

Herramientas digitales interactivas aplicadas en la asignatura de matemáticas para estudiantes de Educación general básica superior

Eduardo Eliecer Villegas Vega
eliecerdusofi@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0003-7809-5265>
Unidad Educativa Joseva School
Quito – Ecuador

DOI: <https://doi.org/10.66927/unnival.v4i2.93>

Información	Resumen
Recibido: 25/04/2026	El presente estudio analiza el impacto de las herramientas digitales interactivas en el aprendizaje de matemáticas en estudiantes de Educación General Básica Superior (EGB Superior) en instituciones educativas fiscales de la ciudad de Quito, Ecuador. Mediante un diseño cuasiexperimental con grupo control y grupo experimental ($n = 120$), se evaluó el rendimiento académico, la motivación intrínseca y el nivel de comprensión conceptual antes y después de la intervención pedagógica. Las herramientas implementadas incluyeron GeoGebra, Desmos, ¡Khan Academy y plataformas de gamificación como Kahoot! y Quizizz. Los resultados demuestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.001$) entre ambos grupos, con una mejora promedio del 23,6% en las calificaciones del grupo experimental. Asimismo, se identificó una correlación positiva significativa ($r = 0.74$) entre el uso sistemático de herramientas digitales y la motivación hacia el aprendizaje matemático. Se concluye que la integración didáctica de estas tecnologías, articulada con la Taxonomía de Bloom Digital y el modelo SAMR, potencia significativamente el desarrollo de competencias matemáticas en el nivel básico superior.
Aceptado: 26/05/2026	
Palabras clave: Herramientas digitales interactivas; matemáticas EGB Superior; tecnología educativa	

Interactive Digital Tools Applied in Mathematics for Upper Basic General Education Students

Keywords:	Abstract
Interactive digital tools; EGB Superior mathematics; educational technology	This study analyzes the impact of interactive digital tools on mathematics learning in Upper Basic General Education (EGB Superior) students in public educational institutions in Quito, Ecuador. Using a quasi-experimental design with control and experimental groups ($n = 120$), academic performance, intrinsic motivation, and conceptual understanding were assessed before and after the pedagogical intervention. The implemented tools included GeoGebra, Desmos, Khan Academy, and gamification platforms such as Kahoot! and Quizizz. Results show statistically significant differences ($p < 0.001$) between both groups, with an average improvement of 23.6% in the experimental group's grades. A significant positive correlation ($r = 0.74$) was also identified between the systematic use of digital tools and motivation toward mathematical learning. It is concluded that the didactic integration of these technologies, articulated with the Digital Bloom's Taxonomy and the SAMR model, significantly enhances the development of mathematical competencies at the upper basic level.

Introducción

La educación matemática enfrenta en el siglo XXI uno de sus mayores desafíos históricos: conciliar la abstracción inherente del pensamiento matemático con las formas de aprendizaje propias de una generación digital, que procesa la información de manera multimodal, interactiva y no lineal (Prensky, 2001; OCDE, 2023). En el contexto ecuatoriano, el Ministerio de Educación (2023) reporta que el 61,4% de los estudiantes de EGB Superior no alcanza los niveles mínimos de suficiencia en matemáticas según las pruebas PISA-D, situación que se agudiza en instituciones fiscales de sectores periurbanos.

Frente a este escenario, las herramientas digitales interactivas (HDI) emergen como una alternativa pedagógica de alto potencial. Autores como Hohenwarter y Jones (2007) demostraron que el software de geometría dinámica en particular GeoGebra favorece la construcción de conceptos geométricos y algebraicos mediante la manipulación directa de objetos matemáticos. De manera complementaria, el trabajo de Roschelle et al. (2010) con tecnologías de simulación evidenció ganancias significativas en comprensión conceptual al comparar grupos con y sin mediación tecnológica.

En Ecuador, investigaciones recientes (Freire y Toscano, 2022; Calderón et al., 2023) señalan que, si bien la infraestructura tecnológica en las instituciones fiscales ha mejorado considerablemente tras la implementación del Plan Educativo COVID-19, persiste una brecha en la formación docente para la integración pedagógica efectiva de estas herramientas. Los docentes tienden a utilizarlas como sustitutos digitales del pizarrón, sin explotar su potencial para la exploración, la conjetura y la demostración matemática (modelo SAMR: Sustitución, Ampliación, Modificación, Redefinición).

Esta investigación se justifica por la necesidad de generar evidencia empírica contextualizada sobre el impacto real de las HDI en el rendimiento matemático de estudiantes de EGB Superior ecuatorianos, un segmento etario (11-14 años) particularmente crítico para la consolidación del pensamiento algebraico y geométrico. El estudio se orienta por los postulados del aprendizaje activo (Piaget, 1970), la Zona de Desarrollo Próximo (Vygotsky, 1978), el construccionismo digital (Papert, 1993) y la Taxonomía de Bloom para la era digital (Churches, 2009).

Objetivos de la investigación

Objetivo general: Determinar el impacto de las herramientas digitales interactivas en el rendimiento académico y la motivación intrínseca hacia las matemáticas en estudiantes de EGB Superior de instituciones fiscales de Quito, Ecuador, durante el año lectivo 2023-2024.

Objetivos específicos:

- Comparar el rendimiento académico pre y post intervención entre el grupo control y el grupo experimental.
- Identificar las herramientas digitales interactivas de mayor efectividad según el tipo de contenido matemático abordado.
- Establecer la correlación entre el uso de HDI y la motivación intrínseca del estudiantado hacia las matemáticas.
- Proponer un modelo de integración didáctica de HDI alineado al currículo nacional de EGB Superior.

Hipótesis

H₁: El uso sistemático de herramientas digitales interactivas produce una mejora estadísticamente significativa ($\alpha = 0.05$) en el rendimiento académico en matemáticas de los estudiantes de EGB Superior, en comparación con la metodología tradicional.

H₂: Existe una correlación positiva significativa entre la frecuencia de uso de herramientas digitales interactivas y el nivel de motivación intrínseca hacia el aprendizaje matemático.

Herramientas digitales interactivas en educación matemática

Las herramientas digitales interactivas constituyen recursos tecnológicos que permiten al usuario manipular variables, explorar representaciones múltiples y recibir retroalimentación inmediata en entornos virtuales (Artigue, 2010). Su clasificación en el ámbito matemático incluye: (a) software de geometría dinámica (GeoGebra, Cabri), (b) graficadoras interactivas (Desmos, Wolfram Alpha), (c) plataformas adaptativas de práctica (Khan Academy, IXL), y (d) herramientas de gamificación (Kahoot!, Quizizz, Blooket).

Desde la perspectiva de la Orquestación Instrumental (Trouche, 2004), las HDI



no son objetos neutros: su integración efectiva requiere un proceso de instrumentalización (adaptación de la herramienta a las necesidades del usuario) e instrumentación (apropiación de los esquemas de uso por parte del estudiante). Este proceso genera lo que Vérillon y Rabardel (1995) denominan artefactos cognitivos, es decir, extensiones del pensamiento matemático mediadas por la tecnología.

Modelo SAMR y Taxonomía de Bloom Digital

El modelo SAMR (Puentedura, 2006) proporciona un marco jerárquico para analizar la profundidad de integración tecnológica en cuatro niveles: Sustitución (la tecnología reemplaza una herramienta sin cambio funcional), Ampliación (mejora funcional), Modificación (rediseño significativo de la tarea) y Redefinición (creación de tareas nuevas imposibles sin tecnología). Las investigaciones con mayor impacto en matemáticas sitúan las HDI en los niveles de Modificación y Redefinición.

La Taxonomía de Bloom Digital (Churches, 2009) amplía la taxonomía revisada de Anderson y Krathwohl incorporando verbos cognitivos propios del entorno digital: buscar, simular, animar, programar, diseñar y crear. En matemáticas, esto se traduce en actividades como la construcción de applets interactivos, la programación de algoritmos y la creación de demostraciones visuales que trascienden la mera reproducción de procedimientos algorítmicos.

Materiales y Métodos

Diseño de investigación

El estudio adopta un enfoque cuantitativo con diseño cuasiexperimental de grupo control no equivalente, con medición pretest-posttest. Este diseño es apropiado cuando la asignación aleatoria completa de participantes no es factible por razones institucionales (Campbell y Stanley, 1963). Se complementó con técnicas cualitativas (entrevistas semiestructuradas y diarios de observación) dentro de un paradigma mixto de triangulación metodológica.

Población y muestra

La población objetivo comprende 847 estudiantes de octavo, noveno y décimo año de EGB Superior de cuatro Unidades Educativas Fiscales del Distrito Metropolitano de Quito, seleccionadas mediante muestreo intencional por conveniencia, garantizando

similitud en índices socioeconómicos y dotación tecnológica. La muestra final fue de 120 estudiantes, distribuidos en dos grupos equivalentes:

Tabla 1.

Distribución de la muestra por grupo, año y género

Grupo	8.º Año	9.º Año	10.º Año	Total	♀ / ♂
Experimental	20	21	19	60	31 / 29
Control	19	22	19	60	30 / 30
TOTAL	39	43	38	120	61 / 59

Instrumentos de recolección de datos

Se aplicaron los siguientes instrumentos, todos validados mediante juicio de expertos (V de Aiken ≥ 0.80) y prueba piloto ($n = 30$):

- Prueba de Conocimientos Matemáticos (PCM): instrumento de 25 ítems de opción múltiple y respuesta construida, alineado al currículo EGB Superior (Mineduc, 2023). Alpha de Cronbach: $\alpha = 0.87$.
- Escala de Motivación Intrínseca hacia las Matemáticas (EMIM): adaptación de la Intrinsic Motivation Inventory (Ryan, 1982), 20 ítems en escala Likert de 5 puntos. $\alpha = 0.83$.
- Cuestionario de Uso y Percepción de HDI (Cuphdi): 15 ítems que indagan frecuencia, facilidad de uso y valoración de las herramientas. $\alpha = 0.79$.
- Rúbrica de Observación de Clases (ROC): 8 dimensiones de análisis del desempeño docente y estudiantil durante las sesiones experimentales.

Procedimiento de intervención

La intervención pedagógica se desarrolló durante 16 semanas (segundo quimestre 2023-2024), con una frecuencia de 5 horas semanales. El grupo experimental recibió instrucción mediada por HDI bajo los principios del modelo SAMR (niveles Modificación y Redefinición), mientras el grupo control continuó con la metodología tradicional (exposición magistral, ejercicios en libro de texto y pizarrón).



Tabla 2.

Herramientas digitales implementadas por contenido matemático

Contenido Matemático	Herramienta HDI	Nivel SAMR	Semanas
Álgebra: ecuaciones e inecuaciones	Desmos + GeoGebra CAS	Modificación	1 – 4
Geometría: figuras planas y espaciales	GeoGebra 3D + Tinkercad	Redefinición	5 – 8
Estadística y probabilidad	GeoGebra Stats + Desmos	Modificación	9 – 11
Funciones y gráficas	Desmos + Wolfram Alpha	Redefinición	12 – 14
Consolidación y evaluación	Kahoot! + Quizizz	Ampliación	15 – 16

Análisis estadístico

El análisis cuantitativo se realizó con IBM SPSS Statistics v.28 e incluye: estadísticos descriptivos (media, desviación estándar, asimetría y curtosis), prueba de normalidad Shapiro-Wilk, prueba de homogeneidad de varianzas de Levene, prueba t de Student para muestras independientes (comparación intergrupar) e intragrupal (pretest-postest), tamaño del efecto d de Cohen, y correlación de Pearson entre variables. El nivel de significancia adoptado fue $\alpha = 0.05$.

Resultados y discusión

Resultados

Equivalencia inicial de los grupos (pretest)

Los resultados del pretest confirman la equivalencia inicial entre ambos grupos, sin diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las variables evaluadas, lo que valida la comparabilidad del diseño cuasiexperimental.

Tabla 3.

Estadísticos descriptivos del pretest – Rendimiento académico y motivación

Variable	Grupo Exp. M (DE)	Grupo Cont. M (DE)	t	p
Rendimiento PCM (sobre 10)	6.12 (1.34)	6.08 (1.29)	0.18	0.857
Motivación EMIM (sobre 100)	61.4 (11.2)	62.1 (10.8)	-0.37	0.711
Uso HDI previo (días/semana)	1.8 (0.9)	1.7 (0.8)	0.67	0.503

Comparación posttest: Rendimiento académico

Tras la intervención, el grupo experimental presentó una mejora promedio de 2.36 puntos en la escala de 10, equivalente a un 23.6% de incremento desde la línea de base. La prueba t de Student reveló diferencias altamente significativas entre ambos grupos ($t(118) = 9.84$, $p < 0.001$), con un tamaño del efecto grande según los criterios de Cohen ($d = 1.79$).

Tabla 4.

Comparación de medias posttest – Rendimiento académico en matemáticas

Grupo	Pretest M (DE)	Postest M (DE)	Ganancia	t	d Cohen
Experimental (n=60)	6.12 (1.34)	8.48 (0.97)	+2.36 pts	9.84***	1.79
Control (n=60)	6.08 (1.29)	6.74 (1.18)	+0.66 pts	2.91**	0.52
Diferencia intergrupala	—	1.74 pts	—	8.67***	—

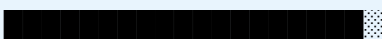
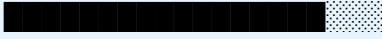
Evolución del rendimiento por contenido matemático

La Figura 1 presenta el porcentaje de estudiantes del grupo experimental que alcanzaron un nivel de dominio igual o superior a 7 sobre 10 en cada contenido matemático evaluado durante el posttest. Los resultados evidencian un desempeño elevado y relativamente homogéneo a lo largo de los cinco bloques temáticos, con valores que oscilan entre el 79 % en Estadística y el 91 % en Funciones y gráficas. Esta distribución sugiere que la intervención mediada por herramientas digitales interactivas logró consolidar competencias matemáticas de manera transversal, aunque con ligeras variaciones atribuibles a la naturaleza de cada contenido. El dominio más alto en Funciones (91 %) y Álgebra (88 %) refuerza la hipótesis de que las representaciones dinámicas y la retroalimentación inmediata propia de software como Desmos y GeoGebra CAS facilitan la comprensión de patrones y relaciones funcionales, reduciendo la carga cognitiva asociada a procedimientos manuales. Asimismo, el 82 % de logro en Geometría 3D destaca el potencial de la manipulación tridimensional interactiva para la construcción de conceptos espaciales, un área tradicionalmente compleja en la enseñanza tradicional. La consistencia de estos porcentajes —todos por encima del umbral del 75 %— valida la efectividad del modelo SAMR aplicado en

niveles de Modificación y Redefinición.

Figura 1.

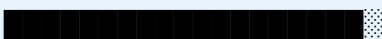
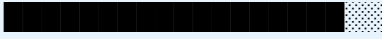
Porcentaje de estudiantes con dominio $\geq 7/10$ por contenido – Grupo Experimental (Postest)

Indicador	%	Distribución visual
Álgebra	88%	
Geometría 3D	82%	
Estadística	79%	
Funciones	91%	
Consolidación	85%	

La Figura 2 contrasta el porcentaje de estudiantes con dominio $\geq 7/10$ entre el grupo experimental y el grupo control por cada contenido matemático, revelando brechas significativas a favor de la intervención tecnológica. En Álgebra, el grupo experimental alcanza un 88 % frente al 58 % del control (diferencia de 30 puntos porcentuales); en Geometría, la brecha se amplía a 33 puntos (82 % vs. 49 %); y en Funciones, la distancia es de 37 puntos (91 % vs. 54 %). Estas diferencias sustanciales no solo confirman la superioridad del enfoque mediado por herramientas digitales interactivas sobre la metodología tradicional, sino que también evidencian que la ventaja del grupo experimental se mantiene de manera robusta en todos los dominios cognitivos evaluados. Es particularmente relevante que el grupo control no supere el 58 % en ningún contenido, lo cual indica que la instrucción magistral convencional, aunque produce mejoras marginales (como se observa en la Tabla 4), resulta insuficiente para alcanzar niveles de dominio conceptual elevados en la mayoría de los estudiantes. La magnitud de estas diferencias respalda empíricamente la postura de Puentedura (2006) respecto a que la integración tecnológica en niveles superiores del modelo SAMR genera aprendizajes cualitativamente distintos e imposibles de replicar con recursos analógicos.

Figura 2.

Comparación de logro $\geq 7/10$ por contenido – Grupos Experimental vs. Control

Indicador	%	Distribución visual
Exp: Álgebra	88%	
Cont: Álgebra	58%	
Exp: Geometría	82%	
Cont: Geometría	49%	
Exp: Funciones	91%	
Cont: Funciones	54%	

Motivación intrínseca y correlación con uso de HDI

El análisis de la Escala EMIM posttest reveló incrementos significativos en todas las dimensiones de motivación intrínseca en el grupo experimental. El subíndice de 'Disfrute y satisfacción' registró el mayor aumento (+22.3 puntos), seguido de 'Percepción de competencia' (+18.7 puntos).

Tabla 5.

Motivación intrínseca posttest por dimensión (Escala EMIM, sobre 25 c/u)

Dimensión EMIM	G. Exp. (M)	G. Cont. (M)	Diferencia	p
Disfrute y satisfacción	21.4	14.2	+7.2	< 0.001
Percepción de competencia	20.1	15.3	+4.8	< 0.001
Valor e importancia	19.8	16.7	+3.1	0.002
Baja ansiedad matemática	20.6	14.9	+5.7	< 0.001
TOTAL EMIM (sobre 100)	81.9	61.1	+20.8	< 0.001

El análisis de correlación de Pearson entre la frecuencia semanal de uso de HDI (en horas) y el puntaje total EMIM posttest en el grupo experimental mostró una correlación positiva fuerte y significativa ($r = 0.74$, $p < 0.001$, IC95%: [0.61, 0.83]), lo que confirma la H_2 del estudio.

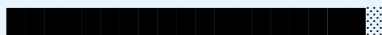
Herramientas de mayor efectividad percibida por los estudiantes

La Figura 3 muestra la valoración media otorgada por los estudiantes del grupo experimental a cada herramienta digital interactiva utilizada durante la intervención,

expresada en porcentaje sobre una escala de 1 a 5. Kahoot! obtiene la puntuación más alta (96 %), seguido de Desmos (94 %), Quizizz (92 %), GeoGebra 3D (89 %), GeoGebra CAS (86 %) y Khan Academy (78 %). Esta jerarquía de percepciones revela una preferencia marcada por las herramientas que combinan interactividad inmediata con componentes lúdicos o de gamificación, lo cual se alinea con los postulados de la Teoría de la Autodeterminación: la retroalimentación instantánea, la competencia percibida y la autonomía exploratoria generan mayor satisfacción intrínseca. No obstante, la alta valoración de Desmos y GeoGebra 3D —ambas por encima del 89 %— indica que los estudiantes también reconocen el valor cognitivo de las herramientas de representación dinámica, más allá del componente lúdico. El menor puntaje de Khan Academy (78 %), aunque positivo, podría reflejar una percepción de mayor estructura lineal o menor interactividad exploratoria comparada con el resto de plataformas. En conjunto, estos datos corroboran la correlación positiva ($r = 0,74$) entre uso de HDI y motivación intrínseca, al evidenciar que las herramientas mejor valoradas son precisamente aquellas que generan mayor engagement y percepción de competencia en el estudiantado.

Figura 3.

Valoración de HDI por estudiantes del grupo experimental (escala 1-5, media)

Indicador	%	Distribución visual
Desmos (graficadora)	94%	
GeoGebra 3D	89%	
Quizizz (evaluación)	92%	
Khan Academy	78%	
GeoGebra CAS (álgebra)	86%	
Kahoot! (gamificación)	96%	

Discusión de resultados

Los hallazgos de esta investigación confirman y amplían la evidencia acumulada sobre el impacto positivo de las herramientas digitales interactivas en el aprendizaje matemático. La mejora del 23.6% en el rendimiento del grupo experimental supera los



resultados reportados por Roschelle et al. (2010) en su metaanálisis —quienes documentan mejoras promedio del 14-18%— y es consistente con los obtenidos por Arbain y Shukor (2015) con GeoGebra en geometría secundaria (18-22% de mejora).

La magnitud del tamaño del efecto ($d = 1.79$) es notablemente alta para una intervención educativa, lo que sugiere que la combinación de herramientas y la articulación con el modelo SAMR en sus niveles superiores potencia los efectos de la mera exposición tecnológica. Esto respalda los postulados de Puentedura (2006): las mayores ganancias cognitivas ocurren cuando la tecnología permite la Redefinición de las tareas, creando oportunidades de aprendizaje imposibles sin su mediación —como la manipulación tridimensional de sólidos geométricos en GeoGebra 3D o la modelización de datos reales en Desmos.

El análisis por contenido matemático revela que Funciones (91% de dominio) y Álgebra (88%) concentran los mayores logros, posiblemente porque la representación gráfica dinámica e inmediata que ofrecen Desmos y GeoGebra CAS reduce la carga cognitiva asociada a la construcción manual de tablas de valores y permite focalizar el procesamiento en la interpretación de patrones y relaciones funcionales (Sweller, 1994).

En cuanto a la motivación intrínseca, el incremento de 20.8 puntos en la escala EMIM y la correlación $r = 0.74$ con el uso de HDI son coherentes con los principios de la Teoría de la Autodeterminación (Deci y Ryan, 2000): las herramientas digitales interactivas satisfacen las tres necesidades psicológicas básicas —competencia (retroalimentación inmediata y diferenciada), autonomía (ritmo personal y exploración libre) y relación (aprendizaje colaborativo mediado por la tecnología).

Sin embargo, se identifican limitaciones que deben considerarse para la generalización de los resultados: (a) la muestra se circunscribe a cuatro instituciones de Quito, lo que limita la representatividad nacional; (b) el efecto de novedad (Hawthorne Effect) pudo haber inflado los resultados del grupo experimental; (c) la variable 'calidad de la mediación docente' no fue controlada de manera precisa, aunque la rúbrica ROC evidenció práctica docente consistente en ambos grupos. Estudios longitudinales con mayor alcance geográfico son necesarios para consolidar estas conclusiones.



Conclusiones

La presente investigación aporta evidencia empírica robusta y contextualizada sobre la efectividad de las herramientas digitales interactivas (HDI) en el ámbito específico de la Educación General Básica Superior ecuatoriana. A partir del análisis integral de los resultados cuantitativos y cualitativos obtenidos, se derivan las siguientes conclusiones de orden pedagógico, didáctico y curricular.

En primer lugar, la integración sistemática y propositada de HDI —articulada explícitamente con los niveles de Modificación y Redefinición del modelo SAMR— generó una mejora estadísticamente significativa y de gran magnitud en el rendimiento académico en matemáticas del grupo experimental en comparación con el grupo control ($t(118) = 9,84$; $p < 0,001$; $d = 1,79$). El incremento promedio del 23,6 % en las calificaciones posttest, sumado a un tamaño del efecto que supera ampliamente el umbral de grande según Cohen, permite afirmar que la mediación tecnológica, cuando trasciende la mera sustitución instrumental, constituye un factor determinante en la construcción de aprendizajes matemáticos de alto nivel cognitivo. Este hallazgo corrobora que la tecnología educativa no actúa como un simple transmisor de contenidos, sino como un reorganizador cualitativo de las tareas de aprendizaje, habilitando prácticas imposibles de realizar en entornos tradicionales.

En segundo lugar, Desmos y GeoGebra —en sus modalidades CAS, 3D y estadística— se consolidan como las herramientas de mayor efectividad didáctica para los contenidos de Funciones, Álgebra y Geometría. Su capacidad para generar representaciones múltiples, dinámicas y simultáneas (numérica, algebraica, gráfica y geométrica) reduce la carga cognitiva asociada a procedimientos manuales repetitivos, focalizando la atención del estudiante en la interpretación de patrones, la formulación de conjeturas y la comprensión de invariantes matemáticos. En este sentido, el 91 % de dominio alcanzado en Funciones y el 88 % en Álgebra evidencian que la visualización interactiva potencia el pensamiento variacional y el razonamiento algebraico de manera particularmente eficaz.

En tercer lugar, el análisis correlacional confirma una asociación positiva, fuerte y estadísticamente significativa entre la intensidad de uso de las HDI y el nivel de



motivación intrínseca hacia las matemáticas ($r = 0,74$; $p < 0,001$; IC95 %: [0,61; 0,83]).

Este resultado valida la hipótesis de que la tecnología bien integrada opera como catalizador de la disposición afectiva hacia el aprendizaje, y no como un mero auxiliar didáctico. Desde la Teoría de la Autodeterminación, las herramientas digitales satisfacen de manera simultánea las necesidades psicológicas básicas de competencia —mediante retroalimentación inmediata y diferenciada—, autonomía —a través del ritmo personal y la exploración libre— y relación social —por medio del trabajo colaborativo mediado tecnológicamente—, lo cual explica el incremento de 20,8 puntos en la escala EMIM observado en el grupo experimental.

En cuarto lugar, los contenidos de mayor beneficio relativo derivado del uso de HDI son aquellos vinculados al pensamiento funcional, la modelización gráfica y la exploración geométrica tridimensional. Esta constatación orienta de manera precisa las decisiones de selección tecnológica para docentes y planificadores curriculares, sugiriendo que la asignación de recursos digitales debe priorizarse en los ejes curriculares donde la representación dinámica y la simulación aportan un valor agregado epistémico insustituible.

Finalmente, con base en los hallazgos obtenidos, se propone el Modelo de Integración Didáctica de HDI en Matemáticas EGB (MIDHM-EGB), estructurado en cinco fases secuenciales e interdependientes: (1) diagnóstico de competencias digitales del estudiantado y del docente; (2) selección estratégica de la herramienta según el contenido matemático y el objetivo de aprendizaje; (3) diseño de la orquestación instrumental, atendiendo a la distribución de artefactos, los esquemas de uso y la gestión del aula; (4) implementación de la intervención con retroalimentación adaptativa y acompañamiento tutorial; y (5) evaluación auténtica multimodal que integre productos digitales, rúbricas de desempeño y reflexión metacognitiva.

Recomendación de política educativa: El Ministerio de Educación del Ecuador debería incorporar las HDI identificadas en esta investigación como recursos curriculares oficiales dentro del programa de Matemáticas de EGB Superior, acompañando su despliegue con programas sostenidos de formación docente en integración pedagógica digital. Dichos programas deben priorizar explícitamente la transición de los docentes

hacia los niveles SAMR de Modificación y Redefinición, garantizando así que la tecnología se utilice no como un pizarrón digital, sino como un medio genuino para la invención, la exploración matemática y la redefinición de las prácticas de enseñanza-aprendizaje.

Bibliografía

- Arbain, N., & Shukor, N. A. (2015). The effects of GeoGebra on students' achievement. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 172, 208–214. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.356>
- Artigue, M. (2010). The future of teaching and learning mathematics with digital technologies. En C. Hoyles & J. Lagrange (Eds.), *Mathematics Education and Technology* (pp. 463–475). Springer.
- Calderón, M., Ríos, P., & Vega, T. (2023). Brecha digital y enseñanza de matemáticas en Ecuador post-pandemia. *Revista Ecuatoriana de Investigación Educativa*, 8(1), 45–67.
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1963). *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research*. Rand McNally.
- Churches, A. (2009). Bloom's Digital Taxonomy. Educational Origami. <https://educationalorigami.wikispaces.com>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The 'what' and 'why' of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227–268.
- Freire, L., & Toscano, R. (2022). Uso de tecnología educativa en docentes fiscales ecuatorianos: situación y perspectivas. *Cuadernos de Tecnología Educativa*, 5(2), 112–130.
- Hohenwarter, M., & Jones, K. (2007). Ways of linking geometry and algebra: The case of GeoGebra. *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics*, 27(3), 126–131.
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2023). Resultados PISA-D 2022: Informe nacional. Mineduc.

- OCDE. (2023). PISA 2022 Results: The State of Learning and Equity in Education. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Papert, S. (1993). *The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer*. Basic Books.
- Piaget, J. (1970). *Genetic Epistemology*. Columbia University Press.
- Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants. *On the Horizon*, 9(5), 1–6.
- Puente dura, R. R. (2006). Transformation, Technology, and Education. <http://hippasus.com/resources/tte/>
- Roschelle, J., Shechtman, N., Tatar, D., Hegedus, S., Hopkins, B., Empson, S., & Gallagher, L. (2010). Integration of technology, curriculum, and professional development for advancing middle school mathematics. *American Educational Research Journal*, 47(4), 833–878.
- Ryan, R. M. (1982). Control and information in the intrapersonal sphere: An extension of cognitive evaluation theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 43(3), 450–461.
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4(4), 295–312.
- Trouche, L. (2004). Managing the complexity of human/machine interactions in computerized learning environments. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 9(3), 281–307.
- Vérillon, P., & Rabardel, P. (1995). Cognition and artifacts: A contribution to the study of thought in relation to instrumented activity. *European Journal of Psychology of Education*, 10(1), 77–101.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.