre el potencial pedagógico de estas estrategias como alternativa de evaluación, constituyendo una contraparte práctica frente al creciente uso de inteligencia artificial en educación: mientras la IA puede resolver automáticamente ejercicios rutinarios, este enfoque apunta a valorar la creatividad, la representación conceptual y la reflexión propia del estudiante.

El plan de trabajo está previsto en dos jornadas con fechas tentativas:

- **Viernes 5 de septiembre de 2025**
  - Aplicación de prueba diagnóstica inicial en ambos paralelos.
  - Clase del tema matemático en ambos paralelos.
    - *Grupo experimental (3BGU-A):* explicación del tema e introducción a la herramienta *Desmos* para la tarea de construcción.
    - *Grupo control (3BGU-B):* explicación del mismo tema con metodología tradicional y asignación de una hoja de ejercicios equivalente en complejidad.
  - Asignación de la tarea para casa (producción en *Desmos* o ejercicios en papel, según el grupo).
- **Viernes 12 de septiembre de 2025**
  - Recolección de los trabajos entregados por los estudiantes de ambos grupos.
  - Aplicación de la prueba post a los dos grupos.
  - Aplicación de la encuesta de motivación y experiencia únicamente al grupo experimental.

Los datos recogidos serán tratados con confidencialidad absoluta, garantizando el anonimato de los estudiantes. El proceso no alterará de manera significativa el desarrollo curricular, pues se limita a dos jornadas de trabajo en el aula y actividades domiciliarias.

Recibido
Autorizado para realizar actividad

UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR CAVANIS SANTO DOMINGO
RECTORADO

Agradezco de antemano su apoyo para llevar a cabo esta investigación, que busca fortalecer la innovación educativa y generar aportes aplicables al ámbito de la enseñanza de la matemática en nuestro país.

Atentamente,

JEAN PIERRE GIRALDO APONTE

Jean Pierre Giraldo Aponte

Telf: 0982437141

Anexo 2. Consentimiento informado para padres-madres-tutores

ANEXO 1. ACUERDO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PADRES-MADRES-TUTORES

Santo Domingo, 2 de septiembre:

Yo, Jean Pierre Giraldo Aponte INVESTIGADOR/A PRINCIPAL del estudio titulado Producciones visuales interactivas como estrategia de evaluación alternativa en matemática en bachillerato, pongo en su conocimiento el desarrollo de la investigación que a continuación se menciona. Por favor lea atentamente este acuerdo de consentimiento antes de tomar una decisión sobre la participación de su representado/a en el estudio.

Resumen de la propuesta de investigación: Este proyecto investiga si una estrategia alternativa de evaluación en matemáticas puede generar mejores resultados y cambios significativos en comparación con la evaluación tradicional. La propuesta consiste en que los estudiantes, en lugar de resolver únicamente ejercicios, elaboren producciones visuales interactivas con herramientas como GeoGebra o Desmos. Estas producciones permiten graficar funciones, manipular parámetros y representar ideas matemáticas de forma dinámica, evidenciando la comprensión de temas de álgebra, funciones y geometría. El proyecto busca determinar si esta forma de evaluación permite mostrar con mayor claridad lo que los estudiantes comprenden, además de analizar si influye en su motivación y en su interés por la asignatura. Asimismo, se plantea como una alternativa al uso indiscriminado de la inteligencia artificial en la resolución de ejercicios. A diferencia de la IA, que entrega respuestas automáticas sin requerir razonamiento, esta estrategia exige que el alumno construya y justifique sus propias representaciones, dejando evidencia auténtica de su aprendizaje.

Participación del estudiante en el estudio: En este proyecto los estudiantes participan de manera activa creando sus propias producciones visuales interactivas en programas como GeoGebra o Desmos, lo que les permite mostrar cómo entienden temas de álgebra, funciones y geometría. A diferencia de solo resolución de ejercicios, aquí cada alumno debe diseñar, manipular y justificar su construcción digital, y además responde breves cuestionarios y pruebas que permiten comparar su aprendizaje y motivación con las formas tradicionales de evaluación.

Tiempo requerido: El proyecto está planificado para desarrollarse en dos sesiones de 2 horas cada una: la primera destinada al test inicial y la explicación del tema, y la segunda para la entrega de la producción interactiva, la aplicación del test final y la encuesta de motivación.

Cronograma del estudio:

- Sesión 1 (2 horas)
  - Aplicación del test inicial (pretest).
  - Explicación del tema matemático correspondiente.
  - Presentación de la consigna y breve modelado de la actividad interactiva.
- Sesión 2 (2 horas)
  - Desarrollo y entrega de la producción visual interactiva (grupo experimental) o resolución de la tarea tradicional (grupo control).
  - Aplicación del test final (postest).

- Aplicación del cuestionario de experiencia y motivación.

Derecho a retirarse del estudio: Usted tiene el derecho de retirar a su hijo/a del estudio en cualquier momento sin penalización alguna. Si ese fuere el caso, tomar contacto directamente con el investigador principal de este estudio, cuya información se encuentra al final de este acuerdo.

Así mismo, de existir cualquier tipo de anomalía que usted considere ponga en riesgo el bienestar de su hijo/a o representado/a, reportarlo directamente a la autoridad de la Institución Educativa quien deberá tomar las acciones correspondientes de acuerdo con la normativa vigente.

La propuesta de investigación descrita fue previamente revisada y aprobada por la Dirección Nacional de Investigación Educativa, por lo cual, como investigador principal, así como todos los investigadores involucrados en el desarrollo del estudio, acordamos expresamente mantener la más estricta confidencialidad en el uso de la información, y entendemos que la participación de su representado es voluntaria. La información que usted y su hijo den para el estudio será manejada confidencialmente. Sus datos y los datos de su hijo/a serán anónimos, lo que significa que su nombre no será recopilado o enlazado a los datos que no tengan como único y exclusivo propósito el desarrollo de la presente investigación.

Si tiene preguntas adicionales sobre el estudio, comuníquese con:

Nombre del investigador principal: Jean Pierre Giraldo Aponte
Entidad a la que pertenece: Universidad Espíritu Santo (UEES)
Dirección: Km. 2,5 vía a Samborondón
Correo electrónico: jean.giraldo@uees.edu.ec
Teléfono de contacto: 0982437141

Con esos antecedentes, como representante de su hijo/a acuerda:

☑ Permitir su participación en el estudio de investigación especificado.

☐ NO permitir su participación en el estudio de investigación especificado.

Nombres completos del/la representante

Firma:

Fecha: 15. 09. 2025

Anexo 3. Asentimiento para estudiantes

República del Ecuador

Ministerio de Educación

ANEXO 2. CARTA DE ASENTIMIENTO PARA ESTUDIANTES ENTRE 12-18 AÑOS

Por favor, lee este documento con tu(s) padre (s) o tutor (es) antes de decidirte a participar en el estudio. Tu representante también será informado del desarrollo de esta investigación y permitirá tu participación a través del acuerdo de consentimiento informado. Sin embargo, es importante tener claro tu participación voluntaria en el estudio.

Este estudio ayudará a aprender más acerca de "Producciones visuales interactivas como estrategia de evaluación alternativa en matemática en bachillerato". Quisiera contar con tu participación en el estudio porque con tu ayuda podremos saber si este tipo de actividades digitales hacen que aprender matemáticas sea más claro y motivador, y así comparar con las evaluaciones tradicionales.

Si aceptas participar en el estudio, esto será de la siguiente manera. En este estudio participarás en dos clases normales de 2 horas clase cada una. En la primera harás un pequeño test y se te explicará el tema, y en la segunda entregarás tu trabajo interactivo y contestarás otro test corto junto con una encuesta sobre tu experiencia. No se tomarán fotos, audios ni videos. Todo se hará dentro del aula de tu institución, cuidando tu bienestar y sin interrumpir las demás clases.

Tu participación en el estudio es completamente voluntaria y puedes retirarte en cualquier momento si esa es tu voluntad. Tu papá-mamá/tutor saben sobre este estudio y te estamos preguntando si te gustaría participar en él. En caso de tener alguna duda al respecto, notificarla directamente al investigador principal del estudio y/o a la autoridad de tu Institución Educativa.

La información del investigador principal es la siguiente:

Nombre del investigador principal: Jean Pierre Giraldo Aponte
Entidad a la que pertenece: Universidad Espíritu Santo (UEES)
Dirección: Km. 2,5 vía a Samborondón
Correo electrónico: jean.giraldo@uees.edu.ec
Teléfono de contacto: 0982437141

Con esos antecedentes, acepto participar en el estudio de investigación descrito anteriormente.

Nombres y apellidos del estudiante [redacted]

Fecha: 15. 09 2025.

[redacted]

Anexo 4. Rúbrica analítica del producto interactivo (RPI)

Criterio	0	1	2	3
Representación y precisión matemática	objetos/relaciones incorrectos; notación/escala errónea.	corrección básica con errores menores persistentes.	corrección mayoritaria; 1–2 imprecisiones leves.	exactitud plena; notación consistente; escalas/unidades explícitas.
Relaciones y propiedades	sin relaciones válidas; propiedades clave ausentes/falsas.	relaciones parciales sin verificación.	relaciones centrales correctas; al menos una propiedad verificada.	relaciones completas/no triviales; verificación explícita de invariantes/restricciones.
Modelación / parametrización	sin parámetros; construcción rígida.	parámetros poco funcionales; dependencias mal definidas.	parámetros operativos; variación controlada; dependencias correctas.	parametrización clara y eficiente; controles nombrados; restricciones coherentes.
Justificación y metacognición in-artefacto	sin etiquetas ni explicaciones.	etiquetas descriptivas mínimas.	comentarios que conectan pasos con definiciones/propiedades.	justificación sucinta y correcta de decisiones; referencia a propiedades/teoremas.
Diseño técnico y comunicación	lienzo desordenado; ilegible.	organización básica con problemas de legibilidad.	disposición clara; capas/agrupaciones razonables.	presentación limpia; nomenclatura de objetos; navegación intuitiva.

Anexo 5. Pre test diagnostico

Pre test

1. Explica con tus propias palabras que significa que una relación sea una función

_____

_____

_____

_____

2. Da un ejemplo de una función y un ejemplo de una relación que no sea función. Justifica brevemente tu elección en ambos casos.

3. Considera la regla $f(x) = 2x + 3$, Verifica si el par (2,7) pertenece a esta función.

4. Construye una función que cumpla la condición $f(0) = 5$. Escribe al menos una posible expresión.

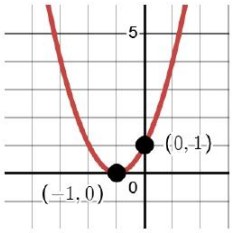
5. Alguien dice: "Toda gráfica que es una línea recta corresponde a una función". Da un contraejemplo y explica por qué contradice esa afirmación.

6. Se tiene la siguiente tabla

x	$f(x)$
1	2
2	4
3	6

¿Qué regla crees que sigue la función?

7. Observa la gráfica:



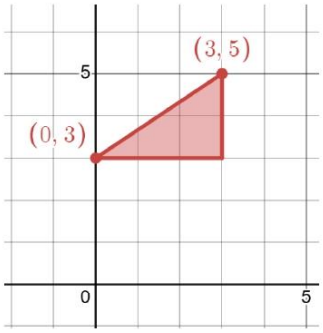
¿Qué función podría representarse con esa gráfica?

Anexo 6. Post test (prueba final)

Post test

1. Explica qué significa que una función tenga dominio restringido. Ilustra tu respuesta mencionando por qué en $f(x) = \frac{1}{x-2}$ no se permite cualquier número real como entrada.

2. En el siguiente gráfico indica cuantas funciones y no-funciones existen



Funciones:

No-Funciones:

3. Considera la regla $f(x) = \frac{2x}{x-3}$, Verifica si el par (3,2) pertenece a esta función.

4. Construye una función f tal que su dominio esté restringido al intervalo $[0, 4]$ y cumpla la condición $f(2) = 1$. Escribe al menos una posible expresión.

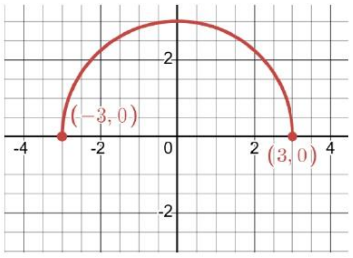
5. Un estudiante dice: "El dominio de toda función polinómica es $\mathbb{R}$". Da un contraejemplo que muestre que no siempre, bajo ciertas restricciones de contexto, el dominio se toma como todos los reales.

6. Se tiene la siguiente tabla

x	$f(x)$
-2	no definido
-1	-1
0	0
1	1
2	2

¿Qué regla crees que sigue la función?

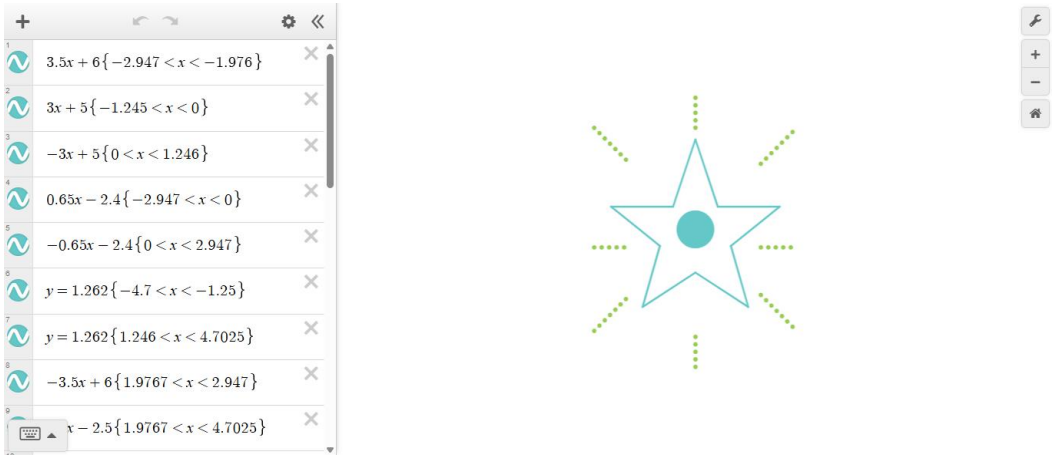
7. Observa la gráfica:



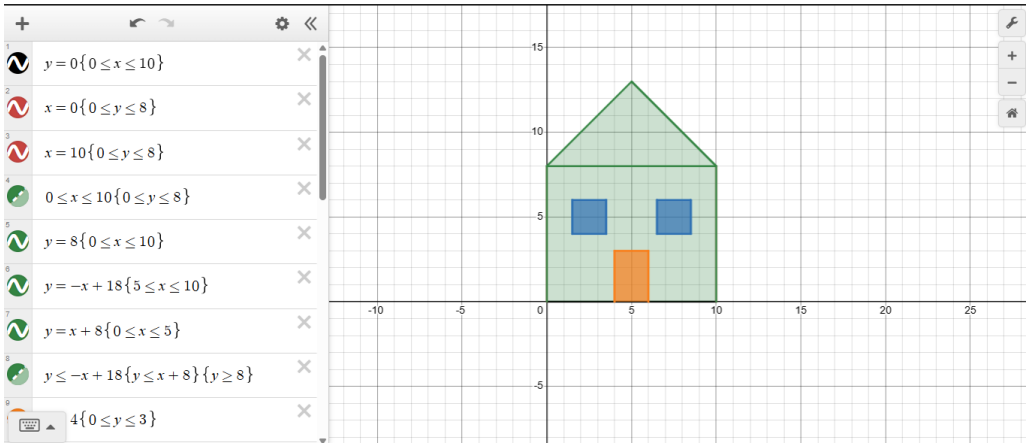
a) ¿Qué función podría representarse con esa gráfica? (si fuera una circunferencia completa la expresión seria $x^2 + y^2 = 9$)

b) ¿Cuál es el dominio de esa función?

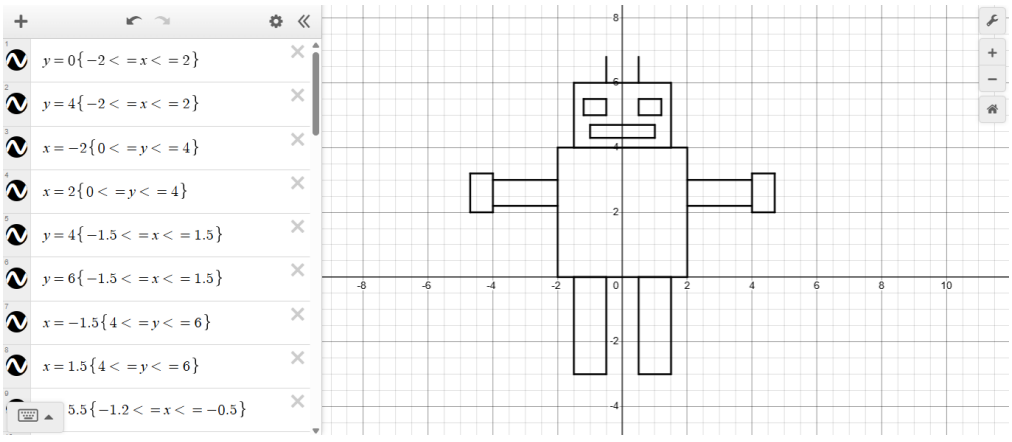
Anexo 7. Producto interactivo 1



Anexo 8. Producto interactivo 2



Anexo 9. Producto interactivo 3



Anexo 10: Encuesta de experiencia y motivación del estudiante

Encuesta de experiencia y motivación

Este cuestionario queremos conocer tu experiencia al trabajar con esta actividad de matemáticas. No hay respuestas correctas o incorrectas, lo importante es tu opinión sincera. Tus respuestas son anónimas y servirán solo para fines académicos.

* Indica que la pregunta es obligatoria

Interés/ Disfrute

1. Me resultó interesante construir el producto interactivo. *

   Marca solo un óvalo.

   - ◯ Totalmente en desacuerdo
   - ◯ En desacuerdo
   - ◯ Ni de acuerdo ni en desacuerdo
   - ◯ De acuerdo
   - ◯ Totalmente de acuerdo

2. Disfruté trabajar con la herramienta digital. *

   Marca solo un óvalo.

   - ◯ Totalmente en desacuerdo
   - ◯ En desacuerdo
   - ◯ Ni de acuerdo ni en desacuerdo
   - ◯ De acuerdo
   - ◯ Totalmente de acuerdo

3. Seguiría usando esta forma de trabajar en matemática. *

Marca solo un óvalo.

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

Utilidad percibida

4. Esta actividad me ayudó a entender el tema central. *

Marca solo un óvalo.

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

5. Pude conectar conceptos previos con el nuevo contenido. *

Marca solo un óvalo.

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

6. El producto final refleja lo que aprendí. *

Marca solo un óvalo.

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

Autoeficacia

7. Me sentí capaz de completar la tarea con calidad. *

Marca solo un óvalo.

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

8. Con más tiempo, podría mejorar significativamente mi producto. *

Marca solo un óvalo.

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

9. Puedo explicar a otra persona cómo hice mi construcción. *

Marca solo un óvalo.

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

Esfuerzo/ Compromiso

10. Trabajé de forma sostenida durante la tarea. *

Marca solo un óvalo.

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

11. Busqué errores y los corregí antes de entregar. *

Marca solo un óvalo.

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

12. Organicé mi trabajo en pasos claros. *

Marca solo un óvalo.

- ◯ Totalmente en desacuerdo
- ◯ En desacuerdo
- ◯ Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- ◯ De acuerdo
- ◯ Totalmente de acuerdo

Carga cognitiva

13. Sentí sobrecarga al usar la herramienta digital. *

Marca solo un óvalo.

- ◯ Totalmente en desacuerdo
- ◯ En desacuerdo
- ◯ Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- ◯ De acuerdo
- ◯ Totalmente de acuerdo

14. Las instrucciones fueron suficientes para avanzar. *

Marca solo un óvalo.

- ◯ Totalmente en desacuerdo
- ◯ En desacuerdo
- ◯ Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- ◯ De acuerdo
- ◯ Totalmente de acuerdo

15. Hubo demasiadas cosas que atender al mismo tiempo. *

Marca solo un óvalo.

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

Preferencias/ Comparación

16. Prefiero esta actividad a una lista larga de ejercicios. *

Marca solo un óvalo.

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

17. Esta forma evalúa mejor mi comprensión. *

Marca solo un óvalo.

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

Auto-reporte de procesos

18. Hice un plan antes de construir. *

Marca solo un óvalo.

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

19. Verifiqué propiedades variando parámetros. *

Marca solo un óvalo.

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

20. Pedí ayuda o colaboré cuando fue necesario. *

Marca solo un óvalo.

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

Abierto

21. ¿Cuál fue la dificultad principal que enfrentaste? *

_____

22. ¿Cuál fue la decisión de construcción más importante y por qué? *

Variables de control

23. Experiencia previa con Desmos/ GeoGebra *

Marca solo un óvalo.

- Ninguna
- Básica
- Intermedia
- Avanzada

24. Acceso a dispositivo *

Marca solo un óvalo.

- PC de escritorio
- Laptop
- Tablet/iPad
- Celular
- Opción 5

25. Internet durante la tarea *

Marca solo un óvalo.

- Si
- No
- Intermitente

26. Tiempo efectivo invertido (en minutos, enteros). Ejemplo: 70 *