

USE OF GEOGEBRA WITH AUGMENTED REALITY IN THE LEARNING OF UNIVERSITY STUDENTS IN THE BASIC MATHEMATICS COURSE

Fernando Ysmael Cenas Chacon, Dr.¹; Yasmina Ramírez Sobalvarro Dra.²; Leydidiana Rosibel Gamboa Ferrer, Mg.³; Fanny Evelyn Blaz Fernández, Mg.¹.

¹ Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú, fernando.cenas@upn.edu.pe

¹ Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú, fanny.blaz@upn.edu.pe

² Universidad Nacional del Callao, Lima, Perú, yramirezsl@unac.edu.pe

³ Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú, lgamboaf1@upao.edu.pe

Abstract

This study was designed using a quantitative approach and aimed to demonstrate how the use of GeoGebra AR improves learning among students taking a basic mathematics course at a private university in Trujillo, Peru. The research was conducted using a quasi-experimental design and involved 240 students studying basic mathematics, with 120 students in the experimental group and 120 in the control group. A questionnaire was administered individually using Google Forms, which was validated by an expert and achieved an average validation of 91.5%. The reliability coefficient was Cronbach's alpha .835. The results showed that the use of GeoGebra AR contributed to improved learning in the mathematics course, which was reflected in the post-test results in the experimental group, where 70% (64 students) achieved a satisfactory level. When compared with the results obtained in the post-test of the control group, it was found that only 32.5% (39 students) achieved a satisfactory level. When the general and specific hypotheses were tested, they presented an asymptotic significance of $p=0.000$, the null hypothesis was rejected.

Key words: GeoGebra, augmented reality, learning, basic mathematics.

USO DE GEOGEBRA CON REALIDAD AUMENTADA EN EL APRENDIZAJE DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS DEL CURSO DE MATEMÁTICA BÁSICA

Fernando Ysmael Cenas Chacon, Dr.¹; Yasmina Ramírez Sobalvarro Dra.²; Leydidiana Rosibel Gamboa Ferrer, Mg.³; Fanny Evelyn Blaz Fernández, Mg.¹

¹ Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú, fernando.cenas@upn.edu.pe

¹ Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú, fanny.blaz@upn.edu.pe

² Universidad Nacional del Callao, Lima, Perú, yramirezsl@unac.edu.pe

³ Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú, lgamboafl@upao.edu.pe

Resumen. Este estudio se diseñó bajo un enfoque cuantitativo tuvo como objetivo demostrar como el uso de GeoGebra RA mejora el aprendizaje de los estudiantes del curso de matemática básica en una universidad privada en Trujillo, Perú. La investigación se desarrolló bajo un diseño cuasiexperimental, se aplicó en 240 estudiantes de matemática básica, grupo experimental 120 estudiantes y grupo control 120 estudiantes. Se administró un cuestionario de forma individual utilizando un Google forms, el cual fue validado por experto y alcanzó una validación promedio de 91.5%, así mismo el coeficiente de confiabilidad fue del alfa de Cronbach .835. En los resultados se evidenció que el uso de GeoGebra RA aportó a la mejora de los aprendizajes en el curso de matemáticas lo cual se reflejó en los resultados de la posprueba en el grupo experimental donde un 70% (64 estudiantes) se ubicaron en el nivel satisfactorio, lo cual al ser comparado con los resultados obtenidos en la post prueba del grupo control se comprueba que este alcanzó solamente un 32.5% (39 estudiantes). Al comprobarse la hipótesis general y específicas estas presentaron una significancia asintótica $p=0.000$, por lo cual se rechaza la hipótesis nula.

Palabras claves: GeoGebra, Realidad aumentada, Aprendizaje, matemática básica

I. INTRODUCCIÓN

El innovar en educación, es en la actualidad una misión permanente, razón por la cual para alcanzar mejores niveles en el aprendizaje de las matemáticas se requiere la incorporación de recursos didácticos y estrategias que atraigan a las nuevas generaciones, e ir más allá de los

procesos reproductivos, hasta llegar a la aplicación [1]. Es por medio de la realidad virtual que los estudiantes pueden llegar a vivir experiencias donde los sentidos alcanzan nuevos niveles de agudeza, por lo cual, procesos como el pensamiento lógico y la creatividad se incrementan [2]. Cuando el docente incorpora la tecnología y hace uso de la realidad virtual inmersiva, está potenciando en los estudiantes una mayor motivación por aprender y logra que las experiencias en el espacio áulico sean satisfactorias [3].

A pesar del creciente uso de tecnologías inmersivas en educación matemática, aún existe limitada evidencia empírica en contextos universitarios en América Latina que evalúe el impacto específico de GeoGebra integrado con realidad aumentada aplicando diseños cuasiexperimentales. En este sentido, el presente estudio busca cubrir dicho vacío investigativo indicando los cambios que aporta dicha herramienta en el aprendizaje de matemática básica en estudiantes universitarios peruanos.

II. MARCO TEÓRICO

A. GeoGebra RA

El contexto actual en la educación universitaria donde es cada vez más común encontrar docentes que incorporan la tecnología abonando a la mejora de los aprendizajes, [4]; la práctica que realiza el estudiante de forma continua, le permite familiarizarse con la realidad aumentada y construir aprendizajes multidisciplinarios, donde la matemática juega un rol fundamental [5]. La realidad virtual inmersiva es una excelente forma de aprender, puesto que la combinación de elementos reales con los interactivos genera experiencias de aprendizaje de alto significado para los estudiantes [6].

Es por medio de la realidad virtual inmersiva que las matemáticas cuentan con la combinación de elementos interactivos con la realidad, lo que hace de esta un recurso envolvente que atrae al estudiante y al utilizarse en el aula, se estará fortaleciendo el pensamiento lógico matemático[7] . Si se desagrega la realidad virtual inmersiva en sus múltiples componentes, puede mencionarse la realidad aumentada, la cual es un potente aliado en el aprendizaje de las matemáticas [8]. El uso de la tecnología abre nuevas oportunidades para alcanzar aprendizajes significativos, situación que está siendo aprovechada por diferentes disciplinas, una de ellas es la matemática la cual, se ha visto beneficiada por la realidad virtual inmersiva, creándose un abanico de posibilidades, puesto que se interactúa en una mezcla controlada entre la realidad y lo virtual, situación que es utilizada para simular de forma rápida y segura [9] . Pudiendo el estudiante experimentar y combinar la teoría-práctica aplicando herramientas como GeoGebra RA, lo cual favorece en el universitario el deseo de ingresar a un campo de aprendizaje multifacético, donde podrá resolver obteniendo múltiples respuestas, enriqueciendo con ello su aprendizaje [10]. [11].

GeoGebra permite a los docentes realizar una serie de variaciones en función del aprendizaje para y por los estudiantes; es decir, se convierte en un aliado sólido en cursos como matemática [12]. Brindar una solución alternativa a situaciones problemáticas complejas, se convierte en un reto que puede ser acompañado por GeoGebra con la finalidad de esbozar las rutas de solución, dado el potencial gráfico de dicha herramienta, a partir de lo cual se generan aprendizajes significativos [13] . Con el apoyo de GeoGebra, los universitarios de cursos como matemáticas pueden realizar exploraciones gráficas, modelar objetos, así como identificar posiciones no prototípicas. A esto se suma que es posible aprovechar las ventajas en 2D y 3D de la herramienta, lo que permite establecer una conexión entre objetos planos y espaciales, lo cual genera nuevas perspectivas para exponer una solución al problema estudiado [14].

La explicación del por qué se hace uso de la realidad aumentada aplicando GeoGebra se debe a que esta es un recurso que facilita que el estudiante experimente utilizando la tecnología, a partir de la combinación de ambos elementos, los estudiantes alcanzan aprendizajes significativos en el ámbito matemático [15]. Al unir la realidad virtual y GeoGebra, los estudiantes vinculan los conocimientos teóricos con los prácticos de forma creativa [16]. Los estudiantes identifican con mayor precisión espacios y dimensiones en el problema analizado, lo cual se desarrolla en un entorno virtual moderno y atractivo, que refuerza los procesos de descubrimiento, lo cual apoya al aprendizaje con un enfoque innovador , siendo la realidad aumentada una forma de verificación de los planteamientos iniciales y

el recurso de constatación de la solución, puesto que ella permite el desarrollo espacial y desarrollo creativo [17], [18]. .

B. Aprendizaje

Los cursos de matemáticas se consideran fundamentales en la formación de los estudiantes universitarios, sobre todo cuando estos se ubican en la rama de la ingeniería, a raíz de este planteamiento se ha hecho cada vez más valioso el hecho de lograr que los aprendizajes en esta materia se conviertan en significativos y una de las herramientas que se ha incorporado para aportar a esta meta es GeoGebra RA, con ella se logra que el aula se convierta en un espacio para ensayar y comprender las aplicaciones teóricas, pudiendo decir entonces que con esta herramienta los estudiantes logran vincular el objeto matemático con el entorno virtual, situación que favorece de forma exponencial la visualización, percepción, manejo y comprensión del fenómeno de estudio [19].

La experiencia tanto de estudiantes como de docentes en los años posteriores a la pandemia, indica que la interacción en el aula ha cambiado de forma importante, sobre todo por la presencia de la tecnología en ella, los cursos de matemáticas en la universidad no son la excepción, y he ahí donde GeoGebra se vincula con una mejora en el rendimiento académico de los estudiantes, orientando de esta forma que los conocimientos sean relevantes y aplicables a otros escenarios [20], [21], [22]. Asimismo, fomenta la autonomía y el deseo de experimentar y vincula su experiencia con diversas especialidades como; álgebra, geometría, cálculo, entre otras [23], [24]. Pero sobre todo cambia la intencionalidad del aprendizaje migrando de una forma mecánica a una mucho más dinámica [25], crece su compromiso [26], lo cual se vincula con el desarrollo de competencias en el campo geométrico [27].

La realidad aumentada vinculada a GeoGebra favorece una visualización mucho más sencilla tanto de aspectos geométricos como algebraicos y al evidenciarse los resultados de forma gráfica y en 3D, despierta en ellos la curiosidad por experimentar en entornos más complejos [28],[29]. Esto implica la exploración guiada de procesos formativos, siendo esto el motor que potencia el trabajo en equipos, la resolución de retos y llegar a establecer relaciones de causa y efecto [30]. La aplicación de GeoGebra RA, genera una disminución en su carga cognitiva, lo cual a su vez le permitió centrar su interés en las formas de aplicación en entornos reales y no tanto en alcanzar la respuesta de solución precisa [31].

Puede decirse entonces que la vinculación de GeoGebra RA favorece la construcción de visualizaciones previas, permitiéndole ganar confianza, relacionar conceptos,

visualizar las soluciones y comprender las implicaciones de estas. Es decir, se genera un espacio de construcción, análisis, debate y aprendizaje significativo no arbitrario[32]. El estudiante con dichos recursos tiene la oportunidad de sumergirse en un ambiente cambiante que ellos pueden manipular, aprenden haciendo, apoyados por la tecnología y logrando un equilibrio entre las habilidades previas y las generadas posterior al uso de la herramienta [33].

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio adoptó un enfoque cuantitativo, este permitió la recolección de los datos para probar hipótesis planteadas con base numérica y la ejecución de análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y probar teorías [34]. Fue de diseño cuasi experimental con grupo experimental y grupo control, aplicándose pretest y posttest. La intervención consistió en sesiones de aprendizaje mediadas por GeoGebra con realidad aumentada. La variable independiente fue el uso de GeoGebra con Realidad Aumentada (RA) y la dependiente fue el aprendizaje en matemática básica, operacionalizado en cuatro dimensiones: comprensión conceptual, motivación, aprendizaje activo y percepción tecnológica. Se trabajó con un grupo experimental (GE, n=120), que recibió durante 10 semanas sesiones con GeoGebra RA, y un grupo control (GC, n=120).

Se utilizó el siguiente esquema:

GE: 01 - X - 02

GC: 03 ----- 04

La población estuvo conformada por 4227 estudiantes que cursaron matemática básica durante el ciclo 2025 -2 en una universidad privada en Perú. De dicha población, mediante el muestreo no probabilístico, se seleccionaron 240 estudiantes pertenecientes a ocho grupos de clase, cada uno de 30 estudiantes, de los cuales los primeros cuatro formaron el grupo experimental y los cuatro restantes, el grupo control. Los participantes pertenecían a carreras de ingeniería (Industrial, Sistemas y Civil), con edades entre 17 y 22 años ($M = 18.9$). Ambos grupos cursaban el primer ciclo académico y no habían recibido previamente formación sistemática en el uso de GeoGebra con realidad aumentada. Para garantizar la equivalencia inicial entre grupos, se aplicó una prueba diagnóstica (pretest), cuyos resultados mostraron niveles comparables de desempeño antes de la intervención. La intervención se desarrolló durante diez semanas (dos sesiones semanales de 90 minutos). Las actividades incluyeron: visualización de objetos geométricos en 3D mediante GeoGebra RA, modelización de funciones algebraicas, resolución

colaborativa de problemas contextualizados y la exploración espacial mediante dispositivos móviles.

Cada sesión contempló fase de introducción conceptual, exploración guiada con RA y resolución autónoma de ejercicios.

El procesamiento de los resultados incluyó un análisis descriptivo (frecuencias y porcentajes por niveles de desempeño) e inferencial. Previamente, se aplicó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, que arrojó una distribución no normal de los datos ($p < 0.05$), por lo que se optó por la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para muestras independientes, comparando las puntuaciones del pretest y posttest entre el GE y el GC. El nivel de significación se fijó en $p < 0.05$.

Entre las principales limitaciones se encuentra el uso de un muestreo no probabilístico, lo cual restringe la generalización de los resultados. Asimismo, la intervención se desarrolló en una sola universidad privada, por lo que futuras investigaciones podrían ampliar el análisis a contextos públicos o multiculturales. Finalmente, el tiempo de intervención se limitó a diez semanas académicas.

IV. RESULTADOS

El análisis realizado a la variable Uso de GeoGebra con Realidad Aumentada, al aplicarse la preprueba al grupo experimental, en el pretest en el nivel inicio se encontró al 25% (30 estudiantes) y un 40% (48) se ubicaron en el nivel proceso, y por su parte que en el nivel satisfactorio se contó con 35%(42) participantes. A diferencia del grupo control donde en el nivel inicio se encontró al 35% (42 estudiantes), 43.3% (52) se ubicaron en proceso y 21.7% (26) en satisfactorio. Posteriormente se evidenció durante la post prueba en el grupo experimental que un 30% (56 estudiantes) se ubicaron en el nivel proceso y un 70% (64) ya en el nivel satisfactorio, lo que nos permite afirmar que después de hacer uso de herramientas digitales, los estudiantes del grupo experimental muestran una mejor posición al momento de resolver situaciones problemáticas correspondientes al curso de matemática básica.

TABLA I.

USO DE GEOGEBRA CON REALIDAD AUMENTADA
RESULTADOS PRE Y POST PRUEBA EN DOS GRUPOS

Niveles de desempeño	Grupo experimental				Grupo control			
	Pre		Post		Pre		Post	
	F	%	F	%	F	%	F	%
Inicio	30	25	0	0	42	35	33	28
Proceso	48	40	56	30	52	43	48	40
Satisfactorio	42	35	64	70	26	22	39	33
Total	120	100	120	100	120	100	120	100

En relación con la dimensión Comprensión conceptual, se aplicó la preprueba al grupo experimental, se evidenció en el pretest a 12.5% (15 estudiantes) en el nivel inicio y a un 62.5% (75) se ubicaron en el nivel proceso, en cambio en el nivel satisfactorio se encontró solamente a un 25% (30) estudiantes. A diferencia del grupo control donde en el nivel de inicio se encontró al 29.2% (35 estudiantes), 50% (60) se ubicaron en proceso y 20.8% (25) en satisfactorio. Posteriormente se evidenció durante la post prueba en el grupo experimental que aún se ubicaron en el nivel inicio un 4.2% (5 estudiantes), mientras un 67.5% (81) se ubicaron en el nivel proceso y un 28.3% (34) ya en el nivel satisfactorio, lo que nos permite afirmar que después de hacer uso de GeoGebra con RA, los estudiantes del grupo experimental han podido mejorar la comprensión conceptual lo cual a su vez permite un mejor nivel de aprendizaje en el curso de matemática básica.

TABLA II.

DIMENSIÓN COMPRENSIÓN CONCEPTUAL

Niveles de desempeño	Grupo experimental				Grupo control			
	Pre		Post		Pre		Post	
	F	%	F	%	F	%	F	%
Inicio	15	13	5	4.2	35	29	22	18
Proceso	75	63	81	68	60	50	69	58
Satisfactorio	30	25	34	28	25	21	29	24
Total	120	100	120	100	120	100	120	100

Por su parte en la dimensión Motivación hacia el aprendizaje, al realizarse la preprueba al grupo experimental, se encontró en el pretest a 37.5% (45 estudiantes) en el nivel inicio y a un 29.2% (35) se ubicaron en el nivel proceso, en cambio en el nivel satisfactorio se encontró a un 33.3% (40) estudiantes. A diferencia del grupo control donde en el nivel de inicio

se encontró a 26.7% (32 estudiantes), 56.7% (68) se ubicaron en proceso y 16.7% (20) en satisfactorio. Posteriormente se evidenció durante la postprueba en el grupo experimental que no se contó con ningún estudiante en el nivel inicio, mientras un 30% (36) se ubicaron en el nivel proceso y un 70% (84) ya en el nivel satisfactorio, lo que nos permite afirmar que después de hacer uso de esta herramienta digital, los estudiantes del grupo experimental han podido mejorar la motivación hacia el aprendizaje en el curso de matemática básica.

TABLA III.

DIMENSIÓN MOTIVACIÓN HACIA EL APRENDIZAJE

Niveles de desempeño	Grupo experimental				Grupo control			
	Pre		Post		Pre		Post	
	F	%	F	%	F	%	F	%
Inicio	45	38	0	0	32	27	30	25
Proceso	35	29	36	30	68	57	63	53
Satisfactorio	40	33	84	70	20	17	27	23
Total	120	100	120	100	120	100	120	100

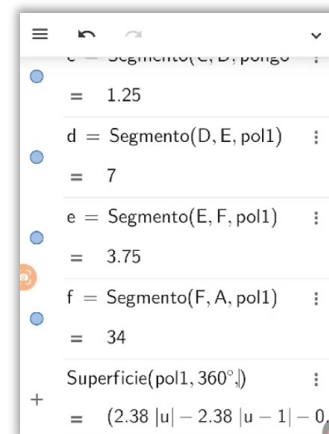


Fig. 1. Cálculos en ventana de GeoGebra

En cuanto a los resultados de la dimensión Aprendizaje activo y participación, se aplicó la preprueba al grupo experimental, se evidenció en el pretest a 27.4% (32 estudiantes) en el nivel inicio y a un 38.5% (45) ubicados en el nivel proceso, en cambio, en el nivel satisfactorio se contó con 34.2% (40 estudiantes). A diferencia del grupo control donde en el nivel de inicio se encontró al 20% (24 estudiantes), 60% (72) se ubicaron en proceso y 20% (24) en satisfactorio. Posteriormente se comprobó durante la postprueba en el grupo experimental que no se contó con ningún estudiante en el nivel inicio, mientras un 52.5% (63) se ubicaron en el nivel proceso y un 47.5% (57) ya en el

nivel satisfactorio, lo que nos permite afirmar que después de hacer uso de esta herramienta digital, los estudiantes del grupo experimental han podido mejorar el aprendizaje activo en el curso de matemática básica.

TABLA IV.

APRENDIZAJE ACTIVO Y PARTICIPACIÓN

Niveles de desempeño	Grupo experimental				Grupo control			
	Pre		Post		Pre		Post	
	F	%	F	%	F	%	F	%
Inicio	32	27	0	0	24	20	12	10
Proceso	45	39	63	53	72	60	96	80
Satisfactorio	40	34	57	48	24	20	12	10
Total	120	100	120	100	120	100	120	100

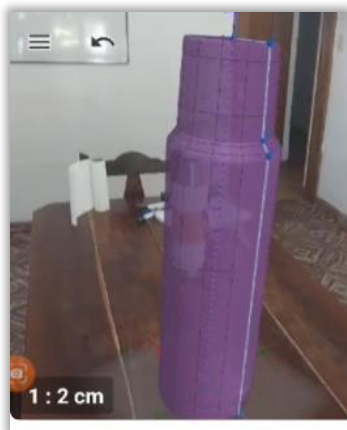


Fig 2. Resultados de la modelización GeoGebra RA.

En cuanto a la dimensión Percepción del uso de recursos tecnológicos, al aplicarse la preprueba al grupo experimental, se evidenció en el pretest a 25% (30 estudiantes) en el nivel inicio y a un 37.5% (45) ubicados en el nivel proceso, en cambio en el nivel satisfactorio se contó con 37.5% (45 estudiantes). A diferencia del grupo control donde en el nivel de inicio se encontró al 17.5% (21 estudiantes), 77.5% (93) se ubicaron en proceso y 5% (6) en satisfactorio. Posteriormente se evidenció durante la post prueba en el grupo experimental que no se contó con ningún estudiante en el nivel inicio, mientras un 22.5% (27) se ubicaron en el nivel proceso y un 77% (93) ya en el nivel satisfactorio, lo que nos permite afirmar que después de hacer uso de esta herramienta digital, los estudiantes del grupo experimental alcanzaron un nivel de percepción más alto del uso de recursos tecnológicos referida a matemática básica.

TABLA V.

PERCEPCIÓN DEL USO DE RECURSOS TECNOLÓGICOS

Niveles de desempeño	Grupo experimental				Grupo control			
	Pre		Post		Pre		Post	
	F	%	F	%	F	%	F	%
Inicio	30	25	0	0	21	18	33	28
Proceso	45	38	27	23	93	78	78	65
Satisfactorio	45	38	93	78	6	5	9	7.5
Total	120	100	120	100	120	100	120	100

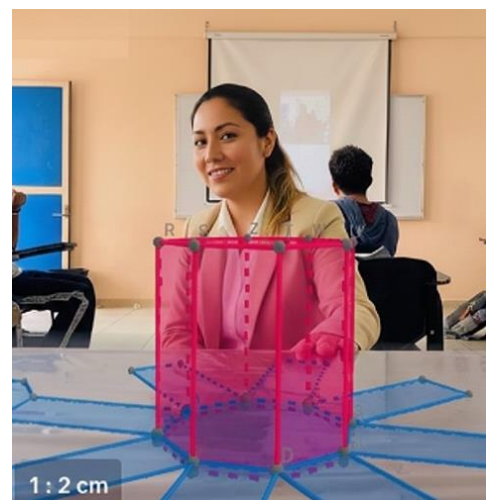


Fig 3. Modelización en el aula

Vinculada a la contrastación de la hipótesis general y específicas, según los resultados de la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, arroja que los resultados en la mayoría de las dimensiones de estudio en pre y post test del grupo experimental exponen valores $p < 0.000$ y considerando que dichos valores son menores a la referencia de ($p < 0.05$), puede afirmarse entonces, que los datos no tienden a una distribución normal, y en el caso del grupo control en un 100% de los datos presentan un valor $p < 0.05$ por tal razón se aplicó las pruebas no paramétricas para muestras no relacionadas U Mann -Whitney.

Al realizarse la prueba de U Mann-Whitney para muestras independientes, la significancia estadística es menor que 0,05 en todas las dimensiones, el valor de Z es -9.296. En consecuencia, se refuta la hipótesis nula y se admite la hipótesis de investigación. Por tanto, se puede inferir que existe diferencia significativa entre los puntajes obtenidos en el pretest y post test en el grupo experimental, de modo que se puede concluir que el grupo experimental, después de hacer uso de GeoGebra

RA mejora el aprendizaje de los estudiantes en el curso de matemática básica.

TABLA VI.

PRUEBA DE U DE MANN-WHITNEY PARA LA COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL.

Estadísticos de Prueba	
Pretest GE – Postest GE	
U de Mann-Whitney	33
W de Wilcoxon	1359
Z	-9.296
Sig. asintótica(bilateral)	0

V. DISCUSIÓN

En la investigación se logró contar con evidencia que permite demostrar que la puesta en escena de GeoGebra con realidad aumentada conocida por sus siglas como RA genera efectos positivos en los estudiantes participantes, situación que fue demostrada de forma estadística, en el curso de matemática básica. De forma general puede referirse que los estudiantes que formaron parte del grupo experimental mostraron mejoras importantes al hacerse la comparativa entre el pre y post, situación que no ocurrió de la misma manera en el grupo control, dicha situación fue la antesala para comprobar las hipótesis planteadas.

Para atender el objetivo que hace referencia a la dimensión No. 1 Comprensión conceptual, los datos mostraron que previo al proceso de intervención un 12.5% de participantes del grupo experimental se ubicaban en el nivel inicio y posterior a la incorporación de GeoGebra RA este nivel se redujo drásticamente a un 4.2% y fue el nivel de satisfactorio pasó de un 25 a un 28%. Se visualiza que el incremento ocurrió de forma gradual, sin embargo, al realizarse la comparación con el grupo control, dichos resultados evidencian que los estudiantes que no desarrollaron actividades académicas utilizando GeoGebra RA, a partir de esta situación dichos resultados se comparan con lo dispuesto por [32] quien propuso que en la medida que el educando comprenda conceptualmente un contenido, podrá hacer una conexión práctica con los acontecimientos que yacen en su entorno cercano, así mismo podrá vincularlos en el mediano plazo a situaciones problemáticas asociadas a otras disciplinas del conocimiento.

En este sentido, dicho hallazgo coincide con estudios recientes a nivel internacional, [6] en Europa, los investigadores reportaron que la realidad aumentada móvil incrementó significativamente la actitud positiva

hacia el aprendizaje matemático, situación comparable con el trabajo desarrollado por [7], en Oriente Medio, quien encontró mejoras en retención y pensamiento crítico al integrar RA en entornos STEAM.

Respecto a los resultados relacionados con la segunda dimensión motivación hacia el aprendizaje, a partir de la evidencia estadística se encontró que en el grupo experimental durante el pre test los estudiantes ubicados en el nivel satisfactorio fueron de un 33.3 % y una vez que participaron de clases de matemática básica aplicando GeoGebra con RA ya durante la medición post se incrementó la presencia de los estudiantes en este mismo nivel hasta en un 70%y desapareció la presencia de educandos en el nivel inicio, por tanto, se confirmó que este tipo de recursos en el aula de clase generan cambios importantes y ofrece una panorámica mucho más atractiva para los estudiantes. Si esto a su vez se compara con los resultados del grupo control, en el nivel satisfactorio se pasó de un 16.7% a un 22.5%, situación que indica una mejora pequeña si se compara con lo ocurrido en el grupo experimental. Dicha situación es comparable con lo encontrado por [3], para quienes el uso de herramientas tecnológicas implica una oportunidad para el docente y el estudiante, sobre todo cuando se trata de realidad aumentada, puesto que la tecnología inmersiva genera experiencias mucho más atractivas y motivadoras para los educandos, sobre todo en una ciencia como la matemática.

Para atender la dimensión No. 3 que hace referencia al aprendizaje activo y la participación, situación de suma importancia en el desarrollo de un curso como matemática básica, se realizó un análisis estadístico a nivel descriptivo que permitió visualizar que en el grupo experimental durante la realización del pre test se ubicaron un 34.2% de estudiantes en el nivel satisfactorio y posterior a la puesta en marcha de GeoGebra RA y la puesta en práctica de la misma para la resolución de situaciones problemáticas propias del curso, se alcanzó en este mismo nivel a un 47.5% de participantes, situación que indica que ocurrió una mejora importante, así mismo al compararse con los resultados alcanzados en el grupo control, en este mismo nivel se encontró que ocurrió un fenómeno inverso, es decir en un inicio en el curso este grupo presentó a un 20% de sus participantes en el nivel satisfactorio y posterior al culminar el proceso se redujo porcentualmente la cantidad de estudiantes a un 10%.

Dicha situación confirma que GeoGebra RA promueve la participación y genera con ello un aprendizaje importante, al mismo tiempo que favorece los espacios colaborativos en búsqueda de encontrar una solución a los problemas planteados durante el curso, este resultado se encuentra alineado con lo expuesto por [24] así como por [23] , ambos autores refieren en sus estudios el rol

que juega la tecnología en la dinamización de la enseñanza-aprendizaje dentro del aula de clase.

En cuanto a la dimensión No. 4 percepción del uso de recursos tecnológicos, se reflejó un cambio importante en el grupo experimental, dado que, al comparar los resultados en el pre y post test, los participantes migraron en el nivel satisfactorio de un 37.5% a un 77.5%, al contrastar con los hallazgos generados en el grupo control se marcó una distancia porcentual considerable, puesto que este mismo escaño los participantes de este grupo logró llegar solo a un 7.5%. En general los resultados muestran que los estudiantes tienen una percepción favorable al uso de GeoGebra RA y lo consideran un aliado que permite la visualización de las posibles soluciones a los retos requeridos dentro del curso de matemática básica, dicha situación se encuentra en concordancia con los resultados de [25] para quienes el que los educandos tengan una opinión positiva de la tecnología abre la posibilidad a generar espacios de formación autónomos donde el estudiante se comprometa académicamente de forma mucho más activa en su aprendizaje.

En Europa se ubicaron los resultados alcanzados por [24], quien desarrolló una investigación con futuros profesores de matemáticas, demostró que el uso de GeoGebra mejora la percepción de utilidad y facilidad de uso de la tecnología. Asimismo, el estudio de [28] en el contexto internacional concluyó que la RA aplicada a conceptos abstractos mejora la percepción de los estudiantes sobre su propia capacidad de aprendizaje en matemáticas.

En cuanto a los resultados inferenciales la prueba de hipótesis se realizó aplicando la prueba U de Mann-Whitney, por medio de esta se confirmaron las diferencias marcadas ya a nivel descriptivo entre los grupos participante experimental y control, encontrándose a nivel de la hipótesis general un valor $Z = -9.296$; y considerando a $p = 0.000$ se encontró evidencia suficiente para afirmar que el uso de GeoGebra RA aporta de manera importante al aprendizaje de la matemática básica. En este mismo sentido ocurrió con las hipótesis específicas planteadas inicialmente, las cuales atienden a cada una de las dimensiones de estudio. Situación que es comparable con lo referido por [30], así como por los resultados emanados de las experiencias de [31], quienes a su vez refirieron que de forma general la actuación de GeoGebra RA en los salones de clase aporta a una disminución de la carga cognitiva, generando con ello un ambiente de aprendizaje mucho más empático y participativo.

Puede entonces afirmarse que la implementación de GeoGebra RA en el estudio desarrollado en el curso de

matemática básica en una universidad privada en la sede de Trujillo, Perú indica que el uso de GeoGebra RA favorece la comprensión de los conceptos, aporta a una mejora en la participación de los estudiantes, así mismo implica una mejora en la percepción del estudiante en cuanto al uso de tecnología para resolver problemas, pero sobre todo, a partir de esta experiencia puede mencionarse que GeoGebra RA es una valiosa alternativa que puede ser utilizada en diferentes cursos numéricos puesto que ello promueve los aprendizajes de manera autónoma y contextualizados.

VI. CONCLUSIONES

El uso de GeoGebra RA mejoró el aprendizaje en el curso de matemática básica, lo cual se evidenció en la posprueba del grupo experimental, al alcanzarse un 70% de estudiantes ubicados en el nivel satisfactorio cuando en ese mismo escaño en el grupo control solamente lograron ubicarse un 32.5% de los estudiantes.

Se identificó la mejora que se alcanza en el aprendizaje del curso de matemáticas generado por la comprensión conceptual producto del uso de GeoGebra RA, donde inicialmente en el grupo experimental se encontró a un 12.5% en el nivel de inicio, en la posprueba se logró una mejora significativa al ubicarse en este mismo nivel a un 4.2%, lo cual reafirma que se mejoró significativamente.

Sobre la motivación hacia el aprendizaje, los estudiantes experimentaron una mejora bastante marcada, pasando de un 37.5% en el nivel inicio en la preprueba, y durante la posprueba, al hacer uso de GeoGebra RA, no se ubicó a ningún estudiante en dicho peldaño.

En cuanto al aprendizaje activo y participación, esta apoyó una mejora en el aprendizaje del curso de matemática básica, lo cual se evidenció al experimentarse cambios interesantes al pasar de un 34.2% en el nivel satisfactorio, a 47.5% en la posprueba.

Sobre la percepción del uso de recursos tecnológicos, esta dimensión aportó a la mejora de los aprendizajes en el curso de matemática básica de forma notoria, cuando los estudiantes al hacer uso de GeoGebra RA lograron pasar del nivel satisfactorio de un 37.5% a un llamativo 77.5%, lo cual evidenció que el uso de este software marca un antes y un después de su puesta en marcha como recurso dentro del aula de clase.

Se acepta la hipótesis general y las específicas las cuales fueron comprobadas utilizando el estadístico de U Mann-Whitney el cual permitió demostrar la diferencia de puntajes entre el grupo experimental y control es por ello que, se puede afirmar que el uso de GeoGebra RA si aporta a una mejora en los aprendizajes en el curso de matemáticas.

REFERENCIAS

- [1] Manzanares, J. (2020). Generación Z y gamificación: el dibujo pedagógico de una nueva sociedad educativa. *Tejuelo*(32), 263-298.
<https://doi.org/10.17398/1988-8430.32.263>
- [2] Kounlaxay, K., Shim, Y., Kang, S.-J., Kwak, H.-Y., y Kim, S. K. (2021). Learning media on mathematical education based on augmented reality. *KSII Transactions on Internet and Information Systems*, 15(3), 1016-1029.
<http://doi.org/10.3837/tiis.2021.03.011>
- [3] Montenegro-Rueda, M., y Fernández-Cerero, J. (2022). Realidad aumentada en la educación superior: Posibilidades y desafíos. *Tecnología, Ciencia y Educación*(23), 95-114.
<https://doi.org/10.51302/tce.2022.858>
- [4] Truchly, P., Medvecky, M., Podhradsky, P., y Vanco, M. (2018). Virtual Reality Applications in STEM Education. 2018. 16th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA).
<https://doi.org/10.1109/iceta.2018.8572133>
- [5] Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F., y Vilchez-González, J. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799-822.
<https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- [6] Stojšić, I. A., Ivkov-Džigurski, O., Maričić, J., Stanisavljević, J., y Jovanov, M. (2020). Students' Attitudes Toward The Application Of Mobile Augmented Reality. *Društvena Istraživanja - Časopis Za Opća Društvena Pitanja*, 29(4), 535-554.
<https://hrcak.srce.hr/file/358242>
- [7] Alkhabra, YA, Ibrahim, UM y Alkhabra, SA. Tecnología de realidad aumentada para mejorar la retención del aprendizaje y el pensamiento crítico según el programa STEAM. *Humanit Soc Sci Commun* 10, 174 (2023).
<https://doi.org/10.1057/s41599-023-01650-w>
- [8] Roig-Vila, R., López-Padrón, A., y Urrea-Solano. (2023). Dependencia y adicción al smartphone entre el alumnado universitario: ¿Mito o realidad? *Alteridad. Revista de Educación*, 18(1), 34-47.
<https://doi.org/10.17163/alt.v18n1.2023.03>
- [9] Hsu, Y. (2020). Exploring the Learning Motivation and Effectiveness of Applying Virtual Reality to High School Mathematics. *Universal Journal of Educational Research*, 8(2), 438-444. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080214>
- [10] Muñoz - Hernández, H., Canabal - Guzman, J. D., y Galarcio - Guevara, D. E. (2020). Realidad aumentada para la educación de matemática financiera Una app para el mejoramiento del rendimiento académico universitario. *Revista Científica Profundidad Construyendo Futuro*, 12(12), 37-44.
<https://doi.org/10.22463/24221783.2634>
- [11] Aguirre-Herráez, R. G., García-Herrera, D. G., y Guevara-Vizcaino, C. F.-Á. (2020). Realidad aumentada y educación en el Ecuador. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 5(5), 415-438.
<https://doi.org/10.35381/r.k.v5i5.1052>
- [12] García-Cuellar, D., & Martínez-Miraval, M. (2023). Reconfiguración de figuras para el cálculo de áreas con la herramienta polígono rígido de GeoGebra. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 11(1), e23111.
<https://doi.org/10.26571/reamec.v11i1.16860>
- [13] Guadarrama, A., & Becerril, F. (2023). Figuras elaboradas con GeoGebra como estrategia didáctica para la enseñanza de la geometría analítica. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 11(1), e23112.
<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/16861>
- [14] Koftun, V., & Basniak, M. (2023). Abordando propriedades conceituais e figurais de objetos geométricos em construções no GeoGebra. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 11(1), e23113.
<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/16862>
- [15] León, N. (2021). Realidad aumentada como recurso didáctico para el aprendizaje significativo de la geometría espacial. Tesis de Maestría, Universidad de Cartagena, Cartagena.
<https://hdl.handle.net/11227/14924>
- [16] López, J., Egas, J., Villacís, D., & Vizuite, F. (2023). Aplicación de la Realidad Aumentada y aprendizaje de la geometría en el espacio para tercero de bachillerato de la Unidad Educativa El Empalme. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 9446-9462.
<https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/5140>
- [17] Chavarro, L., & Penagos, D. (2021). Estrategia didáctica para mejorar las competencias matemáticas mediante el desarrollo del pensamiento espacial y sistemas geométricos apoyada por realidad aumentada (GeoGebra AR) en Grado Décimo. Tesis de Grado, Universidad Santander.
<https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/6657>
- [18] Martínez, O., Mejía, E., Ramírez, W., & Rodríguez, T. (2021). Incidencia de la realidad aumentada en los procesos de aprendizaje de las funciones matemáticas. *Información tecnológica*, 32(3), 3-14.
<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642021000300003>
- [19] Espejo-Peña, D., & Flores-Osorio, A. (2022). Modeling Bounded Surfaces Using Cylindrical Coordinates Using GeoGebra AR. *Proceedings of the 20th International Conference on Geometry and Graphics. ICGG 2022*. Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-13588-0_76

- [20] Henríquez-Rivas, C., & Verdugo-Hernández, P. (2023). Diseño de tareas en la formación inicial docente de matemáticas que involucran las representaciones de una función. *Educación matemática*, 35(3), 178-208. <https://doi.org/10.24844/em3503.06>
- [21] Pumacallahui, E., Acuña, C., & Calcina, D. (2021). Influencia del software GeoGebra en el aprendizaje de la geometría en estudiantes de cuarto grado de secundaria en el distrito de Tambopata de la región de Madre de Dios. *Educación Matemática*, 33(2), 245-273. <https://doi.org/10.24844/em3302.10>
- [22] Ausubel, D. (1963). The psychology of meaningful verbal learning. New York: Grune and Stratton. <https://psicologiaymente.com/desarrollo/aprendizaje-significativo-david-ausubel>
- [23] Padilla, J., Rojas, L., Valderrama, C., Ruiz, J., & Cabrera, K. (2022). Herramientas digitales más eficaces en el proceso enseñanza-aprendizaje. *Horizontes. Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, 6(23), 669-678. <https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v6i23.367>
- [24] Slavičková, M. (2021). Implementation of Digital Technologies into Pre-Service Mathematics Teacher Preparation. *Mathematics*, 9(12), 1319. <https://doi.org/10.3390/math9121319>
- [25] Rodríguez, L., Pérez, A., Quero, O., & Rodríguez, N. (2021). Tipos de tareas docentes con GeoGebra en la enseñanza de la Matemática. *Números, Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 107, 147-167. https://drive.google.com/file/d/1f10tKhbOZFOE-TLhtUg7U61s_98MautW/view
- [26] Martínez, R. (2025). Geogebra RA: Exploración espacial en la resolución de problemas. IV Congreso de Educación matemática de América Central y el Caribe. Santo Domingo. <https://ponencias.ciaem-redumate.org/cemacyc/article/view/655>
- [27] González, J., Bacca, J., & Díez, C. (2021). Creación e implementación de una aplicación móvil con realidad aumentada para la enseñanza de la suma y la resta de polinomios. Editorial Instituto Antioqueño. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/877341.pdf>
- [28] Moya (2023). Uso de Realidad Virtual y Aumentada para mejorar la comprensión de conceptos abstractos en matemáticas. *Revista científica Kosmos*. 2(1), 26-38. <https://doi.org/10.62943/rck.v2n1.2023.42>
- [29] Cruz Sotomayor, S. M., Cárdenas Wong, M. R., Bonete León, C. L., Castillo Torres, C. C., & Moposita Moposita, J. F. (2025). Matemáticas en Realidad Extendida: Impacto de los Entornos Híbridos RV/RA en el Desarrollo del Pensamiento. *ASCE*, 4(3), 2409-2430. <https://doi.org/10.70577/ASCE/2409.2430/2025>
- [30] Morales Méndez, G., & Lozano Avilés, A. B. (2025). Realidad aumentada y GeoGebra 3D para mejorar la inteligencia espacial en la enseñanza de la geometría volumétrica. *Revista De Educación a Distancia (RED)*, 25(82). <https://doi.org/10.6018/red.644051>
- [31] Rico, I. (2023). Realidad aumentada como herramienta de representación matemática en el aula. *Papeles de trabajo sobre Cultuar, Educación y Desarrollo Humano*, 19(1), 1-18. <https://iscariv.uah-gipi.org/wp-content/uploads/2023/12/2-PTCEDH19-Realidad-aumentada-como-herramienta-de-representacio%CC%81n-matema%CC%81tica-en-el-aula.pdf>
- [32] Ausubel, D. P. (1967). Learning theory and classroom practice. *Ontario Institute for Studies in Education Bulletin*, 1(31). <https://psycnet.apa.org/record/1967-14154-001>
- [33] Angulo, G., Lewis, F., Plante, P., & Brassard, C. (2023). Estado del arte sobre el uso de la realidad virtual, la realidad aumentada y el video 360° en educación superior. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 2(84), 35-51. <https://doi.org/10.21556/edutec.2023.84.2769>
- [34] Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la Investigación, Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill Interamericana Editores. <https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6>