

# Aplicación basada en Realidad Aumentada para apoyar el Aprendizaje en Matemáticas

## Application based on Augmented Reality to support the Learning in Mathematics.

DOI: <https://doi.org/10.17981/cesta.04.01.2023.01>

Artículo de investigación científica. Fecha de recepción: 14/06/2022. Fecha de aceptación: 22/08/2022.

**Diego Camilo Herrera Ferrer** 

Universidad de Córdoba. Montería (Colombia)  
dherreraferrer68@correo.unicordoba.edu.co

**Daniel José Salas Álvarez** 

Universidad de Córdoba. Montería (Colombia)  
danielsalas@correo.unicordoba.edu.co

**Jorge Gómez Gómez** 

Universidad de Córdoba. Montería (Colombia)  
jelienergomez@correo.unicordoba.edu.co

**Byron Oviedo Bayas** 

Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo (Ecuador)  
boviedo@uteq.edu.ec

Para citar:

D. Herrera, D. Salas, J. Gómez y B. Oviedo, "Aplicación basada en Realidad Aumentada para apoyar el Aprendizaje en Matemáticas", *J. Comput. Electron. Sci.: Theory Appl.*, vol. 4, no. 1, pp. 3–12, 2023. <https://doi.org/10.17981/cesta.04.01.2023.01>

### Resumen

**Introducción**– El proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas es de creciente complejidad teórica y metodológica que, debido al rigor de todos los conceptos, teorías y teoremas, la convierten en una asignatura que muchos estudiantes encuentran difícil y poco atractiva, por lo que es necesario replantear el papel del docente y alumno, hacia la enseñanza de las matemáticas.

**Objetivo**– El propósito de este estudio fue implementar una aplicación basada en Realidad Aumentada (RA) para mejorar el desempeño académico de los estudiantes de grado segundo de básica primaria en el área de matemáticas.

**Metodología**– Esta investigación responde a un estudio de tipo cuantitativo bajo un diseño cuasiexperimental. Cuyo proceso metodológico responde en primer lugar a la aplicación de una prueba diagnóstica (pretest) con la intención de identificar el nivel de los estudiantes en cuanto al código matemático, y a partir de ello proseguir con la inserción de la Realidad Aumentada dentro del aula. Seguidamente, la investigación continúa con la apropiación de la aplicación desarrollada por parte de los alumnos y docente a cargo, para así continuar con la aplicación de las actividades para el grupo experimental (grado segundo A) y el grupo control (grado segundo B).

**Resultados**– Los resultados alcanzados señalan la incidencia significativa que tuvo la implementación de la Realidad Aumentada (RA) puesto que, se obtuvo una aceptación por parte del estudiante y del docente, determinando la influencia de la Realidad Aumentada sobre el aprendizaje, reflejado en la capacidad de los estudiantes para entender código matemático de una forma divertida y animada.

**Conclusiones**– Los estudiantes que utilizaron la aplicación desarrollada superaron las deficiencias relacionadas con las operaciones básicas matemáticas, desarrollando habilidades cognitivas que contribuyeron al desempeño exitoso a partir de la implementación de la Realidad Aumentada.

**Palabras clave:** Aplicativo; Aprendizaje; Enseñanza en Matemáticas; Realidad Aumentada; Tecnología

### Abstract

**Introduction**– The teaching-learning process of mathematics is of increasing theoretical and methodological complexity that, due to the rigor of all the concepts, theories, and theorems, make it a subject that many students find difficult and unattractive, so it is necessary to rethink the role of the teacher and student towards the teaching of mathematics.

**Objective**– The purpose of this research work was to implement an application based on Augmented Reality (RA) to improve the academic performance of second grade elementary school students in mathematics.

**Methodology**– This research responds to a quantitative study under a quasi-experimental design. Whose methodological process responds firstly to the application of a diagnostic test (pretest) with the intention of identifying the level of students in terms of the mathematical code, and from there continue with the insertion of Augmented Reality in the classroom. Then, the research continues with the appropriation of the application developed by the students and the teacher in charge, to continue with the application of the activities for the experimental group (second grade A) and the control group (Second grade B).

**Results**– The results achieved point out the significant impact that the implementation of Augmented Reality (RA) had, since the students and the teacher's acceptance was obtained, determining the influence of Augmented Reality on learning, reflected in the students' ability to understand mathematical code in a fun and animated way.

**Conclusions**– The students who used the developed application overcame the deficiencies related to basic mathematical operations, developing cognitive skills that contributed to the successful performance from the implementation of Augmented Reality.

**Keywords**– Application; Learning; Mathematics Teaching; Augmented Reality; Technology

## I. INTRODUCCIÓN

La enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en particular son procesos de creciente complejidad teórica y metodológica que, debido al rigor de todos los conceptos, teorías y teoremas que la convierten en una asignatura que muchos estudiantes encuentran difícil y poco atractiva, por lo que requieren un replanteamiento del papel docente y alumno, hacia la enseñanza de las matemáticas y su desarrollo didáctico y curricular para el desarrollo de las competencias matemáticas.

Si bien los docentes intentan implementar nuevos procesos pedagógicos que permitan cambiar esta realidad y aumentar el interés de los estudiantes, no han podido lograrlo de manera satisfactoria; Por tanto, si se tiene en cuenta la forma en que otros países han mejorado la calidad de su educación, se puede argumentar que la falta de implementación de herramientas como las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones-TIC en las escuelas puede provocar pocos avances en la solución de estos problemas. Por ello, el desarrollo de las destrezas matemáticas implica la aplicación de habilidades, el uso de herramientas de apoyo adecuadas y la integración de conocimientos interdisciplinarios para obtener mejores resultados.

En Colombia existe una problemática alrededor de la calidad de la formación matemática que se da a los estudiantes de grado primero de la básica primaria en los colegios a nivel nacional. Esto se puede evidenciar en las pruebas Saber 5, 3 y 9 donde los estudiantes presentan bajo rendimiento en la resolución de problemas matemáticos básicos como: suma, resta, multiplicación y división lo cual altera el procedimiento para resolver ejercicios más complejos [1].

Teniendo en cuenta lo anterior, se ha considerado utilizar herramientas TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) en el contexto del aula, en particular la implementación de la tecnología de Realidad Aumentada (RA), para que el alumno adquiriera un nivel de desarrollo de habilidades matemáticas. Sin embargo, al comenzar a implementar estas herramientas en el aula, es necesario capacitar a los docentes en el manejo de estas tecnologías y la estrategia didáctica que se aplica a las mismas herramientas, siendo claramente influenciado también por el contexto social, cultural y organizacional en el que son usados [2].

Del mismo modo, investigadores españoles aseguran que la RA es una tecnología que ha venido abriéndose paso de forma exitosa dentro del grupo de las llamadas “Tecnologías emergentes” en escenarios educativos, y gracias a su capacidad para reproducir y crear espacios apenas visibles en el mundo real, promueve la motivación y apropiación de conceptos de forma creativa [3].

En aras de mejorar los procesos pedagógicos se ha llevado a cabo en ciertos países la integración de nuevas asignaturas en las instituciones como un solo proyecto de estudio conocido como educación STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas por sus siglas en inglés), cuya forma de educación propone una nueva asignatura educativa que cambia la forma de aprender, ya que los estudiantes aprenden haciendo. En el caso de Canadá, la asignatura también se trata con importancia, resultando una necesidad [4]. Por ejemplo, el gobierno de ese país ha presentado un documento sobre algunas iniciativas que ya se están implementando, incluyendo un punto importante como animar a los estudiantes a desarrollar la curiosidad y asombro en cuanto a la ciencia y tecnología. Demostrando el papel fundamental que cumple la tecnología en el desarrollo de la enseñanza y así conseguir un aprendizaje significativo.

De igual forma, en ciertos países asiáticos (China) ya han integrado desde la primaria una asignatura llamada Tecnología y economías domésticas [5], la cual tiene por objeto que los estudiantes entiendan la relación de la tecnología con el medio ambiente, obtengan conocimientos básicos y desarrollen habilidades relacionadas con procesamiento de materiales, conversión de energía y procesamiento de información, a través de actividades prácticas; esta es la manera en que las sociedades avanzan hacia un futuro con mejores oportunidades para todos y todas.

Según ciertos investigadores españoles [6], una de las ventajas de la RA en la educación es que esta tecnología aumenta la motivación del estudiante, por lo que se brindará al estudiante una herramienta recreativa y pedagógica la cual fomente en él las habilidades requeridas para la comprensión en Matemáticas, al tiempo que se divierte aprendiendo.

En razón con lo anterior, el presente trabajo se propone incorporar la tecnología en el ámbito educativo por lo que se propuso diseñar un aplicativo basado en RA que ayude en el desarrollo de proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en estudiantes de básica primaria de la Institución Educativa Windsor Royal School de Montería, favoreciendo los procesos pedagógicos en el desarrollo y a la adquisición de los saberes lógico-matemáticos.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

Implementar la tecnología de RA en la educación es la integración de los entornos virtuales y los entornos de RA con la finalidad de que se vuelva una herramienta tan común como cualquier texto o referencia bibliográfica, y de esta forma mejorar la interacción con la información al crear un ambiente didáctico y tecnológico al momento de enseñar [7].

Entre los estudios más relevantes sobre la implementación de la RA en la educación a nivel internacional, se encuentra Magic Book del grupo HIT de Nueva Zelanda [8]. El cual consiste en la lectura de un libro por parte del alumno a través de un visualizador de mano y poder ver sobre estas páginas contenidos virtuales. Así, cuando el alumno ve una escena de RA que le gusta puede introducirse dentro de ella y experimentarla en un entorno real inmersivo.

Estudiantes de la UDG (México) publicaron en el año 2013 un artículo sobre el proyecto de investigación Marcadores para la Realidad Aumentada para fines educativos [9]. El propósito de este trabajo de investigación fue permitir a los estudiantes realizar experimentos necesarios en diferentes prácticas de la asignatura Química I, mediante un simulador virtual implementando la RA, en el cual llevaron a cabo las prácticas sin necesidad de contar con todo el equipamiento, materiales e instrumental que debe contar un laboratorio de Química completamente equipado.

En el trabajo de grado para la maestría en docencia de las matemáticas del JDAC (Ecuador) titulado *Laboratorio experimental con tecnología de Realidad Aumentada para la transición del trazado de elementos en el plano de dos dimensiones a la abstracción tridimensional en el aprendizaje de álgebra lineal* [10], se buscó incrementar el nivel de la inteligencia espacial para la transición de la visión bidimensional a la abstracción tridimensional de elementos geométricos presentes en los problemas matemáticos en los alumnos que cursan la materia de álgebra lineal, mediante la implementación de un laboratorio experimental con la incorporación de la tecnología de RA. El proyecto involucró varios productos paralelos: una guía didáctica para el estudio de la materia, un software de RA de interacción entre la guía y el alumnado, un modelo propuesto de habilidades espaciales involucradas en la transición de la visión 2D a la abstracción 3D, y una propuesta de evaluación de estas habilidades espaciales.

En otro trabajo de investigación, *Incidencia de la Realidad Aumentada sobre el estilo cognitivo: Caso para el estudio de las matemáticas* [11], el autor analizó la asociación entre el logro de aprendizaje en matemáticas, el estilo cognitivo en la dimensión dependencia-independencia de campo y la RA en un ambiente virtual de aprendizaje.

De forma similar, investigaciones desarrolladas en España, argumentan en su investigación que el mundo de las matemáticas, expuesto como saber instrumental y parte integral de nuestra cultura, no es tan atractivo para los estudiantes cuando deben estudiarla rigurosamente en el aula de clase o en entornos educativos basados en la web [12]. Es común encontrar en las Instituciones de Educación Superior (IES) estudiantes que han perdido consecutivamente cursos de matemáticas, desencadenando la deserción, según el Sistema para la Prevención de la Deserción de la Educación Superior (Spadies). Los resultados indican que el uso del paradigma de la RA, implementada como estrategia de interacción natural con objetos digitales para el aprendizaje de funciones en varias variables, permitió obtener mejores resultados de forma efectiva y significativa en cuanto al logro de aprendizaje en estudiantes que cursaron la unidad didáctica Cálculo Vectorial, cuya tipología en la dimensión DIC es intermedia e independiente.

Así mismo, otros países de América Latina han demostrado de la misma forma que Colombia el interés de llevar a las aulas de clases las herramientas de Realidad Virtual. En la UACH (Chile), el proyecto académico denominado *Realidad Aumentada aplicada a la enseñanza de la geometría descriptiva* [13], necesitó de la participación de dieciocho estudiantes de Arquitectura de primer semestre con edades que oscilaban entre los 17 y 19 años. Como instrumentos de investigación se implementaron las encuestas y observación in situ. El curso se desarrolló en dieciséis semanas de las cuales la mitad se hizo con métodos tradicionales y la otra mitad usando RA.

En este caso, se comprobó que con el método RA creció el porcentaje de objetivos cumplidos planteados al inicio del ejercicio. En el ejercicio no se evaluó la destreza en el desarrollo de los dibujos sino en el proceso de interpretación de un modelo tridimensional a un plano bidimensional, en cada una de las metodologías. La metodología usada para evaluar los dos métodos consistió en comparar los dibujos presentados por los estudiantes y determinar cuál de los dos se acercaba más al objetivo inicial del ejercicio; esto es, representar las vistas de un volumen 3D. De acuerdo con esta representación se daba una calificación de 1 a 5. La calificación de los trabajos presentados se hizo de forma aleatoria entre los estudiantes sin intervención del docente.

De la misma manera, en la UTP (Colombia) [14], los investigadores utilizaron la RA para potencializar el aprendizaje de manera significativa en geometría básica en el Instituto Estrada en grado tercero de primaria con el fin de determinar el impacto de las TIC en los procesos de formación pedagógica, y cómo la RA se articula como una herramienta en el proceso de enseñanza, en busca de un aprendizaje significativo para la clase de geometría básica. El hecho de haber utilizado la RA como herramienta de enseñanza/aprendizaje, arrojó resultados favorables hacia la implementación de la RA en contraste con el método tradicional de la enseñanza geométrica. En la UTP consideraron que la RA enriquece los contenidos con el movimiento propio de las animaciones, dotando la información de vida y liberándola de la rigidez tradicional del papel o tablero [14]. Esto demuestra el rol que cumpliría la RA dentro de los procesos de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas.

Bajo esta misma línea investigativa, se halla la investigación de la UNC (Colombia) [15], caracterizada por señalar el potencial de la RA como herramienta tecnológica, para motivar a los jóvenes a leer en escenarios educativos, además de servir como estrategia para enfrentar las dificultades que existen hoy en día en las aulas, donde se evidencia una apatía generalizada entre los niños y jóvenes en relación con la lectura. En este sentido, se planteó el desarrollo de una aplicación de RA basada en el cuento *El Principito*, la cual es utilizada entre los jóvenes, demostrando el interés y motivación por este tipo de herramientas como estrategia de apoyo al proceso lector. El estudio se realizó con una población conformada por 16 estudiantes, cuyas edades oscilaron entre 12 y 13 años, del grado octavo de la básica secundaria en la Institución Educativa INEM, en la ciudad de Montería en Córdoba (Colombia). Las fases investigativas del estudio consistieron, en primer lugar, en el desarrollo del aplicativo basado en RA; la segunda fase consistió en aplicar en los estudiantes el aplicativo basado en los contenidos de la obra *El principito*. Finalmente, la tercera fase comprende los resultados alcanzados en la investigación. Los resultados obtenidos indican que la aplicación en RA funciona como una herramienta tecnológica que motiva la lectura en los niños y jóvenes, mejorando las competencias lecturas de los mismos.

Otro estudio similar fue el realizado en la UNAM (México) [16], en una investigación para estudiantes de los primeros semestres de la carrera de ingeniería, donde se encontró un déficit en los conocimientos previos en matemáticas. Es por ello que, la misma facultad a través de la división de Ciencias Básicas, se ha dado a la tarea de proponer soluciones a este problema, y una de esas propuestas es la integración de juegos didácticos que ayuden al alumno a entender de una manera más amena los temas vistos en clases. Se logró desarrollar plenamente una aplicación de RA, la cual sirve como apoyo a la comprensión de materias pertenecientes al campo de las matemáticas. Aunque estos juegos son específicos para ciertos temas, cabe mencionar que son fácilmente modificables en cuanto a poder aumentar, o simplemente cambiar modelos 3D, ecuaciones de superficies, medidas de objetos 3D, código para nuevas funciones, etc.

Otros investigadores de la UNC (Colombia) diseñaron un sistema de RA, [17] el cual tiene como propósito mostrar contenidos del herbario HUC de la misma institución basada en la tecnología Mobile Tagging. El sistema implementado permitía el acceso a contenidos, con el propósito de aumentar la información obtenida por el estudiante en el espacio de observación (herbario). Para validar la eficiencia del sistema se diseñó un experimento a estudiantes pertenecientes al curso de Sistemática del programa de Biología con grupo experimental y experimental. Los estudiantes que participaron en el grupo experimental tuvieron mejores resultados que los de grupo control. Estos resultados ratifican que el sistema permite apoyar a los procesos de aprendizaje mediante el apoyo de la tecnología de la realidad aumentada.

### III. METODOLOGÍA

En la presente investigación la población estuvo conformada por los estudiantes de grado segundo de básica primaria, utilizando dos grupos A y B, cuya edad osciló entre los 7 y 8 años. Ahora bien, para la prueba los grupos fueron distribuidos en un grupo control, compuesto por los estudiantes del Grupo B, y un grupo experimental, conformado por el Grupo A. Por lo que la muestra de esta investigación se reduce a ambos grados; siendo un total de 26 estudiantes entre ambos grados, de los cuales 13 corresponden a estudiantes del Grupo A de grado segundo, los cuales conformarán el grupo experimental, y los otros 13 estudiantes pertenecientes al Grupo B, que formarán el grupo control.

Este trabajo de investigación se caracterizó por ser de tipo cuantitativo en cuanto a que se rige por medio de variables las cuales orientan la investigación, en aras de desarrollar e implementar un producto capaz de cubrir una necesidad por parte de los usuarios, resaltando los resultados tras un proceso de cuantificar la recopilación y el análisis de los datos. Así mismo, este estudio se ubica bajo un diseño cuasiexperimental, definido como aquel que es aplicado en situaciones reales en los que no se pueden formar grupos aleatorizados, pero se puede manipular la variable experimental para así observar su efecto sobre la variable dependiente [18].

En este caso determinar cómo a partir de la implementación de la RA dentro de los contenidos educativos en Matemáticas en Básica Primaria es posible mejorar los procesos de aprendizaje de los estudiantes en cuanto a las operaciones matemáticas aplicando tecnología y herramientas y materiales innovadores que ayudan a estimular el aprendizaje [19].

Las fases de la investigación responden al siguiente orden: en primer lugar, la aplicación de una prueba diagnóstica (pretest) con la intención de identificar el nivel de los estudiantes en cuanto al código matemático, se prosigue con la inserción de la RA dentro del aula. Seguidamente, la investigación continua con la apropiación de la aplicación desarrollada por parte de los alumnos y docente a cargo, para así continuar con la aplicación de las actividades para el grupo experimental (grado segundo A) y el grupo control (grado segundo B).

#### IV. RESULTADOS

La experiencia llevada a cabo mostró el éxito alcanzado tras cumplir con los objetivos propuestos en la presente investigación, demostrando que es posible insertar el desarrollo e implementación de las nuevas tecnologías (RA) dentro del área de las matemáticas cuya orientación tuvo en cuenta los contextos, los procesos, los sujetos y su motivación, así como las características del entorno de aprendizaje, y principalmente, el papel mediador que cumple el docente en el aula; lo que llevó a potencializar el desempeño de los estudiantes de grado segundo de básica primaria de la Institución Educativa Windsor Royal School de la ciudad de Montería (Colombia).

Según como lo estipulan los lineamientos curriculares [20] del área de las matemáticas en cuanto a los temas de adición y sustracción, los contenidos y procesos que se tuvieron en cuenta para la utilización del aplicativo dentro del área de matemáticas se desarrollaron a partir de un plan de clases que señala: desempeño, saber, contenidos, conceptualización, recursos, instrumentos, indicadores, por medio del cual se desarrollaron las actividades. Lo que señala la manera cómo se abordó a los estudiantes al momento de llevar al salón de clases la herramienta tecnológica basada en RA para fomentar el desempeño en los conocimientos lógico-matemáticos, específicamente en las resoluciones de ejercicios y problemas basados en la adición y sustracción [21].

TABLA 1.  
MATRIZ DE EJERCICIOS.

Resolución de problemas a partir de la ADICIÓN	Resolución de problemas a partir de la SUSTRACCIÓN
Andrés tiene 2 manzanas y le regalan 5 ¿Cuántas manzanas en total tiene Andrés?	Tengo 6 mascotas y mi madre se lleva 3 ¿Cuántas mascotas me quedan?
Ana tenía 18 años y su cumpleaños es hoy ¿Cuántos años tiene Ana?	La tienda tiene 10 bolsas de arroz y le compro 5 ¿Cuántas bolsas le quedan en total?
Tengo 3 pesos, me encuentro 8 en el suelo ¿Cuántos pesos tengo?	Andrés tiene 9 medallas y le regala 4 a Daniela ¿Cuántas medallas le quedan?
Mi gata dio a luz 4 gatitos ¿Cuántos gatos tengo ahora?	La abuela de Julián tiene 16 panes y le regala 5 a Diego ¿Cuántos panes le quedan a la abuela?
Mi papá me dio 2 manzanas y mi mamá me dio 3 ¿Cuántas manzanas tengo?	En una fiesta hay 15 personas y en la noche se van 9 ¿Cuántas personas quedan en la fiesta?
Tengo una planta y compre 2 más ¿Cuántas plantas tengo?	En el salón de clases hay 20 personas y 15 terminan el examen ¿Cuántos alumnos quedan en el salón?
En la nevera de Carolina hay 5 gallegas. Esta mañana compró 3. ¿Cuántos helados le tiene ahora?	En la granja hay 15 animales, venden 4 patos y 5 vacas ¿Cuántos animales quedan en la granja?
En una granja hay 4 vacas y 3 ovejas ¿Cuántos animales hay en la granja?	Ana tenía 4 galletas y se come 2 en la mañana y una en la tarde ¿Cuántas galletas le quedan a Ana?

Fuente: Elaboración propia.

Durante la investigación se desarrolló un pretest, un test y una evaluación final a los estudiantes objeto de estudio con el fin de tabular y representar el grado de desempeño de los estudiantes en un estado inicial, intermedio y final, y así cumplir con otro de los objetivos del estudio. Así, tras la ejecución del estudio al grupo experimental se demuestra a través de datos estadísticos el nivel de apropiación, conocimiento e impacto que tuvo la RA dentro de los procesos de enseñanza-aprendizaje, al señalar en las figuras siguientes los resultados alcanzados inicialmente y los logrados tras la intervención en RA se observa un desempeño significativo por parte del grupo experimental (Grado segundo A). Se debe resaltar que de la matriz de ejercicios se escogieron una serie de ejercicios que respondieron a un total de 16 ejercicios por prueba, cuya calificación consistió en: Superior: con 14 respuestas correctas; Alto: con 12 respuestas correctas; Medio: igual a 6 respuestas correctas; y, Bajo: para aquellos que obtuvieran menos de 5 respuestas buenas.

### A. Escenario de Pruebas

A continuación, se presentarán los resultados alcanzados en la investigación demostrando el impacto positivo que tuvo la Realidad Aumentada en los estudiantes de básica primaria en el aprendizaje de las matemáticas. Así como la respuesta que tuvo el aplicativo móvil por parte de los estudiantes.

### B. Diseño de la Aplicación Móvil

La aplicación Móvil cuenta con un inicio de sesión, registro de maestros, administración de cursos, administración de tareas, administración de aplicaciones y administración de estudiantes. En la Fig. 1 se muestra la visualización del inicio de sesión.

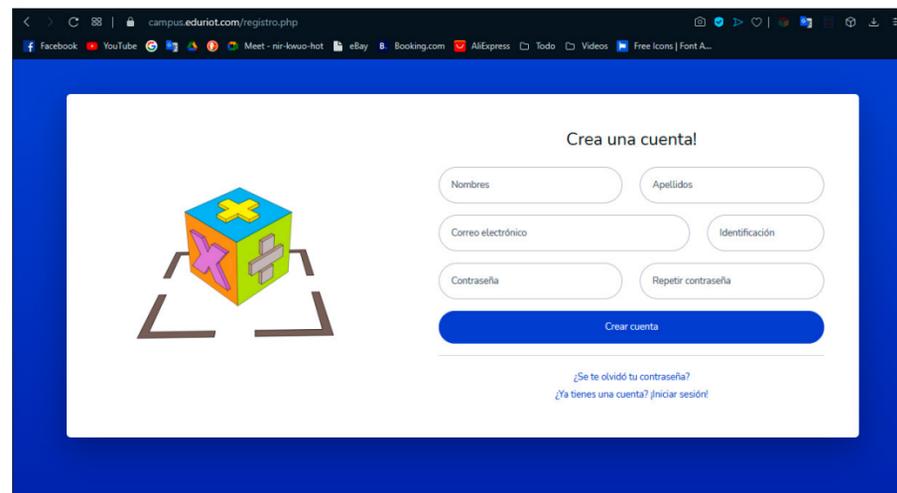


Fig. 1. Inicio de sesión.  
Fuente: Elaboración propia.

El funcionamiento del aplicativo radica en que, el docente sube las actividades en la página web, y los estudiantes a través de la aplicación móvil realizan las actividades bajo el diseño de la RA, para ello se proporcionan tarjetas gráficas, las cuales interactúan con la aplicación móvil, permitiéndole al estudiante visualizar la actividad y por medio de la App *Escanear la carta*, la cual proyecta la respuesta escogida por el alumno en RA, permitiendo que se visualice de una forma 'real'. En la Fig. 2 se muestra la visualización de la administración de actividades.

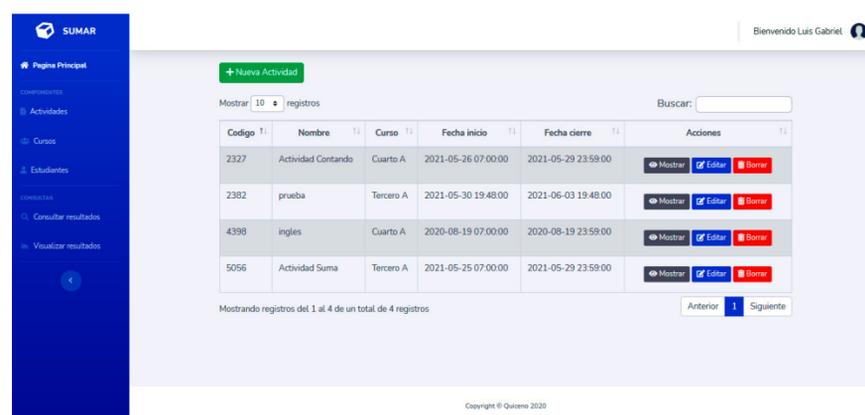


Fig. 2. Administración de actividades.  
Fuente: Elaboración propia.

En este sentido, el aplicativo recibe y almacena las actividades diseñadas por el docente desde la plataforma web, y le muestra al estudiante cada una de ellas; y por medio de RA, a partir del uso de las tarjetas eligen la respuesta correcta impresa en estas, y la ubica en la cámara del teléfono móvil e inmediatamente se muestra en RA la opción seleccionada con una animación en medio de la tarjeta.

Además, cuenta con un modo de practica cuyo diseño responde a una calculadora que le permite al estudiante realizar cálculos más complejos; junto con lo anterior se encuentra un apartado con las nociones de suma y resta, para que el estudiante repase el concepto de las operaciones de forma didáctica y creativa. En la Fig. 3 se muestran algunos ejercicios de la aplicación. Como un agregado el estudiante puede personalizar su perfil con un avatar y así hacer de la experiencia un poco más agradable.

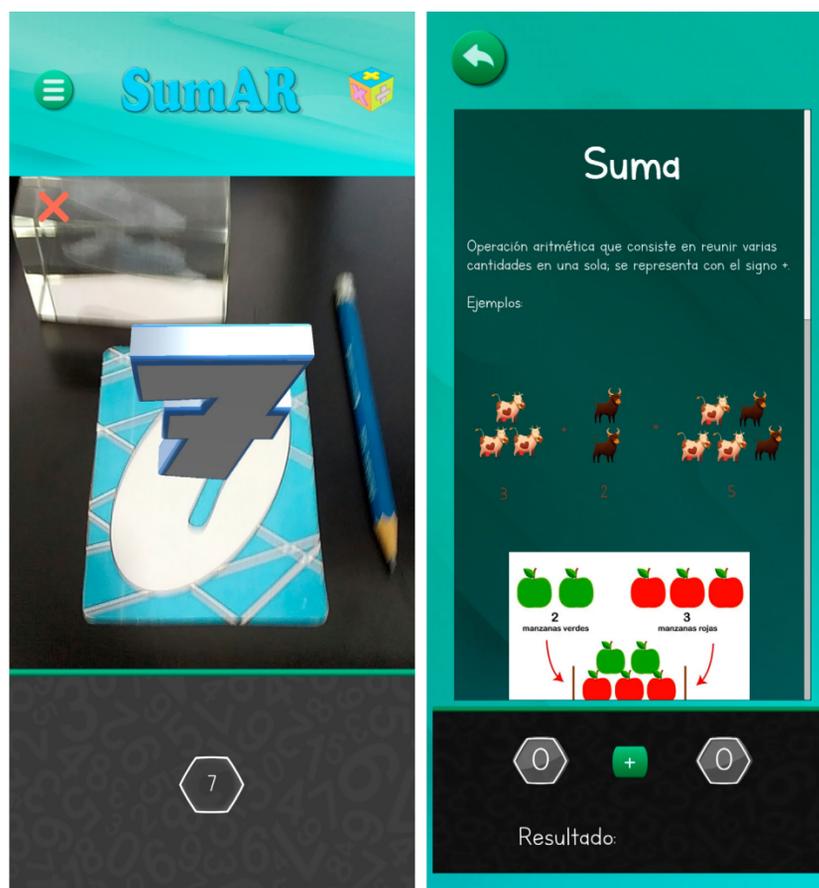


Fig. 3. Ejercicios con la aplicación.  
Fuente: Elaboración propia.

### C. Evaluación del Aplicativo Móvil

Los gráficos ilustrativos de los resultados obtenidos en la prueba diagnóstica, intermedia y final, en cada actividad demuestran de forma específica el impacto significativo que tuvo la implementación de este estudio; y el logro exitoso de los objetivos propuesto al inicio de este proyecto investigativo.

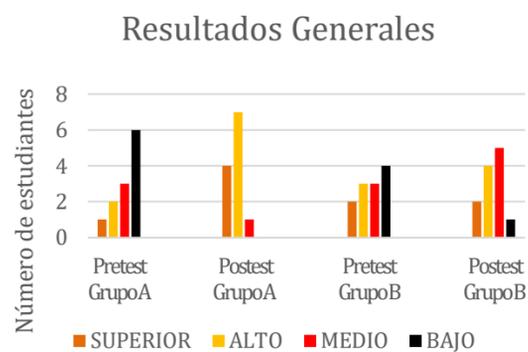


Fig. 4. Escenario de pruebas.  
Fuente: Elaboración propia.

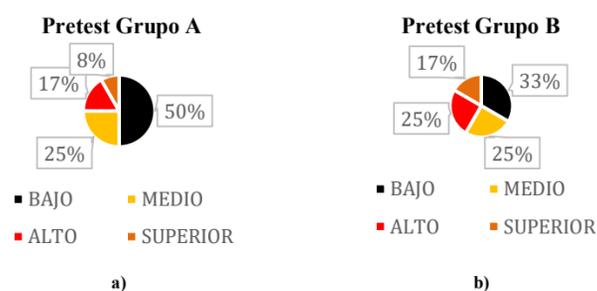


Fig. 5. A) Resultados pretest grupo A. b) Resultados pretest grupo B.  
Fuente: Elaboración propia.

En la Fig. 4 y Fig. 5 se puede evidenciar que los estudiantes del grupo A (grupo experimental) y los alumnos del grupo B (grupo control), obtuvieron un desempeño bajo y medio al iniciar la investigación, lo cual refleja un déficit en cuanto al manejo de las operaciones básicas en el área de matemáticas.

Posteriormente, tras la intervención investigativa, tras la implementación de la RA dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de la teoría matemática, los resultados fueron satisfactorios para el grupo experimental del estudio, en cuanto a que el interés de los estudiantes en el área acrecentó por lo que obtuvieron mejores resultados, ya que la visualización de las respuestas en un plano diferente resultó llamativa, generando que pasaran de un 8%, a un 34%, lo que señala un nivel de apropiación conceptual (Fig. 6).

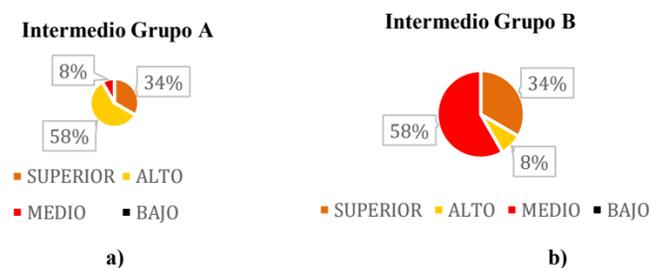


Fig. 6. A) Prueba Intermedia grupo A. b) Prueba Intermedia grupo B.  
Fuente: Elaboración propia.

Ahora bien, el grupo B (grupo experimental) también mejoró su desempeño bajo los parámetros tradicionales de enseñanza, porque a pesar de que el grupo control no estaba recibiendo la capacitación en RA, seguían avanzando con el plan de clases ya establecido a comienzos del año escolar.

En cuanto a la satisfacción de los usuarios al momento de implementar este aplicativo se pudo determinar un alto porcentaje de satisfacción de los involucrados demostrado en el rendimiento académico que alcanzaron los estudiantes, objeto de estudio en la prueba final como resultado del desarrollo de la RA en el aula para el proceso de aprehensión del conocimiento.

Esto porque, la incidencia propicia que tuvo la RA dentro de los procesos de enseñanza-aprendizaje de las operaciones matemáticas, se refleja en la superación significativa de sus deficiencias, siendo capaces de resolver con mayor agilidad los problemas matemáticos. Lo que implica que la tecnología puede convertirse en un componente necesario dentro del currículo académico [22], ya que permite captar la atención del estudiante, garantizando un aprendizaje seguro y significativo, representado en la Fig. 7 en la que los porcentajes alcanzados en un nivel alto y superior responden al 33% y 42%, cifra indicadora de un avance eficaz.

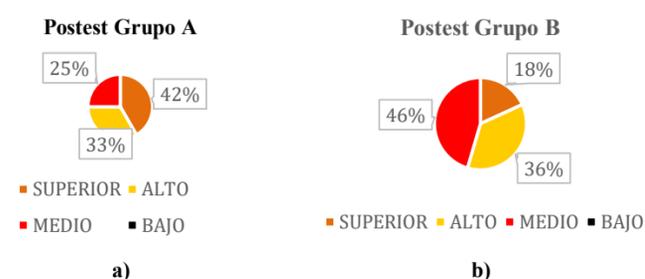


Fig. 7. A) Prueba final Grupo A. b) Prueba final Grupo B.  
Fuente: Elaboración propia.

Caso contrario con el grupo control, el cual, aunque seguía presenciando las clases, pasó a obtener un desempeño más bajo que el grado segundo. Por lo que se sustenta la hipótesis inicial del proyecto la cual indica que la implementación de tecnologías como la RA facilita el proceso de aprendizaje, afianzando al grupo experimental en la manipulación y resolución de las operaciones. Esto porque, cuando el aprendizaje integra la recreación y la innovación junto con el saber los resultados son mucho más productivos.

## V. DISCUSIÓN

En este sentido, la afirmación de que el desarrollo e implementación de las nuevas tecnologías como la RA, como herramienta de apoyo para el correcto desempeño de las habilidades en matemáticas de los estudiantes, no resulta inconsistente, debido a los resultados alcanzados en la presente investigación, siendo dicho conocimiento

un facilitador de los saberes matemáticos, al resultar este código tan complejo para los estudiantes, quienes aún se encuentran en las primeras operaciones; razón por la que alivianar la frustración del alumnado por no comprender las matemáticas, o por tener que verlas de una forma monótona y poco creativa disminuye la posibilidad de que este alcance buenos resultados a futuro.

Según esta idea, se puede decir que existe una relación bidireccional entre los saberes matemáticos y el uso de herramientas tecnológicas, que permiten acercar las percepciones del estudiante un poco más a la realidad al tiempo que aprende. Asimismo, esta investigación, brindó un aporte significativo en materia de capacitación para los docentes de la básica primaria en el tema de las TICS, considerando que a medida que avanza el conocimiento numérico, operacional y lógico del estudiante, aumenta el dominio de sus habilidades y destrezas para ejecutarlas dentro de su plano social frente a diversas situaciones de la vida.

La RA mejoró el rendimiento de los estudiantes y los resultados del aprendizaje, porque permite el aprendizaje por acción, lo cual promueve una participación activa del estudiante en todo momento, logrando combatir los elementos externos por los cuales el estudiante puede distraerse en clase; ya que al captar toda la atención del alumno su pensamiento va a estar enfocado en comprender esta nueva herramienta creando así nuevos esquemas mentales que le permitan acceder a este conocimiento y desempeñarse con eficiencia, lo que se traduce en un desempeño académico satisfactorio.

El aplicativo *SumAR* demostró que la RA no solo apoya el proceso de formación del estudiante, sino que favorece la educación integral de éste, al desarrollar aspectos como la autonomía en el aprendizaje y la autoevaluación basada en la retroalimentación del aplicativo, lo que implica un aprendizaje interactivo al trabajar la atención, la curiosidad y el contenido conceptual, piezas claves para un aprendizaje significativo y certero.

## VI. CONCLUSIONES

Los principales logros alcanzados en este estudio fueron, en primer lugar, que los estudiantes objeto de estudio, superaron las deficiencias que presentaban con relación a las operaciones básicas, desarrollando habilidades cognitivas que contribuyeron al desempeño exitoso a partir de la implementación de la Realidad Aumentada.

Del mismo modo, el desarrollo de una aplicación interactiva obteniendo una aceptación por parte del estudiante y del docente, determinando la influencia de la RA sobre el aprendizaje. Igualmente, ofrece una nueva herramienta que replantea los procesos pedagógicos-didácticos a desarrollar al momento de enseñar.

A partir de esta investigación se podría explorar el uso de la RA en otras áreas de la educación, como la biología, ciencias sociales, religión entre otras. La aplicación desarrollada se puede utilizar como herramienta para explorar otras áreas de estudio.

## FINANCIAMIENTO

Este trabajo fue financiado por la Universidad de Córdoba, Montería – Colombia, (Proyecto de grado).

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Los autores confirman su contribución al artículo de la siguiente forma: desarrollo de software:

Diego Herrera Ferrer; investigación, preparación del manuscrito, revisión y edición.

Daniel José Salas Álvarez; metodología, tratamiento de datos y preparación del manuscrito.

Jorge Gómez Gómez; metodología, investigación, visualización y supervisión.

Byron Oviedo Bayas. Todos los autores revisaron los resultados y aprobaron la versión final del manuscrito.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses para reportar respecto al presente estudio.

## REFERENCIAS

- [1] C. Sotelo, P. Sotelo y M. Grisales, “Algunos dramas de la escuela con las pruebas saber,” *Plumilla Educ*, vol. 14, no. 2, pp. 328–342, Dic. 2012. <https://doi.org/10.30554/plumillaedu.14.769.2014>
- [2] C. Belloch, *Las Tecnologías de la Información y Comunicación en el aprendizaje*. VAL, ES: UV, 2012. Recuperado de <https://www.uv.es/bellochc/pedagogia/EVA1.pdf>
- [3] J. Cabero, *La Realidad Aumentada tecnología emergente para la sociedad del aprendizaje*. CDMX, MX: UNAD, 2013.
- [4] J. Botero, *Educación ESTEM, introducción a una nueva forma de enseñar y aprender*. BO, CO: UniAndes, 2018.
- [5] J. Cervera, “Ciencia, Innovación y Desarrollo Económico en Asia Oriental: Lecciones para América Latina”, *Rev GPT*, vol. 4, no. 10, pp. 44–53, May. 2011. Disponible en <http://hdl.handle.net/11285/635971>

- [6] J. Bacca, S. Baldiris, R. Fabregat, S. Graf y Kinshuk, “Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research,” *J Educ Techno Soc*, vol. 17, no. 4, pp. 133–149, Oct. 2014. Available: <https://www.jstor.org/stable/jeductechso-ci.17.4.133>
- [7] M. Vásquez-Carbonell y J. Silva-Ortega, “Tendencias y características de la realidad virtual: Una revisión de la literatura”, *CESTA*, vol. 1, no. 1, pp. 36–70, Dic. 2020. <https://doi.org/10.17981/cesta.01.01.2020.04>
- [8] M. Billinghamurst, H. Kato & I. Poupyrev, “The MagicBook: a transitional AR interface,” *Comput Graph*, vol. 25, no. 5, pp. 745–753, Oct. 2001. [https://doi.org/10.1016/S0097-8493\(01\)00117-0](https://doi.org/10.1016/S0097-8493(01)00117-0)
- [9] M. Zarate, C. Mendoza González y H., Aguilar, “Marcadores para la realidad aumentada para fines educativos”, *ReCIBE*, vol. 2, no. 3, pp. 1–18, Dic. 2013. <https://doi.org/10.32870/recibe.v2i3.17>
- [10] V. J. Morquecho, “Laboratorio experimental con tecnología de realidad aumentada para la transición del trazado de elementos en el plano de dos dimensiones a la abstracción tridimensional en el aprendizaje de álgebra lineal”, *Master’ thesis*, dpto mat, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador, 2014. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/5267>
- [11] R. Buitrago-Pulido, “Incidencia de la Realidad Aumentada sobre el estilo cognitivo: caso para el estudio de las matemáticas”, *Educ Educ*, Vol. 18, No. 1, pp. 27–41, Jun. 2015. <https://doi.org/10.5294/edu.2015.18.1.2>
- [12] S. Hidalgo, A. Maroto y A. Palacios, “¿Por qué se rechazan las matemáticas? Análisis evolutivo y multivariante de actitudes relevantes hacia las matemáticas”, *Rev Educ*, no. 334, pp. 75–95, Feb. 2004. Recuperado de <https://www.educacionyfp.gob.es/dam/jcr:56e3c722-7a7c-4b55-b6e0-13038b7aa41f/re33406-pdf.pdf>
- [13] F. Calderón, “Realidad aumentada aplicada a la enseñanza de la geometría descriptiva”, *AUS*, no. 18, pp. 18–22, May. 2017. <https://doi.org/10.4206/aus.2015.n18-04>
- [14] J. H. Gómez & D. López, “Realidad Aumentada como Herramienta que Potencialice el Aprendizaje Significativo en Geometría Básica del Grado Tercero de la Institución Educativa Instituto Estrada”, *tesis licenciatura*, facd Cien Ed, UTP, PE, RIS, CO, 2016. <https://hdl.handle.net/11059/6668>
- [15] D. Salas, D. Herrera y E. Pérez, “Uso de la Realidad Aumentada para fomentar la lectura”, *Teknos Rev cient*, vol. 19, no. 2, pp. 29–34, Dic. 2019. <https://doi.org/10.25044/25392190.998>
- [16] D. R. Montalván, “Juegos Didácticos con Realidad Aumentada para Matemáticas Utilizando el Sistema Operativo Android”, *tesis licenciatura*, facd ing, dpto ing comp, UNAM, CDMX, MX, 2016. Disponible en [https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB\\_UNAM/TES01000753102](https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000753102)
- [17] K. R. Arrieta, J. E. Gómez y D. J. Salas, “Realidad Aumentada basada en Mobile Tagging: una técnica para presentar contenidos asociados a un herbario”, *Gcia Tecn Inform*, vol. 11, no. 31, pp. 25–34, Feb. 2012. Disponible en <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistagti/article/view/3045>
- [18] H. Hernández, C. Fernández y M. Baptiste, *Metodología de la Investigación*, Sexta Ed. CDMX, MX: Mc Graw Hill, 2017.
- [19] M. A. Vásquez-Carbonell, “A Systematic Literature Review of Virtual Reality in Engineering Education: The Lack of a Common Evaluative Methodology,” *IJVPLE*, vol. 12, no. 1, pp. 1–18, Jan. 2022. <https://doi.org/10.4018/IJVPLE.307021>
- [20] Ministerio de Educación Nacional, *Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas y Competencias Ciudadanas*. BO, CO: MEN, 2006. [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-340021\\_recurso\\_1.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-340021_recurso_1.pdf)
- [21] J. De la Torre, N. Martín-Dorta, J. L. Saorín Pérez, C. Carbonell y M. Contero, “Entorno de aprendizaje ubicuo con realidad aumentada y tableta para estimular la comprensión del espacio tridimensional”, *RED*, no. 37, pp. 1–17, Jul. 2013. Disponible en <https://revistas.um.es/red/article/view/234041>
- [22] M. A. Vásquez-Carbonell, “A systematic literature review of augmented reality in engineering education: hardware, software, student motivation & development recommendations,” *Dig Educ Rev*, no. 41, pp. 249–267, Jun. 2022. <https://doi.org/10.1344/der.2022.41.249-267>

**Diego Herrera Ferrer** received a degree in systems engineering from the university of Cordoba (Colombia). Directed the Didactics research group belonging to the SOCRATES group at the university of Cordoba. Currently develops technical, technological and database support activities. <https://orcid.org/0000-0002-5735-7620>

**Daniel Salas Álvarez** is a Systems Engineer and Master in Computer Science. 23 years of experience in University Teaching, as a researcher he has published 3 books, more than 20 scientific publications, with experience in the development and coordination of projects for the incorporation of Information and Communication Technologies in basic education and higher education. Dean of the Faculty of Engineering at the University of Cordoba (Colombia), for five years, 10 years as director of the SOCRATES Research Group, Editor of the Journal Engineering and Innovation for 3 years, Academic Vice Chancellor (e), Rector (e) on several occasions. Has participated in expert committees in the Ministry of National Education, 12 years of experience as an academic peer in the Ministry of National Education. <https://orcid.org/0000-0002-7097-7883>

**Jorge Gómez Gómez** is Systems Engineer, received a Master's degree in Telematics Engineering at the University of Cauca (Colombia). PhD in Information Technology and Communications at the University of Granada (Spain). Full-time professor of the Systems Engineering program - University of Cordoba, Member IEEE Branch. Research interests: Ubiquitous Computing and Advanced Services in Telecommunications. Researcher of the SOCRATES research group - University of Córdoba. Editor of the Journal Engineering and Innovation, Guest Editor of Computational and Mathematical Methods in Medicine. <https://orcid.org/0000-0001-8746-9386>

**Byron Oviedo Bayas** Ph.D. in information and communication technologies (University of Granada, Spain). Obtained a degree in systems and computer engineer (Army Polytechnical School, Quito). He has a higher diploma in university educational designs (quevedo-2009). He has a master in electrical mention connectivity and telecommunication networks (National Polytechnical School, Ecuador). <https://orcid.org/0000-0002-5366-5917>