

IMPACTO DEL SOFTWARE “GARDEN GEOMETRY QUEST” EN EL APRENDIZAJE DE LA GEOMETRÍA

Zalma Valentina Moreno Galeano¹
Miguel Andrés Pinzón López²
Laura Givelly Peña Garzón³

¹ Ingeniera de Sistemas de la UNAD. Estudiante con terminación académica de la Licenciatura en Matemáticas de la UPTC; zalma.moreno@uptc.edu.co

² Licenciado en Matemáticas, egresado de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Docente del Colegio Gimnasio Santander, Tunja. miguel.pinzon@uptc.edu.co

³ Licenciada en Matemáticas, egresada de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia; Especialista en Informática para la Docencia de la UPTC; Magister en Educación Matemática de la UPTC. Docente de la Licenciatura en Matemáticas, UPTC, Tunja. lauragivelly.pena@uptc.edu.co

Resumen

El presente artículo de reflexión se centró en evaluar el impacto del software educativo *Garden Geometry Quest* (GGQ) creado por los autores para el aprendizaje de figuras planas y sólidos geométricos en estudiantes de grado octavo. Se utilizó una metodología de investigación que combina el “Diseño de Juegos para la Educación” y la “Investigación y Desarrollo de Diseño”, focalizada en el diseño, implementación y evaluación de GGQ en un contexto educativo real con 28 estudiantes. Para analizar el impacto del software, se evaluaron tres aspectos: conocimientos adquiridos mediante una prueba de resolución de problemas; actitud hacia la geometría a través de un cuestionario con preguntas abiertas; y comentarios orales de los estudiantes durante las actividades desarrolladas. Los resultados demostraron interés de los estudiantes por el aprendizaje al poder sugerir mejoras al juego, sonidos, ambiente y estilo del personaje, sin temor a expresar sus ideas ante sus compañeros. Se observó un incremento en la percepción visual y la comprensión de conceptos como el espacio tridimensional, las transformaciones geométricas y la clasificación de elementos de figuras planas y sólidos. Los hallazgos subrayan el software como un complemento valioso a la instrucción tradicional, aunque se sugiere la necesidad de continuar explorando su potencial en diferentes contextos educativos.

Palabras clave: aprendizaje, geometría, sólidos geométricos, software educativo, evaluación.

Abstract

This reflection paper focused on evaluating the impact of the educational software *Garden Geometry Quest* (GGQ), created by the authors for the learning of plane figures and geometric solids in eighth grade students. A research methodology combining “Game Design for Education” and “Design Research and Development” was used, focusing on the design, implementation and evaluation of GGQ in a real educational context with 28 students. To analyze the impact of the software, three aspects were evaluated: knowledge acquired through a problem-solving test; attitude towards geometry through a questionnaire with open-ended questions; and students’ oral comments during the activities developed. The results showed the students’ interest in learning, as they were able to suggest improvements to the game, sounds, environment and style of the character, without fear of expressing their ideas to their classmates. An increase in visual perception and understanding of concepts such as three-dimensional space, geometric transformations and classification of elements of plane figures and solids was observed. The findings underscore the software as a valuable complement to traditional instruction, although they suggest the need to continue exploring its potential in different educational contexts.

Keywords: learning, geometry, geometric solids, educational software, assessment.

Introducción

Un gran reto en las aulas de matemáticas, una materia en la que se dificulta utilizar material didáctico para temas complejos, y normalmente se recurre al tablero para desarrollar fórmulas o realizar dibujos, es mantener la atención de todos los estudiantes, pues están acostumbrados a visualizar contenidos multimedia llamativos y se desconcentran o aburren rápido. Gamboa (2017) señala que en el campo de la geometría los textos académicos explican su teoría desligada del sentido espacial sobre el que se debe organizar su enseñanza, ya que los estudiantes necesitan imaginar objetos en diferentes orientaciones, manipular modelos tridimensionales y reconstruir mentalmente imágenes de dos a tres dimensiones. Para este autor, actualmente los estudiantes entre 9 y 14 años son quienes presentan gran dificultad para resolver problemas de tipo geométrico. Añade que, considerando la geometría como una disciplina visual, las dificultades se relacionan con la discriminación y la percepción visual.

En temas de geometría como los sólidos platónicos, el dodecaedro y el icosaedro son figuras que casi no se observan en la vida diaria, lo que dificulta un poco la visualización por parte de los estudiantes de su estructura geométrica. Se piensa que esto se puede sobrellevar utilizando material concreto (troquelados, pitillos, palillos, origami, impresiones 3D, entre otros), pero desarrollar este tipo de actividades necesita recursos y tiempo. Por eso, normalmente se recurre a enseñar estas figuras con un dibujo, una proyección audiovisual o una modelación en algún software para potenciar la interacción con estas figuras. Según Ibili *et al.* (2020) la utilización por ejemplo de herramientas de Realidad Aumentada (AR) puede facilitar significativamente esta visualización, mejorando la comprensión de las figuras tridimensionales complejas. Los docentes reconocen que en el aula de matemáticas es un desafío captar y mantener la atención de todos los estudiantes, pues la sociedad actual está rodeada de muchos productos multimedia llamativos como imágenes, videos, películas, series y videojuegos que ven los estudiantes constantemente, y que a veces los docentes no exploran su potencial, presentados con una

variedad de colores y efectos que llaman la atención y tienen una capacidad inmersiva.

Según Prensky (2005) hoy en día la mayoría de los estudiantes no viven interesados por la escuela, en las aulas de clase es difícil ver que haya cooperación, competitividad, entusiasmo por los resultados, curiosidad por buscar activamente información y soluciones. En cambio, la actitud de los estudiantes hacia los juegos es totalmente opuesta. En los últimos 30 años los diseñadores de juegos han perfeccionado la implicación del jugador: la capacidad de mantener a las personas en sus asientos horas y horas, día tras día, tratando activamente de alcanzar sus metas, celebrando sus triunfos, decididos a superar sus fracasos, mientras quieren jugar más.

Un software aplicativo desde la visión de Pressman (2005) es un programa diseñado para ayudar al usuario a realizar tareas específicas, ya sea en el ámbito educativo, profesional o de entretenimiento. Por su parte, un videojuego es un tipo de software aplicativo diseñado principalmente para el entretenimiento, se juega utilizando una computadora u otro dispositivo electrónico y se caracteriza por su interactividad y elementos lúdicos, que incluyen desafíos, narrativas y recompensas (Juul, 2011). Una herramienta educativa, teniendo en cuenta lo que dice Felicia (2009), es un software diseñado para facilitar el aprendizaje y la adquisición de conocimientos o habilidades, con un enfoque pedagógico estructurado. La convergencia entre estos conceptos se da en los videojuegos educativos, que combinan el entretenimiento y la interactividad de los videojuegos con los objetivos pedagógicos de las herramientas educativas. Según Felicia (2009) los videojuegos educativos no solo integran mecanismos de juego para hacer el aprendizaje más atractivo, también ofrecen estrategias prácticas para su implementación en el entorno escolar, contribuyendo a una experiencia educativa más dinámica y efectiva.

Hablando especialmente de los videojuegos, estos son una herramienta de aprendizaje potencial con un gran atractivo motivacional y representan un desarrollo interesante en el campo de la educación. Prensky (2005) definió un videojuego como un juego organizado que incluye reglas, conflictos, competencias, desafíos, metas, objetivos,

resultados, retroalimentación, oposición, interacción y representación o historia. Albarracín *et al.* (2017) hacen una revisión bibliográfica sobre videojuegos en Educación Matemática y afirman que “los videojuegos son un recurso por explotar desde el punto de vista didáctico y que no han sido convenientemente explorados” (p. 67). Estos autores revisan varios artículos y dan una conclusión muy relevante para la educación matemática y para este trabajo, en el sentido de que se pueden diseñar videojuegos para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes, pues se comprueba que la motivación de los alumnos se incrementa con estas prácticas.

El desinterés o dificultad para entender un tema de geometría puede estar relacionado con la falta de atractivo en la presentación del contenido, lo que lleva a los estudiantes a preferir utilizar su celular o distraerse con otras actividades. A partir de estas consideraciones se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué impacto tiene el software *Garden Geometry Quest* (GGQ) en el aprendizaje de figuras planas y sólidos geométricos en estudiantes de grado octavo?

En este sentido, el objetivo del estudio fue evaluar el impacto de GGQ en el aprendizaje de figuras planas y sólidos geométricos en estudiantes de grado octavo, considerando su influencia en el rendimiento académico, en la habilidad para resolver problemas y en la motivación e interés por la geometría.

Garden Geometry Quest (GGQ) es un videojuego educativo diseñado para desarrollar el sentido espacial y mejorar la comprensión de las figuras geométricas en diferentes orientaciones. En el juego, los estudiantes exploran un mundo abierto en tercera persona, enfrentándose a enemigos y superando retos geométricos para recolectar seis sólidos geométricos dorados. A través de la exploración y resolución de puzzles, se completan desafíos geométricos con preguntas para poder avanzar, recolectar figuras geométricas doradas escondidas en el mapa, derrotar enemigos con las figuras grises encontradas al jugar, y en general, con la manipulación de figuras bidimensionales y tridimensionales. El juego ayuda a construir imágenes mentales y a comprender conceptos como el espacio tridimensional y las transformaciones geométricas.

El software tiene el fin de familiarizar a los estudiantes con algunas figuras geométricas y también relacionarlos con algunos elementos de estas figuras como vértices, aristas, área, perímetro y volumen. Al utilizar GGQ como herramienta educativa, se espera proporcionar una experiencia de aprendizaje más atractiva e interactiva, que pueda captar y mantener la atención de los estudiantes, compitiendo con métodos tradicionales de enseñanza y otros productos multimedia que consumen diariamente.

Fundamentación teórica

La investigación en medicina, psicología, sociología y educación se ha centrado en el uso de juegos digitales. Universidades e instituciones están evaluando estos juegos como herramientas de aprendizaje innovadoras, asociándolos con mejoras en la educación, la motivación y la eficacia del proceso de aprendizaje. Se mencionan varias investigaciones que dan soporte a este trabajo, algunas basadas en las potencialidades para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas.

Desde el aumento de la motivación hasta el desarrollo de habilidades matemáticas profundas, ahondando en cómo los softwares educativos pueden transformar la experiencia educativa, se tiene a López Rodríguez *et al.* (2018) quienes destacan el aprendizaje basado en juegos digitales como una herramienta educativa y forma de expresión cultural, a pesar de las percepciones negativas previas. En este mismo sentido Divjak y Tomić (2011) revisaron en profundidad la literatura sobre cómo el aprendizaje basado en juegos influye en la motivación y los logros en matemáticas, descubriendo que los juegos educativos pueden aumentar considerablemente el interés de los estudiantes y mejorar sus resultados académicos. Estos hallazgos apoyan la hipótesis de que el uso de *Garden Geometry Quest* (GGQ) no solo puede mejorar la motivación de los estudiantes, sino también su rendimiento académico en geometría.

Así mismo, Robert y Escobar (2018) propusieron apoyar el aprendizaje basado en videojuegos como clave para propuestas

de aprendizaje innovadoras en el contexto de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Ligado a esto, Moreno y Valderrama (2015), apoyándose en el uso de las TIC, indicaron que el aprendizaje basado en juegos digitales, en especial los juegos online multijugador masivo, pueden ser un escenario propicio para mejorar el aprendizaje en niños con TDAH (Trastorno de Déficit Atencional e Hiperactividad), mejorando significativamente sus habilidades sociales, y autorregulación de emociones. Esto se correlaciona con los beneficios del desarrollo cognitivo que se pueden observar en los jóvenes que usan estas herramientas.

De acuerdo con un análisis exhaustivo que hacen Bray y Tangney (2017), de 139 estudios recientes sobre intervenciones tecnológicas en la Educación Matemática, se ha observado una disparidad entre las prácticas de investigación y las estrategias reconocidas por optimizar el potencial de la tecnología en este campo. Este análisis clasifica y examina las herramientas digitales y los enfoques pedagógicos utilizados en la investigación, destacando áreas en las que los enfoques actuales pueden no estar alineados con las mejores prácticas para maximizar los beneficios de la tecnología educativa.

Diversas herramientas tecnológicas han transformado el proceso de aprendizaje en la Educación Matemática, es así que en el artículo de Alabdulaziz (2021) se destacan las contribuciones de varios autores que han subrayado las innovaciones en estas herramientas, así como su impacto en la comprensión, el interés y el rendimiento de los estudiantes. Entre estas herramientas se encuentran *Mathematica*, *GeoGebra*, *Cabri* y *Geometers Sketchpad*, que han demostrado mejorar significativamente la experiencia educativa en matemáticas.

Este tipo de estudios sobre la implementación de videojuegos o *softwares* educativos también han sido abordados por autores como Carvajal *et al.* (2016), quienes desarrollaron una investigación de tipo mixta sobre un grupo de 9 estudiantes, cuyo objetivo fue establecer el impacto de un videojuego llamado “El Misterio de la Pirámide” en el aprendizaje de la geometría y el desarrollo del pensamiento espacial, en estudiantes de cuarto y quinto grado de una escuela localizada en una zona rural de Colombia. El impacto del videojuego se evaluó

a partir de su rendimiento académico en geometría, analizando sus habilidades de comunicación, representación, argumentación, resolución de problemas y razonamiento. Se observó también su participación en las actividades con el videojuego, evaluando sus habilidades lingüísticas y la comunicación efectiva con sus compañeros. Finalmente, se indagó en su percepción de la geometría, explorando su gusto por la materia, su utilidad en la vida diaria y su motivación en las clases que incluyen el videojuego.

Este análisis multidimensional permitió una evaluación integral del impacto del videojuego, no solo en el aprendizaje de conceptos, sino también en la participación, la comunicación y la motivación de los estudiantes. Los autores emplearon pruebas diagnósticas y entrevistas para evaluar las competencias geométricas, las habilidades lingüísticas y la motivación de los estudiantes, concluyendo que esta última es crucial en la adquisición de conocimientos de geometría y que el videojuego propició un espacio donde los estudiantes se comunicaban activamente con sus compañeros, compartiendo y negociando sus conocimientos previos y nuevos.

Todo lo anterior, sugiere que los videojuegos y las TIC, aunque son herramientas valiosas, necesitan ser complementados con una metodología específica que fomente el desarrollo del pensamiento geométrico y las habilidades de comunicación para lograr un aprendizaje efectivo.

En esta misma línea se tiene a Ochoa (2023) quien planteó un trabajo de investigación cuyo objetivo fue desarrollar con *Godot Engine 4* un videojuego llamado “Canyon Matrix” que permitía la comprensión de las matrices como transformaciones del espacio de forma visual, y así mostrar la relación entre el álgebra lineal con la geometría del espacio. Para estudiar las opiniones y resultados de personas que prueban el producto final, el autor selecciona 9 personas de la Universidad de Alicante, España, entre ellas 4 ingenieros informáticos, 3 personas sin conocimiento de los aspectos matemáticos, pero con experiencia en videojuegos y 2 personas sin contacto con los aspectos matemáticos, ni relación con los videojuegos. A estas 9 personas se les aplicó un cuestionario de 10 preguntas para evaluar la parte gráfica

del juego, su interfaz, sus contenidos matemáticos y su experiencia en general. Para responder a estas preguntas se podían seleccionar valores de 1 a 10, siendo 1 la clasificación más baja y 10 la más alta, además también se podían añadir comentarios en cada respuesta. De los cuestionarios aplicados, se encuentra que los usuarios consideran que en el videojuego se representa bien lo que se quiere enseñar y que sirve para adquirir un conocimiento más profundo sobre las cuestiones matemáticas esperadas.

Se toma para esta investigación que el aprendizaje será efectivo si los jugadores ya tienen nociones de los objetos matemáticos a tratar, en este caso ya entienden que las matrices funcionan como transformaciones lineales en un espacio 2D de forma geométrica, por esto es necesaria la introducción del tema por un docente antes de empezar a jugar, dado que es muy complicado llegar a aprender el concepto de transformación lineal sin saber qué se pretende. El autor concluye que el software desarrollado es un *serious game* que busca proporcionar diversión y enseñanza al mismo tiempo Ochoa (2023).

De igual manera Estévez (2023) desarrolla un videojuego de naves espaciales dirigido a grados de primaria, con el objetivo de combinar la parte educativa de la matemática con la parte de entretenimiento de los videojuegos tipo mata marcianos. Este es un videojuego 2D llamado “Space Math” cuyo objetivo es permitir que los usuarios realicen y resuelvan ejercicios matemáticos sobre sumas y restas, mayor y menor, secuencias y formas geométricas, mientras se dispara a los enemigos para avanzar de nivel. “Este proyecto fue basado en el DCU (Diseño Centrado en el Usuario), en el que se sitúa al usuario en el núcleo de diseño de interfaz” (Estévez 2023, p. 15). El autor caracteriza los principales perfiles de audiencia para el videojuego: alumnos de primaria, profesores de primaria de matemáticas y personas interesadas en los videojuegos. Para recolectar información el autor hace una prueba del videojuego “Space Math” con estudiantes de primaria y profesores de matemáticas de Madrid y Barcelona, se aplica un cuestionario de 4 preguntas abiertas a estudiantes y profesores para conocer lo que buscan en los videojuegos, qué los motiva a jugar, con qué frecuencia juegan, y que elementos mejorarían del juego en mención. Entre los resultados importantes se

resaltan recomendaciones de los profesores a los padres de que sus hijos usen de vez en cuando el software para practicar y repasar los conceptos aprendidos en clase. Se observó que los estudiantes iban adquiriendo motivación por aprender, y se sorprendían al darse cuenta de que resolvían las operaciones cada vez más rápido a medida que jugaban. El autor concluye que desarrolló con éxito un videojuego sencillo y entretenido para niños. Resalta que el juego se realiza con funciones de movimiento y de disparo básicas para que los jugadores se enfoquen más en los ejercicios matemáticos.

Por último, Pope y Mangram (2015) investigaron si jugar el juego de matemáticas digital “Wuzzit Trouble” podría mejorar el sentido numérico de los estudiantes de tercer grado. Utilizando evaluaciones antes y después del experimento, se encontró que los estudiantes que jugaron con el software mostraron una mejora significativa en su competencia matemática en comparación con los que no lo hicieron. Dos características clave del juego (la atención a múltiples restricciones matemáticas y un proceso iterativo de toma de decisiones) fueron fundamentales para este progreso. Este estudio resalta el potencial de los videojuegos educativos para fomentar el desarrollo de habilidades matemáticas profundas, más allá de la simple práctica procedimental, lo cual es de gran relevancia y se tuvo en cuenta en la aplicación del presente estudio.

Metodología

Para realizar esta investigación se utilizó una metodología que combina el “Diseño de Juegos para la Educación” y la “Investigación y Desarrollo de Diseño” que “se focaliza en el diseño, implementación y evaluación de ambientes de aprendizaje de contenidos específicos situados en contextos reales o virtuales de enseñanza” (Candela, 2023, p. 152).

Se tuvo en cuenta el plan de estudios de geometría que se rige a nivel nacional en Colombia, eligiendo al grado octavo, pues en su plan de estudios está incluido el tema de sólidos y sus volúmenes. La investigación se da de manera cuasiexperimental con evaluación de

prototipo, se seleccionó aleatoriamente para la intervención un grupo de 28 estudiantes de grado octavo, con edades entre 14 y 15 años, quienes conformaron la muestra poblacional para la implementación y evaluación del software educativo.

En concordancia con los principios éticos de investigación, se obtuvo el consentimiento informado de los padres de familia de los estudiantes participantes. Este consentimiento autoriza el uso de imágenes e información proporcionada por los estudiantes.

Para evaluar el impacto del software en el aprendizaje de figuras planas y sólidos geométricos en los estudiantes, se analizaron tres aspectos clave:

- **Conocimientos adquiridos**, que fueron medidos mediante una prueba de resolución de problemas con figuras geométricas 2D y 3D, calificada con una nota cuantitativa discreta con un decimal, reflejando un número finito de posibles calificaciones.
- **Actitud hacia la geometría**, medida a través de un cuestionario con preguntas abiertas, lo que proporcionó una evaluación politómica del efecto del videojuego. Se indagó la percepción de los estudiantes sobre la geometría, explorando si les gusta la materia, si la consideran útil en su vida diaria, lo que habían aprendido y cómo se sintieron en el desarrollo de la clase que incluía el software.
- **Intervenciones orales de los estudiantes**, mediante la observación, registro y análisis de todos los comentarios de los estudiantes respecto a las mejoras sugeridas para el videojuego, y a las respuestas que daban muestra del conocimiento y habilidades adquiridas.

Diseño, implementación y evaluación de Garden Geometry Quest (GGQ)

Los docentes, quienes también son desarrolladores del juego, son Licenciados en Matemáticas y han aportado su experiencia pedagógica al proceso de creación. Su formación en educación matemática les permitió integrar sólidas bases pedagógicas en el diseño

del videojuego. Además, se trabajó en estrecha colaboración con la ingeniera de sistemas, proporcionando el soporte técnico necesario para el desarrollo del juego. Este equipo interdisciplinario, compuesto tanto por licenciados en matemáticas como por una ingeniera de sistemas, garantizó una combinación eficaz de contenido educativo y tecnología avanzada, resultando en un producto que no solo es técnicamente sólido, sino también pedagógicamente robusto y al alcance gratuito de docentes interesados en las problemáticas que surgen en el aprendizaje de la geometría.

Con el fin de crear un software educativo eficaz, se tuvieron en cuenta las siguientes tres etapas interconectadas: diseño, implementación y evaluación. Cada etapa con sus respectivas fases se desarrolló de manera iterativa, es decir, se volvía a etapas anteriores para realizar ajustes e incorporar nuevas ideas a medida que se avanzaba en el proyecto.

Etapas 1. Diseño de GGQ

Fase de establecimiento de los elementos geométricos.

Mediante observación al grado octavo durante dos semanas en clase de Matemáticas (5 horas semanales), se reconoce la necesidad de implementar estrategias innovadoras en las aulas de matemáticas para enseñar conceptos de geometría y desarrollar el pensamiento visual relacionado con figuras geométricas en 2D y 3D. Se llevó a cabo una prueba diagnóstica para evaluar los conocimientos previos de los estudiantes, encontrando principalmente dificultades en la identificación de los elementos de figuras planas, el uso de fórmulas para hallar área, identificación y clasificación de sólidos geométricos y cálculo de volúmenes. Los resultados de la evaluación de necesidades educativas permitieron establecer los siguientes elementos geométricos que iban a aparecer en el software GGQ:

- *Figuras planas:* circunferencias, trapecios, triángulos, rectángulos, pentágonos, hexágonos, heptágonos, octágonos, paralelogramos y rombos.

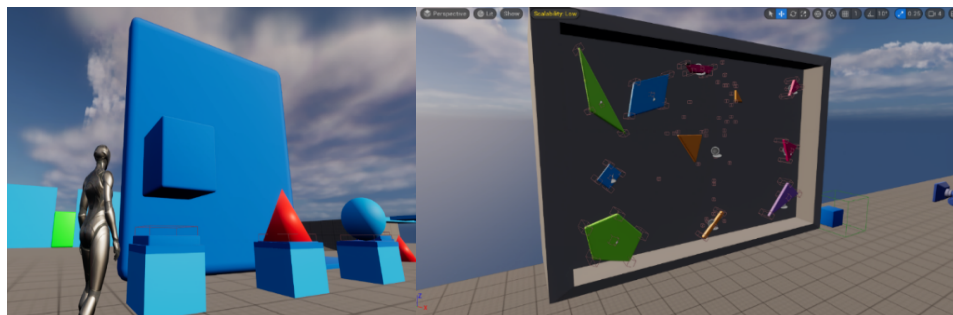
- *Sólidos geométricos comunes*: esferas, conos y pirámides de base cuadrada.
- *Sólidos platónicos*: cubos ó hexaedros, tetraedros, octaedros, dodecaedros e icosaedros.

Fase de creación de enunciados para el aprendizaje. Los investigadores crearon preguntas de opción múltiple, acertijos y algunas preguntas en las que los estudiantes debían relacionar una figura con un enunciado.

Las actividades pensadas sugerían llegar a procesos de generalización y de demostración. Por ejemplo, introduciendo los poliedros regulares, y realizando preguntas como: ¿sólo hay cinco?, ¿se pueden crear más? o ¿cómo los construirías? También introduciendo demostraciones a partir de solicitar que, utilizando un vértice, aplanar el sólido y contar las diagonales, o a partir de contar los vértices (V), aristas (A) y caras (C) de un poliedro convexo, llegar a la expresión de Euler:

Fase de reproducción de la malla, texturas y materiales. Lo primero fue hacer una malla donde se escogía la distribución del espacio, establecer qué tan grande iba a ser el mapa, qué texturas y materiales se usarían en el videojuego. Se tuvo en cuenta el gusto por los estudiantes para que aparecieran árboles, jardines, monstruos perseguidores con armas de gladiadores, entre otros. En la Figura 1 se observa el primer muro colocado junto con un personaje inicial sin atuendo y unas cajas en las que se iban colocando algunas figuras geométricas como el cubo, el tetraedro y la esfera. Se observan, además, algunas de las figuras planas que se utilizaron.

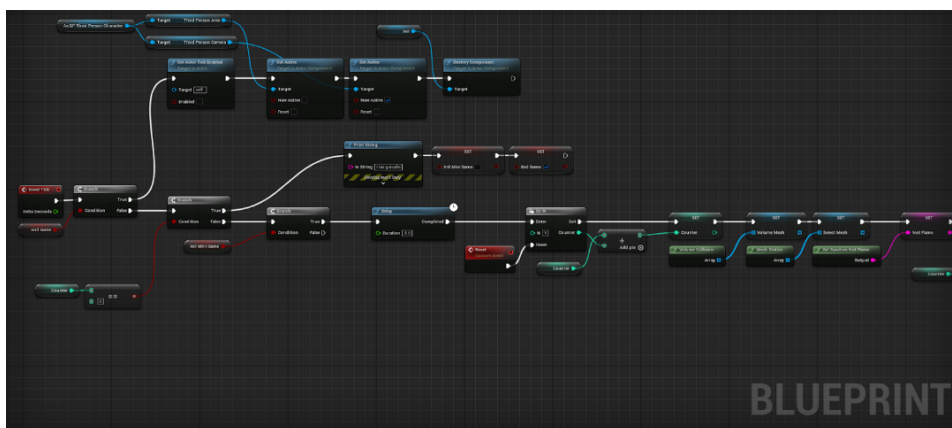
Figura 1. *Forma inicial del diseño de GGQ.*



Nota. Primeras muestras de las gráficas del juego en *Unreal Engine 4* y cómo se le iba dando aspecto tanto al jugador como al mundo que se pretendía crear.

Fase de establecimiento de un mapa de aplicaciones para utilizar. El software GGQ fue desarrollado en *Unreal Engine* definido por Šmid (2017) como un motor basado en componentes jerárquicos con una raíz lógica y un entorno de trabajo llamado *Unreal Editor*, capaz de implementar aplicaciones en casi cualquier plataforma. Este motor es destacado por su renderizado fotorrealista y visualización arquitectónica, y permite trabajar con código *C++* y *Blueprint*, un editor visual basado en nodos accesible para usuarios no programadores. Castro y Werner (2021) mencionan que el *Blueprint* facilita la creación de funcionalidades de juegos mediante scripting visual, mientras que Li *et al.* (2020) explican su uso en el comportamiento de NPCs mediante gráficos de árbol. Además, las tecnologías recientes han permitido crear *Digital Twins*, que son representaciones virtuales de objetos reales usadas como cuadros de mando interactivos. Para desarrollar un videojuego es esencial contar con un sistema base con componentes reutilizables para mejorar la eficacia y productividad; es así que en la Figura 2 se observa el desarrollo de GGQ en la perspectiva de *Blueprint*, proporcionando una interfaz para construir la funcionalidad del juego mediante arboles de comportamiento simples convertidos en código.

Figura 2. Desarrollo del videojuego, la perspectiva de Blueprint.



Etapa 2. Implementación de GGQ

Fase de organización de un mundo fantástico. La idea de un mundo fantástico se tomó de las percepciones de los estudiantes y gusto por tener entornos de aprendizaje abiertos, no encerrados en las cuatro paredes de un salón de clase. Además, se tuvieron en cuenta los juegos de su preferencia como: *Free fire*, *Fortnite* y *Call of Duty*.

Con el objetivo de crear una experiencia de juego dinámica, se integraron todas las aplicaciones, formas y figuras deseadas en un árbol de inteligencia. Los elementos clave para tener en cuenta en esta fase de la aplicación incluyeron:

- **Sonido:** una banda sonora que enriquece la experiencia inmersiva.
- **Materiales:** las formas y figuras particulares, que son los componentes básicos del juego y varían en tamaño.
- **Inteligencia Artificial:** un sistema que genera ubicaciones aleatorias para la aparición de enemigos al inicio de cada partida. Los enemigos pueden detectar al personaje principal mediante la vista y el oído, otorgándoles la capacidad de percibir y predecir su movimiento. Esto añade un nivel de dificultad y estrategia al juego, haciéndolo más divertido pues nunca es el mismo juego.

Fase de configuración del juego.

- **Historia y personajes:** GGQ se desarrolla en una isla abandonada, custodiada por demonios y esqueletos armados. El jugador asume el papel de un personaje que debe recolectar 6 sólidos geométricos dorados ocultos en todo el mapa para completar el juego. Los enemigos llevan sólidos geométricos flotando sobre sus cuerpos y el jugador (el estudiante) debe derrotarlos para avanzar.
- **Objetivos y reglas:** El objetivo principal del juego es recolectar los 6 sólidos geométricos dorados mientras enfrenta desafíos geométricos y derrota a los enemigos. Se deben completar una serie de retos que requieren pensamiento geométrico para avanzar en el mapa. No hay opción para guardar partida, y si el personaje recibe cuatro golpes, pierde una vida y vuelve a aparecer junto al puente más cercano.
- **Interacción y retroalimentación:** El jugador interactúa con el juego mediante el teclado y el ratón, moviendo al personaje, recogiendo y lanzando figuras geométricas, resolviendo desafíos, y derrotando enemigos. El juego proporciona retroalimentación inmediata sobre las acciones del jugador, ya sea a través de mensajes en pantalla, efectos visuales o cambios en el entorno del juego. Esto ayuda a comprender su progreso y a mejorar su rendimiento. Una muestra de la Figura 3 de la versión final del juego en el segundo reto, donde se deben recolectar los 6 sólidos geométricos dorados.

Figura 3. *Sólidos geométricos dorados visualizados en GGQ.*



Etapa 3. Evaluación de GGQ

Una vez el desarrollo del videojuego se culminó y se habían hecho todas las pruebas correspondientes para revisar su funcionamiento y jugabilidad, se realiza una prueba piloto con los estudiantes de grado octavo. Al ser GGQ un videojuego para la enseñanza, se consideró que, para lograr mejores resultados de aprendizaje, los estudiantes debían escribir en sus cuadernos algunos enunciados y preguntas que se mostraban en el software, además debían hacer el dibujo y responder las preguntas tranquilamente.

Se consideró además pertinente antes de mostrar el juego, recordar de forma interactiva los conceptos sobre las figuras planas y los sólidos geométricos. Así, la experiencia con el juego se tornaba más divertida, al poder avanzar en los retos y llegar a la motivación por el aprendizaje que pretendían los investigadores. Como se observa en la Figura 4, se utilizó un computador y se proyectó la pantalla con un video beam para que todos los estudiantes apreciaran las características del juego como sus gráficas intercambiables, los controles de juego (cómo correr, cómo saltar, cómo agarrar los objetos, cómo lanzarlos, entre otros), las misiones u objetivos por cumplir.

Figura 4. Actividad en clase con el software educativo GGQ.



Posteriormente se instruyó a los estudiantes en lo referente a la ambientación del jardín mágico, los desafíos de cálculo de área

y perímetro, y la retroalimentación interactiva que se daría en el software, así:

- **Ambiente del jardín.** El nivel del juego presenta un hermoso jardín mágico lleno de flores, árboles y elementos mágicos. El diseño del jardín es sencillo y atractivo, con senderos que conducen a diferentes áreas del nivel.
- **Desafíos de cálculo.** A lo largo del jardín encontrarán diferentes áreas y formas geométricas que requieren cálculos de área y perímetro. Por ejemplo, pueden encontrar una sección rectangular de césped, una piscina de forma irregular o un área de flores circulares.
- **Selección de área.** Para resolver los desafíos pueden usar una herramienta de selección interactiva. Al hacer clic o tocar en un área específica, se mostrarán las medidas y dimensiones en la pantalla.
- **Retroalimentación.** Una vez que seleccionan un área, el juego proporcionará retroalimentación inmediata sobre si el cálculo del área y el perímetro es correcto o no. Si es correcto, se mostrará un mensaje de felicitación y avanzarán al siguiente desafío. Si es incorrecto, se mostrará una pista o explicación breve para ayudarlos a corregir su respuesta.
- **Objetivos y progresión.** El objetivo del juego es completar todos los desafíos de cálculo de área y perímetro en el jardín mágico. A medida que resuelven los desafíos, desbloquean nuevas áreas del jardín y obtienen recompensas en forma de flores mágicas o monedas virtuales.
- **Modo de aprendizaje.** El juego también puede incluir un modo de aprendizaje donde pueden acceder a explicaciones detalladas sobre los conceptos de cálculo de área y perímetro. Esto les permite aprender mientras juegan y refuerza el conocimiento matemático.

En la Figura 5 se observa el personaje final sugerido por los estudiantes, con atuendo de la época de Platón, y el primer gran

desafío de pasar por un puente lleno de figuras geométricas, con preguntas en el centro, las cuales, de contestarse incorrectamente, ocasionaban ruptura de la baldosa y eran arrojados al agua.

Figura 5. Imágenes de muestra del video juego “Garden Geometry Quest”.



Fase de difusión y promoción.

Se desarrolló un sitio web de administración para que los educadores pudieran configurar el juego sin necesidad de conocimientos de programación, permitiendo ajustes en los contenidos y la cantidad de preguntas del juego. Éste contenía, además, el manual de usuario creado por los autores, el cual ofrece instrucciones detalladas sobre cómo instalar el juego en sistemas Windows, los requisitos técnicos necesarios, y cómo comenzar a jugar. También describe el menú principal, los controles del juego (ver Figura 6), consejos para superar los retos, vencer a los enemigos, el objetivo principal, advertencias sobre la falta de una opción para guardar el progreso, y la necesidad de manejar cuidadosamente los recursos y enemigos en el juego.

Figura 6. Ventana de botón de instrucciones de GGQ.



Nota. Tomado del manual del usuario como guía para jugar *Garden Geometry Quest*.

Resultados y discusión

La integración de *Garden Geometry Quest* (GGQ) como una estrategia educativa ha revelado un impacto positivo y significativo en el proceso de aprendizaje de aspectos matemáticos entre los estudiantes de grado octavo. Los resultados obtenidos en la prueba de resolución de problemas con sólidos geométricos muestran un notable aumento en la comprensión de los conceptos relacionados al espacio tridimensional, transformaciones, relaciones entre objetos, habilidad para clasificar elementos de figuras planas y de los sólidos geométricos, así como en la capacidad de resolver problemas relacionados con figuras en 3D. Esta mejora en el dominio de la geometría sugiere que el enfoque lúdico e interactivo del software ha sido efectivo para facilitar la asimilación de conocimientos y habilidades en la resolución de problemas que involucran visualización espacial y, por ende, contribuye al desarrollo del pensamiento espacial.

Al sumergirse en un entorno virtual estimulante y desafiante, los estudiantes no solo adquirieron conocimientos teóricos, sino que también desarrollaron habilidades prácticas que les permitieron abordar problemas geométricos con mayor confianza y eficacia. La presión del tiempo o de sentirse que serían destruidos o caerían al agua motivaba a que tuvieran más cuidado en las respuestas a contestar y se leyera comprensivamente hasta dos veces la pregunta. “Equivocarse no es una opción” era un comentario frecuente que se tuvo en los registros.

En cuanto a la percepción de los estudiantes sobre la geometría, posterior a la experimentación con GGQ se tuvieron algunas respuestas como: “antes no me gustaba la geometría, pero con el videojuego me di cuenta de que no es tan aburrida”, “ahora me gusta aprender sobre las figuras y los nombres que tienen”, “el juego me hizo sentir que habíamos salido del salón”, “las preguntas me pusieron a pensar pero pude tener las respuestas” “los problemas estaban muy difíciles, parecían un rompecabezas”, “ya sé más de los sólidos y su volumen”, “la geometría sirve todos los días para la vida”, “la clase estuvo súper divertida, aprendí mucho”, “gracias por la

clase, no fue tan difícil como pensaba”, “se sintió como si saliéramos al parque a estudiar”, “nos gustó trabajar en grupo”.

Además del impacto en el aprendizaje, la implementación de GGQ como herramienta educativa también generó un aumento significativo en el interés y la motivación de los estudiantes hacia el estudio de la geometría, constatado en las intervenciones orales que durante el desarrollo de las actividades eran escuchadas. Los estudiantes eran conscientes que los docentes orientadores podían intervenir en la interfaz del juego y se escucharon comentarios de estudiantes que poco participaban en los aspectos académicos, con frases como: “debería tener zapatos”, “¿y si lo llamamos Platón?”, “la música está chévere”, “¿las fichas son de oro?”, “estamos confundiendo las figuras planas con las otras”, “estamos en la cárcel por no saber” “hoy aprendimos muchas cosas”, “todos los días deberíamos jugar”. La naturaleza de ambiente abierto fue el atractivo que cautivó la atención de los estudiantes, manteniéndolos comprometidos con un sentido crítico y dispuestos a participar activamente. Este aumento en la motivación es crucial, ya que un mayor compromiso con el material de estudio puede conducir a un aprendizaje más profundo y duradero.

Otro aspecto destacado de los resultados fue el impacto positivo en el desarrollo de habilidades cognitivas entre los estudiantes. Más allá de la comprensión de los conceptos geométricos, GGQ también contribuyó al fortalecimiento del pensamiento y visualización espacial, de forma diferente a lo convencional. Por ejemplo, la importancia del sentido de rotación espacial se evidenció en que, aunque las figuras no se podían girar, se permitía al jugador caminar alrededor de estas para observarlas bien. Entonces, se comprendía como un efecto visual muy similar y relacionado con la realidad que se tiene al observar los monumentos con formas geométricas tridimensionales. Este efecto visual, similar a la experiencia real de observar monumentos, permitió a los estudiantes comprender mejor la importancia de las transformaciones geométricas.

Finalmente, GGQ se potencializó como una herramienta eficaz para promover el aprendizaje autónomo entre los estudiantes. Al permitir

que los estudiantes exploren y descubran los conceptos geométricos a su propio ritmo, el juego fomentó la autonomía y la autoeficacia en el proceso de aprendizaje. Los desafíos y actividades del juego proporcionaron a los estudiantes la oportunidad de asumir un papel activo en su propio aprendizaje, lo que no solo les brindó una sensación de logro personal, sino que también los prepara para enfrentar futuros desafíos académicos con confianza y determinación.

Conclusiones

La integración de *Garden Geometry Quest* (GGQ) como herramienta educativa ha generado un impacto significativo en el aprendizaje de la geometría en estudiantes de octavo grado. El estudio ha revelado que GGQ no solo facilita la comprensión de conceptos, sino que también fomenta la motivación, la participación activa y el desarrollo de habilidades para resolver problemas. Este software educativo aumenta el interés y la motivación de los estudiantes en el aprendizaje de la geometría, evidenciado su entusiasmo por jugar y resolver los desafíos en un mundo digital abierto.

GGQ promueve un incremento en la percepción visual de los estudiantes, facilitando la comprensión de conceptos como el espacio tridimensional, las transformaciones y las relaciones entre objetos. Además, facilita la resolución de problemas geométricos al permitir una exploración detallada de las figuras y la identificación de elementos que antes no se percibían. El videojuego mejora en los estudiantes la habilidad para clasificar los elementos de figuras planas y sólidos geométricos (lados, aristas, vértices, diagonales, apotemas, caras, área, volumen, entre otros), y desarrolla capacidades argumentativas y propositivas al enfrentar el reto de buscar más poliedros regulares.

Garden Geometry Quest (GGQ) promueve un aprendizaje activo y creativo, permitiendo a los estudiantes construir objetos tridimensionales a partir de representaciones bidimensionales y sirviendo como punto de partida para el desarrollo de actividades adicionales y la creación de problemas matemáticos por parte de los estudiantes.

Los hallazgos de este estudio tienen importantes implicaciones prácticas para los educadores, quienes pueden considerar la integración de softwares educativos como *Garden Geometry Quest* (GGQ) en sus prácticas de enseñanza para mejorar la experiencia de los estudiantes y aprender geometría fomentando el compromiso con sus deberes académicos.

La colaboración interdisciplinaria, entre licenciados en matemáticas y una ingeniera de sistemas ha permitido crear un software educativo de geometría que combina un contenido pedagógicamente pertinente con una tecnología sólida, resultando una herramienta educativa valiosa y gratuita para docentes interesados en abordar las dificultades en el aprendizaje de la geometría.

El software GGQ es un complemento para tener en cuenta en la enseñanza tradicional de la geometría, sin embargo, queda pendiente explorar su potencial en otros contextos, realizando los ajustes de acuerdo con las necesidades e intereses específicos, donde el personaje por ejemplo nunca muera.

Referencias

- Alabdulaziz, M. S. (2021). COVID-19 and the use of digital technology in mathematics education. *Education and Information Technologies*, 26(6), 7609-7633.
- Albarracín, L., Hernández-Sabaté, A. & Gorgorió, N. (2017). Los videojuegos como objeto de investigación incipiente en Educación Matemática. *Modelling in Science Education and Learning*, 10(1), 53-72.
- Bray, A. & Tangney, B. (2017). Technology usage in mathematics education research. A systematic review of recent trends. *Computers & Education*, 114, 255-273.
- Candela, B. F. (2023). *La ciencia del diseño educativo*. Universidad del Valle.
- Carvajal, G., Rojas, P. & Murcia, E. (2016). El videojuego “El Misterio de la Pirámide”, una propuesta interactiva para el aprendizaje de las matemáticas. *Anduli*, 15, 177–188. <https://doi.org/10.12795/anduli.2016.i15.10>
- Castro, D. & Werner, C. M. L. (2021). A structured review of game coding through modeling. *Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, 309-313.
- Divjak, B., & Tomić, D. (2011). The impact of game-based learning on the achievement of learning goals and motivation for learning mathematics-literature review. *Journal of information and organizational sciences*, 35(1), 15-30.
- Estévez, J. A. (2023). *Space Math*. [Tesis de grado, Universitat Oberta de Catalunya].
- Felicia, P. (2009). *Digital games in schools: Handbook for teachers*. HAL Open Science. <https://hal.science/hal-00697599>

- Gamboa, Á. (2017). *Transformación digital para la mejora del aprendizaje en el área de la Geometría*. [Tesis de grado, Universidad Carlos III de Madrid]. https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/10016/27768/1/TFG_Alvaro_Gamboa_Rosado_2017.pdf
- İbili, E., Çat, M., Resnyansky, D., Şahin, S. & Billinghamurst, M. (2020). An assessment of geometry teaching supported with augmented reality teaching materials to enhance students' 3D geometry thinking skills. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 51(2), 224-246.
- Juul, J. (2011). *Half-real: Video games between real rules and fictional worlds*. MIT press.
- Li, M., Sun, Z., Jiang, Z., Tan, Z., & Chen, J. (2020). A virtual reality platform for safety training in coal mines with AI and cloud computing. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2020(1), 1-7.
- López Rodríguez, I., Avello Martínez, R., Baute Álvarez, L. M. & Vidal Ledo, M. (2018). Juegos digitales en la educación superior. *Revista cubana de Educación Médica Superior*, 32(1), 246-276.
- Moreno, J. & Valderrama, V. (2015). Aprendizaje basado en juegos digitales en niños con TDAH: Un estudio de caso en la enseñanza de estadística para estudiantes de cuarto grado en Colombia. *Revista Brasileira de Educação Especial*, 21, 143-158.
- Ochoa, L. (2023). *Diseño y desarrollo de mecánicas y videojuegos para aprender Álgebra Lineal*. [Tesis de grado, Universidad de Alicante.]
- Pope, H. & Mangram, C. (2015). Wuzzit trouble: The influence of a digital math game on student number sense. *International Journal of Serious Games*, 2(4).
- Prensky, M. (2005). Computer games and learning: Digital game-based learning. *Handbook of computer game studies*, 18, 97-122.

Pressman, R. S. (2005). *Software engineering: a practitioner's approach*. Palgrave macmillan.

Robert, M. & Escobar, E. C. (2018). El aprendizaje basado en videojuegos y la gamificación como estrategias para construir y vivir la convivencia escolar. *CEDOTIC Revista de Ciencias de la Educación, Docencia, Investigación y Tecnologías de la Información*, 3(1), 59-80.

Šmid, A. (2017). Comparison of Unity and Unreal engine. *Czech Technical University in Prague*, 41-61.