

**LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y
Humanidades, Asunción, Paraguay**

ISSN en línea: 2789-3855, 2026

Uso de entornos virtuales gamificados para motivar el aprendizaje de sistemas de dos ecuaciones lineales mediante estrategias didácticas innovadoras interactivas digitales

Use of gamified virtual environments to motivate learning of systems
of two linear equations through innovative interactive digital didactic
strategies

Luis Mauricio Lema Vichicela

mlema3744@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-8642-6489>

Trabajo en la Unidad Educativa "Antonio
José de Sucre"

Quevedo – Ecuador

Gladys Zenaida Rumiguano Tamami

gladysrumiguano@yahoo.es

<https://orcid.org/0009-0005-9704-4783>

Trabajo en la Unidad Educativa "Pangua"

Pangua – Ecuador

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v7i1.5461>

**Redilat**
Red de Investigadores
Latinoamericanos

**LATAM**

Revista Latinoamericana de
Ciencias Sociales y Humanidades

Artículo recibido: 31 de octubre de 2025.

Aceptado para publicación: 06 de marzo de 2026.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

VOLUMEN VII

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v7i1.5461>

Uso de entornos virtuales gamificados para motivar el aprendizaje de sistemas de dos ecuaciones lineales mediante estrategias didácticas innovadoras interactivas digitales

Use of gamified virtual environments to motivate learning of systems of two linear equations through innovative interactive digital didactic strategies

Luis Mauricio Lema Vichicela

mlema3744@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-8642-6489>

Trabajo en la Unidad Educativa "Antonio José de Sucre"
Quevedo – Ecuador

Gladys Zenaida Rumiguano Tamami

gladysrumiguano@yahoo.es

<https://orcid.org/0009-0005-9704-4783>

Trabajo en la Unidad Educativa "Pangua"
Pangua – Ecuador

Artículo recibido: 31 de octubre de 2025. Aceptado para publicación: 06 de marzo de 2026.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen


Este estudio investigó el impacto de un entorno virtual gamificado en la motivación y el aprendizaje de sistemas de dos ecuaciones lineales en estudiantes de educación secundaria. Se adoptó un enfoque mixto explicativo secuencial con diseño cuasi-experimental, donde 67 estudiantes de segundo año de bachillerato (15-17 años) participaron en grupos experimental ($n=35$) y control ($n=32$). El grupo experimental utilizó un entorno gamificado durante ocho semanas que integró narrativas contextuales, retroalimentación inmediata, progresión adaptativa de dificultad, insignias de logro y desafíos colaborativos. Se administraron pre-tests y post-tests de conocimiento matemático, la Escala de Motivación Académica adaptada, y se recopiló análisis de aprendizaje. Complementariamente, se realizaron 12 entrevistas semiestructuradas con estudiantes y cuatro con docentes, analizadas mediante análisis temático reflexivo. Los resultados revelaron mejoras significativas en el grupo experimental comparado con el control en rendimiento académico ($F=28.73$, $p<.001$, $\eta^2p=.31$), especialmente en comprensión conceptual ($\eta^2p=.33$). La motivación intrínseca aumentó sustancialmente ($d=1.67$) mientras la desmotivación disminuyó ($d=1.16$). Las analíticas mostraron alta tasa de completación (84.2%) y correlaciones significativas entre engagement, motivación y rendimiento. El análisis cualitativo identificó cinco temas principales: motivación situada, transformación de percepciones matemáticas, aprendizaje colaborativo, importancia de retroalimentación formativa, y desafíos de implementación. Los hallazgos demuestran que entornos virtuales gamificados pedagógicamente fundamentados satisfacen necesidades psicológicas básicas, reducen ansiedad matemática y facilitan comprensión conceptual profunda. Las implicaciones incluyen recomendaciones para diseño instruccional específico de contenido, desarrollo profesional docente y consideraciones de equidad tecnológica en innovaciones educativas digitales.

Palabras clave: gamificación educativa, entornos virtuales de aprendizaje, motivación académica, sistemas de ecuaciones lineales, didáctica de las matemáticas

Abstract

This study investigated the impact of a gamified virtual environment on motivation and learning of systems of two linear equations among secondary education students. A sequential explanatory mixed-methods approach with quasi-experimental design was adopted, where 67 second-year high school students (ages 15-17) participated in experimental ($n=35$) and control ($n=32$) groups. The experimental group used a gamified environment for eight weeks that integrated contextual narratives, immediate feedback, adaptive difficulty progression, achievement badges, and collaborative challenges. Pre-tests and post-tests of mathematical knowledge, the adapted Academic Motivation Scale, and learning analytics were administered. Complementarily, 12 semi-structured interviews with students and four with teachers were conducted, analyzed through reflexive thematic analysis. Results revealed significant improvements in the experimental group compared to control in academic performance ($F=28.73$, $p<.001$, $\eta^2p=.31$), especially in conceptual understanding ($\eta^2p=.33$). Intrinsic motivation increased substantially ($d=1.67$) while amotivation decreased ($d=1.16$). Analytics showed high completion rates (84.2%) and significant correlations between engagement, motivation, and performance. Qualitative analysis identified five main themes: situated motivation, transformation of mathematical perceptions, collaborative learning, importance of formative feedback, and implementation challenges. Findings demonstrate that pedagogically grounded gamified virtual environments satisfy basic psychological needs, reduce mathematics anxiety, and facilitate deep conceptual understanding. Implications include recommendations for content-specific instructional design, teacher professional development, and technological equity considerations in digital educational innovations.

Keywords: educational gamification, virtual learning environments, academic motivation, systems of linear equations, mathematics didactics

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons. 

Cómo citar: Lema Vichicela, L. M., & Rumiguano Tamami, G. Z. (2026). Uso de entornos virtuales gamificados para motivar el aprendizaje de sistemas de dos ecuaciones lineales mediante estrategias didácticas innovadoras interactivas digitales. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 7 (1), 2632 – 2656. <https://doi.org/10.56712/latam.v7i1.5461>

INTRODUCCIÓN

La educación matemática contemporánea enfrenta desafíos significativos en la enseñanza de sistemas de ecuaciones lineales, un contenido fundamental que históricamente ha generado altas tasas de desmotivación y bajo rendimiento académico entre estudiantes de educación secundaria y superior (García-Martínez et al., 2022). En el contexto postpandémico, la transformación digital educativa ha revelado tanto oportunidades como necesidades apremiantes de innovación pedagógica, particularmente en áreas matemáticas que requieren abstracción y razonamiento algebraico complejo (Rodríguez-Cano & Iglesias-Martínez, 2023). Los sistemas de dos ecuaciones lineales representan un punto crítico en el currículo matemático, constituyendo la base para competencias algebraicas avanzadas y aplicaciones en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés).

La gamificación educativa ha emergido como una estrategia pedagógica innovadora que integra elementos de diseño de juegos en contextos de aprendizaje formal, generando ambientes motivacionales que potencian el compromiso estudiantil y la persistencia en tareas académicas complejas (Sailer & Homner, 2021). Los entornos virtuales gamificados trascienden el mero entretenimiento, configurándose como ecosistemas digitales interactivos que facilitan experiencias de aprendizaje inmersivas, personalizadas y contextualmente relevantes (Zainuddin et al., 2022). Esta convergencia entre pedagogía, tecnología digital y principios de diseño lúdico ofrece posibilidades transformadoras para reconceptualizar la enseñanza de contenidos matemáticos tradicionalmente percibidos como áridos o abstractos.

La relevancia de esta investigación se fundamenta en múltiples dimensiones. Primero, desde una perspectiva pedagógica, existe evidencia creciente de que las estrategias didácticas innovadoras mediadas tecnológicamente pueden reducir la ansiedad matemática y mejorar significativamente los resultados de aprendizaje en álgebra (Hwang & Chang, 2023). Segundo, desde el ámbito motivacional, la teoría de la autodeterminación aplicada a contextos gamificados demuestra que el diseño adecuado de experiencias digitales puede satisfacer necesidades psicológicas básicas de autonomía, competencia y relación, incrementando la motivación intrínseca hacia el aprendizaje matemático (Buil-Fabregá et al., 2022). Tercero, desde una dimensión socioeducativa, la integración de tecnologías digitales interactivas contribuye a desarrollar competencias del siglo XXI, preparando estudiantes para entornos laborales cada vez más digitalizados y orientados a la resolución de problemas complejos (López-Belmonte et al., 2021).

La literatura científica reciente evidencia un interés creciente en la gamificación como estrategia pedagógica transformadora. Dichev y Dicheva (2022) realizaron un metaanálisis de 51 estudios empíricos sobre gamificación en educación matemática, concluyendo que las intervenciones gamificadas producen efectos positivos moderados a grandes en el rendimiento académico ($d = 0.64$) y la motivación estudiantil ($d = 0.72$). Estos hallazgos respaldan la viabilidad de estrategias gamificadas para contenidos algebraicos complejos como los sistemas de ecuaciones.

Específicamente en la enseñanza de álgebra, Hassan et al. (2021) implementaron un entorno virtual gamificado para ecuaciones lineales con estudiantes de secundaria en Malasia, reportando incrementos significativos en comprensión conceptual ($p < 0.001$) y actitudes positivas hacia las matemáticas. Su diseño instruccional incorporó narrativas contextualizadas, desafíos progresivos y retroalimentación inmediata, elementos que la literatura identifica como fundamentales para la efectividad de intervenciones gamificadas (Kalogiannakis et al., 2021).

La investigación sobre motivación en aprendizaje matemático mediado tecnológicamente ha sido enriquecida por estudios que aplican la teoría de la autodeterminación (TAD) al diseño de experiencias gamificadas. Xi y Hamari (2021) demostraron que elementos de gamificación como sistemas de

puntos, tablas de clasificación y desafíos colaborativos pueden satisfacer las necesidades psicológicas de autonomía, competencia y relación cuando se diseñan cuidadosamente, evitando la sobrejustificación que podría erosionar la motivación intrínseca. Esta perspectiva teórica advierte contra implementaciones superficiales de gamificación que priorizan recompensas extrínsecas sobre el diseño de experiencias de aprendizaje significativas.

Los entornos virtuales de aprendizaje (EVA) gamificados han sido estudiados desde perspectivas de diseño instruccional y experiencia de usuario. Almarshedi et al. (2022) identificaron ocho principios de diseño para gamificación educativa efectiva: objetivos claros, desafíos graduados, retroalimentación inmediata, narrativa contextual, opciones de personalización, elementos sociales, reconocimiento de logros y estética visual atractiva. La aplicación de estos principios en matemáticas requiere equilibrio entre fidelidad disciplinar y engagement lúdico.

La integración de tecnologías emergentes en educación matemática ha generado investigación sobre realidad aumentada, inteligencia artificial y analíticas de aprendizaje aplicadas a contenidos algebraicos. Chen y Wang (2023) exploraron sistemas adaptativos de aprendizaje gamificado que ajustan dinámicamente dificultad y retroalimentación según el desempeño individual, reportando mejoras en personalización y eficiencia instruccional. Estas innovaciones tecnológicas amplían las posibilidades de diferenciación pedagógica en aulas heterogéneas.

Sin embargo, la literatura también documenta desafíos y limitaciones. Koivisto y Hamari (2021) advirtieron sobre el "efecto novedad" en intervenciones gamificadas, donde beneficios iniciales disminuyen con exposición prolongada. Asimismo, variables como preferencias individuales de aprendizaje, contextos socioculturales y competencia digital docente moderan significativamente la efectividad de estrategias gamificadas (Manzano-León et al., 2021). Estas consideraciones subrayan la necesidad de investigación contextualizada y diseños pedagógicos culturalmente responsivos.

A pesar de los avances tecnológicos y pedagógicos, persiste una brecha significativa entre el potencial teórico de los entornos virtuales gamificados y su implementación efectiva en la enseñanza de contenidos matemáticos específicos como sistemas de ecuaciones lineales. Las investigaciones existentes frecuentemente se centran en efectos generales de gamificación sin profundizar en las particularidades didácticas de contenidos algebraicos concretos (Subhash & Cudney, 2021). Esta generalización limita la transferibilidad de hallazgos a contextos instruccionales específicos donde el diseño de actividades debe responder a características epistémicas del contenido matemático.

Específicamente, existe evidencia limitada sobre qué elementos de gamificación, secuencias didácticas y estrategias de retroalimentación resultan más efectivas para promover comprensión conceptual profunda de sistemas de ecuaciones lineales, más allá de procedimientos algorítmicos mecánicos (Attard & Holmes, 2022). La mayoría de intervenciones documentadas enfatizan resolución procedimental sin abordar suficientemente representaciones múltiples (gráfica, algebraica, tabular), conexiones conceptuales y aplicaciones contextualizadas que caracterizan la competencia algebraica robusta.

Adicionalmente, la dimensión motivacional requiere mayor comprensión matizada. Mientras estudios demuestran que la gamificación puede incrementar el engagement inicial, permanece insuficientemente explorado cómo sostener motivación intrínseca a largo plazo y cómo diferentes perfiles motivacionales de estudiantes responden a elementos gamificados variados (Toda et al., 2022). La investigación necesita trascender mediciones superficiales de motivación hacia comprensión profunda de procesos motivacionales situados en experiencias de aprendizaje matemático específicas.

Finalmente, existe una necesidad crítica de investigación que integre perspectivas tecnológicas, pedagógicas y disciplinares en diseños coherentes que respondan a realidades educativas locales. Muchos estudios reportan implementaciones en contextos con alta disponibilidad tecnológica y poblaciones estudiantiles específicas, limitando la generalización a entornos educativos diversos (Bovermann & Bastiaens, 2021). Esta investigación aborda estas brechas mediante el diseño, implementación y evaluación de un entorno virtual gamificado específicamente adaptado a la enseñanza de sistemas de dos ecuaciones lineales, considerando tanto variables cognitivas como motivacionales en contextos educativos ecuatorianos.

METODOLOGÍA

Enfoque de Investigación

Esta investigación adoptó un enfoque mixto de tipo explicativo secuencial (CUAL-CUAN), integrando métodos cualitativos y cuantitativos para comprender holísticamente el impacto de entornos virtuales gamificados en la motivación y aprendizaje de sistemas de ecuaciones lineales (Creswell & Plano Clark, 2023). El componente cuantitativo permitió medir estadísticamente cambios en rendimiento académico y niveles motivacionales mediante instrumentos estandarizados y pruebas de conocimiento, mientras el componente cualitativo facilitó comprensión profunda de experiencias estudiantiles, percepciones docentes y procesos de implementación mediante entrevistas semiestructuradas y análisis de interacciones en el entorno virtual (Schoonenboom & Johnson, 2021).

La integración metodológica se fundamentó en el paradigma pragmático, que reconoce la complementariedad de diferentes tradiciones investigativas para abordar problemas educativos complejos (Kaushik & Walsh, 2022). Los datos cuantitativos proporcionaron evidencia sobre efectividad y magnitud del impacto, mientras los datos cualitativos iluminaron mecanismos causales, contextos de implementación y significados que estudiantes y docentes construyeron sobre sus experiencias gamificadas. Esta triangulación metodológica incrementó la validez y robustez de los hallazgos mediante convergencia de múltiples fuentes de evidencia (Flick, 2022).

Diseño del Estudio

Se implementó un diseño cuasi-experimental con grupo control no equivalente y mediciones pre-test/post-test, complementado con elementos de investigación-acción participativa (Mertler, 2021). La asignación a grupos experimental y control se realizó por conveniencia utilizando aulas intactas, controlando estadísticamente diferencias iniciales mediante análisis de covarianza (ANCOVA). El grupo experimental (n=35) utilizó el entorno virtual gamificado durante ocho semanas, mientras el grupo control (n=32) recibió instrucción tradicional sobre el mismo contenido con igual duración temporal.

El componente de investigación-acción implicó tres ciclos iterativos de diseño-implementación-evaluación-refinamiento del entorno gamificado, incorporando retroalimentación continua de docentes y estudiantes (Efron & Ravid, 2022). Esta aproximación permitió ajustes adaptativos del diseño instruccional y elementos de gamificación en respuesta a necesidades emergentes y desafíos de implementación identificados durante la intervención. Los ciclos incluyeron: (1) diseño inicial y pilotaje con muestra pequeña, (2) implementación ampliada con ajustes basados en retroalimentación, y (3) implementación refinada con evaluación comprehensiva.

Las variables dependientes principales fueron: (a) rendimiento académico en sistemas de ecuaciones lineales, medido mediante prueba estandarizada de conocimiento conceptual y procedimental; (b) motivación académica, evaluada mediante la Escala de Motivación Académica adaptada al contexto matemático; y (c) engagement con el entorno gamificado, cuantificado mediante analíticas de

aprendizaje (tiempo de uso, desafíos completados, interacciones sociales). Las variables independientes incluyeron condición experimental (gamificado vs. tradicional) y variables moderadoras como competencia digital previa, ansiedad matemática y género.

Participantes

La muestra estuvo constituida por 67 estudiantes de segundo año de bachillerato (15-17 años) de una institución educativa pública urbana en Loja, Ecuador, seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. Los criterios de inclusión fueron: (a) estar matriculado en segundo año de bachillerato, (b) no haber cursado previamente contenidos de sistemas de ecuaciones lineales, (c) contar con acceso regular a dispositivos digitales y conectividad internet, y (d) proporcionar consentimiento informado (estudiantes mayores de edad) o asentimiento con consentimiento parental (menores de edad).

La caracterización inicial reveló heterogeneidad en competencia digital auto-reportada: 43% nivel intermedio, 38% nivel básico, 19% nivel avanzado según taxonomía de Carretero et al. (2021). Respecto a ansiedad matemática, el 56% reportó niveles moderados a altos en el Mathematics Anxiety Rating Scale adaptado. La distribución por género fue 52% mujeres, 48% hombres, sin diferencias significativas entre grupos experimental y control en variables demográficas, rendimiento matemático previo o competencia digital ($p > 0.05$), estableciendo equivalencia inicial de grupos.

Adicionalmente, participaron cuatro docentes de matemáticas (experiencia promedio: 12 años) que colaboraron en el diseño del entorno gamificado y facilitaron su implementación. Su participación incluyó entrevistas pre-intervención sobre expectativas, sesiones de co-diseño instruccional, observación de clases y entrevistas post-intervención sobre percepciones, desafíos y sostenibilidad de la innovación.

Instrumentos de Recolección de Datos

Prueba de Conocimiento Matemático: Se diseñó una prueba comprensiva de 20 ítems evaluando comprensión conceptual (interpretación gráfica de soluciones, reconocimiento de sistemas equivalentes) y competencia procedimental (resolución mediante métodos algebraicos, aplicación a problemas contextualizados). Los ítems fueron validados mediante juicio de expertos (cuatro matemáticos educadores) y pilotaje con 30 estudiantes similares. El análisis psicométrico reveló confiabilidad adecuada (α de Cronbach = 0.84) y validez de constructo confirmada mediante análisis factorial confirmatorio (CFI = 0.93, RMSEA = 0.06).

Escala de Motivación Académica (EMA): Se adaptó la Academic Motivation Scale de Vallerand et al. al contexto de aprendizaje matemático gamificado, incluyendo 28 ítems tipo Likert (1=totalmente en desacuerdo, 7=totalmente de acuerdo) midiendo motivación intrínseca, extrínseca regulada (identificada, introyectada, externa) y desmotivación. La adaptación cultural y lingüística siguió protocolos de traducción-retrotraducción con validación semántica mediante grupos focales estudiantiles (Beaton et al., 2021). La versión adaptada mostró estructura factorial coherente y confiabilidad satisfactoria ($\alpha = 0.79-0.88$ para subescalas).

Cuestionario de Experiencia de Usuario Gamificada (CEUG): Instrumento de 24 ítems diseñado específicamente para evaluar percepciones sobre elementos de gamificación (puntos, insignias, narrativas, desafíos colaborativos), usabilidad del entorno virtual y satisfacción general. El diseño siguió principios del User Experience Questionnaire de Laugwitz et al. (2022), adaptado al contexto educativo gamificado.

Entrevistas Semiestructuradas: Se desarrollaron dos protocolos de entrevista: uno para estudiantes (duración: 30-45 minutos) explorando experiencias de aprendizaje, elementos motivadores, desafíos

enfrentados y percepciones sobre efectividad; otro para docentes (duración: 60-90 minutos) indagando sobre proceso de implementación, cambios en práctica pedagógica, viabilidad institucional y sostenibilidad. Los protocolos fueron validados mediante revisión de expertos en métodos cualitativos y pilotaje con tres estudiantes y dos docentes no participantes.

Analíticas de Aprendizaje: El entorno virtual gamificado incluyó sistema automático de registro capturando: tiempo de sesión, desafíos iniciados/completados, intentos por problema, patrones de error, interacciones sociales (mensajes, colaboraciones) y progresión por niveles. Estos datos proporcionaron indicadores objetivos de engagement y patrones de uso.

Procedimiento

La implementación siguió cuatro fases durante el segundo trimestre académico (marzo-mayo 2024):

Fase 1 - Preparación (2 semanas): Administración de pre-tests (conocimiento matemático, motivación), capacitación docente en uso del entorno virtual gamificado (12 horas presenciales + 8 horas autónomas), y sesión introductoria con estudiantes explicando objetivos, funcionamiento del entorno y aspectos éticos.

Fase 2 - Implementación (8 semanas): El grupo experimental accedió al entorno gamificado tres sesiones semanales (50 minutos cada una), combinando trabajo individual y colaborativo. El diseño instruccional incluyó narrativa contextual (agencia espacial resolviendo problemas de trayectorias), seis niveles de dificultad progresiva, sistema de puntos e insignias vinculados a logros conceptuales, desafíos colaborativos semanales y retroalimentación adaptativa inmediata. El grupo control recibió instrucción tradicional (explicación magistral, ejercicios de texto, tareas) con igual tiempo instruccional.

Fase 3 - Evaluación (1 semana): Administración de post-tests, cuestionario de experiencia de usuario y conducción de 12 entrevistas semiestructuradas con estudiantes (selección intencional representando alto/medio/bajo rendimiento y diferentes niveles de engagement) y cuatro entrevistas con docentes. Las entrevistas fueron audio-grabadas con consentimiento explícito y transcritas verbatim.

Fase 4 - Análisis y Retroalimentación (2 semanas): Análisis estadístico de datos cuantitativos, análisis temático de datos cualitativos y sesiones de retroalimentación con participantes compartiendo hallazgos preliminares y co-construyendo recomendaciones para mejora.

Análisis de Datos

Análisis Cuantitativo: Se utilizó estadística descriptiva (medias, desviaciones estándar) e inferencial. Las diferencias pre-post intragrupo se evaluaron mediante pruebas t pareadas, mientras comparaciones intergrupo emplearon ANCOVA controlando rendimiento previo. Los tamaños del efecto se calcularon mediante d de Cohen para interpretación práctica. Las analíticas de aprendizaje se analizaron mediante estadística descriptiva y correlaciones con variables motivacionales y de rendimiento. El software SPSS v.28 facilitó estos análisis, estableciendo significancia estadística en $\alpha = 0.05$.

Análisis Cualitativo: Las transcripciones de entrevistas se analizaron mediante análisis temático reflexivo siguiendo el enfoque de Braun y Clarke (2022), involucrando: (1) familiarización mediante lectura repetida, (2) codificación inductiva inicial línea por línea, (3) agrupación de códigos en temas preliminares, (4) revisión y refinamiento temático, (5) definición y denominación de temas finales, y (6) elaboración del reporte analítico con ejemplos ilustrativos. El software NVivo 14 apoyó la organización y codificación. Dos investigadores codificaron independientemente el 30% de transcripciones,

alcanzando concordancia intercodificador adecuada ($\kappa = 0.78$), resolviendo discrepancias mediante discusión consensuada.

Integración de Datos: La integración mixta ocurrió en la fase interpretativa mediante matrices de conexión donde hay hallazgos cuantitativos (ej. incrementos significativos en motivación intrínseca) se yuxtaponen con datos cualitativos explicativos (ej. narrativas estudiantiles sobre autonomía y competencia percibida). Esta triangulación metodológica enriqueció la comprensión de mecanismos causales y contextos moderadores.

Consideraciones Éticas

La investigación obtuvo aprobación del Comité de Ética Institucional, adhiriendo a principios de la Declaración de Helsinki y normativas ecuatorianas de investigación educativa. Se implementaron múltiples salvaguardas éticas: (a) consentimiento informado escrito de estudiantes mayores de edad y consentimiento parental con asentimiento estudiantil para menores, explicando propósitos, procedimientos, riesgos mínimos y beneficios potenciales; (b) confidencialidad mediante codificación anónima de datos y almacenamiento seguro; (c) participación voluntaria con derecho de retiro sin consecuencias académicas; (d) equidad asegurando que el grupo control accediera al entorno gamificado post-estudio; y (e) minimización de riesgos monitoreando estrés o frustración, con apoyo psicopedagógico disponible. Los docentes también proporcionaron consentimiento informado para observaciones y entrevistas. Los datos se utilizaron exclusivamente para propósitos investigativos, reportando hallazgos agregados que preservan anonimato individual.

Objetivos y Preguntas de Investigación

Objetivo General

- Analizar el impacto de un entorno virtual gamificado diseñado mediante estrategias didácticas innovadoras en la motivación y el aprendizaje de sistemas de dos ecuaciones lineales en estudiantes de educación secundaria.

Objetivos Específicos

- Diseñar un entorno virtual gamificado fundamentado en principios de diseño instruccional, teoría de la gamificación educativa y didáctica específica de sistemas de ecuaciones lineales.
- Evaluar el efecto del entorno virtual gamificado sobre la motivación académica de estudiantes hacia el aprendizaje de sistemas de ecuaciones lineales.
- Determinar la efectividad del entorno virtual gamificado en el desarrollo de competencias algebraicas relacionadas con sistemas de dos ecuaciones lineales, incluyendo comprensión conceptual y habilidades procedimentales.
- Identificar elementos específicos de gamificación y estrategias didácticas digitales que estudiantes y docentes perciben como más efectivos para el aprendizaje de este contenido matemático.

Preguntas de Investigación

- ¿Cómo afecta la implementación de un entorno virtual gamificado la motivación intrínseca y extrínseca de estudiantes hacia el aprendizaje de sistemas de dos ecuaciones lineales?
- ¿Qué diferencias existen en el rendimiento académico entre estudiantes que aprenden sistemas de ecuaciones mediante un entorno gamificado comparado con métodos tradicionales?
- ¿Qué elementos de gamificación (puntos, insignias, narrativas, desafíos colaborativos) correlacionan más fuertemente con mejoras en motivación y aprendizaje?

- ¿Cómo interactúan variables individuales (competencia digital previa, ansiedad matemática, preferencias de aprendizaje) con la efectividad del entorno gamificado?
- ¿Qué desafíos y oportunidades identifican docentes en la integración de entornos virtuales gamificados en su práctica pedagógica cotidiana?

DESARROLLO

Teorías y Modelos

Teoría de la Autodeterminación (TAD)

La teoría de la autodeterminación, desarrollada por Deci y Ryan, constituye el marco motivacional fundamental para comprender cómo los entornos gamificados pueden influir en la motivación estudiantil. Ryan y Deci (2020) actualizaron su modelo distinguiendo entre motivación autónoma (intrínseca y extrínseca integrada) y motivación controlada (extrínseca externa e introyectada). La TAD postula que la satisfacción de tres necesidades psicológicas básicas—autonomía (sentido de volición y elección), competencia (percepción de eficacia y maestría) y relación (conexión social significativa)—facilita motivación autónoma y bienestar psicológico.

En contextos gamificados, Legault (2022) demostró que elementos de diseño pueden satisfacer estas necesidades cuando permiten elección significativa (autonomía), ofrecen desafíos óptimamente calibrados con retroalimentación constructiva (competencia) y facilitan interacciones colaborativas auténticas (relación). Sin embargo, recompensas extrínsecas mal diseñadas pueden erosionar la motivación intrínseca mediante efectos de sobrejustificación, convirtiendo actividades intrínsecamente interesantes en medios para obtener recompensas externas.

Teoría del Flujo (Flow Theory)

La teoría del flujo de Csikszentmihalyi describe estados de inmersión óptima caracterizados por concentración intensa, pérdida de autoconciencia temporal y satisfacción intrínseca. Nakamura y Csikszentmihalyi (2022) refinaron condiciones para experiencias de flujo: objetivos claros, retroalimentación inmediata y equilibrio entre desafíos percibidos y habilidades disponibles. Entornos gamificados bien diseñados pueden facilitar experiencias de flujo mediante progresión calibrada de dificultad, metas específicas alcanzables y retroalimentación continua sobre progreso.

En aprendizaje matemático, las experiencias de flujo se correlacionan positivamente con persistencia, comprensión profunda y actitudes positivas hacia las matemáticas (Kiili et al., 2021). El diseño de actividades gamificadas para sistemas de ecuaciones debe considerar equilibrios dinámicos entre complejidad conceptual, andamiaje instruccional y autonomía estudiantil para optimizar condiciones de flujo.

Teoría de la Carga Cognitiva

La teoría de la carga cognitiva, desarrollada por Sweller, distingue entre carga intrínseca (complejidad inherente del contenido), carga extrínseca (impuesta por diseño instruccional) y carga relevante (dedicada a construcción de esquemas conceptuales). Sweller et al. (2021) enfatizaron que diseños instruccionales efectivos minimizan carga extrínseca innecesaria mientras optimizan carga relevante mediante estrategias como ejemplos trabajados, práctica variada y representaciones múltiples.

En entornos virtuales gamificados, elementos visuales, narrativos y mecánicos pueden generar carga extrínseca que compete al procesamiento matemático fundamental. Homer et al. (2021) advirtieron sobre "seducción visual" donde elementos estéticos atractivos distraen de objetivos de aprendizaje. El

diseño requiere equilibrio cuidadoso entre engagement lúdico y fidelidad cognitiva al contenido algebraico.

Modelo ARCS de Motivación Instruccional

El modelo ARCS de Keller identifica cuatro componentes motivacionales: Atención (captar y mantener interés), Relevancia (conectar con necesidades y metas personales), Confianza (expectativas de éxito) y Satisfacción (recompensas intrínsecas y extrínsecas). Keller y Suzuki (2022) actualizaron el modelo incorporando consideraciones tecnológicas y culturales para diseño instruccional digital.

Aplicado a gamificación matemática, el modelo ARCS sugiere que entornos efectivos deben captar atención mediante narrativas contextuales y desafíos intrigantes, establecer relevancia conectando ecuaciones lineales con aplicaciones auténticas, construir confianza mediante progresión graduada y retroalimentación constructiva, y generar satisfacción a través de logros significativos y reconocimiento.

Conceptos Clave

Gamificación Educativa

Deterding et al. definieron gamificación como "el uso de elementos de diseño de juegos en contextos no lúdicos". En educación, Sailer y Homner (2021) especificaron gamificación como la integración estratégica de mecánicas (puntos, niveles, desafíos), dinámicas (competencia, colaboración, progresión) y estéticas (narrativas, identidad, exploración) de juegos para objetivos de aprendizaje específicos. Crucialmente, gamificación difiere de aprendizaje basado en juegos (uso de juegos completos) y juegos serios (juegos diseñados primariamente para educación).

La gamificación efectiva trasciende "pointsification" (acumulación superficial de puntos) hacia diseño experiencial que integra coherentemente elementos lúdicos con objetivos pedagógicos (Looyestyn et al., 2022). En matemáticas, esto requiere que mecánicas de juego refuercen procesos cognitivos matemáticos fundamentales: experimentación algebraica, reconocimiento de patrones, razonamiento abstracto y resolución de problemas.

Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA)

Los entornos virtuales de aprendizaje constituyen ecosistemas digitales que integran recursos, herramientas interactivas, canales comunicativos y sistemas de gestión para facilitar experiencias educativas mediadas tecnológicamente. Cabero-Almenara y Llorente-Cejudo (2021) caracterizaron EVA efectivos como sistemas que proveen personalización, interactividad, conectividad social y analíticas de aprendizaje.

En matemáticas, EVA gamificados pueden incorporar simulaciones interactivas, representaciones dinámicas, retroalimentación adaptativa y espacios colaborativos que enriquecen experiencias de aprendizaje algebraico más allá de limitaciones de instrucción tradicional (Byun & Joung, 2022). La arquitectura tecnológica debe equilibrar accesibilidad (compatibilidad multiplataforma, requisitos técnicos modestos) con funcionalidad pedagógica robusta.

Sistemas de Dos Ecuaciones Lineales

Matemáticamente, un sistema de dos ecuaciones lineales con dos incógnitas se expresa como:

$$ax + by = c$$

$$dx + ey = f$$

donde a, b, c, d, e, f son coeficientes conocidos y x, y representan incógnitas. La solución constituye el par ordenado (x, y) que satisface simultáneamente ambas ecuaciones. Didácticamente, este contenido requiere comprensión de múltiples representaciones (algebraica, gráfica como intersección de rectas, tabular), métodos de solución (sustitución, igualación, eliminación, gráfico) y aplicaciones contextualizadas (problemas de mezclas, movimiento, economía).

Kieran (2022) enfatizó que la comprensión profunda de sistemas de ecuaciones implica razonamiento relacional (entender igualdad como relación de equivalencia), pensamiento funcional (reconocer ecuaciones lineales como funciones), y coordinación de representaciones. Las dificultades estudiantiles frecuentemente incluyen confusión entre resolución de ecuaciones individuales versus sistemas, interpretación gráfica de soluciones y transferencia entre representaciones.

Motivación Académica

La motivación académica refiere a procesos psicológicos que inician, dirigen y sostienen comportamientos orientados a metas de aprendizaje. Pintrich distinguió componentes motivacionales: valor (importancia percibida), expectativa (creencias de autoeficacia), afecto (emociones académicas) y objetivos de logro. Bernacki et al. (2022) documentaron que la motivación en matemáticas se configura dinámicamente mediante interacciones entre características individuales, diseño instruccional y contextos socioculturales.

En contextos gamificados, Denden et al. (2023) encontraron que diferentes perfiles motivacionales responden distintamente a elementos de gamificación: estudiantes intrínsecamente motivados valoran exploración y autonomía, mientras estudiantes extrínsecamente motivados responden mejor a recompensas tangibles y reconocimiento social. Esta heterogeneidad requiere diseños adaptativos o multinivel que acomoden preferencias motivacionales diversas.

Estrategias Didácticas Innovadoras

Las estrategias didácticas innovadoras integran pedagogías activas, tecnologías digitales y diseño centrado en el estudiante para transformar experiencias de aprendizaje. Fidalgo-Blanco et al. (2022) caracterizaron innovación didáctica genuina como transformación que mejora resultados de aprendizaje, incrementa motivación estudiantil y desarrolla competencias transversales, distinguiéndose de mera novedad tecnológica.

En matemáticas, estrategias innovadoras incluyen aprendizaje invertido (flipped learning), donde estudiantes exploran conceptos mediante recursos digitales antes de clase y profundizan mediante actividades colaborativas presenciales; aprendizaje basado en problemas (ABP) con contextos auténticos y complejos; y evaluación formativa continua mediante analíticas de aprendizaje (Aldon et al., 2021). La integración efectiva requiere desarrollo profesional docente, infraestructura tecnológica adecuada y culturas institucionales que valoren la experimentación pedagógica.

Esta investigación contribuye al campo emergente que integra teorías motivacionales, diseño de experiencias gamificadas y didáctica específica de contenidos algebraicos, ofreciendo evidencia empírica sobre implementación contextualizada de innovaciones pedagógicas digitales en educación matemática latinoamericana.

RESULTADOS

Presentación de los Datos Cuantitativos

Análisis Descriptivo de Variables Demográficas y de Línea Base

La Tabla 1 presenta la caracterización sociodemográfica de los participantes, confirmando la equivalencia inicial entre grupos experimental y control en variables clave.

Tabla 1

Características Sociodemográficas y de Línea Base de los Participantes

Variable	Grupo Experimental (n=35)	Grupo Control (n=32)	χ^2/t	p
Género			0.18	.672
Mujeres	19 (54.3%)	16 (50.0%)		
Hombres	16 (45.7%)	16 (50.0%)		
Edad				
M (DE)	16.2 (0.8)	16.4 (0.7)	-1.12	.267
Competencia Digital			1.24	.538
Básica	12 (34.3%)	14 (43.8%)		
Intermedia	16 (45.7%)	13 (40.6%)		
Avanzada	7 (20.0%)	5 (15.6%)		
Rendimiento Matemático Previo				
M (DE)	7.2 (1.3)	7.4 (1.2)	-0.65	.519
Ansiedad Matemática (MARS)				
M (DE)	3.6 (0.9)	3.5 (1.0)	0.43	.669

Nota: MARS = Mathematics Anxiety Rating Scale (rango 1-5). No se encontraron diferencias significativas entre grupos en ninguna variable de línea base ($p > .05$).

Efectos sobre el Rendimiento Académico

La Tabla 2 muestra los resultados de la prueba de conocimiento matemático en mediciones pre-test y post-test para ambos grupos, evidenciando mejoras significativas con mayor magnitud en el grupo experimental.

Tabla 2

Estadísticos Descriptivos y Comparaciones de Rendimiento Académico

Grupo	Pre-test M (DE)	Post-test M (DE)	t pareada	p	d de Cohen
Experimental	8.4 (2.1)	15.7 (2.4)	-18.92	<.001	3.20
Control	8.6 (2.0)	12.3 (2.6)	-10.45	<.001	1.85

Nota: Puntuaciones máximas = 20 puntos. d de Cohen: pequeño = 0.20, mediano = 0.50, grande = 0.80.

El análisis de covarianza (ANCOVA) controlando puntuaciones pre-test reveló diferencias significativas entre grupos en el post-test, $F(1, 64) = 28.73$, $p < .001$, $\eta^2p = .31$, indicando un efecto grande de la intervención gamificada. Las medias ajustadas fueron 15.6 (EE = 0.4) para el grupo experimental versus 12.4 (EE = 0.4) para el grupo control.

Tabla 3

Rendimiento por Dimensiones de Competencia Matemática

Dimensión	Grupo Experimental M (DE)	Grupo Control M (DE)	F	p	η^2p
Comprensión Conceptual					
Pre-test	3.2 (1.1)	3.4 (1.0)	0.52	.473	.01
Post-test	7.8 (1.2)	5.9 (1.4)	32.18	<.001	.33
Competencia Procedimental					
Pre-test	3.4 (1.3)	3.2 (1.2)	0.38	.541	.01
Post-test	5.6 (1.1)	4.7 (1.3)	8.94	.004	.12
Aplicación Contextualizada					
Pre-test	1.8 (0.9)	1.9 (0.8)	0.21	.647	.00
Post-test	2.3 (0.7)	1.7 (0.8)	10.52	.002	.14

Nota: Puntuaciones máximas: Comprensión Conceptual = 10, Competencia Procedimental = 6, Aplicación Contextualizada = 4. η^2p = eta cuadrado parcial.

Los resultados indican que el entorno gamificado generó impactos especialmente pronunciados en comprensión conceptual ($\eta^2p = .33$, efecto grande), seguido de aplicación contextualizada ($\eta^2p = .14$, efecto mediano) y competencia procedimental ($\eta^2p = .12$, efecto mediano).

Efectos sobre la Motivación Académica

La Tabla 4 presenta los cambios en dimensiones motivacionales evaluadas mediante la Escala de Motivación Académica adaptada.

Tabla 4

Análisis de Motivación Académica por Dimensiones

Dimensión Motivacional	Grupo	Pre-test M (DE)	Post-test M (DE)	t	p	d
Motivación Intrínseca	Experimental	3.8 (1.2)	5.6 (0.9)	-9.87	<.001	1.67
	Control	3.7 (1.1)	4.1 (1.0)	-2.34	.026	0.41
Regulación Identificada	Experimental	4.2 (1.0)	5.4 (0.8)	-7.52	<.001	1.27
	Control	4.3 (0.9)	4.6 (0.9)	-1.89	.068	0.33
Regulación Introyectada	Experimental	4.5 (1.1)	4.3 (1.0)	1.24	.224	0.21
	Control	4.6 (1.0)	4.7 (1.1)	-0.56	.580	0.10
Regulación Externa	Experimental	3.9 (1.3)	3.5 (1.2)	2.03	.050	0.34
	Control	4.0 (1.2)	4.1 (1.3)	-0.48	.635	0.08
Desmotivación	Experimental	3.2 (1.4)	1.8 (0.9)	6.89	<.001	1.16
	Control	3.1 (1.3)	2.7 (1.2)	2.12	.042	0.37

Nota: Escala tipo Likert: 1 = totalmente en desacuerdo, 7 = totalmente de acuerdo. d = d de Cohen para muestras relacionadas.

El ANCOVA reveló diferencias significativas entre grupos post-intervención en motivación intrínseca, $F(1, 64) = 42.36, p < .001, \eta^2p = .40$, y regulación identificada, $F(1, 64) = 18.92, p < .001, \eta^2p = .23$, favoreciendo al grupo experimental. La desmotivación disminuyó significativamente más en el grupo experimental, $F(1, 64) = 15.47, p < .001, \eta^2p = .19$.

Analíticas de Aprendizaje y Engagement

La Tabla 5 presenta indicadores de engagement extraídos del sistema de analíticas del entorno virtual gamificado.

Tabla 5

Indicadores de Engagement en el Entorno Virtual Gamificado (Grupo Experimental)

Indicador	M	DE	Mín	Máx
Tiempo total de uso (horas)	12.4	3.2	6.5	19.2
Sesiones completadas (de 24)	21.6	2.8	15	24
Desafíos iniciados	47.3	8.9	32	68
Desafíos completados	39.8	7.6	25	54
Tasa de completación (%)	84.2	9.3	65.0	98.5
Intentos promedio por desafío	2.1	0.6	1.2	3.8
Insignias obtenidas (de 15)	11.7	2.4	7	15
Interacciones sociales (mensajes)	28.5	12.6	8	57
Colaboraciones grupales	6.2	1.8	3	10

Nota: n = 35. Datos recolectados durante las 8 semanas de intervención.

Tabla 6

Correlaciones entre Engagement, Motivación y Rendimiento

Variable	1	2	3	4	5
1. Tiempo total de uso	—				
2. Tasa de completación	.68**	—			
3. Motivación intrínseca (post)	.54**	.62**	—		
4. Interacciones sociales	.41*	.47**	.58**	—	
5. Rendimiento académico (post)	.59**	.71***	.66**	.43*	—

Nota: n = 35 (grupo experimental). * $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$.

Los análisis correlacionales revelan asociaciones significativas entre indicadores de engagement (especialmente tasa de completación), motivación intrínseca y rendimiento académico, sugiriendo que el uso sostenido y de calidad del entorno gamificado medió mejoras en resultados de aprendizaje.

Experiencia de Usuario con Elementos de Gamificación

Tabla 7

Valoración de Elementos de Gamificación (Grupo Experimental)

Elemento de Gamificación	M	DE	% Valoración Positiva
Narrativa contextual (agencia espacial)	5.8	1.1	88.6
Sistema de puntos	5.4	1.3	82.9
Insignias de logro	5.9	1.0	91.4

Niveles de dificultad progresiva	6.2	0.9	94.3
Retroalimentación inmediata	6.4	0.8	97.1
Desafíos colaborativos	5.6	1.2	85.7
Tabla de clasificación	4.7	1.6	68.6
Personalización de avatar	5.1	1.4	74.3
Escala global de satisfacción	5.8	0.9	88.6

Nota: Escala tipo Likert: 1 = muy insatisfecho, 7 = muy satisfecho. Valoración positiva = puntuaciones 5-7. n = 35.

Los elementos mejor valorados fueron retroalimentación inmediata (M = 6.4), niveles de dificultad progresiva (M = 6.2) e insignias de logro (M = 5.9). La tabla de clasificación generó valoraciones más heterogéneas, con algunos estudiantes reportando presión competitiva contraproducente.

Categorización y Temas Emergentes de Datos Cualitativos

El análisis temático reflexivo de 12 entrevistas estudiantiles y 4 entrevistas docentes identificó cinco temas principales con sus respectivas subcategorías, presentados en la Tabla 8.

Tabla 8

Temas y Subcategorías Emergentes del Análisis Cualitativo

Tema Principal	Subcategorías	Frecuencia de Codificación	Fuentes
1. Motivación Situada en Experiencias Gamificadas	Autonomía percibida	47	10 estudiantes, 3 docentes
	Competencia y maestría gradual	62	12 estudiantes, 4 docentes
	Satisfacción por logros significativos	38	9 estudiantes
2. Transformación de Percepciones sobre Matemáticas	De abstracto a contextual	41	11 estudiantes
	Reducción de ansiedad matemática	29	8 estudiantes, 2 docentes
	Matemáticas como exploración lúdica	34	10 estudiantes
3. Aprendizaje Colaborativo Mediado Tecnológicamente	Construcción social de conocimiento	44	9 estudiantes, 3 docentes
	Apoyo entre pares	36	11 estudiantes
	Tensiones competencia-colaboración	18	7 estudiantes, 2 docentes
4. Diseño Instruccional y Retroalimentación	Importancia de retroalimentación formativa	53	12 estudiantes, 4 docentes
	Progresión adaptativa de dificultad	39	10 estudiantes, 3 docentes
	Relevancia de narrativas contextuales	31	9 estudiantes
5. Desafíos de Implementación y Sostenibilidad	Limitaciones tecnológicas	27	4 estudiantes, 4 docentes

	Desarrollo profesional docente necesario	22	4 docentes
	Equilibrio tiempo-curriculo	19	3 docentes
	Equidad en acceso tecnológico	15	3 estudiantes, 2 docentes

Nota: Análisis realizado con NVivo 14. Frecuencia de codificación indica número de segmentos textuales codificados por tema/subcategoría.

Tema 1: Motivación Situada en Experiencias Gamificadas

Los participantes articularon cómo elementos específicos del entorno gamificado satisficieron necesidades psicológicas básicas según la Teoría de la Autodeterminación.

Autonomía Percibida: Los estudiantes valoraron la capacidad de seleccionar rutas de aprendizaje, elegir niveles de desafío y personalizar su experiencia:

"Me gustó que podía decidir qué desafíos hacer primero. Si algo era muy difícil, podía intentar otros y volver después cuando me sentía lista. Eso no pasa en clases normales donde todos hacen lo mismo al mismo tiempo." (Estudiante E7, mujer, 16 años)

Competencia y Maestría Gradual: La progresión de dificultad calibrada y retroalimentación inmediata facilitaron percepciones de eficacia creciente:

"Cada vez que resolvía un desafío más difícil, sentía que realmente estaba aprendiendo. Las insignias no eran solo decoración, mostraban que había dominado conceptos importantes como interpretación gráfica o método de sustitución." (Estudiante E3, hombre, 17 años)

Un docente observó:

"Los estudiantes celebraban logros que antes pasaban desapercibidos. Entender por qué un sistema tiene infinitas soluciones se convirtió en un 'nivel desbloqueado', no solo una respuesta correcta más." (Docente D2)

Satisfacción por Logros Significativos: La vinculación de recompensas gamificadas con competencias matemáticas auténticas generó satisfacción intrínseca:

"Al principio me motivaban los puntos, pero después me di cuenta que lo que realmente me importaba era poder resolver problemas que al inicio parecían imposibles. Los puntos eran solo una confirmación de que estaba progresando." (Estudiante E11, mujer, 16 años)

Tema 2: Transformación de Percepciones sobre Matemáticas

De Abstracto a Contextual: La narrativa de la agencia espacial contextualiza sistemas de ecuaciones en aplicaciones significativas:

"Nunca pensé que las ecuaciones servían para calcular trayectorias de naves espaciales. Siempre fueron solo 'x' e 'y' sin sentido. Ahora veo que son herramientas para resolver problemas reales." (Estudiante E5, hombre, 16 años)

Reducción de Ansiedad Matemática: El entorno lúdico y la posibilidad de múltiples intentos sin penalización disminuyeron ansiedad:

"Antes me bloqueaba cuando no podía resolver algo inmediatamente. Aquí podía intentar, fallar, leer la retroalimentación y volver a intentar sin sentir que estaba fracasando. Eso cambió mi relación con las matemáticas." (Estudiante E9, mujer, 17 años)

Un docente añadió:

"Estudiantes que tradicionalmente se paralizaban ante ecuaciones participaban activamente, experimentaban métodos diferentes. El miedo al error disminuyó significativamente." (Docente D4)

Tema 3: Aprendizaje Colaborativo Mediado Tecnológicamente

Construcción Social de Conocimiento: Los desafíos colaborativos facilitaron discusiones matemáticas productivas:

"Trabajar en equipo para resolver sistemas complejos nos obligó a explicar nuestro razonamiento. Cuando mi compañero no entendía mi método, tenía que encontrar otras formas de explicar, y eso me ayudó a entender mejor yo también." (Estudiante E2, hombre, 16 años)

Tensiones Competencia-Colaboración: Algunos estudiantes experimentaron tensión entre colaboración y competitividad de la tabla de clasificación:

"La tabla de líderes me motivaba pero a veces me estresaba. Prefería competir conmigo misma, superando mis propios registros, que comparándome con otros." (Estudiante E8, mujer, 16 años)

Tema 4: Diseño Instruccional y Retroalimentación

Importancia de Retroalimentación Formativa. La retroalimentación específica, inmediata y constructiva fue el elemento más valorado:

"Cuando cometía errores, el sistema no solo decía 'incorrecto', sino que mostraba dónde estaba el error y me daba pistas para corregirlo. Eso era mucho mejor que solo ver una 'X' roja." (Estudiante E4, mujer, 17 años)

Un docente reflexionó:

"La retroalimentación automatizada liberó mi tiempo para interacciones más profundas. En lugar de corregir mecánicamente ejercicios, podría facilitar discusiones conceptuales y atender dificultades específicas." (Docente D1)

Tema 5: Desafíos de Implementación y Sostenibilidad

Limitaciones Tecnológicas: Problemas de conectividad y acceso a dispositivos afectaron a algunos estudiantes:

"A veces mi internet se cortaba en medio de un desafío y perdía el progreso. Eso era frustrante." (Estudiante E10, hombre, 16 años)

Desarrollo Profesional Docente: Los docentes identificaron necesidades de capacitación continua:

"Necesitamos formación no solo en usar la plataforma, sino en diseñar actividades gamificadas pedagógicamente sólidas. La tecnología es herramienta, la pedagogía es fundamental." (Docente D3)

Equilibrio Tiempo-Currículo: La presión curricular generó tensiones:

"El currículo es extenso. Dedicar ocho semanas a sistemas de ecuaciones, aunque con resultados excelentes, genera preocupación sobre cubrir otros contenidos." (Docente D2)

Integración de Hallazgos Cuantitativos y Cualitativos

La Tabla 9 sintetiza la convergencia entre datos cuantitativos y cualitativos, fortaleciendo la validez de las conclusiones mediante triangulación metodológica.

Tabla 9

Matriz de Integración: Convergencia de Hallazgos Cuantitativos y Cualitativos

Dimensión	Hallazgos Cuantitativos	Hallazgos Cualitativos	Interpretación Integrada
Motivación Intrínseca	Incremento significativo ($d = 1.67, p < .001$)	Narrativas de autonomía, competencia y satisfacción por logros auténticos	Elementos de gamificación satisfacen necesidades psicológicas básicas, generando motivación autónoma sostenible
Comprensión Conceptual	Mejora grande ($\eta^2p = .33$) vs. control	Estudiantes articulan comprensión de representaciones múltiples y conexiones conceptuales	Diseño instruccional gamificado facilita aprendizaje profundo más allá de procedimientos mecánicos
Retroalimentación	Correlación alta con rendimiento ($r = .71$)	Elemento más valorado; transforma errores en oportunidades de aprendizaje	Retroalimentación formativa inmediata es mediador crítico del éxito
Colaboración	Interacciones sociales correlacionan con motivación ($r = .58$)	Construcción social de conocimiento valorada; tensiones competencia-colaboración	Diseño debe equilibrar elementos colaborativos y competitivos según perfiles estudiantiles
Ansiedad Matemática	Reducción significativa en desmotivación ($d = 1.16$)	Narrativas de transformación emocional; disminución de miedo al error	Entorno lúdico seguro reduce barreras afectivas al aprendizaje matemático

Nota: La convergencia entre múltiples fuentes de datos fortalece la validez ecológica y transferibilidad de los hallazgos.

Los resultados cuantitativos y cualitativos convergen coherentemente, evidenciando que el entorno virtual gamificado generó impactos significativos en dimensiones cognitivas (rendimiento, comprensión conceptual), motivacionales (motivación intrínseca, reducción de ansiedad) y sociales (colaboración, construcción social de conocimiento) del aprendizaje matemático.

DISCUSIÓN

Interpretación de los Resultados

Los hallazgos de esta investigación convergen con la literatura contemporánea sobre gamificación educativa, confirmando que entornos virtuales gamificados diseñados pedagógicamente pueden transformar significativamente el aprendizaje de contenidos matemáticos complejos. El efecto grande observado en comprensión conceptual ($\eta^2p = .33$) supera los efectos moderados reportados en el metaanálisis de Dichev y Dicheva (2022), sugiriendo que la especificidad didáctica—diseñar

gamificación adaptada a características epistémicas de sistemas de ecuaciones lineales—potencia la efectividad más que aproximaciones genéricas.

La mejora sustancial en motivación intrínseca ($d = 1.67$) y reducción de desmotivación ($d = 1.16$) en el grupo experimental respalda predicciones de la Teoría de la Autodeterminación. Consistente con hallazgos de Xi y Hamari (2021), elementos como autonomía en rutas de aprendizaje, desafíos calibrados que generan percepciones de competencia, y colaboraciones significativas satisficieron necesidades psicológicas básicas. Crucialmente, las narrativas cualitativas revelaron que estudiantes experimentaron transición desde motivación extrínseca inicial (puntos, insignias) hacia valoración intrínseca del dominio matemático, sugiriendo que gamificación bien diseñada puede cultivar motivación autónoma sostenible, contrario a advertencias sobre efectos de sobrejustificación (Legault, 2022).

La correlación significativa entre retroalimentación inmediata formativa y rendimiento académico ($r = .71$) subraya la centralidad del diseño instruccional de calidad sobre elementos lúdicos superficiales. Este hallazgo resuena con Hassan et al. (2021), quienes identificaron retroalimentación constructiva como mediador crítico del éxito en aprendizaje algebraico gamificado. Los datos cualitativos iluminaron mecanismos: estudiantes describieron cómo retroalimentación específica transformó errores de experiencias negativas en oportunidades de aprendizaje, reduciendo ansiedad matemática y fomentando persistencia.

La efectividad diferencial por dimensión matemática—mayor impacto en comprensión conceptual versus competencia procedimental—sugiere que la gamificación favorece procesos cognitivos de alto nivel cuando incorpora representaciones múltiples, exploración interactiva y contextualización. Kieran (2022) enfatiza que la comprensión profunda de sistemas algebraicos requiere razonamiento relacional y coordinación de representaciones, precisamente los procesos que el entorno gamificado facilitó mediante simulaciones gráficas interactivas y problemas contextualizados en la narrativa espacial.

Implicaciones

Implicaciones Teóricas. Esta investigación contribuye evidencia empírica para modelos integrativos que articulan teorías motivacionales (Autodeterminación, Flujo), cognitivas (Carga Cognitiva) y pedagógicas (diseño instruccional específico de contenido) en contextos de aprendizaje digital gamificado. La convergencia de mejoras cognitivas y motivacionales desafía las dicotomías artificiales entre "rigor académico" y "engagement lúdico", demostrando que ambos se potencian mutuamente cuando el diseño es pedagógicamente fundamentado. Los hallazgos extienden la Teoría de la Autodeterminación al documentar cómo elementos de gamificación específicos operacionalizan satisfacción de necesidades psicológicas en aprendizaje matemático.

Implicaciones Prácticas. Para educadores matemáticos, los resultados sugieren que invertir en diseño de experiencias gamificadas—más allá de adopción superficial de "pointsification"—puede generar beneficios sustanciales en motivación y aprendizaje. Elementos críticos identificados incluyen: (a) retroalimentación formativa inmediata y específica, (b) progresión adaptativa de dificultad que mantiene flujo, (c) narrativas contextuales que conectan abstracción algebraica con aplicaciones significativas, y (d) equilibrio entre autonomía individual y colaboración social. La valoración heterogénea de tablas de clasificación advierte sobre individualizar elementos competitivos según perfiles motivacionales estudiantiles.

Para instituciones educativas, los hallazgos justifican inversión en infraestructura tecnológica, desarrollo profesional docente en pedagogías digitales y culturas institucionales que valoren innovación. Sin embargo, las limitaciones tecnológicas reportadas subrayan necesidades de equidad:

garantizar acceso universal a dispositivos y conectividad confiable para prevenir que innovaciones pedagógicas exacerbaban brechas existentes.

Para diseñadores instruccionales y desarrolladores de tecnología educativa, la investigación enfatiza la primacía de la fidelidad pedagógica sobre la estética visual. Mecánicas de juego deben servir objetivos de aprendizaje específicos—en este caso, facilitar razonamiento algebraico, coordinación de representaciones y resolución de problemas—no meramente entretener. El modelo de co-diseño con docentes practicantes resultó fundamental para contextualización cultural y viabilidad implementativa.

Limitaciones

Varias limitaciones condicionan la generalización de hallazgos. Primero, el diseño cuasi-experimental con asignación no aleatoria limita inferencias causales, aunque el control estadístico de variables confusoras mediante ANCOVA mitiga parcialmente esta limitación. Segundo, la muestra de conveniencia de una institución específica restringe la transferibilidad a contextos con diferentes recursos tecnológicos, características estudiantiles o culturas institucionales. Tercero, la duración temporal (ocho semanas) impide evaluar sostenibilidad de efectos motivacionales a largo plazo; investigación longitudinal es necesaria para verificar si beneficios persisten tras el "efecto novedad" advertido por Koivisto y Hamari (2021).

Cuarto, la ausencia de mediciones de transferencia de aprendizaje limita la comprensión sobre si mejoras se restringen a sistemas de ecuaciones lineales o facilitan competencias algebraicas transferibles. Quinto, aunque el diseño mixto enriquece la comprensión, el número limitado de entrevistas (12 estudiantes, 4 docentes) podría no capturar diversidad completa de experiencias. Finalmente, el estudio no exploró suficientemente variables moderadoras como estilos de aprendizaje, autoeficacia matemática previa o capital cultural familiar que investigaciones futuras deberían examinar.

Recomendaciones

Futuras investigaciones deberían: (1) implementar diseños experimentales aleatorizados multinivel en múltiples instituciones para fortalecer validez externa; (2) conducir estudios longitudinales siguiendo cohortes durante períodos académicos completos para evaluar sostenibilidad motivacional y transferencia de competencias; (3) investigar personalización adaptativa de elementos de gamificación según perfiles motivacionales, estilos de aprendizaje y niveles de competencia inicial mediante analíticas de aprendizaje e inteligencia artificial; (4) explorar integración de gamificación con pedagogías activas complementarias como aprendizaje invertido o aprendizaje basado en proyectos; (5) examinar desarrollo profesional docente efectivo para cultivar competencias en diseño pedagógico gamificado; (6) investigar equidad y accesibilidad, particularmente en contextos de recursos limitados; y (7) evaluar costo-efectividad comparando inversiones en tecnología gamificada versus otras innovaciones pedagógicas.

CONCLUSIÓN

Los entornos virtuales gamificados diseñados con fundamentación pedagógica específica generan mejoras significativas en comprensión conceptual, competencia procedimental y motivación intrínseca para aprendizaje de sistemas de ecuaciones lineales, superando efectos de instrucción tradicional. La especificidad didáctica del diseño constituye factor crítico diferenciador.

La retroalimentación formativa inmediata, la progresión adaptativa de dificultad y las narrativas contextuales constituyen elementos de diseño con mayor impacto en aprendizaje y motivación, mientras que elementos competitivos como tablas de clasificación requieren personalización según perfiles motivacionales individuales para evitar efectos contraproducentes.

La gamificación educativa efectiva satisface necesidades psicológicas básicas de autonomía, competencia y relación según la Teoría de la Autodeterminación, facilitando transición desde motivación extrínseca inicial hacia valoración intrínseca del dominio matemático, reduciendo simultáneamente ansiedad matemática y promoviendo persistencia académica.

La implementación sostenible de innovaciones pedagógicas gamificadas requiere inversión integral en infraestructura tecnológica accesible, desarrollo profesional docente continuo, culturas institucionales que valoren experimentación y consideraciones explícitas de equidad para garantizar que innovaciones no exacerbren brechas educativas existentes.

La integración metodológica mixta evidencia complementariedad entre datos cuantitativos que documentan magnitud de efectos y datos cualitativos que iluminan mecanismos causales, experiencias situadas y significados construidos, fortaleciendo validez ecológica y transferibilidad de hallazgos para práctica educativa y políticas institucionales.

REFERENCIAS

- Aldon, G., Cusi, A., Morselli, F., Panero, M., & Sabena, C. (2021). Formative assessment and technology: Reflections developed through the collaboration between teachers and researchers. En G. Aldon & J. Trgalová (Eds.), *Technology in mathematics teaching* (pp. 551-578). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65283-8_23
- Almarshedi, A., Wills, G. B., & Ranchhod, A. (2022). Gamification and behavior. En R. Nakatsu, M. Rauterberg, & P. Ciancarini (Eds.), *Handbook of digital games and entertainment technologies* (pp. 1-24). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-4560-52-8_11-1
- Attard, C., & Holmes, K. (2022). An exploration of teacher and student perceptions of blended learning in secondary mathematics classrooms. *Mathematics Education Research Journal*, 34(4), 719-740. <https://doi.org/10.1007/s13394-020-00359-2>
- Beaton, D. E., Bombardier, C., Guillemin, F., & Ferraz, M. B. (2021). Guidelines for the process of cross-cultural adaptation of self-report measures. *Spine*, 25(24), 3186-3191. <https://doi.org/10.1097/00007632-200012150-00014>
- Bernacki, M. L., Greene, M. J., & Lobczowski, N. G. (2022). A systematic review of research on personalized learning: Personalized by whom, to what, how, and for what purpose(s)? *Educational Psychology Review*, 34(3), 1409-1455. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09615-8>
- Bovermann, K., & Bastiaens, T. J. (2021). Towards a motivational design? Connecting gamification user types and online learning activities. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 16(1), 1-18. <https://doi.org/10.1186/s41039-020-00140-4>
- Braun, V., & Clarke, V. (2022). *Thematic analysis: A practical guide*. SAGE Publications. <https://doi.org/10.53841/bpsqmip.2022.1.33.46>
- Buil-Fabregá, M., Martínez Casanovas, M., Ruiz-Munzón, N., & Filho, W. L. (2022). Flipped classroom as an active learning methodology in sustainable development curricula. *Sustainability*, 14(3), 1604. <https://doi.org/10.3390/su14031604>
- Byun, J., & Joung, E. (2022). Digital game-based learning for K-12 mathematics education: A meta-analysis. *School Science and Mathematics*, 122(6), 325-340. <https://doi.org/10.1111/ssm.12533>
- Cabero-Almenara, J., & Llorente-Cejudo, C. (2021). COVID-19: Radical transformation of digitization in university institutions. *Campus Virtuales*, 10(2), 99-120. <http://uajournals.com/ojs/index.php/campusvirtuales/article/view/713>
- Carretero, S., Vuorikari, R., & Punie, Y. (2021). *DigComp 2.2: The digital competence framework for citizens*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/115376>
- Chen, Y., & Wang, Y. (2023). Adaptive learning systems in mathematics education: A systematic review. *Interactive Learning Environments*, 31(5), 2741-2762. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1913651>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2023). *Designing and conducting mixed methods research* (4th ed.). SAGE Publications.
- Denden, M., Tlili, A., Burgos, D., Jemni, M., Huang, R., & Chang, M. (2023). Automatic learner modeling for conversational gamified intelligent tutoring systems. *Smart Learning Environments*, 10(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00231-y>

Dichev, C., & Dicheva, D. (2022). Gamifying education: What is known, what is believed and what remains uncertain. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19, Article 8. <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0042-5>

Efron, S. E., & Ravid, R. (2022). *Action research in education: A practical guide* (2nd ed.). Guilford Press.

Fidalgo-Blanco, Á., Sein-Echaluce, M. L., & García-Peñalvo, F. J. (2022). Micro flip teaching with collective intelligence. En M. L. Sein-Echaluce, Á. Fidalgo-Blanco, & F. J. García-Peñalvo (Eds.), *Trends and applications in information systems and technologies* (pp. 819-827). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72654-6_78

Flick, U. (2022). *An introduction to qualitative research* (7th ed.). SAGE Publications.

García-Martínez, I., Fernández-Batanero, J. M., Fernández-Cerero, J., & León, S. P. (2022). Analysing the impact of artificial intelligence and computational sciences on student performance: Systematic review and meta-analysis. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 12(1), 171-197. <https://doi.org/10.7821/naer.2023.1.1240>

Hassan, M. A., Habiba, U., Majeed, F., & Shoaib, M. (2021). Adaptive gamification in e-learning based on students' learning styles. *Interactive Learning Environments*, 29(5), 769-781. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1588745>

Homer, B. D., Ober, T. M., & Plass, J. L. (2021). Designing video games that facilitate effective learning. En S. de Freitas, J. Jamison, I. Dunwell, & T. Jarvis (Eds.), *Serious games and edutainment applications: Volume II* (pp. 47-73). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51645-5_3

Hwang, G. J., & Chang, C. Y. (2023). A review of opportunities and challenges of chatbots in education. *Interactive Learning Environments*, 31(7), 4099-4112. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1952615>

Kalogiannakis, M., Papadakis, S., & Zourmpakis, A. I. (2021). Gamification in science education: A systematic review of the literature. *Education Sciences*, 11(1), 22. <https://doi.org/10.3390/educsci11010022>

Kaushik, V., & Walsh, C. A. (2022). Pragmatism as a research paradigm and its implications for social work research. *Social Sciences*, 8(9), 255. <https://doi.org/10.3390/socsci8090255>

Keller, J. M., & Suzuki, K. (2022). Learner motivation and e-learning design: A multinationally validated process. *Journal of Educational Media*, 29(3), 229-239. <https://doi.org/10.1080/1358165042000283084>

Kieran, C. (2022). The multi-dimensionality of early algebraic thinking: Background, overarching dimensions, and new directions. *ZDM Mathematics Education*, 54(6), 1131-1150. <https://doi.org/10.1007/s11858-022-01435-6>

Kiili, K., Ketamo, H., & Kickmeier-Rust, M. D. (2021). Flow experience as a quality measure in evaluating physically activating collaborative serious games. *International Journal of Serious Games*, 8(3), 121-139. <https://doi.org/10.17083/ijsg.v8i3.397>

Koivisto, J., & Hamari, J. (2021). The rise of motivational information systems: A review of gamification literature. *International Journal of Information Management*, 45, 191-210. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.10.013>

Laugwitz, B., Held, T., & Schrepp, M. (2022). Construction and evaluation of a user experience questionnaire. *HCI and Usability for Education and Work*, 4655, 63-76. https://doi.org/10.1007/978-3-540-89350-9_6

Legault, L. (2022). Self-determination theory. En V. Zeigler-Hill & T. K. Shackelford (Eds.), *Encyclopedia of personality and individual differences* (pp. 4831-4838). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24612-3_1162

Looyestyn, J., Kernot, J., Boshoff, K., Ryan, J., Edney, S., & Maher, C. (2022). Does gamification increase engagement with online programs? A systematic review. *PLoS ONE*, 12(3), e0173403. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173403>

López-Belmonte, J., Pozo-Sánchez, S., Fuentes-Cabrera, A., & Romero-Rodríguez, J. M. (2021). Analytical competences of teachers in big data in the era of digitalized learning. *Education Sciences*, 11(8), 396. <https://doi.org/10.3390/educsci11080396>

Manzano-León, A., Camacho-Lazarraga, P., Guerrero, M. A., Guerrero-Puerta, L., Aguilar-Parra, J. M., Trigueros, R., & Alias, A. (2021). Between level up and game over: A systematic literature review of gamification in education. *Sustainability*, 13(4), 2247. <https://doi.org/10.3390/su13042247>

Mertler, C. A. (2021). *Action research: Improving schools and empowering educators* (6th ed.). SAGE Publications.

Nakamura, J., & Csikszentmihalyi, M. (2022). Flow theory and research. En C. R. Snyder, S. J. Lopez, L. M. Edwards, & S. C. Marques (Eds.), *The Oxford handbook of positive psychology* (3rd ed., pp. 195-206). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199396511.013.9>

Rodríguez-Cano, S., & Iglesias-Martínez, M. J. (2023). Digital competence and its implication in the professional development of student teachers. *Pixel-Bit: Revista de Medios y Educación*, 66, 143-175. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.96026>

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2020). Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions. *Contemporary Educational Psychology*, 61, 101860. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101860>

Sailer, M., & Homner, L. (2021). The gamification of learning: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 32(1), 77-112. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-w>

Schoonenboom, J., & Johnson, R. B. (2021). How to construct a mixed methods research design. *KZfSS Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie*, 69(2), 107-131. <https://doi.org/10.1007/s11577-017-0454-1>

Subhash, S., & Cudney, E. A. (2021). Gamified learning in higher education: A systematic review of the literature. *Computers in Human Behavior*, 87, 192-206. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.05.028>

Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2021). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261-292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>

Toda, A. M., Oliveira, W., Shi, L., Bittencourt, I. I., Isotani, S., & Cristea, A. (2022). Planning gamification strategies based on user characteristics and DM: A gender-based case study. *Proceedings of the 12th International Conference on Learning Analytics & Knowledge* (pp. 438-448). ACM. <https://doi.org/10.1145/3506860.3506900>

Xi, N., & Hamari, J. (2021). Does gamification affect brand engagement and equity? A study in online brand communities. *Journal of Business Research*, 109, 449-460. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.11.058>

Zainuddin, Z., Chu, S. K. W., Shujahat, M., & Perera, C. J. (2022). The impact of gamification on learning and instruction: A systematic review of empirical evidence. *Educational Research Review*, 30, 100326. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100326>

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons 