

11

EL IMPACTO

**DEL USO DE GEOGEBRA EN EL APRENDIZAJE DE LA
GEOMETRÍA PLANA: UN ESTUDIO CUASIEXPERIMENTAL EN
ESTUDIANTES DE ARQUITECTURA**



© 2025; Los autores. Este es un artículo en acceso abierto, distribuido bajo los términos de una licencia Creative Commons que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea correctamente citada.

EL IMPACTO

DEL USO DE GEOGEBRA EN EL APRENDIZAJE DE LA GEOMETRÍA PLANA: UN ESTUDIO CUA-
SIEXPERIMENTAL EN ESTUDIANTES DE ARQUITECTURA

THE IMPACT OF USING GEOGEBRA ON LEARNING PLANE GEOMETRY: A QUASI-EXPERIMENTAL STUDY WITH ARCHITECTURE STUDENTS

Graciela Abad-Peña¹

E-mail: gabadp@ube.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3684-7233>

Katia Lisset Fernández-Rodríguez²

E-mail: katia.fernandez@ug.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7146-2868>

Alina Rodríguez-Morales²

E-mail: arodriguezm@ube.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3714-2638>

Yordenis Ramos-López¹

E-mail: yramosl@ube.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7103-3905>

¹ Universidad Bolivariana. Ecuador.

² Universidad de Guayaquil. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Abad-Peña, G., & Fernández-Rodríguez, K. L., Rodríguez-Morales, A., & Ramos-López, Y. (2025). El impacto del uso de GeoGebra en el aprendizaje de la geometría plana: Un estudio cuasiexperimental en estudiantes de Arquitectura. *Revista Mexicana de Investigación e Intervención Educativa*, 4(3), 111-117.

Fecha de presentación: 10/05/2025

Fecha de aceptación: 17/07/2025

Fecha de publicación: 01/09/2025

RESUMEN

El objetivo de este trabajo está en evaluar el impacto de GeoGebra en el aprendizaje de geometría plana en estudiantes de Arquitectura mediante un estudio cuasiexperimental controlado. Se implementó un diseño cuasiexperimental con 65 estudiantes de primer semestre de Arquitectura de la Universidad de Guayaquil, divididos en grupo experimental (n=33, con GeoGebra) y grupo control (n=32, método tradicional). Se aplicaron pruebas pre-post intervención, cuestionarios de percepción, observaciones estructuradas y entrevistas semiestructuradas durante dos ciclos académicos (2023-2024). El grupo experimental mostró mejoras significativas en rendimiento académico ($M=78.3 \pm 8.2$ vs $M=70.1 \pm 9.5$; $t(63)=3.72$, $p<.001$) y comprensión conceptual. El análisis ANCOVA confirmó el efecto del tratamiento ($F(1,62)=15.43$, $p<.001$, $\eta^2=0.20$). Los estudiantes demostraron mayor capacidad de visualización espacial, mejor comprensión de transformaciones geométricas y relaciones entre formas. El 87% percibió que GeoGebra facilitó su aprendizaje. Como resultado se obtiene que GeoGebra constituye una herramienta efectiva para mejorar significativamente la enseñanza-aprendizaje de geometría plana en estudiantes de Arquitectura, fundamentada en principios constructivistas que favorecen la visualización dinámica y la comprensión conceptual profunda.

Palabras clave:

GeoGebra, geometría plana, aprendizaje constructivista, tecnología educativa, arquitectura, visualización espacial.

ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the impact of GeoGebra on plane geometry learning in Architecture students through a controlled quasi-experimental study. A quasi-experimental design was implemented with 65 first-semester Architecture students from the University of Guayaquil, divided into an experimental group (n=33, with GeoGebra) and a control group (n=32, traditional method). Pre-postintervention tests, perception questionnaires, structured observations, and semi-structured interviews were applied during two academic cycles (2023-2024). The experimental group showed significant improvements in academic performance ($M=78.3 \pm 8.2$ vs $M=70.1 \pm 9.5$; $t(63)=3.72$, $p<.001$) and conceptual understanding. ANCOVA analysis confirmed the treatment effect ($F(1,62)=15.43$, $p<.001$, $\eta^2=0.20$). Students demonstrated greater spatial visualization capacity, better understanding of geometric transformations and relationships between shapes. 87% perceived that GeoGebra facilitated their learning. As a result, it is obtained that GeoGebra constitutes an effective tool to significantly improve the teaching-learning of plane geometry in Architecture students, based on constructivist principles that favor dynamic visualization and deep conceptual understanding.

Keywords:

GeoGebra, plane geometry, constructivist learning, educational technology, architecture, spatial visualization.

INTRODUCCIÓN

La geometría plana constituye un componente fundamental en la formación académica de estudiantes de Arquitectura, proporcionando las bases conceptuales necesarias para el desarrollo de competencias espaciales y de diseño arquitectónico (Hohenwarter & Fuchs, 2004). Sin embargo, la enseñanza tradicional de esta disciplina enfrenta desafíos significativos relacionados con la visualización de conceptos abstractos y su aplicación práctica en contextos arquitectónicos reales.

Los métodos tradicionales de enseñanza de geometría, basados principalmente en enfoques estáticos mediante pizarra y textos, presentan limitaciones para facilitar la comprensión profunda de conceptos geométricos complejos. Esta situación se agrava en el contexto de la formación arquitectónica, donde la visualización espacial y la manipulación mental de formas geométricas son competencias esenciales (Sánchez & Borja, 2022).

La integración de tecnologías educativas digitales, específicamente GeoGebra, emerge como una alternativa pedagógica prometedora fundamentada en la teoría del aprendizaje constructivista de Piaget y el aprendizaje significativo de Ausubel (2002). GeoGebra, como software de matemáticas dinámicas, integra geometría, álgebra y cálculo en un entorno interactivo que permite la manipulación directa de objetos matemáticos y la visualización de conceptos abstractos.

La teoría constructivista sostiene que el aprendizaje es un proceso activo donde los estudiantes construyen conocimiento mediante la exploración, experimentación y reflexión (Papp-Varga, 2007; Mzwandile, 2022; Schmid et al., 2023). GeoGebra facilita este proceso al proporcionar un entorno donde los estudiantes pueden manipular objetos geométricos, formular hipótesis y verificar resultados en tiempo real, promoviendo así un aprendizaje más profundo y duradero (Cedeño-Alcívar & Rivadeneira-Loor, 2023).

La relevancia de esta investigación radica en la necesidad de proporcionar evidencia empírica sobre la eficacia de herramientas tecnológicas específicas en contextos educativos particulares. Los estudios previos han demostrado beneficios generales del uso de tecnologías en la enseñanza matemática (Grisales-Aguirre, 2018; Adelabu et al., 2019; Alvarez et al., 2020), pero existe una brecha en investigaciones que evalúen específicamente el impacto de GeoGebra en la formación arquitectónica.

Atendiendo a lo anterior, el objetivo general de este estudio se concreta en: Evaluar el impacto del uso de GeoGebra en el aprendizaje de geometría plana en estudiantes de la carrera de Arquitectura de la Universidad de Guayaquil.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se implementó un diseño cuasiexperimental con grupo control no equivalente, caracterizado por la asignación no aleatoria de participantes a grupos experimentales debido a restricciones institucionales. Este diseño permite establecer relaciones causales con mayor validez interna que los estudios correlacionales, aunque con limitaciones en la validez externa.

La población objetivo estuvo integrada por estudiantes de primer semestre de Arquitectura, Universidad de Guayaquil. La muestra la componen 65 estudiantes distribuidos en:

- Grupo experimental (GeoGebra): $n=33$ estudiantes
- Grupo control (método tradicional): $n=32$ estudiantes
- Criterios de inclusión:
 - Estudiantes matriculados en la asignatura "Principios Matemáticos y Geométricos"
 - Primer semestre de carrera
 - Asistencia regular a clases ($\geq 80\%$)
- Criterios de exclusión:
 - Experiencia previa con GeoGebra.
 - Dificultades de aprendizaje diagnosticadas.
 - Abandono del curso durante el período de estudio.

La recolección de datos se realizó mediante los siguientes instrumentos:

- Prueba de conocimientos (Pre-Post)

La prueba de conocimientos consta de 25 ítems de opción múltiple diseñados para evaluar conceptos básicos, transformaciones geométricas y sus aplicaciones. La validez de contenido fue asegurada mediante un panel de 5 expertos, obteniéndose un Coeficiente de Validez de Contenido (CVR) de 0.85. En cuanto a la confiabilidad, se calculó un alfa de Cronbach de 0.82, lo que indica una consistencia interna adecuada para el instrumento.

- Cuestionario de percepción

Este cuestionario utiliza una escala Likert de 5 puntos y contiene 20 ítems que abordan aspectos relacionados con la usabilidad, la utilidad percibida y la satisfacción de los participantes. La validación del instrumento se realizó mediante un análisis factorial exploratorio, garantizando la estructura y pertinencia de las dimensiones evaluadas.

- Observaciones estructuradas

Se implementó un protocolo de observación con categorías predefinidas para registrar la participación, colaboración y el uso de herramientas durante las sesiones. Para asegurar la objetividad, dos observadores independientes realizaron las observaciones, obteniéndose un coeficiente kappa (κ) de 0.78, lo que indica un buen nivel de acuerdo entre ellos.

- Entrevistas semiestructuradas

Las entrevistas se aplicaron a una muestra intencional de 12 estudiantes, divididos en dos grupos de 6 participantes cada uno. Se utilizó una guía con 8 preguntas abiertas que permitieron explorar en profundidad las percepciones y experiencias de los estudiantes. El análisis de la información se llevó a cabo mediante un enfoque temático basado en la codificación inductiva.

La investigación se desarrolló en tres fases. En la primera fase, correspondiente a la semana 1, se aplicó la prueba de conocimientos inicial y se evaluaron las competencias digitales básicas de los participantes, además de obtener el consentimiento informado.

Durante la segunda fase, que abarcó desde la semana 2 hasta la 14, el grupo experimental participó en 26 sesiones de 90 minutos utilizando el software GeoGebra, mientras que el grupo control recibió 26 sesiones de la misma duración con un método tradicional. Ambos grupos trabajaron con contenidos idénticos, incluyendo circunferencia, elipse, parábola y transformaciones geométricas.

Finalmente, en la tercera fase, correspondiente a la semana 15, se aplicó la prueba de conocimientos final. Además, solo el grupo experimental completó el cuestionario de percepción y participó en las entrevistas semiestructuradas para profundizar en sus experiencias.

El análisis cuantitativo incluyó estadística descriptiva para calcular medias, desviaciones estándar y distribuciones. Se aplicó la prueba t de Student para muestras independientes y un ANCOVA para controlar las puntuaciones pre-intervención. Asimismo, se calculó el tamaño del efecto mediante eta cuadrado parcial, utilizando un nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

Por otro lado, el análisis cualitativo se centró en el análisis temático de las entrevistas, realizando una codificación inductiva con el software Atlas.ti. Se empleó la triangulación de fuentes de datos para fortalecer la validez de los resultados, y se llevó a cabo una verificación por pares académicos para asegurar la rigurosidad del análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La muestra final consistió en 65 estudiantes (edad promedio: 18.7 ± 1.2 años; 52% mujeres, 48% hombres). No se encontraron diferencias significativas entre grupos en variables demográficas ni en conocimientos previos de geometría ($p > 0.05$).

1) Rendimiento Académico

Los resultados de la prueba t de Student revelaron diferencias significativas en las puntuaciones post-intervención:

- **Grupo experimental:** $M=78.3$, $DE=8.2$
- **Grupo control:** $M=70.1$, $DE=9.5$
- **Estadístico:** $t(63)=3.72$, $p<.001$, d de Cohen= 0.94

Para visualizar mejor esta diferencia, se presenta el siguiente gráfico de barras (Figura 1). Como se puede observar en el gráfico, el grupo experimental que utilizó GeoGebra obtuvo una puntuación media significativamente más alta (78.3) en comparación con el grupo de control (70.1), lo que sugiere un impacto positivo del uso de GeoGebra en el rendimiento académico de los estudiantes.

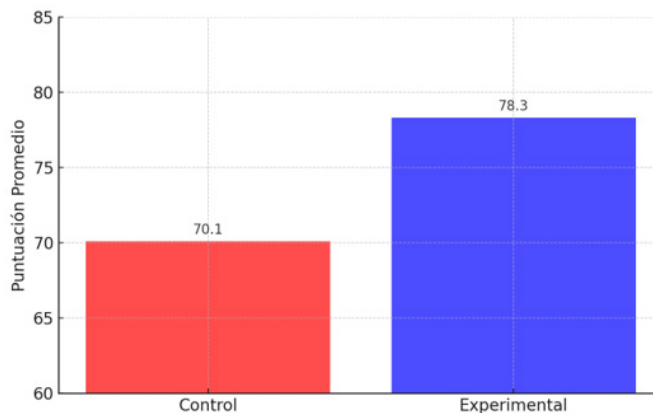


Figura 1. Rendimiento Académico post- intervención.

2) Evolución del rendimiento académico:

Para comprender mejor cómo evolucionó el rendimiento de ambos grupos (experimental y control) a lo largo del tiempo, se presenta el siguiente gráfico de líneas (Figura 2).

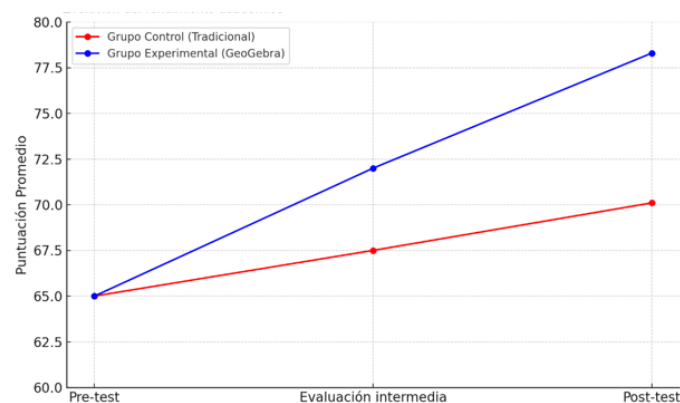


Figura 2. Evolución del rendimiento académico.

En la figura 2 se pueden observar los siguientes puntos:

- Línea azul: Grupo experimental (GeoGebra).
- Línea roja: Grupo control (método tradicional).
- Eje x: Evaluaciones (pre-test, evaluación intermedia, post-test).
- Eje y: Puntuación promedio (0-100).

Como se puede apreciar, tanto el grupo experimental como el de control, parten de un nivel similar en el pre-test. No obstante, el grupo experimental muestra una mejora más pronunciada, especialmente después de la introducción de GeoGebra como estrategia didáctica,

alcanzando una puntuación significativamente más alta en el post-test.

3) Comprensión conceptual:

El análisis cualitativo de las entrevistas reveló que los estudiantes del grupo experimental demostraron una comprensión más profunda de los conceptos geométricos. Temas recurrentes incluyeron:

- Mayor capacidad para visualizar transformaciones geométricas.
- Mejor comprensión de las relaciones entre diferentes formas geométricas.
- Mayor habilidad para formular y probar conjeturas geométricas.

Para cuantificar y comparar la comprensión de conceptos específicos entre ambos grupos, se realizó un análisis adicional cuyos resultados se presentan en el siguiente gráfico de barras agrupadas:

4) Comprensión de conceptos geométricos específicos

En la figura 3, se presenta un gráfico donde se compara el nivel de comprensión de conceptos geométricos específicos entre el grupo experimental y el grupo control:

- Eje x: Conceptos geométricos (circunferencia, elipse, parábola).
- Eje y: Índice de comprensión (porcentaje de respuestas correctas).
- Barras azules: Grupo experimental (GeoGebra).
- Barras rojas: Grupo control (método tradicional).

En el gráfico se aprecia que el grupo experimental obtuvo un mayor índice de comprensión en todos los conceptos evaluados, siendo especialmente notable la diferencia en conceptos más complejos como la elipse y la parábola. Esto sugiere que el uso de GeoGebra no solo mejora el rendimiento general, sino que también facilita una comprensión más profunda de conceptos geométricos específicos.

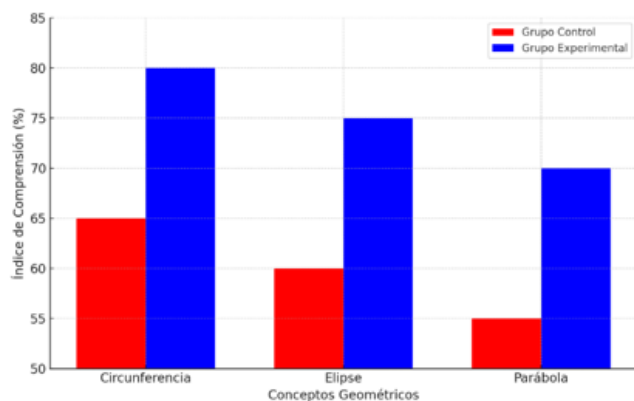


Figura 3. Comprensión de conceptos geométricos.

5) Percepción de los estudiantes:

El cuestionario de percepción mostró que el 87% de los estudiantes del grupo experimental consideraron que GeoGebra facilitó su aprendizaje de la geometría plana. Los comentarios cualitativos incluyeron:

“GeoGebra me ayudó a visualizar conceptos que antes me parecían abstractos”.
 “Pude experimentar con diferentes formas y ver cómo cambiaban las propiedades geométricas en tiempo real”.

Para ilustrar la percepción de los estudiantes sobre el uso de GeoGebra, se presenta el siguiente gráfico circular (figura 4) donde se muestra claramente que una gran mayoría de los estudiantes (87%) percibió que GeoGebra facilitó su aprendizaje de la geometría plana, mientras que solo un pequeño porcentaje (13%) no encontró que la herramienta facilitara su aprendizaje. Esta percepción positiva respalda la eficacia de GeoGebra como herramienta de aprendizaje en el contexto de la geometría plana para estudiantes de arquitectura.

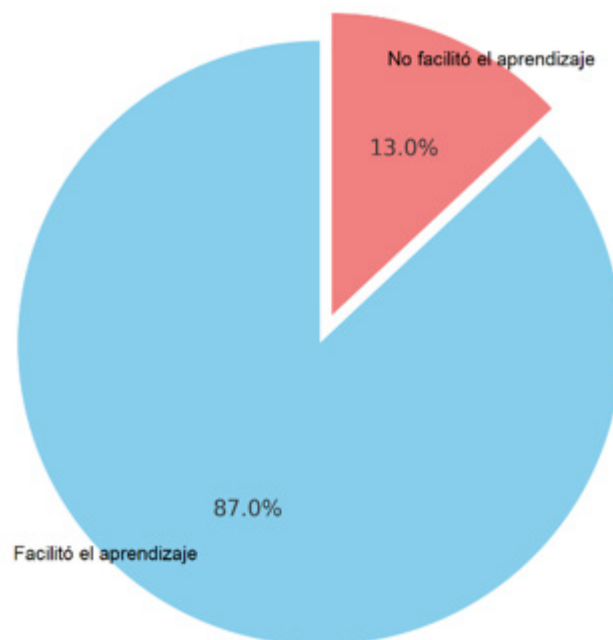


Figura 4. Percepción en los estudiantes sobre el uso del GeoGebra.

5) Observaciones de clase

Las observaciones estructuradas revelaron:

- Mayor participación activa en grupo experimental (78% vs 52%)
- Incremento en preguntas conceptuales (promedio 6.2 vs 2.8 por sesión)
- Mejor colaboración entre pares durante actividades prácticas

Los resultados confirman las hipótesis planteadas, demostrando que GeoGebra produce mejoras significativas en el aprendizaje de geometría plana en estudiantes de Arquitectura. El tamaño del efecto grande ($d=0.94$)

sugiere que estas diferencias tienen relevancia práctica educativa, no solo significancia estadística.

Fundamentos teóricos y cognitivos

Los resultados obtenidos en el estudio respaldan la teoría del aprendizaje constructivista, que sostiene que la manipulación activa de objetos geométricos facilita la construcción de un conocimiento significativo. GeoGebra ofrece un entorno interactivo donde los estudiantes pueden experimentar, formular hipótesis y verificar resultados, promoviendo así un aprendizaje basado en el descubrimiento y la exploración autónoma, tal como señalan investigaciones previas sobre el uso de esta herramienta en la enseñanza de la geometría.

Desde la perspectiva de la teoría de la carga cognitiva, GeoGebra contribuye a reducir la carga cognitiva extrínseca mediante la visualización dinámica de los conceptos geométricos. Esta característica elimina la necesidad de construir representaciones mentales complejas, permitiendo que los recursos cognitivos se concentren en procesar la información esencial, lo cual optimiza la comprensión y el aprendizaje.

Además, el desarrollo de competencias espaciales es fundamental para los estudiantes de Arquitectura, quienes requieren habilidades avanzadas para visualizar y manipular objetos tridimensionales. GeoGebra facilita este desarrollo a través de su capacidad para representar y manipular objetos geométricos de forma dinámica y tridimensional, fortaleciendo las habilidades espaciales necesarias para su formación profesional.

Los hallazgos de este estudio son consistentes con investigaciones previas que evidencian los beneficios del uso de tecnologías educativas en la enseñanza de las matemáticas. En particular, confirman los resultados de Schmid et al. (2023), sobre el potencial constructivista de GeoGebra y extienden estos resultados al contexto específico de la formación en Arquitectura. Estos resultados también se alinean con estudios que destacan la mejora en la comprensión conceptual y la motivación estudiantil mediante la integración de herramientas digitales en el aprendizaje geométrico.

Los resultados sugieren que GeoGebra debe integrarse sistemáticamente en los currículos de geometría para estudiantes de Arquitectura, no como un complemento opcional, sino como una herramienta pedagógica fundamental para potenciar el aprendizaje significativo. Para ello, es indispensable la capacitación docente específica que supere el dominio técnico del software y se enfoque en estrategias didácticas efectivas. Asimismo, el diseño instruccional debe contemplar la incorporación de GeoGebra desde el inicio del curso, permitiendo un aprovechamiento óptimo de sus capacidades interactivas y fomentando la exploración activa de los conceptos geométricos.

Entre las limitaciones se encuentra el diseño cuasi-experimental, que restringe las inferencias causales, y la posible influencia del efecto novedad en la motivación inicial de los estudiantes. No se realizó un seguimiento a largo plazo para evaluar la retención del aprendizaje. En cuanto a la validez externa, la muestra estuvo limitada a una institución y contexto cultural específicos, lo que puede afectar la generalización de los resultados. Metodológicamente, la evaluación se centró en conocimientos conceptuales, sin medir habilidades procedimentales, y existe el potencial sesgo del investigador en las observaciones.

CONCLUSIONES

La aplicación del software GeoGebra mejora significativamente el rendimiento académico de los estudiantes en geometría plana, lo que se evidencia en un tamaño del efecto grande ($d=0.94$), indicador de una relevancia práctica sustancial en el ámbito educativo. Esta mejora es especialmente notable en el tratamiento de temas complejos como elipses y parábolas, donde los estudiantes alcanzaron una comprensión conceptual más sólida. GeoGebra, al permitir la manipulación dinámica de figuras, se convierte en un recurso didáctico potente para abordar contenidos abstractos con mayor claridad.

Asimismo, la herramienta facilita el desarrollo de habilidades de visualización espacial, esenciales en la formación de futuros arquitectos. Los estudiantes pudieron representar, transformar y analizar elementos geométricos en un entorno visual interactivo, fortaleciendo su capacidad para trasladar conceptos geométricos al diseño arquitectónico. Esta característica de GeoGebra resulta particularmente valiosa en carreras donde la comprensión espacial es un componente central de la competencia profesional.

Por otro lado, el 87% de los estudiantes expresó que el uso de GeoGebra facilitó su aprendizaje, lo que evidencia una alta aceptación y satisfacción con la herramienta. Los resultados obtenidos respaldan los principios del constructivismo y del aprendizaje significativo, al promover una construcción activa del conocimiento. Este estudio, además de validar empíricamente la utilidad de GeoGebra, contribuye al campo de la tecnología educativa al llenar un vacío existente en la literatura sobre su aplicación específica en la enseñanza de la arquitectura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adelabu, F. M., Makgato, M., & Ramaligela, M. S. (2019). The importance of dynamic geometry computer software on learners' performance in geometry. *Electronic Journal of e-Learning*, 17(1), 52-63. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1216699.pdf>

- Alvarez-Matute, J. F., Garcia-Herrera, D. G., Erazo-Álvarez, C. A., & Erazo-Álvarez, J. C. (2020). GeoGebra como estrategia de enseñanza de la Matemática. *EPISTEME KOINONIA*, 3(6), 218-236. <https://doi.org/10.35381/e.k.v3i6.827>
- Ausubel, D. P. (2002). Adquisición y retención del conocimiento: Una perspectiva cognoscitiva. Paidós.
- Cedeño-Alcívar, J. C., & Rivadeneira-Loor, F. Y. (2023). GeoGebra como Herramienta Didáctica para la Enseñanza de la Matemática. *MQRInvestigar*, 7(4), 634-649. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.4.2023.634-649>
- Grisales-Aguirre, A. M. (2018). Uso de recursos TIC en la enseñanza de las matemáticas: retos y perspectivas. *Entramado*, 14(2), 198-214. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.4751>
- Hohenwarter, M., & Fuchs, K. J. (2005). Combination of dynamic geometry, algebra and calculus in the software system GeoGebra. (Ponencia). Computer Algebra Systems and Dynamic Geometry Systems in Mathematics Teaching, Proceedings of Sprout-Selecting Conference (Sarvari, Cs. Hrsg.). Bornus Nyomda-Roma, Italia.
- Mzwandile, W. (2022). An exploration of preservice teachers' use of educational technologies as visualization tools when teaching mathematics. (Tesis doctoral). University of KwaZulu-Na.
- Papp-Varga, Z. (2007). GeoGebra en la enseñanza de las matemáticas. *Teaching Mathematics and Computer Science*, 5(2), 291-305. <https://doi.org/10.5485/TMCS.2008.R010>
- Sánchez-Balarezo, R. W., & Borja-Andrade, A. M. (2022). Geogebra en el proceso de Enseñanza-Aprendizaje de las Matemáticas. *Dominio De Las Ciencias*, 8(2), 33-52. <https://doi.org/10.23857/dc.v8i2.2737>
- Schmid, A., Koreňová, L., Cahyono, A. N., Hvorecký, J., & Lavicza, Z. (2023). Geogebra as a Constructivism Teaching Tool for Visualization Geometry Using VR and AR. *E-learning*, 15(20), 253-264. <https://us.edu.pl/wydzial/wsne/wp-content/uploads/sites/20/Bez-kategorii/el-2023-15-20.pdf>