

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

E.T.S. DE INGENIERÍA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS

PROYECTO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA DEL SOFTWARE

Geometría a través de realidad aumentada

Desarrollado por: Pablo Valero

Dirigido por: Jesús Mayor

Madrid, 4 de julio de 2025



Geometría a través de realidad aumentada

Desarrollado por: Pablo Valero

Dirigido por: Jesús Mayor

Proyecto Fin de Grado, 4 de julio de 2025

E.T.S. de Ingeniería de Sistemas Informáticos

Campus Sur UPM, Carretera de Valencia (A-3), km. 7

28031, Madrid, España

Si deseas citar este trabajo, la entrada completa en BibTeX es la siguiente:

```
@mastersthesis{citekey,  
title = {Geometría a través de realidad aumentada},  
author = {Valero P. y },  
school = {E.T.S. de Ingeniería de Sistemas Informáticos},  
year = {2025},  
month = {7},  
type = {Proyecto Fin de Grado}  
}
```

Esta obra está bajo una licencia [Creative Commons «Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional»](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/). Obra derivada de <https://github.com/blazaid/UPM-Report-Template>.



Todo cambio respecto a la obra original es responsabilidad exclusiva del presente autor.

Agradecimientos

Quiero expresar mi agradecimiento a todo el IES Rafael Frühbeck de Burgos en Leganés, especialmente a su director Tomás Alonso García y a todo el equipo de Pedagogía Terapéutica, por su disposición y colaboración en la realización del experimento.

También agradecer a los padres y alumnos que participaron en el estudio realizado.

Finalmente, a Ricardo Colina Hernando por asistir como oyente externo en el experimento y colaborar con observaciones para mejorar el proyecto.

Resumen

La tecnología ha sufrido un gran desarrollo en los últimos años. Este progreso ha permitido potenciar esta herramienta tan útil en otros ámbitos de la sociedad. La medicina, la industria o el turismo han visto claras mejoras desde la aparición de recursos tecnológicos.

Otro de los campos que se ha visto influenciado por la tecnología es el ámbito educativo. En la actualidad todos los centros educativos, independientemente de la etapa escolar que impartan hacen uso de herramientas tecnológicas en su día a día. Por ejemplo, el uso de internet, aulas virtuales, la creación de presentaciones digitales o la Realidad Aumentada.

Esta última puede ser una gran aliada del aula, pues facilita la explicación de contenidos curriculares de una manera lúdica e interactiva y es una manera más atractiva y cercana para el alumnado. Además, el uso de un recurso tan visual puede ser de gran ayuda para los alumnos con mayores dificultades o con grandes carencias educativas. Aunque se han realizado algunos experimentos que demuestran esta influencia, su uso no está muy estandarizado.

Este proyecto de fin de grado trata sobre el desarrollo de un videojuego didáctico, enfocado para alumnos con necesidades educativas especiales, que mediante el uso de la realidad aumentada busca que los estudiantes puedan entender correctamente las figuras geométricas correspondientes a su currículo escolar. A lo largo de todo el documento se encuentran explicados todos los aspectos relevantes para comprender el funcionamiento de la aplicación desarrollada. También, los resultados obtenidos tras la realización de un experimento con estudiantes reales para comprobar la repercusión real de esta herramienta en un aula de Educación Secundaria Obligatoria.

Palabras clave: Realidad Aumentada, Necesidades Educativas Especiales, Videojuego, Pedagogía.

Abstract

Technology has undergone tremendous development in recent years. This progress has allowed this useful tool to be leveraged in other areas of society. Medicine, industry, and tourism have all seen clear improvements since the emergence of technological resources.

Another field that has been influenced by technology is education. Currently, all educational centers, regardless of the grade level they teach, use technological tools in their daily routines. For example, the use of the internet, virtual classrooms, the creation of digital presentations, and Augmented Reality.

The latter can be a great ally in the classroom, as it facilitates the explanation of curricular content in a fun and interactive way, providing a more engaging and relatable experience for students. Furthermore, the use of such a visual resource can be of great help to students with greater difficulties or significant educational deficiencies. Although some experiments have been conducted that demonstrate this influence, its use is not widely standardized.

This final degree project focuses on the development of an educational video game, designed for students with special educational needs. This video game uses augmented reality to help students correctly understand the geometric shapes associated with their school curriculum. Throughout the document, all relevant aspects are explained to understand how the developed application works. The results obtained after conducting an experiment with real students to test the real-world impact of this tool in a compulsory secondary education classroom are also presented.

Keywords: Augmented Reality, Special Needs, Video Game, Pedagogy.

Índice general

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Introducción | 1 |
| 1.1 | Objetivos | 2 |
| 1.2 | Motivación | 3 |
| 1.3 | Justificación | 5 |
| 2 | Estado del arte | 8 |
| 2.1 | Herramientas y tecnologías | 8 |
| 2.2 | Videojuegos | 10 |
| 2.3 | La Realidad Aumentada | 11 |
| 2.4 | La realidad aumentada en educación | 12 |
| 2.5 | Estudios similares | 13 |
| 3 | Metodología | 15 |
| 3.1 | Metodología del desarrollo software | 15 |
| 3.2 | Metodología experimental | 17 |
| 4 | Desarrollo del proyecto | 19 |
| 4.1 | Desarrollo de la aplicación | 19 |
| 4.2 | Desarrollo del experimento | 30 |
| 5 | Resultados del proyecto | 35 |
| 5.1 | Resultados de la aplicación | 35 |
| 5.2 | Resultados del experimento | 53 |
| 6 | Discusión | 59 |
| 6.1 | El uso de pantallas en educación. | 59 |
| 6.2 | Aporte de la Realidad Aumentada al aprendizaje | 60 |
| 6.3 | Atención a los Alumnos con Necesidades Educativas Especiales | 61 |
| 6.4 | Fiabilidad del experimento | 62 |
| 7 | Impacto social y medioambiental | 63 |
| 7.1 | Impacto social | 63 |

| | | |
|----------|----------------------------------|-----------|
| 7.2 | Impacto medioambiental | 64 |
| 8 | Líneas futuras | 65 |
| 8.1 | Mejoras técnicas | 65 |
| 8.2 | Contenido | 68 |
| 8.3 | Educación | 70 |
| 9 | Conclusiones | 71 |

Índice de figuras

| | | |
|------|--|----|
| 2.1 | Juegos desarrollados en Unity Engine | 9 |
| 3.1 | Ejemplos de listas de tareas organizadas en Trello | 16 |
| 3.2 | Cronograma del proyecto al finalizar el desarrollo | 17 |
| 4.1 | Diagrama de casos de uso de la aplicación | 22 |
| 4.2 | Diagrama de flujo de las animaciones del cubo | 26 |
| 5.1 | Imágenes referencia | 36 |
| 5.2 | Cubo | 38 |
| 5.3 | Ejemplos del cubo | 38 |
| 5.4 | Prisma cuadrangular | 39 |
| 5.5 | Ejemplos del prisma cuadrangular | 40 |
| 5.6 | Pirámide cuadrangular | 41 |
| 5.7 | Ejemplos de la pirámide cuadrangular | 41 |
| 5.8 | Esfera | 42 |
| 5.9 | Ejemplos de la esfera | 43 |
| 5.10 | Cilindro | 44 |
| 5.11 | Ejemplos del cilindro | 44 |
| 5.12 | Cono | 45 |
| 5.13 | Ejemplos del cono | 46 |
| 5.14 | Entornos | 47 |
| 5.15 | Diagrama de flujo que muestra la trazabilidad de la aplicación | 48 |
| 5.16 | Menú principal | 49 |
| 5.17 | Menús de la RA | 50 |

| | | |
|------|---|----|
| 5.18 | Menús de los entornos | 51 |
| 5.19 | Créditos | 52 |
| 5.20 | diseño final | 53 |
| 5.21 | Gráfico que muestra la comparativa del primer entorno | 54 |
| 5.22 | Gráfico que muestra la comparativa del segundo entorno | 55 |
| 5.23 | Gráfico que muestra la comparativa de la media de figuras encontradas | 55 |

Índice de tablas

| | | |
|-----|--|----|
| 5.1 | Tabla con los resultados específicos del experimento | 56 |
|-----|--|----|

1.

Introducción

En las últimas décadas, la educación ha experimentado una transformación impulsada por la incorporación progresiva de las tecnologías digitales. Este cambio no solo ha permitido enriquecer los métodos pedagógicos tradicionales, sino que también ha abierto nuevas posibilidades para atender la diversidad presente en el aula. En este contexto, los avances en tecnologías inmersivas, como la [Realidad Aumentada \(RA\)](#), han comenzado a posicionarse como herramientas con un enorme potencial para personalizar el aprendizaje, hacerlo más accesible y fomentar una comprensión más profunda y significativa de los contenidos escolares, especialmente para aquellos estudiantes que requieren un enfoque educativo diferenciado, como es el caso de los [Alumno con Necesidades Educativas Especiales \(ACNEEs\)](#).

Además, no podemos olvidar que el sistema educativo actual está viviendo un proceso de cambio y de transformación en relación a las tecnologías. La eficacia y adecuación de las herramientas digitales está siendo cuestionada y es necesario demostrar si la tecnología tiene cabida dentro del aula o si es una herramienta que no aporta avances a nivel pedagógico y educativo.

El presente [Proyecto Fin de Grado \(PFG\)](#) surge como respuesta a la necesidad de desarrollar materiales y recursos didácticos que favorezcan la inclusión educativa, con especial atención al área de las matemáticas, una de las disciplinas que con mayor frecuencia presenta dificultades de comprensión en este tipo de alumnado. En particular, se ha detectado que la enseñanza de las figuras geométricas, pese a formar parte del currículo básico de Educación Secundaria, puede resultar abstracta y compleja para muchos [ACNEEs](#), debido a limitaciones en habilidades espaciales, cognitivas o comunicativas. Por ello, se propone el diseño, desarrollo e implementación de una aplicación educativa basada en [RA](#), que permite a los estudiantes visualizar el ensamblaje de figuras geométricas en tres dimensiones y observarlas desde diferentes perspectivas; comprendiendo sus propiedades de manera más intuitiva, experiencial y con ejemplos cotidianos.

La elección de la [RA](#) como herramienta pedagógica se fundamenta en su capacidad para fusionar el mundo físico con elementos digitales en tiempo real, proporcionando una experiencia de aprendizaje más visual y motivadora. Esto resulta especialmente beneficioso para los [ACNEEs](#), ya que permite adaptar los contenidos a diferentes estilos de aprendiza-

je y ofrece un entorno seguro en el que experimentar, equivocarse y aprender de forma autónoma. Además, la RA puede contribuir a mejorar la atención, la interiorización de la información y el compromiso del estudiante, aspectos clave en la educación inclusiva.

Una de las particularidades de este proyecto es que no se quedará en una fase teórica o de diseño, sino que se implementará y validará en un entorno real de aprendizaje, trabajando directamente con alumnos y alumnas con diferentes perfiles de necesidades educativas especiales. Para poder llevarlo a cabo se contará con la participación del profesorado del centro donde se van a impartir las sesiones, colaborando de manera activa para que el resultado sea útil y esté adaptado a las propias necesidades del centro, así como de los estudiantes teniendo en cuenta el nivel curricular y otros factores socioemocionales.

Esta experiencia práctica va a permitir observar de manera directa el impacto del uso de la aplicación, recoger datos significativos sobre su eficacia pedagógica y recoger impresiones tanto del alumnado como del profesorado, lo que aporta un valor añadido al estudio y permitirá realizar un análisis más profundo y fundamentado de sus beneficios y limitaciones.

En definitiva, este trabajo pretende demostrar que la tecnología, bien aplicada y contextualizada, puede convertirse en un puente hacia una educación más inclusiva, equitativa y eficaz. A través del desarrollo de esta aplicación de RA y su evaluación en el aula, se busca no solo mejorar el aprendizaje de contenidos específicos como las figuras geométricas, sino también avanzar hacia una concepción de la enseñanza más abierta, flexible y centrada en las necesidades reales del alumnado.

1.1. Objetivos

El objetivo principal de este PFG es desarrollar y evaluar una herramienta educativa basada en RA que mejore la comprensión de las figuras geométricas en ACNEEs durante la etapa de Educación Secundaria Obligatoria (ESO). De esta manera, se busca lograr una mejora en los recursos y metodologías, así como un uso responsable y efectivo de los mismos, en el contexto de la educación actual hacia un entorno de aprendizaje más inclusivo y personalizado, que se adapte mejor a las características individuales de cada uno de los alumnos y alumnas que podemos encontrar en las aulas. Para ello, se plantean los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Desarrollar una aplicación educativa de RA que facilite la enseñanza y el aprendizaje de figuras geométricas a ACNEEs, promoviendo una experiencia de aprendizaje visual, accesible e inclusiva.

Objetivos específicos

1. Analizar las necesidades específicas de los ACNEEs en relación con el aprendizaje de la geometría en el contexto de la Educación Secundaria.
2. Revisar el estado actual de las tecnologías de RA aplicadas al ámbito educativo, con especial atención a las matemáticas y contextos inclusivos.
3. Diseñar e implementar una aplicación interactiva de RA que permita visualizar figuras geométricas tridimensionales de forma intuitiva y accesible.
4. Aplicar los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) para asegurar que la herramienta se adapte a la diversidad de perfiles del alumnado.
5. Validar la herramienta en un entorno real de aprendizaje, trabajando con ACNEEs en un centro educativo, evaluando su usabilidad, accesibilidad y eficacia pedagógica.
6. Evaluar el impacto de la aplicación en la comprensión de las figuras geométricas, así como en la motivación y participación del alumnado durante las sesiones.
7. Recoger las opiniones y valoraciones del profesorado implicado, con el fin de obtener retroalimentación cualitativa sobre la utilidad de la herramienta.
8. Extraer conclusiones y elaborar recomendaciones para futuras mejoras, aplicaciones similares o investigaciones en el ámbito de la educación inclusiva y la tecnología educativa.

1.2. Motivación

La elección del tema de este PFG surge de la confluencia de dos factores personales que han influido profundamente en mi proceso formativo y vocacional: por un lado, mi afición

por los videojuegos, y por otro, la influencia de un entorno cercano compuesto por docentes comprometidos con una educación inclusiva y de calidad.

Desde muy joven he sentido una fuerte atracción por los videojuegos, no solo como forma de entretenimiento, sino como un medio capaz de generar experiencias inmersivas, motivadoras y altamente estimulantes. Esta pasión me ha llevado a interesarme por los mecanismos de interacción, narrativa y diseño que hacen de los videojuegos una herramienta poderosa para el aprendizaje. En este sentido, la RA representa una tecnología interactiva e inmersiva y que, al ser aplicada al ámbito educativo, puede transformar la manera en que los estudiantes se enfrentan a contenidos tradicionalmente abstractos o difíciles de asimilar.

Además, dentro de mi formación académica he podido ver el uso de la RA gracias a la asignatura de Construcción y diseño de interfaces gráficas de usuario. Este primer contacto con ella, me permitió desarrollar un mayor interés hacia su aplicación. El PFG ha sido una oportunidad para aumentar mi conocimiento sobre el uso y creación de una aplicación a través de esta herramienta.

A esta motivación personal se suma la influencia de mi entorno familiar y social, en el que convivo con varias personas que ejercen la docencia en distintos niveles educativos. A través de sus experiencias he podido conocer de primera mano los desafíos que enfrentan día a día en el aula, especialmente cuando trabajan con ACNEEs. Su compromiso con una pedagogía inclusiva, adaptada y centrada en el alumnado me ha inspirado a buscar soluciones tecnológicas que puedan contribuir de forma real y tangible a mejorar el acceso al conocimiento para todo el alumnado.

“We need technology in every classroom and in every student and teacher's hand, because it is the pen and paper of our time, and it is the lens through which we experience much of our world.”

— David Warlick [1]

Así, este PFG representa la convergencia entre una pasión personal y una preocupación social: el deseo de aplicar mis conocimientos en desarrollo tecnológico y diseño digital al servicio de la educación inclusiva. En particular, el campo de las matemáticas, y de una forma más concreta, la enseñanza de la geometría, ofrece un espacio idóneo para explorar las ventajas de la RA como herramienta didáctica visual y accesible. Mi intención ha sido, por tanto, crear un recurso que no solo sea funcional y tecnológicamente innovador, sino también pedagógicamente significativo y alineado con los valores de equidad y accesibilidad.

1.3. Justificación

La realización de este proyecto se basa en una serie de fundamentos que explican su importancia y necesidad desde distintas perspectivas: la relevancia práctica, el respaldo teórico, la identificación de vacíos en la investigación y su aporte concreto a la comunidad educativa y social. Por ello, vamos a analizar todas y cada una de ellas, de manera que se obtenga una comprensión profunda y completa de las razones que promueven esta investigación.

1.3.1. Relevancia del tema

La enseñanza de las figuras geométricas es una parte esencial del currículo de matemáticas en la educación secundaria. Aunque se inicia en la etapa inferior de Educación Primaria, suele ser uno de los contenidos que se movilizan durante el último trimestre del curso académico y que, por lo tanto, no siempre utilizan el tiempo suficiente para favorecer una comprensión profunda del bloque. Es por ello, que gran cantidad del alumnado comienza su escolarización en la ESO con algunas carencias de base, que dificultan el aprendizaje de conceptos más abstractos o complejos, a pesar de la gran relación que tiene con nuestra vida cotidiana.

Además, estas dificultades se ven acrecentadas de manera particular en los ACNEEs. Estos estudiantes a menudo enfrentan barreras cognitivas, perceptivas o motoras que dificultan la comprensión de conceptos espaciales y formas geométricas, lo que puede afectar negativamente su progreso académico y su motivación hacia las matemáticas. Su ritmo de aprendizaje, el cual suele ser más lento, es una gran problemática que se une a los obstáculos que todos los estudiantes pueden presentar.

En este contexto, la escasez de recursos didácticos adaptados y accesibles es un problema concreto que este proyecto intenta abordar. La aplicación de tecnologías innovadoras, como la RA, abre nuevas posibilidades para facilitar aprendizajes más visuales, interactivos y significativos, que pueden ayudar a superar estas dificultades y fomentar la inclusión educativa.

1.3.2. Justificación teórica

El desarrollo de esta aplicación se fundamenta en marcos teóricos sólidos. En primer lugar, sobre el uso de los videojuegos en el ámbito educativo. Está demostrado que el uso de ellos en el aula fomenta la participación activa y una mayor motivación. Son recursos atractivos para los estudiantes, por lo que pueden ayudar a la adquisición de aprendizajes.

Por otro lado, la aplicación se ha creado siguiendo los principios propios del [DUA](#), que promueve la creación de recursos educativos flexibles y accesibles para toda la diversidad del alumnado, especialmente para quienes presentan necesidades especiales. Además, se apoya en enfoques constructivistas y socioconstructivistas que resaltan la importancia del aprendizaje activo y la construcción de conocimiento a través de la experiencia.

Por último, la literatura científica sobre el uso de la [RA](#) en educación indica que esta tecnología mejora la percepción espacial, la atención y la motivación, aspectos críticos en el aprendizaje de las matemáticas y la geometría. Asimismo, teorías de la psicología cognitiva sugieren que el aprendizaje multisensorial favorece la retención y comprensión, lo que justifica el uso de medios visuales como los que proporciona la [RA](#).

1.3.3. Brecha en el conocimiento

A pesar del creciente interés por las tecnologías educativas, la mayoría de las investigaciones y desarrollos en [RA](#) se han enfocado en contextos generales. Existe, por tanto, una notable carencia de estudios que evalúen específicamente el impacto y la usabilidad de estas herramientas en [ACNEEs](#). Esta falta de evidencia empírica limita la capacidad para diseñar aplicaciones que respondan eficazmente a sus necesidades particulares y para validar su eficacia en entornos reales.

Otro factor que dificulta el conocimiento en este ámbito es la falta de formación por parte de los maestros y profesores suficiente para diseñar aplicaciones o videojuegos basados en [RA](#) que contribuyan al aprendizaje. Esto implica una brecha entre las aplicaciones educativas, que utilizan una tecnología sencilla junto con las aplicaciones de [RA](#), que no suelen tener en cuenta factores como el currículo educativo o los factores emocionales del alumnado.

El presente proyecto contribuye a cerrar esta brecha mediante la creación de una aplicación pensado para esta población y la realización de pruebas con alumnos reales, generando datos que pueden servir de base para futuras investigaciones y mejoras.

1.3.4. Contribución práctica

Más allá del aporte teórico, este trabajo tiene un fuerte componente práctico, al desarrollar una herramienta tecnológica que puede ser incorporada en la práctica docente para enriquecer las estrategias de enseñanza de la geometría en entornos inclusivos. La aplicación propuesta permitirá a los docentes contar con un recurso innovador que facilita la visualización y comprensión de figuras geométricas en tres dimensiones, adaptándose a las características de ACNEEs.

Esto no solo mejora el acceso y la comprensión de contenidos matemáticos, sino que también puede incrementar la motivación, la participación y la autoestima del alumnado. En un plano más amplio, esta contribución favorece la integración social y educativa de ACNEEs, promoviendo valores de equidad y accesibilidad. Asimismo, la experiencia adquirida en el diseño y evaluación del prototipo aporta conocimientos prácticos valiosos para futuros desarrollos tecnológicos y educativos.

Por último, la investigación pretende crear una herramienta adaptada a las necesidades reales de los docentes y a las características de los centros educativos, donde los recursos tecnológicos suelen ser escasos y poco útiles, con grandes carencias que crean malestar y rechazo en el profesorado a su utilización.

1.3.5. Compromiso social y personal

El proyecto nace de una inquietud personal por unir tecnología y educación, y de un entorno cercano con profesionales de la docencia sensibilizados con los retos de la inclusión educativa que expresan y resaltan ciertas carencias en el sistema educativo actual que con relativa facilidad pueden ser disminuidas.

Esta motivación se traduce en un firme compromiso con la mejora de las oportunidades de aprendizaje para todos los estudiantes, especialmente aquellos en situación de vulnerabilidad o con necesidades educativas especiales. Asimismo, se busca contribuir activamente al desarrollo de una sociedad más equitativa, mediante el diseño de soluciones tecnológicas que respondan a principios de accesibilidad, equidad e innovación pedagógica.

2.

Estado del arte

En el estado del arte se va tratar de explicar el contexto en el que se desarrolla este PFG. Para ello, se explicarán las herramientas usadas para el desarrollo del videojuego, así como la evolución de los videojuegos y de la RA haciendo énfasis en sus aplicaciones en la educación y sus beneficios pedagógicos. Para finalizar, se repasarán algunos proyectos similares que se han llegado a realizar.

2.1. Herramientas y tecnologías

A continuación se mostrarán las distintas herramientas y tecnologías que se han utilizado para el desarrollo de este PFG. Entre las cuales se encuentran aplicaciones, como el motor de desarrollo, que han sido vitales para el correcto funcionamiento del resultado final.

2.1.1. Unity

[Unity Engine](#) [2] es un motor de desarrollo de videojuegos multiplataforma, que permite crear aplicaciones y juegos en 2D y 3D. Es ampliamente utilizado en la industria del videojuego y en el desarrollo de aplicaciones interactivas debido a su flexibilidad, facilidad de uso y amplia comunidad de desarrolladores. [Unity Engine](#) proporciona un entorno de desarrollo integrado que incluye herramientas para la creación de gráficos, animaciones, físicas y sonido.

Visual Studio Code y C#

[Visual Studio Code](#) [3] es un editor de código fuente ligero y multiplataforma desarrollado por [Microsoft](#). Es ampliamente utilizado por desarrolladores de software debido a su versatilidad, extensibilidad y soporte para múltiples lenguajes de programación. [Visual Studio Code](#) ofrece características como resaltado de sintaxis, autocompletado, depuración y

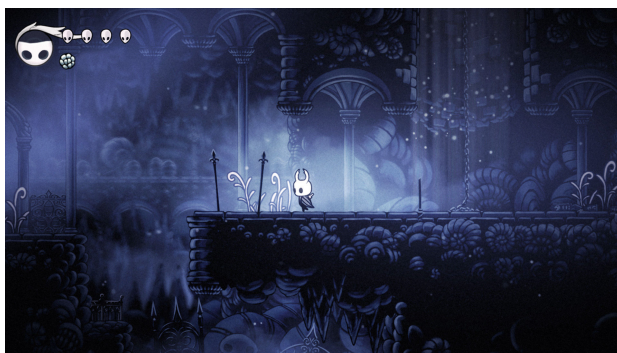
control de versiones, lo que lo convierte en una herramienta popular para el desarrollo de aplicaciones web, móviles y de escritorio.

C# es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por **Microsoft**. Es ampliamente utilizado en el desarrollo de aplicaciones y es el lenguaje principal que emplea **Unity Engine** para la creación de videojuegos. **C#** ofrece una sintaxis clara y concisa, así como un fuerte soporte para la programación orientada a objetos.

Vuforia

Vuforia Engine [4] es una plataforma de **RA** que se integra con **Unity Engine** para permitir el desarrollo de aplicaciones que combinan elementos virtuales con el mundo real. Proporciona herramientas para el reconocimiento de imágenes, objetos y entornos, lo que permite superponer contenido digital sobre el mundo físico. **Vuforia Engine** es conocida por su capacidad para reconocer una amplia variedad de marcadores y por su facilidad de uso en la creación de experiencias interactivas.

Unity Engine ha sido utilizado para el desarrollo de grandes títulos en la industria de los videojuegos, como pueden ser *Hollow Knight* (Figura 2.1a) o *Outer Wilds*. Además, de la mano de **Vuforia Engine**, se han creado juegos de **RA** como *Pokémon Go* (Figura 2.1b).



(a) Hollow Knight



(b) Pokémon GO

Figura 2.1. Juegos desarrollados en **Unity Engine**

2.1.2. Blender

Blender [5] es un software de creación y edición de modelos 3D, que permite realizar tareas de modelado, animación, renderizado y composición. Es una herramienta de código

abierto y gratuita, ampliamente utilizada en la industria del cine, los videojuegos y la visualización arquitectónica. [Blender](#) ofrece un conjunto completo de herramientas para la creación de gráficos tridimensionales, incluyendo modelado poligonal, escultura digital, texturización, iluminación y simulación física, lo que lo convierte en una opción popular entre artistas y desarrolladores 3D.

2.1.3. GIMP

[GIMP](#) [6] es un software de edición de imágenes basado en mapas de bits, que permite realizar tareas de retoque fotográfico, composición y creación de imágenes. Ofrece una amplia gama de herramientas para la manipulación de imágenes, incluyendo capas, filtros, herramientas de selección y edición avanzada, lo que lo convierte en una herramienta versátil para diseñadores gráficos y fotógrafos.

2.1.4. Pictarize

[Pictarize](#) [7] es un editor web que permite crear y publicar aplicaciones web AR interactivas con modelos 3D, vídeos, audios y textos. Además, cuenta con un analizador que permite calificar imágenes como referencias para la [RA](#).

2.2. Videojuegos

En cuanto a los videojuegos, como se dice en [8] se considera que el primero fue “*Nought and Crosses*”, desarrollado en 1952, una versión digital del famoso juego “Tres en raya”. Más adelante, durante los años 60 y 70 se continuó con la adaptación de otros juegos clásicos a ordenar y aparecen los juegos arcade. En los 90 se registra un gran salto técnico de la mano de las consolas de 16 bits. Con estos últimos avances se empezaron a implementar las primeras tecnologías 3D hasta llegar a la actualidad donde se ha logrado un refinamiento de los gráficos tridimensionales muy pulido.

La tridimensionalidad en los videojuegos comenzó con la vista isométrica. Una vista que mediante gráficos bidimensionales lograba dar una visión en tres dimensiones sien do el primer acercamiento a los gráficos actuales. Más adelante, se avanzó a la vista cónica simulada, esta vista refinaba la recreación de gráficos 3D. Por último se llegó a los gráficos

actuales cada vez son más realistas como bien se especifica en [9].

Por último, los primeros estudios se realizaron en universidades como la *National University of Singapore* la cual implemento el famoso juego *PacMan* donde el usuario podía ser un fantasma y el laberinto eran las calles de la ciudad, como se especifica en [10]. Gracias a todos estos avances hoy en día es relativamente simple desarrollar este tipo de tecnologías.

2.3. La Realidad Aumentada

El desarrollo tecnológico ha sido amplio en las últimas décadas, llegando a lograr un progreso mucho mayor al esperado. La utilización de elementos tecnológicos se ha extrapolado a otros ámbitos de la vida, haciendo uso de sus beneficios en contextos antes inimaginables.

Uno de los aspectos que ha evolucionado es la RA. La RA es una herramienta relativamente nueva, que surgió en torno a 1960. Autores como [11] indican que “La tecnología de realidad aumentada constituye una mezcla de información física y digital en tiempo real mediante distintos soportes tecnológicos, como pueden ser *Tablets* o smartphones, para crear de esta forma una nueva realidad.”. De esta manera, podemos destacar que une el mundo real con las posibilidades que ofrece el entorno digital.

Además, dentro de ella, se han desarrollado diferentes tipos, dependiendo de la imagen o marcador que sea reconocido por la herramienta digital [12]:

- RA basada en el reconocimiento de patrones o marcas: los marcadores son símbolos o imágenes que se superponen al reconocerlos.
- RA basada en el reconocimiento de imágenes *Markerless*: se reconoce la propia imagen, que aumenta de tamaño para poder ser observada en tres dimensiones.
- RA basada en la geolocalización: se utiliza un punto de interés para visualizar el entorno cercano en la pantalla.

2.4. La realidad aumentada en educación

La introducción de la RA en la educación ha sido muy reciente y por ello, no hay gran cantidad de estudios sobre ello. En los últimos años, muchos de ellos se han centrado en conocer el grado de satisfacción del alumnado frente al uso de estas tecnologías, con resultados muy positivos [13]. Por otro lado, no se han obtenido resultados concluyentes sobre la mejora del aprendizaje, ya que afectan otros factores como la facilidad de aplicación, ya que suelen depender de las conexiones wifi del centro o la poca cercanía de docentes y alumnado a este tipo de recursos, que puede llegar a consumir la concentración y el nivel atencional de los sujetos participantes.

En la enseñanza de las matemáticas se observan resultados similares, siendo una herramienta eficaz, especialmente en geometría. Según [14], se han documentado mejoras en la motivación, la actitud, la autoeficacia y las habilidades espaciales. Estos beneficios surgen en parte porque la RA permite representar visualmente conceptos abstractos, facilitando una comprensión más intuitiva y significativa del contenido matemático. Asimismo, [15] muestra que el uso de materiales didácticos con RA incrementa la comprensión tridimensional en estudiantes de secundaria, lo cual es crucial en áreas como geometría y trigonometría, donde la visualización espacial desempeña un rol central.

De forma complementaria, [16] destaca el potencial de la RA para mejorar la visualización de objetos y conceptos matemáticos complejos, lo que no solo beneficia el aprendizaje inmediato, sino que también fortalece las habilidades cognitivas espaciales a largo plazo. Esta capacidad de representar modelos dinámicos convierte a la RA en una aliada poderosa en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Los juegos didácticos con RA facilitan el aprendizaje activo y significativo al promover la exploración, la resolución de problemas y la interacción constante con el contenido. Durante la pandemia, un estudio realizado por [17] en Indonesia evidenció que el uso de RA en geometría 3D mejoró la comprensión conceptual de los estudiantes y fomentó actitudes positivas hacia el aprendizaje. Esto se debe a que los entornos lúdicos impulsados por la RA permiten un aprendizaje experiencial, en el que los estudiantes no solo observan pasivamente, sino que participan activamente en la construcción de su conocimiento. Además, este tipo de herramientas fomenta la colaboración entre pares, el pensamiento crítico y la autonomía del estudiante, contribuyendo a una experiencia educativa más enriquecedora y memorable.

A pesar de sus beneficios, la integración de la RA en la educación enfrenta barreras significa-

tivas. Una revisión de [18] indica que los principales desafíos incluyen limitaciones tecnológicas, falta de formación docente y escasa integración curricular. Estos obstáculos impiden una adopción generalizada y efectiva de la RA en las aulas, especialmente en contextos con escasos recursos tecnológicos o baja conectividad. [19] añade que la sobrecarga cognitiva puede ser un riesgo si no se diseña cuidadosamente la experiencia RA, ya que una presentación excesiva de estímulos puede dificultar la concentración y el procesamiento de la información.

Por su parte, [20] destaca la necesidad de vincular la innovación tecnológica con una planificación pedagógica efectiva, lo que implica que la RA debe integrarse como una herramienta que complemente estrategias didácticas bien fundamentadas, en lugar de ser usada de manera aislada o superficial. Esto requiere un enfoque holístico, que contemple la capacitación docente, la adecuación del currículo y la evaluación continua del impacto educativo.

Por último, la RA también tiene aplicaciones prometedoras para ACNEEs. Según [21], las tecnologías inmersivas deben considerar principios de accesibilidad desde su diseño, ya que existen barreras para estudiantes con discapacidad visual, auditiva o cognitiva. La adopción de estándares inclusivos y el diseño universal para el aprendizaje son fundamentales para garantizar que todos los estudiantes puedan beneficiarse de las oportunidades que ofrece la RA.

Además, [22] concluye que la RA puede ser una intervención eficaz para el desarrollo de habilidades en personas con Trastorno del Espectro Autista (TEA), proporcionando entornos controlados, visualmente claros y altamente interactivos, que favorecen el aprendizaje y la participación. [23] respalda estos hallazgos y subraya la mejora de la motivación, el compromiso y la participación en contextos educativos inclusivos. Estas evidencias sugieren que la RA no solo puede compensar ciertas limitaciones, sino también potenciar habilidades específicas, contribuyendo a una educación más equitativa y personalizada.

2.5. Estudios similares

A lo largo de los últimos años se han realizado diferentes experimentos y experiencias que han buscado conocer la relación que existe entre la mejora del rendimiento académico junto con su enseñanza a través de la RA. [24] utilizó esta herramienta para mejorar el conocimiento de alumnado de 2º ESO en relación a las familias de instrumentos. Para ello, se crearon dos grupos, uno que utilizaba la RA para mostrar dichas figuras, mientras que

el otro lo realizaba de una manera más tradicional; en ambos casos, tras las explicaciones tuvieron que realizar un trabajo escrito en grupo sobre la temática. Por su parte, [25] hizo uso de la RA para mejorar en la enseñanza de la inteligencia espacial y la comprensión de las vistas en la asignatura de tecnología. La metodología utilizada fue similar a la anterior. Ambos experimentos obtuvieron conclusiones similares, mostrando que el uso de la RA mejoraba la participación y la actitud de los estudiantes gracias al enfoque lúdico y que ello iba acompañado de una mejora de rendimiento, sobre todo en el alumnado que inicialmente presentaba niveles más bajos.

Centrándonos en el uso de la RA en la enseñanza de las matemáticas no son muy comunes experimentos de este tipo. Aun así, [26] realizó una revisión bibliográfica junto con una encuesta para conocer la percepción de docentes y alumnado frente a esta herramienta. Como conclusiones, mientras que los encuestados destacaban que la RA presenta un bajo nivel de aplicabilidad y usabilidad en el aula; los autores destacan las potencialidades de su aplicación, principalmente en relación con la estimulación de la motivación y el aprendizaje de contenidos.

Además, también se han encontrado estudios teóricos sobre el diseño de recursos didácticos con RA centrados en la enseñanza de la geometría como el [27]. Aun así, este trabajo solo se centra en la presentación de dichos recursos, destacando que su uso puede favorecer la motivación, el uso de explicaciones más innovadoras y atractivas y facilitar el aprendizaje de conceptos más abstractos como la relación entre las figuras planas y tridimensionales.

Tras analizar todos estos trabajos vemos que, aunque ya se han realizado experimentos para comprobar los beneficios de la RA en algunas materias de ESO, las matemáticas no han sido una de ellas, quedándose en un plano más teórico. Además, los estudios coinciden en que mejora el rendimiento del alumnado con menor rendimiento, pero no se observan indicaciones sobre ACNEEs o alumnado que presente un verdadero desfase curricular. Estos serían aspectos a tener en cuenta a la hora de diseñar el nuevo experimento que se pretende en este PFG.

3.

Metodología

En este apartado se van a explicar las distintas metodologías empleadas durante el desarrollo del videojuego pedagógico y del estudio realizado con [ACNEEs](#). Se profundizará explicando el funcionamiento y método de aplicación de los métodos empleados.

3.1. Metodología del desarrollo software

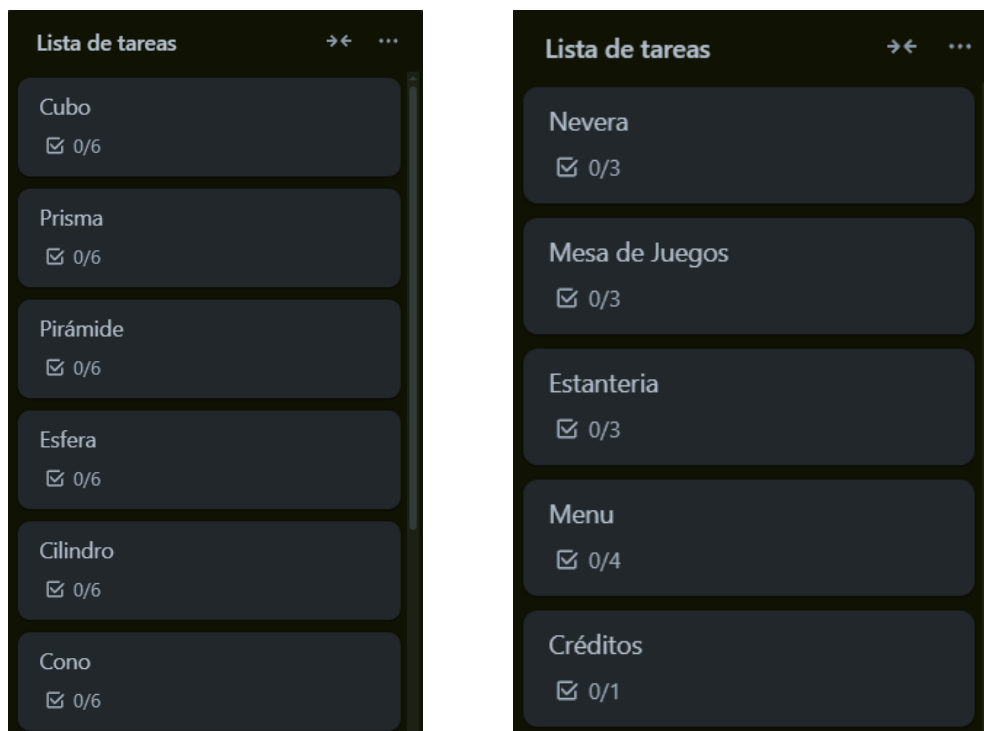
Para la gestión y organización del desarrollo del proyecto se empleó la metodología *Kanban*, una técnica ágil que facilita la visualización del flujo de trabajo y la priorización de tareas. En este caso particular, se utilizó una versión adaptada de **Kanban Personal**, dado que el proyecto fue desarrollado de forma individual. Esta variante conserva los principios fundamentales de *Kanban*, pero optimiza su aplicación para una única persona, promoviendo el enfoque, la autogestión y la productividad sostenida a lo largo del tiempo.

El sistema se basa en el uso de un tablero visual dividido en tres columnas principales: **Lista de tareas**, **En proceso** y **Hecho**. Cada columna contiene tarjetas que representan tareas específicas, las cuales pueden estar subdivididas en subtareas para facilitar su seguimiento y asegurar su completitud. Esta segmentación del sistema ayudó a mantener el enfoque en objetivos concretos, evitando la sobrecarga de trabajo y permitiendo ajustes dinámicos a medida que avanzaba el desarrollo. Además, se estableció un **Límite de Tareas Activas** que restringía el número de actividades simultáneamente en desarrollo, para así evitar la dispersión y centrar los esfuerzos en finalizar tareas antes de comenzar nuevas.

Cada tarea fue planificada y evaluada en términos de esfuerzo utilizando [Story Points \(SPs\)](#), una unidad de medida comúnmente empleada en metodologías ágiles para representar la carga de trabajo estimada. En este caso, 1 [SP](#) equivale aproximadamente a una semana de trabajo a tiempo parcial, considerando no solo la duración cronológica sino también la complejidad técnica, el grado de incertidumbre y la carga cognitiva involucrada.

El uso de esta metodología personal proporcionó un mapa visual claro del estado de las tareas, facilitando la identificación rápida de cuáles estaban pendientes, en desarrollo o fina-

lizadas. Esto contribuyó directamente a mejorar la organización individual, el seguimiento del progreso y la gestión del tiempo de forma realista y adaptable. Para su implementación, se utilizó el *Software Trello*, que permite crear tableros digitales accesibles, personalizables y eficaces para el trabajo en solitario.



(a) Tareas relacionadas con las figuras geométricas

(b) Tareas relacionadas con los entornos virtuales

Figura 3.1. Ejemplos de listas de tareas organizadas en Trello

La asignación de *SPs* a cada bloque de trabajo permitió planificar de manera progresiva y flexible el avance del proyecto. Las tareas se estructuraron y estimaron del siguiente modo:

- **Desarrollo de las figuras geométricas:** 1.5 *SPs*, porque implicó la creación visual de las imágenes referencia, los modelos tridimensionales y su correcta integración funcional en el entorno de *RA*.
- **Implementación de los entornos virtuales:** 2 *SPs*, dado que requirió la búsqueda, adaptación y posicionamiento de los objetos, así como asegurar la estabilidad y usabilidad de la experiencia interactiva.
- **Diseño del menú y créditos:** no se estimaron explícitamente, ya que su desarrollo

fue progresivo e incremental. Estas tareas se integraron de forma orgánica durante las fases de prueba y ajuste de la navegación y presentación visual.

El seguimiento continuo de las tareas a través del tablero *Kanban* permitió realizar revisiones semanales informales, en las que se ajustaron prioridades, se eliminaron tareas no necesarias y se reprogramaron aquellas que requerían mayor esfuerzo del previsto inicialmente. Esta capacidad de adaptación fue clave para mantener el ritmo de trabajo, especialmente ante bloqueos técnicos o decisiones de rediseño.

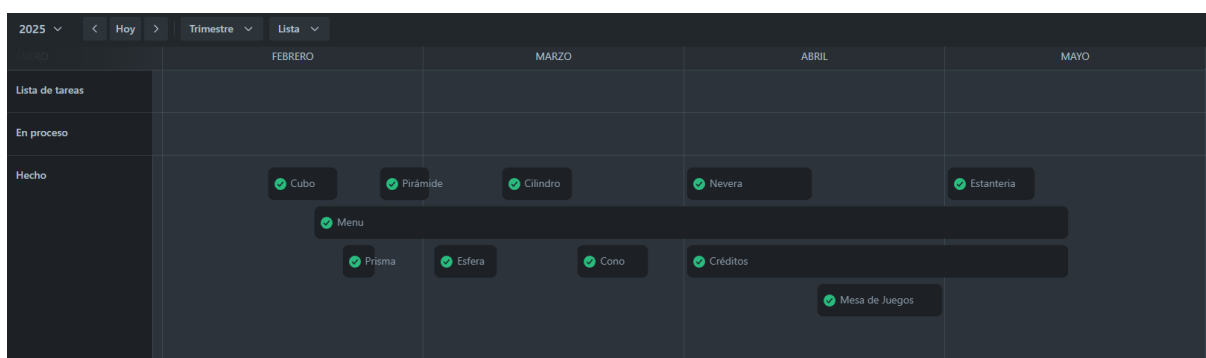


Figura 3.2. Cronograma del proyecto al finalizar el desarrollo

En resumen, el uso de *Kanban Personal* facilitó un desarrollo ordenado, flexible y centrado en objetivos, adaptado a las particularidades de un proyecto llevado a cabo de forma individual. Esta metodología no solo permitió gestionar eficazmente el avance técnico, sino también mantener la motivación y la claridad en las metas durante todo el proceso.

3.2. Metodología experimental

Para la evaluación de la aplicación se diseñó un estudio experimental verdadero, caracterizado por la asignación aleatoria de los participantes a diferentes grupos y la manipulación controlada de las variables, con el fin de minimizar sesgos y garantizar la validez interna del experimento. Este tipo de diseño permite establecer relaciones causales claras entre el uso de la aplicación y los resultados obtenidos en el aprendizaje.

Los detalles del experimento son los siguientes:

- **Grupo focal:** ACNEEs, con edades comprendidas entre 11 y 17 años. A pesar de esta diferencia cronológica, todos los estudiantes compartían una serie de dificultades aca-

démicas relacionadas con la atención, el razonamiento verbal o las funciones ejecutivas y un nivel de competencia curricular similar. Este grupo fue seleccionado por su relevancia para el objetivo del proyecto. Además, como los sujetos de estudio eran menores de edad se solicitó una autorización previa firmada por los tutores legales de todos y cada uno de los alumnos.

- **Procedimiento:** Los participantes fueron asignados aleatoriamente a dos grupos. El *Grupo 1* recibió una clase utilizando la aplicación desarrollada, mientras que el *Grupo 2* participó en una clase magistral tradicional apoyada en el uso de la pizarra, ambas impartidas por su profesor habitual para garantizar condiciones similares y ya conocidas del entorno. Esta estrategia buscaba asegurar que las diferencias en los resultados se debieran únicamente a la intervención tecnológica.
- **Instrumentos de evaluación:** Se recogieron datos cuantitativos y cualitativos. Por un lado, se utilizaron los entornos diseñados como prueba para evaluar la detección y reconocimiento de figuras geométricas a través de la recogida del número de objetos identificados por cada alumno, con el objetivo de medir el impacto directo del uso de la aplicación sobre el aprendizaje de contenidos específicos. Por otro lado, se documentaron las observaciones y opiniones del profesor responsable sobre la participación, motivación y comprensión del alumnado, proporcionando una visión contextualizada y rica en matices.

Este diseño experimental permite comparar el efecto de la intervención tecnológica frente al método tradicional, contribuyendo a validar la eficacia de la aplicación en un contexto educativo real y medir el impacto directo en la motivación de los estudiantes. Además, proporciona una base sólida para futuras mejoras y adaptaciones, especialmente en lo que respecta a su implementación en entornos inclusivos.

4.

Desarrollo del proyecto

En las siguientes secciones se tratará de explicar cómo ha sido el desarrollo de las artes de este PFG. La primera, se centrará en la aplicación desarrollada de la mano de un equipo de especialistas pedagógicos con el fin de que esta fuera útil y eficaz en su cometido. En la última sección se explicará cómo se procedió a la hora de la realización del experimento, el cual debía permitirnos comprobar que la aplicación suponía una mejora considerable para los alumnos que participaron en él.

4.1. Desarrollo de la aplicación

La aplicación desarrollada representa el núcleo del presente experimento pedagógico, cuyo objetivo principal es mejorar la comprensión de las figuras geométricas mediante el uso de tecnología de RA. Esta tecnología permite al alumnado visualizar figuras tridimensionales en un entorno físico real a través de un dispositivo móvil, creando una experiencia educativa más interactiva y contextualizada.

4.1.1. Construcción de la idea y objetivos

Se realizó una lluvia de ideas en colaboración con el equipo de [Pedagogía Terapéutica \(PT\)](#) del instituto donde se iba a llevar a cabo la implementación. Las recomendaciones más frecuentes giraban en torno a la [RA](#) y la [Realidad Virtual \(RV\)](#). Sin embargo, se descartó la realidad virtual debido a su complejidad de implementación en el aula y a la falta de medios técnicos disponibles.

Tras evaluar diferentes posibilidades implementando [RA](#), se concluyó que el contenido más adecuado sería la enseñanza de geometría. La idea de desarrollar esta aplicación surge de la necesidad de proporcionar a los estudiantes, especialmente [ACNEEs](#), una herramienta que facilite la comprensión de conceptos espaciales y abstractos, como las figuras geométricas en tres dimensiones. A través de una experiencia visual, se busca hacer que el aprendizaje sea más accesible, significativo y atractivo.

Los objetivos principales que guiaron el desarrollo de la aplicación fueron:

- Ofrecer una representación tridimensional clara de figuras geométricas básicas.
- Relacionar cada figura con objetos cotidianos para favorecer la comprensión y la transferencia del conocimiento al entorno real.
- Fomentar el aprendizaje activo mediante la interacción directa con la aplicación.
- Diseñar una interfaz intuitiva, accesible y adecuada al nivel del alumnado participante.
- Proveer una herramienta fácilmente integrable en el contexto del aula, sin requerir una alta especialización técnica por parte del profesorado.

A lo largo de todo el proceso de construcción se ha contado con la supervisión del equipo [PT](#), para que los resultados fueran adecuados a los objetivos propuestos, a las capacidades del alumnado y que hicieran uso de ejemplos y objetos atractivos para los estudiantes que iban a participar durante la actividad. De la misma manera, se adaptó el contenido propio de la aplicación a las actividades diseñadas, siempre que fuera posible. De esta manera, se llegó a acuerdos y ambas partes fueron adaptando sus ideas, aportando ideas y mejorando la aplicación hasta llegar al resultado final.

La propuesta final que se utilizó en el aula había sido probada por el profesor del aula previamente, para garantizar el buen funcionamiento de la misma y evitar pérdidas de tiempo durante la actividad por cuestiones técnicas.

4.1.2. Herramientas y tecnologías utilizadas

Tras un análisis exhaustivo de los motores gráficos y pensando en el desarrollo de la aplicación que se pretendía diseñar, se optó por el siguiente entorno de trabajo:

- **Motor de desarrollo:** [Unity Engine](#) (versión 6000.0.38f1 LTS), seleccionado por su compatibilidad multiplataforma, su amplio ecosistema de recursos y su integración sencilla con soluciones de [RA](#).
- **Lenguaje de programación:** *C#*, utilizado para programar la lógica de la aplicación, los eventos de interacción y el flujo de navegación; ya que es el utilizado por [Unity Engine](#).

- **Motor de realidad aumentada:** [Vuforia Engine](#), empleado para el reconocimiento de imágenes referencia y la colocación de modelos tridimensionales en el espacio físico a través de la cámara del dispositivo.
- **Modelado 3D:** Los modelos utilizados en la aplicación fueron en su mayoría descargados de bibliotecas gratuitas o creados directamente con las herramientas de modelado que ofrece [Unity Engine](#). Como excepción, el modelo del semicírculo fue creado específicamente en [Blender](#), dado que no estaba disponible en bibliotecas estándar y requería un diseño personalizado.

4.1.3. Estructura y funcionalidades de la aplicación

La aplicación se estructura en torno a cinco componentes principales: reconocimiento de tarjetas, modelos tridimensionales, asociación con objetos reales, transiciones y actividad de búsqueda en entornos virtuales. Todos ellos contribuyen a crear una aplicación completa, funcional y accesible para el alumnado.

Además, estos cinco componentes están pensados para favorecer la didáctica de la actividad. Es por ello que, aspectos como el reconocimiento de las tarjetas, los modelos tridimensionales y su asociación con los objetos reales siguen un patrón lineal. De la misma manera, los entornos pueden utilizarse antes o después de la sección anterior. Por último, las transiciones contribuyen a que sea más atractivo para el alumnado, introduciendo dinamismo a la actividad.

También se pueden diferenciar dos grupos de escenas principales, la escena de la [RA](#) que contiene todas las transiciones y se encarga del reconocimiento de tarjetas, de los modelos tridimensionales y de la asociación con objetos reales; y las distintas escenas de los entornos, encargadas de la actividad de búsqueda en entornos virtuales.

A pesar de que cada escena lleva a cabo acciones muy distintas, estas comparten ciertas acciones, las cuales son necesarias en todas las escenas. Para su correcta implementación se desarrollaron tres *Scripts*, los cuales tenían un gran peso en el videojuego. Para el desarrollo de estos *Scripts* se decidió utilizar el patrón *Singleton*; este proporciona un punto de acceso global con una única instancia. De este modo, se mejora el rendimiento, ya que no se saturan las escenas con objetos repetidos y se agilizan los tiempos de carga.

El primero es un controlador de escenas. Este cuenta con una función pública por cada escena para que los botones cuyo objetivo sea cambiar entre escenas puedan usarlas libremente y sin restricciones.

El segundo se encargada de las restricciones de la orientación de pantalla. Como [Unity Engine](#) solo permite elegir una única orientación o todas a la vez, para este caso se ha decidido anular la orientación en vertical con el móvil del revés, ya que no es ergonómica para una cómoda utilización de la cámara, siendo esta un pilar fundamental para el uso de la aplicación.

Por último, un *Script* al que se le aplicó también el patrón *Observer*. Este notifica a los distintos menús de la escena qué orientación de pantalla es la que se está utilizando para poder activar el menú correcto y desactivar el erróneo, mejorando la experiencia del usuario.

Para el correcto desarrollo de la aplicación, se ha creó un diagrama de casos de uso (Figura 4.1) para tener una vista clara de las distintas funcionalidades que el usuario puede realizar.

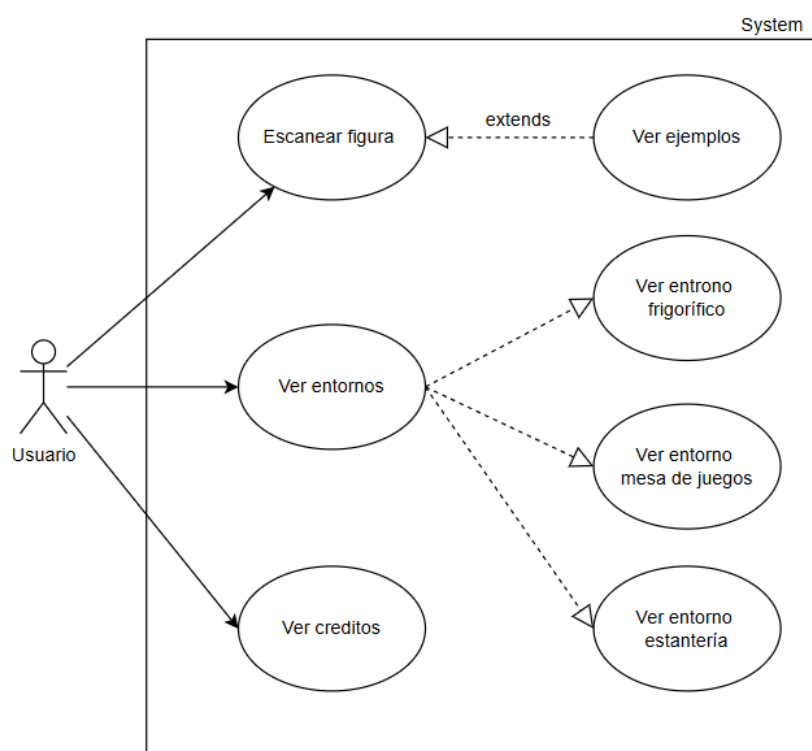


Figura 4.1. Diagrama de casos de uso de la aplicación

Escena de realidad aumentada

La escena de la RA es la más difícil de desarrollar, ya que es la que cuenta con más importancia y complejidad de la aplicación.

Para empezar, a pesar de ser un *Script* con el patrón *Singleton*, esta escena cuenta con su

propio controlador de menús. Esto se debe a que los botones deben aparecer, desaparecer o intercambiarse unos con otros dependiendo de en qué momento de la ejecución se encuentren. Se ha valorado la posibilidad de usar un patrón *State* para controlar los estados de ejecución, pero se descartó por el funcionamiento de [Unity Engine](#), que facilita esto con herramientas propias. Así que finalmente, se ha creado un controlador personalizado que se adapta perfectamente a las necesidades de uso de la escena.

Más adelante se encuentran los tres *Scripts* principales; estos controlan que las figuras y los ejemplos funcionen correctamente. Se activan y desactivan cuando lo indica el usuario mediante la acción de pulsar el botón indicado. El único que no se activa con un botón es el encargado de iniciar el montaje de las figuras tridimensionales; este *Script* se ha completado utilizando un patrón *Observer* para que notifique cuando una imagen referencia ha sido detectada. Cuando esto ocurre, las figuras no escaneadas se bloquean para que no haya riesgo de saturar la aplicación al tener que ejecutar varias figuras a la vez. Una vez que todas las figuras están bloqueadas, se procede con el montaje final de la figura escaneada.

Para la iluminación de las escenas, [Unity Engine](#) ofrece una configuración estándar, la cual intenta asemejarse lo máximo posible a la realidad. Para esta escena ha servido esa configuración, ya que, como las caras curvas de algunas figuras están compuestas por objetos rectos, la iluminación genera sombras que hacían visibilizar todos los vértices de unión de estos objetos rectos. Para solucionarlo, se ha desarrollado una configuración, la cual añade unos filtros a la luz para que no generen sombras tan apreciables; además, se ha bloqueado la opción de que ciertos objetos puedan proyectar las sombras de otros objetos. Así se consigue la sensación de las caras curvas que existen en el resultado final.

Reconocimiento de tarjetas (imágenes referencia)

Cada figura geométrica tiene asociada una imagen impresa que actúa como marcador visual, similar a los códigos QR, los cuales están presentes en la vida cotidiana de los estudiantes. Cuando el usuario escanea esta imagen con la cámara del dispositivo, la aplicación reconoce el patrón. Automáticamente bloquea el reconocimiento del resto de figuras y muestra sobre la imagen escaneada el modelo 3D correspondiente. Este modelo puede observarse desde distintos ángulos moviendo el dispositivo alrededor de la imagen.

Esta estructura permite al docente crear una introducción previa al reconocimiento de la tarjeta, buscando que el alumnado evoque y visualice mentalmente la figura que se va a formar, así como que verbalice el nombre. El hecho de contar con tarjetas físicas facilita la manipulación de la misma para facilitar la labor al estudiante. Todo ello favorece la funcionalidad de la tarea, reforzando los contenidos previos del alumnado y poniendo en marcha

otros mecanismos cognitivos.

Modelos tridimensionales

Las figuras geométricas seleccionadas para el experimento fueron: cubo, prisma cuadrangular, pirámide cuadrangular, esfera, cilindro y cono. Todas ellas se presentan como modelos 3D con rotación automática para facilitar su observación. Los usuarios también pueden acercarse o alejarse del dispositivo para ver la figura desde distintas perspectivas.

Estos poliedros y cuerpos redondos son los que aparecen en el currículo de la [ESO](#). Por lo tanto, son las figuras que van a tener que aprender a manipular para ir progresivamente logrando un aprendizaje más complejo. La actividad está pensada para los primeros cursos de la etapa, ya que permite recordar aspectos estudiados en la etapa anterior y reforzar una base necesaria para los cursos siguientes.

Cada figura geométrica es distinta y cuenta con una construcción diferente. A continuación, se explican el proceso de ensamblaje de cada una de ellas:

- **Cubo:** tiene seis cuadrados donde tres están centrados, otro está encima del segundo y los otros dos debajo del tercero. Estos giran manteniéndose siempre unidos a las otras caras hasta completar un cubo.
- **Prisma cuadrangular:** cuenta con cuatro rectángulos alineados y dos cuadrados situados uno debajo de primer rectángulo y otro encima del tercero. Estos giran manteniéndose siempre unidos a las otras caras hasta completar un prisma cuadrangular.
- **Pirámide cuadrangular:** está formado de un cuadrado que se utiliza como base y de cuatro triángulos, de los cuales tres comparten un lado con el cuadrado y el último solo contacta uno de sus vértices con el de otro triángulo. Estos giran manteniéndose siempre unidos a las otras caras hasta completar una pirámide cuadrangular.
- **Esfera:** al ser una única cara, se decidió utilizar dos semicírculos situados con cierta distancia entre ellos para evitar una distribución simétrica. Estos se juntan a la vez que van ganando volumen hasta formar una esfera.
- **Cilindro:** está compuesto de un rectángulo en el medio y dos círculos, uno encima y otro debajo de sus vértices izquierdos. Los dos círculos se colocan en sus posiciones finales, y el rectángulo los rodea con un único vértice en contacto con cada uno de ellos, a la vez que va desapareciendo. Mientras el rectángulo gira, aparecen veinte rectángulos colocados sobre el perímetro de los círculos para simular una cara curva.

- **Cono:** se compone de un círculo y un triángulo que cuenta con un lado curvo los cuales están en contacto por uno de los vértices del triángulo. El triángulo coloca su vértice opuesto al lado curvo en su posición final y gira alrededor del círculo a la vez que va desapareciendo. Mientras el triángulo gira, aparecen treinta y dos triángulos colocados sobre el perímetro del círculo para simular una cara curva.

Asociación con objetos reales

Una de las funciones clave de la aplicación es mostrar ejemplos de objetos reales que comparten forma con la figura visualizada. Esta asociación visual tiene un claro propósito didáctico: facilitar la identificación de las figuras geométricas en el entorno cotidiano y reforzar su comprensión funcional.

La elección de los objetos se realizó pensando no solo en la forma, sino también en los objetos que podían resultar atractivos o conocidos para los estudiantes, de manera que fomentara la participación y la utilidad en su vida cotidiana. Aun así, la ausencia de determinadas figuras en los objetos de uso diario hizo que algunas figuras no llegaran a ser tan comunes como se pretendía en un principio. A continuación, se detallan los objetos asociados a cada figura geométrica:

- **Cubo:** un cubo de *Rubik*, una maceta con forma cúbica y un dado. Estos ejemplos son mostrados en el Apartado 5 , en la Figura 5.3.
- **Prisma cuadrangular:** un libro, una pila de petaca y un ladrillo de juguete. Estos se presentan en el Apartado 5 , en la Figura 5.5.
- **Pirámide cuadrangular:** una pirámide egipcia, una pérgola, un farolillo de pared con una pirámide como tejado. Los cuales están expuestos en el Apartado 5 , en la Figura 5.7.
- **Esfera:** una pelota de fútbol, un globo terráqueo y una sandía. Dichos ejemplos son visibles en el Apartado 5 , en la Figura 5.9.
- **Cilindro:** una lata de atún, un cubo para recoger agua y un rollo de papel higiénico. En el Apartado 5 , en la Figura 5.11 se exhiben.
- **Cono:** un cucurucho de helado, un cono de tráfico y un pino. Estos ejemplos se mostrarán en el Apartado 5 , en la Figura 5.13.

Transiciones

La aplicación cuenta con varias animaciones para la entrada y salida de los distintos elementos del apartado de RA. Este hecho buscaba conseguir un mayor dinamismo en la aplicación y un mayor atractivo a la hora de utilizarla.

Estas están desarrolladas con el animador de [Unity Engine](#), el cual se basa en elegir el objeto que quieres animar y decidir qué variables de dicho objeto se modifican y durante cuánto tiempo. Para el correcto funcionamiento se desarrollaron unos *Scripts* diferentes, llamados *StateMachineBehaviour*, los cuales sirven para modificar variables del animador a las cuales solo se puede acceder de esta forma. Un ejemplo de esto se encuentra en la figura 4.2.

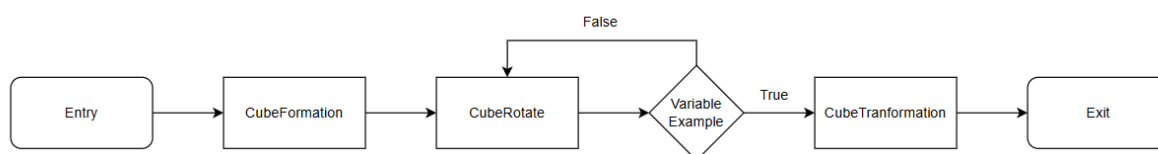


Figura 4.2. Diagrama de flujo de las animaciones del cubo

- **La entrada de la figura desmontada** se realiza de abajo hacia arriba, creando la sensación de que esta aparece de la imagen referencia escaneada y uniéndose para formar la figura tridimensional.
- **La transición de una figura al primer ejemplo** es similar a la anterior, la figura ya construida desciende escondiéndose bajo la imagen referencia. Al poco tiempo, se activa el primer ejemplo y sube creando el mismo efecto que en la anterior animación.
- **El cambio de un ejemplo a otro** se realiza de izquierda a derecha, de tal manera que a la vez que el antiguo ejemplo se desplaza hacia la derecha, el nuevo aparece por la izquierda. Para esta transición se ha creado un efecto de movimiento hacia o desde el infinito dependiendo de si el ejemplo sale o entra en escena.

Escenas de los entornos

Las escenas de los entornos no tienen una complejidad muy alta en cuanto a desarrollo porque lo más importante en ellas es la distribución de los modelos 3D y su coherencia. No obstante, sí que hay cierto grado de dificultad a la hora de desarrollar el *Script* de movimiento de la cámara. Esto se debe a que en la versión utilizada de [Unity Engine](#) estaba modificando la forma de detectar los toques de pantalla. Finalmente, se ha optado por el

método antiguo, ya que es más sencillo encontrar información y ejemplos de cómo otros desarrolladores lo han aplicado.

Para realizar el movimiento por la pantalla de un entorno, es necesario arrastrar un dedo por la pantalla. El desplazamiento de la cámara es igual al del dedo y se aplica en los ejes "X" e "Y" en el sentido inverso, ya que resulta más cómodo para el usuario.

Para el zoom, se requiere de dos dedos que pulsen la pantalla y se alejen o acerquen entre sí. Se utiliza un sistema que calculaba, mediante el *Teorema de Pitágoras* [28], la distancia que se debe desplazar en los ejes "Z" e "Y" para que coincida con la distancia desplazada entre dos dedos y el ángulo de inclinación de la cámara.

Actividad de búsqueda en entornos virtuales

La aplicación también incluye una fase interactiva en la que el alumnado debe buscar figuras geométricas dentro de un entorno digital, como si fuera una especie de "búsqueda del tesoro". Esta funcionalidad añade un componente lúdico y competitivo entre parejas de estudiantes, favoreciendo la implicación activa y la motivación.

Se desarrollaron tres entornos distintos, una frigorífico, una mesa de juegos y una estantería. Todos ellos muestran objetos cotidianos o atractivos para el alumnado que participa en la actividad. En un principio se intentó que los entornos fueran más variados y presentaran contextos diferentes de la vida de los estudiantes, pero finalmente se decidió centrarlo en espacios de dentro de la casa, ya que contaban con un número suficiente de objetos identificables. A continuación, se explicará en detalle cada uno de ellos:

Frigorífico

Se diseñó un entorno con una frigorífico espaciosa donde se colocaron objetos alimenticios variados. Además, se añadieron encimeras con elementos reconocibles para ambientar la escena. La distribución de figuras es la siguiente:

- 1 cubo: una caja con verduras. A pesar de ser una figura muy común, no es tan frecuente de encontrar en esta situación.
- 9 prismas rectangulares: una caja de pizza, unos envases de aluminio, unos brick de batidos, una caja de galletas, una caja de bombones, una bandeja, un paquete de mantequilla, un brick de leche y un brick de zumo.
- 1 tronco de pirámide cuadrangular: un paquete de comida china. Solo hay este ejemplo debido a lo poco común que es la forma piramidal en los envases alimenticios.

- 4 esferas: unos cereales, unos bombones, unos huevos y una calabaza.
- 5 cilindros: Unos yogures con cereales, un bote de miel, un bote de mermelada, unas latas y unos salseros. Además, había algunos otros objetos como botellas que tenían una parte cilíndrica.
- 1 cono y 1 tronco de cono: La nata encima de unos cupcakes y unas gelatinas.

Mesa de juegos

Una mesa de madera repleta de juegos de mesa, videojuegos y artículos deportivos. Aunque la situación no es común, los objetos son fácilmente reconocibles. La escena incluye además muebles, sillas y decoración. Su organización es:

- 4 cubos: unos bloques de construcción, un cubo de *Rubik*, unos dados y una caja de un juego de mesa.
- 6 prismas rectangulares: unas cajas de juegos de mesa, una baraja de cartas, unas fichas de dominó, unos bloques de construcción, una pantalla de una consola y unos tableros.
- 2 pirámides cuadrangulares: las piezas de un parchís y una pirámide de *Rubik*. Aunque esta última es una pirámide triangular, ha sido añadida por la dificultad de encontrar objetos con dicha forma.
- 6 esferas: las cabezas de las piezas de un ajedrez, el *joystick* de un mando para jugar, una pelota de tenis, una bola de bolos, una pelota de baloncesto, un casco de fútbol americano.
- 6 cilindros: unos bloques de construcción, un bate de beisbol, el mango de una raqueta, el mango de una peonza, la otra parte del *joystick* de un mando para jugar y un palo en que introducir anillas.
- 2 conos: una peonza y un juego de introducir anillas.

Estantería

Una estantería con baldas de varios tamaños. También, se añadieron muebles de despacho, un sillón y decoración de pared. Los objetos se reparten de la siguiente manera:

- 1 cubo: las piezas de los días de un calendario.

- 8 prismas rectangulares: unos libros, unos marcos de fotos, unos altavoces, un reproductor de música, un reloj digital, un paquete de notas adhesivas, la pieza de los meses de un calendario y la base de un tocadiscos.
- 2 pirámides cuadrangulares: un recuerdo de Egipto y una miniatura de la torre Eiffel.
- 2 esferas: un globo terráqueo y las bombillas de una lámpara.
- 5 cilindros: un portalápices, una vela, la base de una lámpara, el botón del volumen de un reproductor de música y la base para colocar los discos de un tocadiscos.
- 1 tronco de cono: una maceta. Al igual que en la frigorífico, solo hay un objeto debido a la complejidad para encontrar conos en este entorno.

4.1.4. Diseño visual y accesibilidad

La interfaz fue diseñada para ser lo más clara y accesible posible. Los botones se presentan con iconos grandes y colores bien diferenciados. La navegación es sencilla e intuitiva, lo que permite que incluso el alumnado con menor competencia digital pueda utilizar la aplicación sin dificultad.

Además, se ha evitado sobrecargar la pantalla con información, centrándose en un diseño limpio y directo, ideal para trabajar con alumnado con necesidades específicas de apoyo educativo. Por ello los botones que finalmente se utilizaron corresponden a: realidad aumentada (para escanear las figuras), entornos (para seleccionar el deseado), créditos y salir. Por último, al escanear las figuras también encontramos botones para visualizar los objetos cotidianos con dicha forma o volver al menú principal.

4.1.5. Pruebas y ajustes

Antes de su implementación en el aula, se realizaron pruebas de caja blanca y caja negra para verificar el correcto funcionamiento de todo lo implementado, una vez todas fueron exitosas se avanzó al siguiente bloque de pruebas.

A continuación, la aplicación fue probada en varios dispositivos Android para verificar su funcionamiento en distintos contextos. Estas pruebas se realizaron con todas las opciones de las que disponíamos para realizar el experimento y concluir cual era la más idónea. Se comprobaron aspectos como:

- El tiempo de carga y reconocimiento de las imágenes fue medido de manera precisa para comprobar su velocidad.
- El tiempo de carga entre escenas se midió para asegurar que los tiempos de espera no pudieran afectar a la concentración o motivación de los estudiantes.
- Estabilidad de los modelos 3D en distintos ángulos de cámara comprobando que no tuvieran puntos ciegos.

Finalmente, se realizaron pruebas con algunos usuarios externos, lo que permitió identificar pequeños errores, ajustar escalas de los modelos, y simplificar algunos textos e iconos. Uno de ellos fue el maestro encargado de impartir la actividad que proporcionó un contexto pedagógico y didáctico a la propia aplicación. Se especificó que las pruebas fueran exhaustivas y no se basaran únicamente en el uso que daría un usuario real, poniendo a prueba la propia aplicación. Además se les dio completa libertad para usar la aplicación sin ninguna indicación previa para comprobar que esta fuera intuitiva y fácil de usar. Tras todo este análisis se consideró lista para la realización del experimento.

4.2. Desarrollo del experimento

El experimento fue llevado a cabo dentro del marco escolar habitual, respetando tanto los horarios establecidos como el temario correspondiente para el nivel educativo de los alumnos participantes. El objetivo principal del estudio fue analizar el impacto del uso de una aplicación basada en RA para la enseñanza de figuras geométricas básicas, comparando sus resultados frente a una metodología tradicional. Para ello, se diseñó una experiencia controlada en la que se enfrentaron dos grupos de estudiantes, utilizando diferentes metodologías de enseñanza y recolección de datos durante varias sesiones.

4.2.1. Población

El experimento se dirige a ACNEEs escolarizados en un centro educativo donde se imparte la etapa de educación secundaria y bachillerato en el sur de la Comunidad de Madrid.

Todos ellos presentan edades comprendidas entre los 11 y 17 años. A pesar de esta diferencia, el nivel de competencia curricular que presentan todos ellos está en torno a 1º ESO. Entre ellos, cuatro están escolarizados en su curso de referencia; uno en 2º ESO, uno en 3º ESO;

y dos en 4º ESO. La diferencia entre los cursos en los que están escolarizados con su nivel curricular se adapta gracias a las adaptaciones curriculares significativas que presentan en la asignatura de matemáticas.

Además, a pesar de la diferencia de diagnósticos que permiten a estos estudiantes beneficiarse de los apoyos de PT, comparten una serie de características. Destacamos las dificultades en razonamiento lógico, la atención, la comprensión y expresión verbal y un bajo nivel de motivación general frente al aprendizaje. En todos los casos presentan dificultades para adquirir las competencias propias de la asignatura de matemáticas.

En cuanto al sexo del alumnado, cinco de los ocho alumnos son mujeres, mientras que tres son hombres.

Aunque los alumnos se eligieron por parte del docente encargado de impartir el apoyo PT en la asignatura de matemáticas, las parejas de trabajo sí se realizaron de manera aleatoria.

4.2.2. Diseño de la muestra y de los grupos

Los participantes del experimento fueron un total de ocho alumnos seleccionados por el profesor y divididos aleatoriamente en dos grupos de igual tamaño, denominados *Grupo 1* y *Grupo 2*. Esta división aleatoria se realizó con el propósito de asegurar la homogeneidad inicial entre los grupos. Por su parte se decidió seleccionar al alumnado participante para evitar sesgos derivados de características individuales como el nivel académico y fomentando un perfil similar que permitiera analizar la eficacia de la aplicación.

Cada grupo trabajó con el mismo docente titular de la asignatura, perteneciente al equipo PT del centro, quien estaba familiarizado con los contenidos y el contexto del aula. Además, todas las sesiones fueron observadas para un posterior análisis cualitativo de las interacciones, reacciones y dificultades presentadas por los alumnos.

Cada grupo recibió dos sesiones de trabajo, organizadas en parejas. Es decir, en cada sesión participaban dos alumnos del mismo grupo, trabajando de manera colaborativa. De este modo, se aseguraba una atención personalizada, así como un ambiente propicio para el aprendizaje y la observación detallada del comportamiento de los participantes.

4.2.3. Primera fase: Clase introductoria en el aula

La primera parte de cada sesión consistió en una clase centrada en la explicación de seis figuras geométricas básicas. Esta clase sirvió como introducción al contenido y como punto de partida para las actividades posteriores.

Metodología utilizada por grupo

- **Grupo 1 (metodología con aplicación):** la sesión comenzó con la presentación de imágenes referencia que actuaban como desencadenantes visuales. Los alumnos, en parejas, debían anticipar o adivinar qué figura geométrica podría surgir a partir de la imagen. Tras realizar sus hipótesis, procedían a escanear la imagen con la aplicación diseñada, que utilizaba RA para construir la figura geométrica en 3D. Esta visualización servía como estímulo para debatir, con el profesor, sobre ejemplos del entorno cotidiano donde se pudiera encontrar dicha figura. Finalmente, la aplicación ofrecía una serie de ejemplos ilustrativos que los alumnos analizaban y discutían en conjunto con el docente. Esta metodología favorecía un aprendizaje activo, basado en la exploración, la predicción y la reflexión guiada.
- **Grupo 2 (metodología tradicional):** la clase se llevó a cabo a través de una clase magistral. El docente explicaba las figuras geométricas mediante esquemas y dibujos en la pizarra, destacando sus propiedades y características. A continuación, se invitaba a los alumnos a reflexionar sobre posibles objetos del entorno que compartieran dichas formas. Aunque el nivel de interacción era también significativo, no se contaba con el apoyo visual en 3D ni con el componente lúdico que ofrecía la aplicación. Esta metodología respondía al enfoque didáctico tradicional predominante en la enseñanza actual.

4.2.4. Segunda fase: Exploración en entornos digitales

La segunda fase del experimento consistió en la interacción de los alumnos con una serie de entornos virtuales, diseñados con el propósito de fomentar la identificación de formas geométricas en contextos realistas y cotidianos. Esta actividad buscaba evaluar el grado de comprensión y transferencia de los contenidos aprendidos en la fase anterior.

Descripción de la actividad

En este punto todos los alumnos independientemente del grupo que formaran parte hacían uso de los entornos de la aplicación. En estos escenarios debían identificar y señalar objetos que correspondieran a las figuras geométricas vistas en la clase previa. Por ejemplo, un microondas como prisma cuadrangular o una pelota como esfera. Se estableció una dinámica de tipo competición amistosa: los dos alumnos competían entre sí para ver quién encontraba más objetos correctamente clasificados. Esta estrategia fue utilizada con el objetivo de aumentar la motivación y participación del alumnado.

Adaptaciones para el Grupo 2

Dado que los alumnos del Grupo 2 manifestaron interés en utilizar también la aplicación, se decidió permitirles su uso una vez finalizado el primer entorno, momento en el cual ya se había recogido información suficiente sobre su desempeño sin tecnología. Esta decisión permitió introducir una dimensión adicional al experimento: observar si se producía una mejora inmediata en el rendimiento o actitud del alumnado tras el uso de la herramienta tecnológica, a pesar de haber sido formados inicialmente con una metodología tradicional.

4.2.5. Tercera fase: Recogida de mejoras y feedback

Una vez finalizadas las sesiones prácticas, se dedicó un espacio a la reflexión y evaluación cualitativa de la experiencia por parte de todos los sujetos implicados, dando voz tanto a los docentes como al alumnado.

Opiniones del alumnado

Para conocer las sensaciones de los estudiantes, se abrió un pequeño espacio de diálogo con los alumnos para que pudieran expresar libremente sus opiniones sobre la experiencia. Se les preguntó qué aspectos de la aplicación les parecieron más útiles, qué partes fueron confusas o difíciles de utilizar, y qué sugerencias propondrían para mejorar la herramienta.

Todas las inquietudes, dudas o sugerencias fueron recogidas por el maestro que impartió la actividad. Posteriormente se analizaron y valoraron los resultados teniendo en cuenta las opiniones de ambos grupos.

Observaciones del profesorado

Tanto el docente titular como un antiguo profesor del centro, que asistió voluntariamente como observador externo, completaron una hoja de observaciones tras. En estas hojas anotaron aspectos como el grado de participación y motivación del alumnado, su nivel de atención, la calidad de las respuestas dadas, así como posibles mejoras a nivel pedagógico y técnico.

Estas observaciones se compararon con las de los alumnos para poder sacar conclusiones más precisas y proponer mejoras.

5. Resultados del proyecto

En el siguiente apartado se continuará con la exposición y explicación detallada de los resultados obtenidos. Estos se dividen en dos partes. En los resultados de la aplicación se exhiben los apartados principales del videojuego y los menús además de los distintos elementos estéticos. En cuanto a los resultados del experimento, los principales puntos a destacar son tanto los resultados cuantitativos como los cualitativos.

5.1. Resultados de la aplicación

En este apartado se van a explicar los resultados finales de la aplicación. Se ha decidido usar una distribución donde se comienza con los apartados más relevantes en la aplicación para cumplir con su propósito y se finaliza con los menús y el diseño estético.

La aplicación se divide en los siguientes apartados: imágenes referencia, figuras y sus ejemplos, entornos, menús y créditos; y diseño final. En cada uno de ellos se va a proceder a mostrar una explicación teórica acompañada de fotografías que permiten ver el resultado final de una manera más cómoda y sencilla.

5.1.1. Imágenes referencia

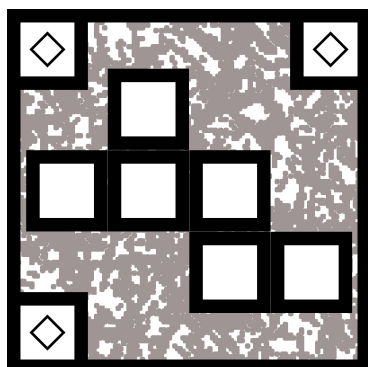
Cada figura cuenta con una imagen referencia como se muestra en la Figura 5.1. Estas han sido creadas en [GIMP](#) para asegurar su correcto funcionamiento de cara al reconocimiento por parte de la [RA](#).

Para crear las imágenes referencia se utilizó [GIMP](#), un *Software* de diseño gráfico basado en mapas de bits que normalmente se utiliza para la edición de imágenes, pero también para la creación de *Sprites* de videojuegos.

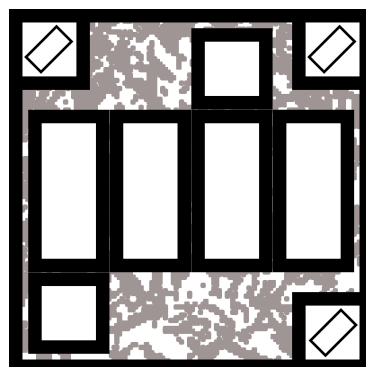
El propósito fue facilitar el reconocimiento por parte de la [RA](#), para ello se priorizaron diseños lo menos simétricos posibles, aunque por ello no utilizaran una explicación tan mate-

mática de la construcción de las propias figuras utilizadas.

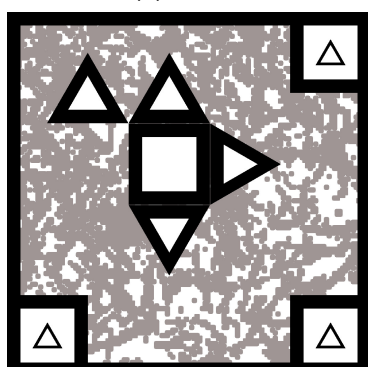
Por último, para reducir los costes de impresión se utilizaron colores muy básicos como el blanco, el negro y el gris. La impresión de estos códigos puede llevarse a cabo en cualquier papelería, por lo que facilitamos el acceso a este material. En este caso, el centro educativo facilitó la impresión y plastificación de dichos códigos para evitar que sufrieran daños durante el desarrollo de la actividad.



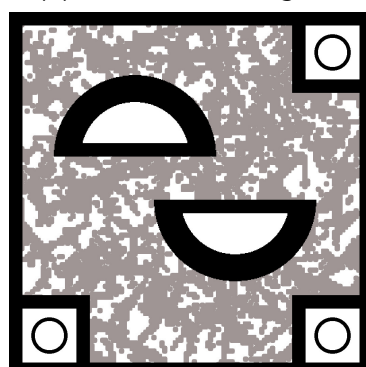
(a) Cubo



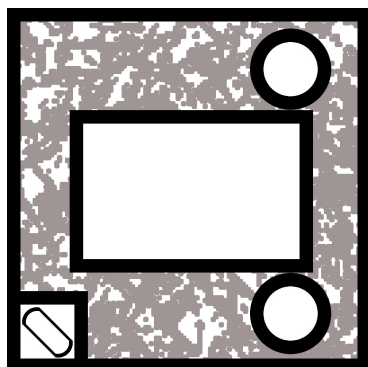
(b) Prisma cuadrangular



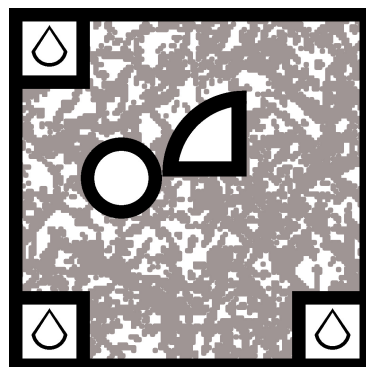
(c) Pirámide cuadrangular



(d) Esfera



(e) Cilindro



(f) Cono

Figura 5.1. Imágenes referencia

Las imágenes fueron evaluadas por la herramienta [Pictarize](#), donde se evalúan tres aspectos: distribución, unicidad y dimensiones. Todas las imágenes cuentan con un mínimo de 8/10 en distribución, un 4/10 en unicidad y un 10/10 en las dimensiones. El 4/10 en unicidad se consideró aceptable ya que las pruebas de rendimiento fueron extremadamente exitosas. Tras dichas pruebas se puede concluir que la aplicación tarda una media de 1,1 segundos en reconocer la imagen para el posterior ensamblaje de la figura.

5.1.2. Figuras y sus ejemplos

En este apartado se va a presentar el diseño final de cada uno de los poliedros. Por ello, cada una incluye las distintas animaciones dentro de cada figura y también de sus ejemplos.

Cubo

El cubo (Figura 5.2) está compuesto por seis caras idénticas, las cuales son cuadradas. Gracias a esto, los docentes pueden apoyarse para repasar esta figura plana o algunas similares como los rombos o romboides consiguiendo así un aprendizaje que no estaba previsto pero que ha creado un valor añadido a la aplicación.

Animaciones de la figura:

- **Formación:** la animación de entrada y el montaje del cubo tienen una duración de 5 segundos. Este tiempo es adecuado para poder comprender la formación del poliedro.
- **Rotación:** la animación dura 5 segundos. Posteriormente se repite indefinidamente hasta que se activa el botón de los ejemplos.
- **Transición:** la animación que transiciona a los ejemplos tiene una duración de 2,3 segundos.

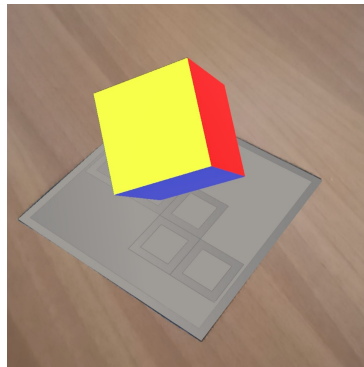
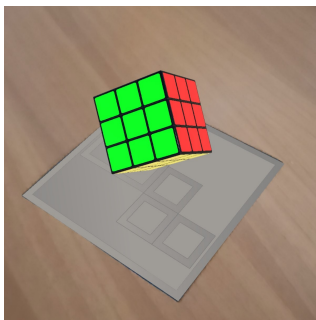


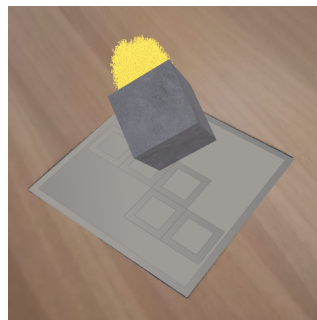
Figura 5.2. Cubo

Animaciones de los ejemplos:

- **Entrada:** la animación de entrada del primer ejemplo tiene una duración de 3 segundos y solo se inicia cuando la rotación de la figura ha finalizado.
- **Rotación:** la animación dura 5 segundos.
- **Transición:** la animación entre ejemplos presenta una duración de 2,3 segundos y solo se inicia al finalizar la rotación del ejemplo en pantalla.



(a) Cubo de Rubik



(b) Maceta



(c) Dado

Figura 5.3. Ejemplos del cubo

Prisma cuadrangular

El prisma cuadrangular (Figura 5.4) está compuesto por dos caras cuadradas y cuatro rectangulares. Partiendo de este poliedro es posible explicar otros tipos de prismas con bases

que no sean cuadradas como por ejemplo prismas triangulares o pentagonales. Esto suma un valor añadido a la aplicación y favorece la comprensión del prisma en relación a la pirámide, dos figuras que suelen confundirse.

Animaciones de la figura:

- **Formación:** la animación de entrada y montaje del prisma cuadrangular tienen duración de 5 segundos. Es un tiempo idóneo para observar cuidadosamente el montaje sin que sea demasiado largo.
- **Rotación:** la animación cuenta con una duración de 5 segundos. Esta se repite hasta que se pulsa el botón de ejemplos
- **Transición:** la animación que transiciona a los ejemplos dura 2,3 segundos.

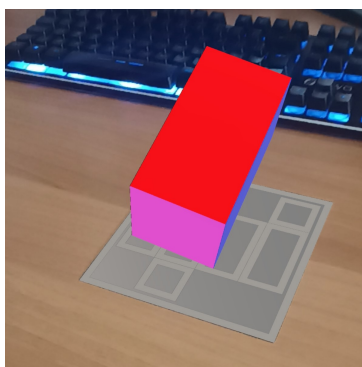
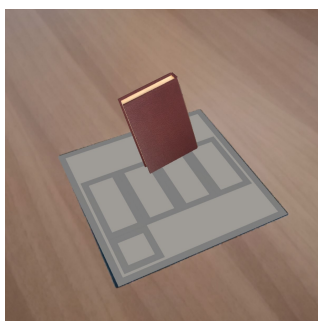


Figura 5.4. Prisma cuadrangular

Animaciones de los ejemplos:

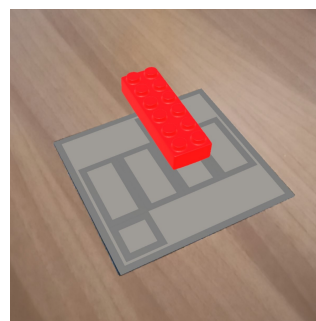
- **Entrada:** la animación de entrada del primer ejemplo se ejecuta en 3 segundos, pero antes de activarse debe terminar la animación de rotación en la que se encuentra.
- **Rotación:** la animación tiene duración de 5 segundos.
- **Transición:** la animación que transiciona a el siguiente ejemplo presenta una duración de 2,3 segundos y solo se inicia cuando la rotación del ejemplo actual ha finalizado.



(a) Libro



(b) Pila de petaca



(c) Ladrillo de juguete

Figura 5.5. Ejemplos del prisma cuadrangular

Pirámide cuadrangular

La pirámide cuadrangular (Figura 5.6) está compuesta por una cara cuadrada y cuatro triangulares. Al igual que con el prisma cuadrangular, esta figura puede usarse para introducir los distintos tipos de pirámide existentes, al igual que para ver la diferencia con el prisma. Para ello, es muy útil el uso de la propia imagen referencia y que indiquen el número de bases en cada caso y la forma.

Animaciones de la figura:

- **Formación:** la animación de entrada y montaje de la pirámide cuadrangular cuenta con una duración de 5 segundos. Un tiempo suficiente para el correcto comprensión de la misma.
- **Rotación:** la animación presenta una duración de 5 segundos. Esta animación se ejecuta cíclicamente hasta que es interrumpida por acción del usuario.
- **Transición:** la animación que transiciona a los ejemplos dura de 2,3 segundos.

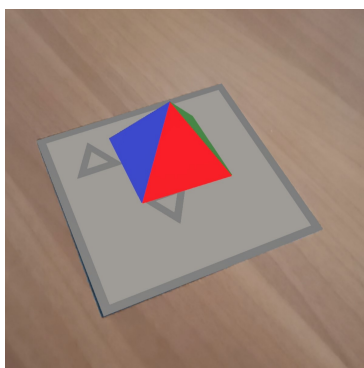
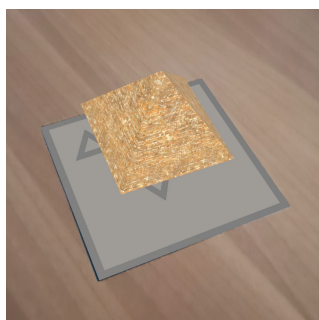


Figura 5.6. Pirámide cuadrangular

Animaciones de los ejemplos:

- **Entrada:** la animación de entrada del primer ejemplo tiene una duración de 3 segundos. Una vez activada espera a que finalice la anterior animación para activarse.
- **Rotación:** la animación tarda 5 segundos en ejecutarse.
- **Transición:** la animación que transiciona a el siguiente ejemplo dura de 2,3 segundos y comienza una vez que se haya completada la rotación del anterior ejemplo.



(a) Pirámide egipcia



(b) Pérgola



(c) Farol de calle

Figura 5.7. Ejemplos de la pirámide cuadrangular

Esfera

La esfera (Figura 5.8) está compuesta por una única cara. Aun así, por su similitud, pueden tener valor para repasar figuras planas como el círculo o la circunferencia, así como los elementos de cada una de ellas, aumentando los contenidos que abarca el videojuego. Un

concepto clave es el semicírculo, ya que la propia imagen referencia muestra su similitud, presentando claramente que el círculo está formado por dos.

Animaciones de la figura:

- **Formación:** la animación de entrada y montaje de la esfera cuenta con una duración de 5 segundos. Este periodo de tiempo es suficiente para la asimilación de la figura.
- **Rotación:** la animación dura de 5 segundos y se repite hasta que el botón de los ejemplos es pulsado.
- **Transición:** la animación que transiciona a los ejemplos presenta una duración de 2,3 segundos.

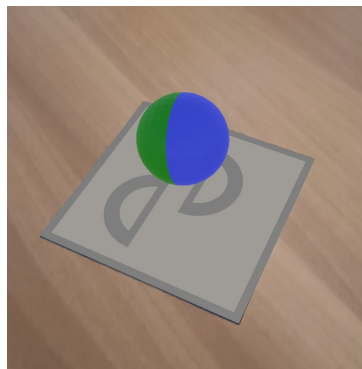
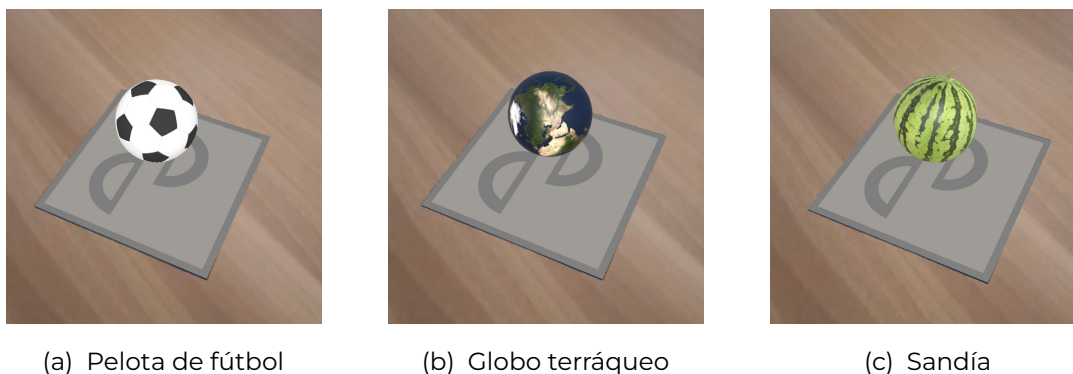


Figura 5.8. Esfera

Animaciones de los ejemplos:

- **Entrada:** la animación de entrada del primer ejemplo se ejecuta en 3 segundos y solo se inicia si la rotación ha terminado.
- **Rotación:** la animación dura de 5 segundos.
- **Transición:** la animación que transiciona a el siguiente ejemplo que tarda 2,3 segundos en completarse. La cual comienza únicamente en el caso de que la rotación haya finalizado.



(a) Pelota de fútbol

(b) Globo terráqueo

(c) Sandía

Figura 5.9. Ejemplos de la esfera

Cilindro

El cilindro (Figura 5.10) está compuesto por dos caras circulares y una rectangular. La combinación de figuras planas circulares y poligonales suele complicar la visualización de la figura en tres dimensiones. Por ello, la aplicación aumenta su potencialidad en este tipo de figuras, que permiten ver el giro del rectángulo alrededor de los círculos. Además, también se puede complementar la explicación con el cono, ya que ocurre entre ellas lo mismo que con el prisma y la pirámide.

Animaciones de la figura:

- **Formación:** la animación de entrada y montaje del cilindro se completa en 6,3 segundos. Esta dura más por la complejidad de la cara curva la cual está compuesta por muchas planas.
- **Rotación:** la animación tiene una duración de 5 segundos.
- **Transición:** la animación que transiciona a los ejemplos con una duración de 2,3 segundos y se activa al terminar la animación de rotación anterior.

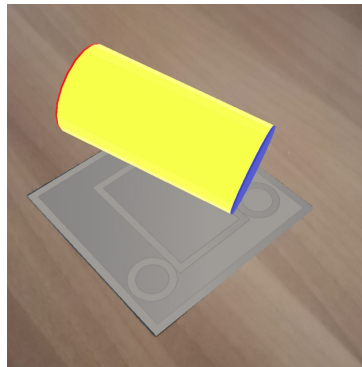
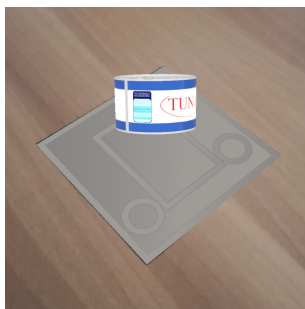


Figura 5.10. Cilindro

Animaciones de los ejemplos:

- **Entrada:** la animación de entrada del primer ejemplo tarda 3 segundos en completarse y se ejecuta al finalizar la rotación.
- **Rotación:** la animación dura 5 segundos y se repite de manera indefinida hasta que es cancelada al activar el botón siguiente.
- **Transición:** la animación que transiciona a el siguiente ejemplo tiene una duración de 2,3 segundos. Esta animación solo comienza si la anterior ha concluido.



(a) Lata de atún



(b) Cubo



(c) Papel higiénico

Figura 5.11. Ejemplos del cilindro

Cono

El cono (Figura 5.12) está compuesto por una cara circular y otra triangular con un lado curvo. Esta es la figura que mayor complejidad puede tener, debido al lado curvo. Aun así,

se puede relacionar esta curva como un arco de una circunferencia o toda la figura como una parte del cilindro. Es importante mostrar la diferencia con el cilindro para identificar ambas figuras correctamente.

Animaciones de la figura:

- **Formación:** la animación de entrada y montaje del cono cuenta con una duración de 6,3 segundos. Esta es más larga porque tiene la dificultad añadida de crear una cara curva.
- **Rotación:** la animación que rota el cono dura un total de 5 segundos y se mantiene repitiendo esta animación de forma cíclica hasta que el usuario pulse el botón de ejemplos.
- **Transición:** la animación que transiciona a los ejemplos tarda 2,3 segundos en ejecutarse y solo lo hace si la rotación ha terminado.

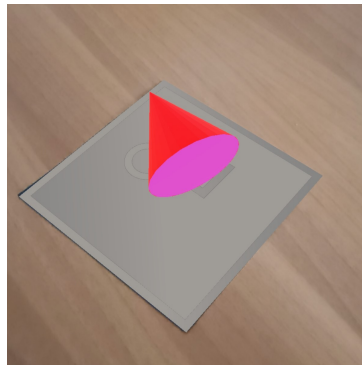


Figura 5.12. Cono

Animaciones de los ejemplos:

- **Entrada:** la animación de entrada del primer ejemplo presenta una duración de 3 segundos y se activa si la animación anterior ha finalizado.
- **Rotación:** la animación dura de 5 segundos en su totalidad.
- **Transición:** la animación que transiciona a el siguiente ejemplo tarda de 2,3 segundos en completarse y solo se ejecuta si la rotación ha terminado.



(a) Cucurucho de helado

(b) Pino

(c) Cono de tráfico

Figura 5.13. Ejemplos del cono

5.1.3. Entornos

Los entornos disponibles han sido creados con tres objetivos los cuales fueron verificados por el equipo [PT](#) del centro:

1. Conseguir que los entornos y los objetos dentro de ellos fueran cotidianos y fáciles de reconocer.
2. Mostrar objetos un número suficiente de objetos que se pudieran identificar dentro de cada uno de los entornos.
3. Lograr que los entornos fueran realistas, consiguiendo la sensación de ser una fotografía y no solo un elemento principal sin cohesión con el fondo.

El resultado final fue aceptado por todas las partes implicadas. Se destacó la gran cantidad de objetos presentes utilizados por el alumnado y su uso cotidiano; así como las posibilidades que ofrecían a los docentes para trabajar otros aspectos y no solo la geometría.

La aplicación cuenta con tres entornos diferentes que son visibles en la [Figura 5.14](#):



(a) Entorno del frigorífico



(b) Entorno de la estantería



(c) Entorno de la mesa de juegos

Figura 5.14. Entornos

5.1.4. Menús y créditos

Los menús del juego han sido diseñados basados en la simplicidad y la usabilidad, con el objetivo de ofrecer una experiencia intuitiva al usuario. Todos los menús presentan una interfaz clara y minimalista, permitiendo una navegación fluida incluso para usuarios con poca experiencia en aplicaciones interactivas. Además, se ha implementado soporte para ambas orientaciones de pantalla (horizontal y vertical), de modo que el usuario pueda interactuar con la aplicación de la forma que le resulte más cómoda, ya sea sujetando la *Tablet* en modo retrato o paisaje. Se recomienda el uso de la pantalla en horizontal ya que la visión de los entornos es más amplia.

La facilidad y accesibilidad de los menús es uno de los aspectos más importantes, ya que la aplicación está destinada para ACNEE. Este alumnado puede presentar dificultades mayores que cualquier otra persona, por lo que el uso de mayúsculas, la simplicidad de la letra y los controles sencillos favorecen el bienestar de este alumnado mientras utiliza la aplicación.

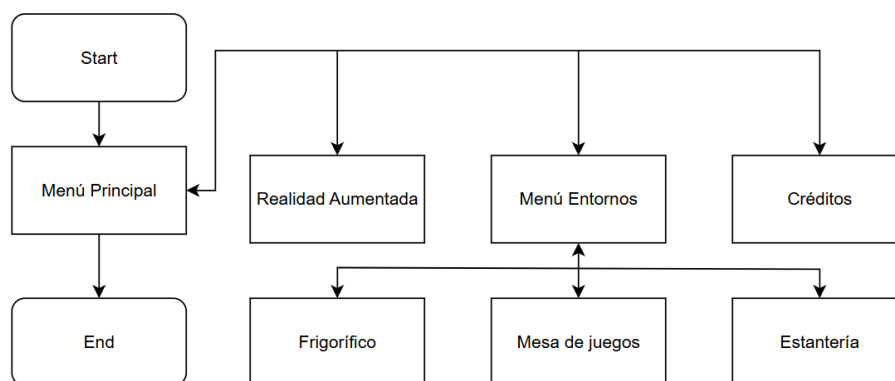


Figura 5.15. Diagrama de flujo que muestra la trazabilidad de la aplicación

En cuanto a la trazabilidad (Figura 5.15), cada menú incluye de forma visible un botón para regresar a la anterior pantalla, lo que garantiza que el usuario nunca se pierda dentro de la navegación. La única excepción es el menú principal, que cuenta con un botón para salir de la aplicación directamente, proporcionando una vía rápida de cierre.

Las transiciones entre menús han sido cuidadosamente calibradas para mantener una sensación de fluidez sin resultar lentas. Con la *Tablet* utilizada en el experimento, la duración media de estas transiciones es de aproximadamente 0,8 segundos. Cabe destacar que la transición más prolongada se produce al pasar del menú principal a la escena de RA, con una media de 1,6 segundos, debido a la carga adicional de los recursos necesarios para la ejecución de la RA. Gracias a estos tiempos de carga tan cortos hemos podido optar por no incluir pantallas de carga que puedan desesperar a los alumnos.

Para poder comprender en profundidad la interfaz en su totalidad se van a mostrar varias imágenes de los distintos menús acompañados de una explicación del resultado final de la aplicación. También se recoge un pequeño apartado destinado a los créditos.

Menú principal

El menú principal aparece como una presentación al abrir la aplicación. Es la primera toma de contacto y, como se ha comentado anteriormente, prioriza la usabilidad y simplicidad del videojuego.



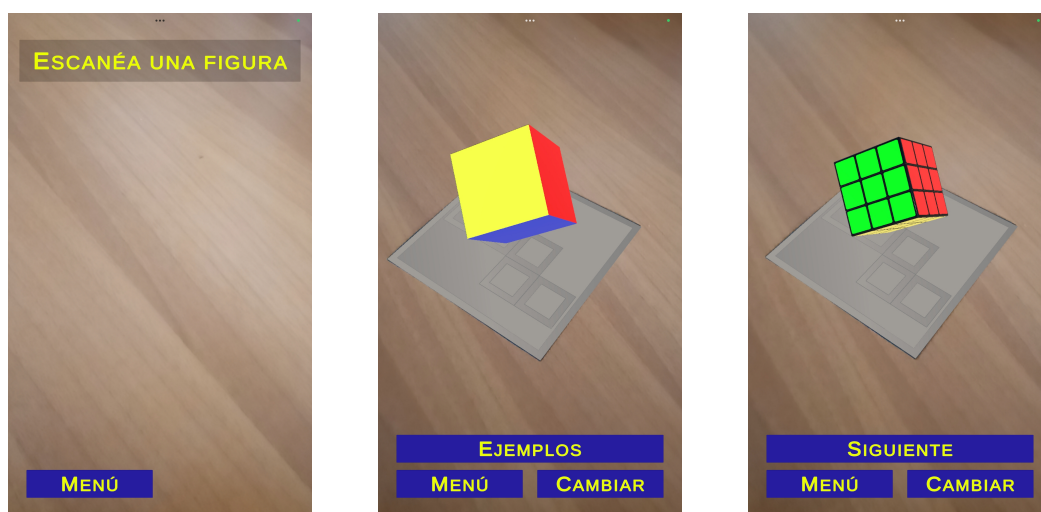
Figura 5.16. Menú principal

El menú principal cuenta con cuatro botones:

- **Botón “Realidad Aumentada”:** activa la cámara y abre la escena de la RA (Figura 5.17a).
- **Botón “Entornos”:** abre la escena del menú de entornos (Figura 5.18a).
- **Botón “Créditos”:** abre la escena de créditos (Figura 5.19).
- **Botón “Salir”:** cierra el videojuego.

Realidad aumentada

El menú correspondiente a la sección de RA está diseñado para adaptarse dinámicamente según la sección específica en la que se encuentra el usuario. Esto permite una experiencia personalizada y centrada en el contenido relevante, optimizando la interacción en la escena de RA. Por ejemplo, en el primer menú, que aparece antes de haber escaneado una figura muestra un pequeño mensaje de aviso que luego desaparece.



(a) Menú de la RA cuando no se ha escaneado nada

(b) Menú de la RA cuando se ha escaneado una figura

(c) Menú de la RA cuando se muestran los ejemplos

Figura 5.17. Menús de la RA

Entre los distintos menús existen cuatro botones:

- **Botón “Menú”:** devuelve al usuario al menú principal (Figura 5.16).
- **Botón “Cambiar”:** recarga la escena de la RA para escanear una nueva figura (Figura 5.17a).
- **Botón “Ejemplos”:** activa el botón “siguiente” con la animación para que se muestren los ejemplos (Figura 5.17c).
- **Botón “Siguiente”:** activa la animación de cambio de ejemplo.

Entornos

El menú de la sección “entornos” utiliza una distribución similar a la del menú principal, aunque adaptando los botones a las necesidades de la sección.



(a) Menú de los entornos en horizontal



(b) Menú dentro de los entornos

Figura 5.18. Menús de los entornos

En los menús de los entornos hay cinco botones:

- **Botón “Frigorífico”:** abre la escena del entorno del frigorífico (Figura 5.14a).
- **Botón “Estantería”:** abre la escena del entorno de la estantería (Figura 5.14b).
- **Botón “Mesa de juegos”:** abre la escena del entorno de la mesa de juegos (Figura 5.14c).
- **Botón “Atrás”de la Figura 5.18a:** Devuelve al usuario al menú principal (Figura 5.16).
- **Botón “Atrás”de la Figura 5.18b:** Devuelve al usuario al menú de los entornos (Figura 5.18a).

Créditos

Para cumplir con todas las licencias requeridas, se añadió en los créditos a todos los creadores de los modelos 3D utilizados en alguna de las secciones que conforman la aplicación. También, es una manera de agradecer el trabajo realizado y compartido de manera generosa por todos ellos.



Figura 5.19. Créditos

Los créditos cuentan con un botón que devuelve al usuario al menú principal.

5.1.5. Diseño final

Para la composición del diseño final, como se aprecia en la Figura 5.20 se eligieron el negro, azul y amarillo como colores principales de la aplicación y han sido utilizados para todos los diseños.

El azul se ha escogido como el color principal. A pesar de ser un azul oscuro, este resalta muy bien delante del negro. Ha sido utilizado para las letras del rótulo o los botones, asegurando que se vean correctamente. El negro se ha usado para fondos, ya que es un color oscuro donde es muy fácil hacer que otros colores resulten llamativos para los usuarios que utilicen la aplicación. Por último, el amarillo ha sido el color elegido para destacar ciertos elementos, pues es el color más brillante de la paleta usada. Se puede encontrar en el contorno de las letras y en la línea delimitadora del rótulo de una manera sutil; también en las letras de los botones, resaltando de esta forma la utilidad de cada uno.

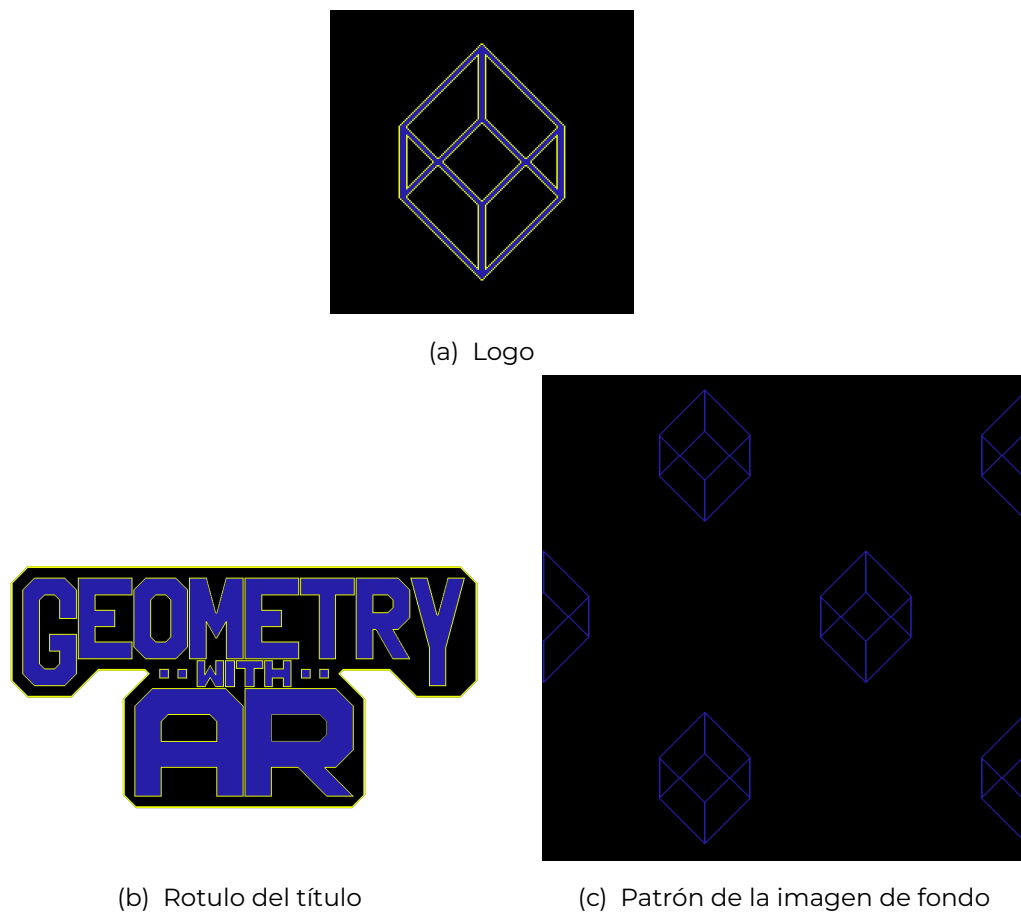


Figura 5.20. diseño final

- **El logo** se basa en la estructura de un cubo visto desde uno de los vertices superiores marcando solo sus lados. Hace una referencia explícita al contenido propio del juego.
- **El rótulo** del título cuenta con una tipografía lo más geométrica posible para que este bien cohesionado con la temática.
- **El fondo** se basa en la repetición del logo de una manera sutil y elegante.

5.2. Resultados del experimento

Como se ha comentado previamente, para poder analizar los resultados de la utilización de la aplicación en el aula se han tenido en cuenta datos tanto cuantitativos como cualitativos. Los primeros nos ayudan a comparar la cantidad de objetos identificables en un entorno

real dependiendo de la metodología utilizada previamente. Los segundos ofrecen una mayor cantidad de información, aunque siempre basada en las percepciones y observaciones de los participantes implicados en la implementación.

5.2.1. Resultados cuantitativos

Para la recogida de datos, se apuntó el número de objetos encontrados en cada uno de los entornos por parte del alumnado. Es importante destacar que las instrucciones se centraron en figuras concretas como puede ser la búsqueda de cilindros o de figuras planas como rectángulos. Estas figuras fueron las mismas en cada grupo, para poder hacer un balance más exacto y preciso de los resultados.

La información recogida muestra una mejoría significativa del *Grupo 1* por encima del *Grupo 2* al presentar un entorno cuando se habían utilizado explicaciones diferentes para el mismo contenido, como se muestra en la Figura 5.21.

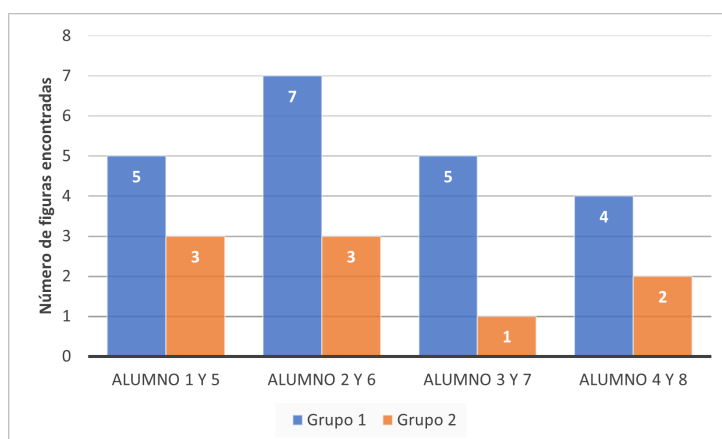


Figura 5.21. Gráfico que muestra la comparativa del primer entorno

Por otro lado, ante estos resultados, se procedió a realizar una explicación teórica complementaria al *Grupo 2* a través de la aplicación tecnológica. Este hecho aporta resultados mucho más parejos en el siguiente entorno mostrado (Figura 5.22).

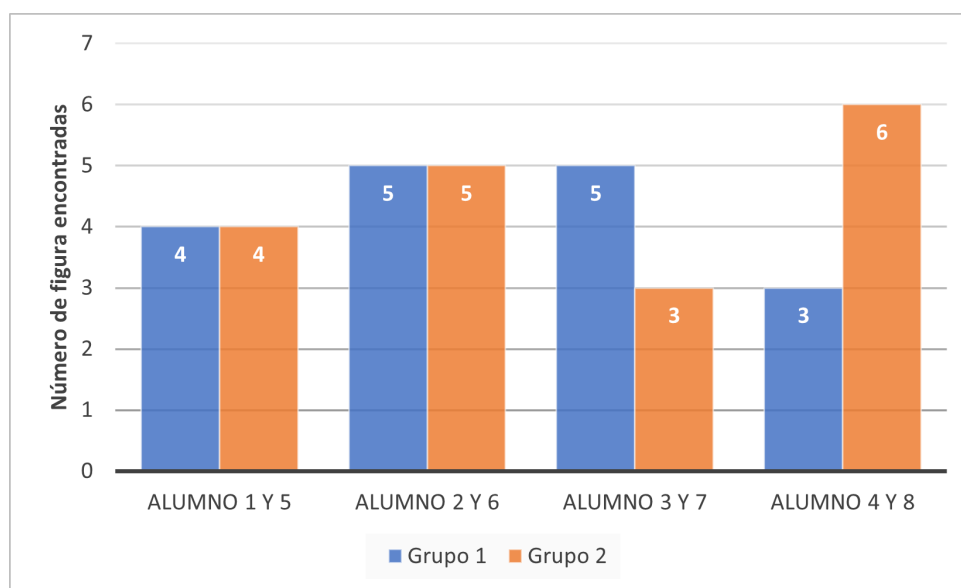


Figura 5.22. Gráfico que muestra la comparativa del segundo entorno

En definitiva, en la Figura 5.23, al analizar la media, observamos que el alumnado es capaz de identificar una media de objetos muy similar en ambos grupos tras haber recibido la explicación a través de la herramienta digital. Mientras que la diferencia al comienzo de la actividad es muy alta.

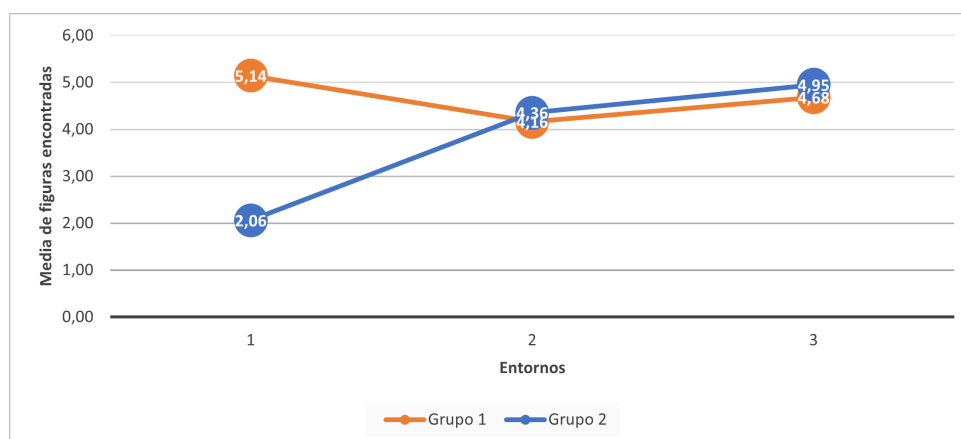


Figura 5.23. Gráfico que muestra la comparativa de la media de figuras encontradas

A continuación, para poder interpretar mejor los resultados se mostrarán datos más específicos en la Tabla 5.1.

| Tipo de dato | Media | | | Desv. típica | | | Mediana | | |
|--------------|-------|------|------|--------------|------|------|---------|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Entorno | | | | | | | | | |
| Grupo 1 | 5,14 | 4,16 | 4,68 | 5,25 | 4,25 | 4,75 | 5 | 4,5 | 4,5 |
| Grupo 2 | 2,06 | 4,36 | 4,95 | 2,25 | 4,5 | 5 | 2,5 | 4,5 | 5 |

Tabla 5.1. Tabla con los resultados específicos del experimento

Datos estadísticos

Si nos referimos a datos en torno a la edad de los estudiantes. No se detectaron unas diferencias significativas entre los participantes con distintas edades, lo cual se podría explicar ya que a pesar de la diferencia de edad que pueda haber, el nivel curricular de todos es, aproximadamente, de 1º de ESO y a que pese a tener distintos diagnósticos, comparten bastantes características.

En cuanto a la distribución de género, el 62,5 % del alumnado participante eran chicas y el 37,5 % chicos. Hay que destacar, que durante las clases realizadas, se pudo apreciar una mayor colaboración por parte de las mujeres. En cuanto a las respuestas, es verdad que las mujeres respondían un 20 % más de posibles objetos durante la búsqueda de figuras que los hombres, aunque estos fallaban menos, esto finalizaba con un número de aciertos bastante similar.

5.2.2. Resultados cualitativos

Los datos cualitativos ofrecen una cantidad de información más amplia, aunque siempre basada en la percepción y la sensación que tanto el profesorado como los estudiantes han vivido durante las sesiones utilizadas. Por ello, vamos a matizar los resultados en función del colectivo al que se haya preguntado: profesorado y alumnado.

Profesorado

El maestro encargado de impartir la sesión destacó varios aspectos que mejoraban al usar la aplicación de RA en comparación con el uso de la clase magistral. El profesor observador que accedió a estar presente durante el experimento realizó su aportación más relevante ante los contenidos matemáticos.

En primer lugar, se resaltó la participación del alumnado como uno de los puntos más fuertes de la herramienta. Al tratarse de ACNEE, algunos de ellos presentaban mutismo selectivo o era difícil conseguir una atención adecuada ante las explicaciones de contenidos curriculares. El maestro destacó que los alumnos que normalmente participaban de una manera más pasiva, son los que consiguieron identificar mayores objetos en los entornos. También se explicó que podía deberse a la disminución de la carga verbal frente a la visual, ya que es una de las vías de aprendizaje que este tipo de alumnado suele tener más desarrollada.

Por otro lado, la motivación también aumentó. Al introducir el uso de la *Tablet* en el aula, se aumentó la curiosidad del alumnado. El uso de las imágenes referencia junto con los pequeños juegos de tratar de adivinar las figuras resultantes hizo que la motivación fuera en aumento.

En cuanto al contenido matemático, se indicó que aumentó significativamente la capacidad del alumnado para relacionar la figura teórica junto con los objetos cotidianos, pero que no se tuvieron en cuenta otros contenidos propiamente matemáticos como las partes de estas figuras o la construcción matemática de las mismas. También se destacó la baja precisión de las figuras matemáticas junto con las formas de los objetos. Pese a ello, es importante destacar que al realizar la aplicación con ACNEE, prima especialmente la enseñanza de contenidos funcionales para la vida cotidiana de los estudiantes.

En definitiva, los maestros destacaron la facilidad de utilización de la aplicación, ya que solo requería una *Tablet* junto con las imágenes, sin necesidad de una conexión a internet, así como la utilidad para enlazar contenidos más abstractos con objetos de la realidad cerca de los estudiantes.

Alumnado

El alumnado se centró en dar una retroalimentación más técnica sobre la propia herramienta y sobre su valoración final de la actividad. Todo el alumnado destacó que era interesante el uso de las imágenes referencia para encontrar los poliedros o figuras tridimensionales. Por su parte, el juego centrado en los entornos fue percibido de manera más positiva por el *Grupo 1*, el *Grupo 2* mostró mayor cansancio y aburrimiento a pesar de haber utilizado la aplicación después de la explicación teórica.

Sobre la aplicación, se indicó que los tiempos de espera durante las transiciones eran demasiado largos, algo que verbalizaron que no les gustaba, puesto que no sabían si habían

pulsado bien el botón o si estaba funcionando. También mostraron su descontento con el zoom, que a veces funcionada de manera poco precisa y con algunos colores de los objetos, que no permitían identificar bien los bordes o la profundidad.

En general, la valoración final fue muy positiva. Algunos estudiantes solicitaron realizar un mayor número de actividades como esta, que fueran diferentes al día a día en el aula. Un alumno se interesó por el proceso de creación de la propia aplicación. Por último, dos alumnos destacaron que el uso de la aplicación les resultaba igual de aburrido que las clases normales utilizando la pizarra.

6.

Discusión

En esta sección se debatirán los resultados obtenidos a lo largo del experimento. Para poder entenderlos de la manera más correcta, se ha contado con la colaboración de los docentes que realizaron el experimento por su conocimiento de los participantes. Con este apartado se espera revelar si este proyecto proporciona una mejora significativa.

6.1. El uso de pantallas en educación.

Como ya se ha explicado en el Apartado 2. El uso de recursos digitales en el aula es un debate que lleva abierto desde hace ya muchos años. El progreso y utilización de este tipo de herramientas ha sido fluctuante, viéndose como algo imprescindible en ciertos momentos como durante la pandemia o un obstáculo al aprendizaje como en los últimos años.

Tras realizar esta investigación y teniendo en cuenta el aporte realizado por los docentes, se concluye que los maestros apoyan el uso de las tecnologías en el aula, pero presentan cierta reticencia a su utilización.

Las principales dificultades a las que se encuentran es la ausencia de recursos de calidad, una conexión a internet débil o un uso inadecuado de las herramientas. Por ello, creemos que para conseguir un uso de calidad de estos recursos hace falta una mayor inversión en este tipo de cuestiones, que mejoren el rendimiento de los aparatos disponibles o aumenten su número. Aplicaciones como la que se presentan pueden reducir estos problemas, puesto que es muy fácil de utilizar y no requiere de conexión a internet. Es importante que las tecnologías se adapten en todo momento a las necesidades de los centros educativos donde se van a utilizar, favoreciendo la accesibilidad hacia el alumnado escolarizado a ellas.

Por otro lado, otro de los aspectos más destacables es la falta de formación docente en herramientas digitales. Aunque en los últimos años se ha destacado esta necesidad, a través de la certificación en competencia digital docente, todavía encontramos grandes carencias que deben ser disminuidas. Una mayor y mejor formación contribuiría a una mejor utilización de los recursos, para poder aprovechar al máximo sus potencialidades y no utilizar la

tecnología simplemente por buscar un recurso diferente. La coordinación entre docentes e informáticos puede ayudar a disminuir esta brecha, favoreciendo la creación de herramientas más útiles y de calidad.

Estas problemáticas han abierto un gran debate. Actualmente, se está eliminando el uso de las pantallas de la educación, ya que son un potenciador de las diferencias económicas y sociales. No todo el alumnado tiene acceso a este tipo de recursos y por ello, debemos enfatizar en la importancia de un uso responsable y eficaz, donde la tecnología contribuya al aprendizaje y no a crear una brecha entre los estudiantes. Pese a ello, la educación debe preparar a los estudiantes para la sociedad actual, en la cual la tecnología está presente en todo momento. Más que eliminarla, debería distribuirse de una manera sana, enseñando al alumnado la potente herramienta a nuestro alcance y sin olvidar sus peligros.

Por último, otra cuestión relevante es el problema de la protección de datos. El trabajo educativo suele llevarse a cabo con menores de edad. Por ello, es muy importante respetar su identidad, sin compartir datos personales en la red y favoreciendo un uso de calidad de los aparatos, algo que los docentes valoran muy positivamente. Recursos como la aplicación creada superan ese obstáculo. Ningún alumno debe dar ninguno de sus datos ni compartirlos para poder utilizarla.

6.2. Aporte de la Realidad Aumentada al aprendizaje

Centrándonos ya en el uso de la RA, es importante destacar que no es un recurso muy utilizado. Las conclusiones extraídas a lo largo de los últimos años no son muy amplias ni han sido muy estudiadas, pero la herramienta digital creada, puede ayudar a esclarecer esta cuestión.

Así, los resultados cuantitativos mostrados sugieren que el uso de la herramienta digital provoca una mejora en el aprendizaje de los contenidos y la competencia del alumnado. Es cierto que vemos un mayor desarrollo en la competencia favoreciendo el uso de relaciones e identificando conceptos matemáticos en contextos de la vida cotidiana por encima de los propios contenidos como tal. Esto es muy positivo, ya que normalmente se priorizan el aprendizaje de contenidos, algo que no es defendido por la ley de educación actual, que busca alumnado competente.

Aun así, es cierto que los contenidos matemáticos son muy concretos y que tienen una relación con la vida cotidiana muy directa, lo que puede influir en las conclusiones obte-

nidas. Sería conveniente aumentar el nivel u ampliar los contenidos para saber hasta qué punto puede ayudar la aplicación al aprendizaje del alumnado. Frente a ello, es cierto que los maestros destacan su potencialidad para diferenciar entre figuras planas y tridimensionales, viendo de manera clara las diferencias.

Por otro lado, los datos cualitativos aportados por los estudiantes y profesorado sugieren una mejora en la motivación y la participación. Esto puede deberse al atractivo que suponen las *Tablets* para el alumnado infantil y adolescente. Aun así, destaca la apatía que presentó dos de los estudiantes del *Grupo 2* al finalizar la actividad. Este aburrimiento puede ser debido a factores externos como el cansancio o la desmotivación inicial al escuchar la clase magistral. Aunque se esperaba una mayor motivación de este segundo grupo al poder comparar las dos metodologías, la percepción general de los maestros y verbalizada por la gran mayoría de los estudiantes es positiva, favoreciendo la participación activa y la motivación frente a contenidos teóricos y matemáticos.

6.3. Atención a los Alumnos con Necesidades Educativas Especiales

El experimento también ha contribuido sobre manera al avance de los [ACNEEs](#). La percepción inicial de los profesores hacía hincapié en la dificultad con algunos de estos estudiantes para interactuar. Las dificultades relacionadas con el lenguaje, unidas al estado emocional de muchos de ellos y a las capacidades cognitivas, ponían de manifiesto la dificultad de motivar a este tipo de alumnado por encima de aquellos que hacen uso de una escolarización más normalizada.

Los resultados han sido mejores de lo esperado. El alumnado con mayores carencias lingüísticas es el que ha mostrado un mayor aprovechamiento del uso de la herramienta, sobre todo a la hora de evocar objetos con cierta forma o de identificarlos en los entornos. Se ha visto un nivel de participación significativamente más alto que en otras sesiones, verbalizando sus ideas y propuestas.

Otra de las grandes contribuciones a este colectivo de alumnos ha sido la comprensión de las figuras planas y tridimensionales. Este es un valor añadido para la aplicación, puesto que es un contenido propio de la etapa de educación primaria que ha ayudado a eliminar en este alumnado ya escolarizado en la [ESO](#). La mejora se observa al combinar las dos fases de la actividad. En la primera de ellas identifican las figuras planas gracias a las imágenes

referencia, mientras que el uso de los entornos contribuye a la identificación de unos y otras utilizando los mismos objetos para ambas. Por ejemplo, reconocieron un rectángulo en la cara de un brick de leche, mientras expresaban que todo el envase formaba un prisma.

Por último, cabe destacar que el uso del aula de apoyo para los ACNEEs suele considerarse como un lugar de descanso y desconexión del aula de referencia. Esto se debe a que el desfase curricular y sus diferencias individuales pueden contribuir a un aislamiento en el aula o un mayor nivel de concentración necesaria durante las sesiones. El hecho de incorporar un componente lúdico como la aplicación descrita, aunque esté muy centrada en la parte curricular, es vista de manera positiva por el alumnado, incorpora una connotación positiva a la sesión, que no es vista normalmente como una simple clase.

6.4. Fiabilidad del experimento

A pesar de todos estos grandes resultados y el análisis realizado, creemos conveniente destacar que el experimento también presenta carencias y dificultades, que impiden entender estos resultados como generalizables a otras poblaciones.

La implementación en el aula de la aplicación o del grupo de control se ha llevado a cabo solo con ocho alumnos. Este número es muy pequeño como para poder generalizar los resultados y, aunque sí muestran una mejoría de los aspectos previamente explicados, no nos permite extrapolarlos a un mayor número de alumnos. Es posible que otras variables como el cansancio o el concepto negativo de la escuela influyan en un mayor número de estudiantes, como ha ocurrido con los dos del *Grupo 2* en el experimento. Estos datos podrían modificar las conclusiones.

Por otro lado, los 8 estudiantes presentan necesidades educativas. La percepción del profesorado parece mostrar una mejoría en su aprendizaje más notable, pero de igual manera sería conveniente aumentar la muestra para conseguir datos de mayor calidad. También se podría aumentar la muestra hacia otros perfiles de alumnado, que podrían no tener necesidades o formar parte de la etapa de educación primaria, en la que también se podría utilizar la aplicación.

En definitiva, creemos que los resultados del experimento, aunque positivos, no pueden expresar grandes generalizaciones en cuanto a la mejoría del aprendizaje y de la motivación, pero sí que muestran la importancia que puede tener la tecnología en el ámbito educativo si se utilizan los recursos de manera adecuada y equilibrada dentro del aula.

7.

Impacto social y medioambiental

Actualmente, el compromiso con la sostenibilidad y el compromiso social son temas a tener en cuenta en el desarrollo de los proyectos tecnológicos. Aquí, se expone como este proyecto ha tratado de abarcar a ambos, tanto al apartado medioambiental como al social, tratando de mejorar un poco la sociedad en la que convivimos todos.

7.1. Impacto social

La tecnología se ha incluido en la sociedad como una pieza más de un gran puzzle. Los avances logrados gracias a ella han sido amplios y relacionados con multitud de ámbitos. Uno de los que ha causado mayor debate es el uso de las herramientas digitales dentro del contexto escolar. Es por ello, que este proyecto contribuye a la reflexión sobre los beneficios que la tecnología, utilizada de una manera efectiva, puede tener sobre la educación de los estudiantes, sobre todo con aquellos que presentan alguna dificultad.

Hace unos años la llegada de la Covid-19 puso de manifiesto grandes carencias tecnológicas en el ámbito, que poco a poco han sido disminuidas. Actualmente el uso de ellas a través de las aulas virtuales, las fichas interactivas o los libros de texto digital se ha normalizado de manera exponencial, llegando a hacer, para una gran parte de la población, un uso excesivo de este tipo de herramientas. Teniendo en cuenta todo ello, creemos que esta nueva aplicación puede ayudar a comprender que las tecnologías pueden ser un aliado de la educación, siempre que se haga un uso responsable de las mismas. Estas ofrecen grandes beneficios, sobre todo para los [ACNEEs](#).

La Comunidad de Madrid ha propuesto un proyecto de decreto para que en el curso académico 2025/2026 se restrinjan el número de horas lectivas con dispositivos digitales. Pero el decreto también habilita la posibilidad del uso de dispositivos electrónicos en grupos de trabajos y muestra la preocupación por el aprendizaje de los [ACNEEs](#) y los posibles be-

neficios que la tecnología pueda ofrecer. También se indica que será obligatorio que estas necesidades aparezcan de forma explícita en los informes y dictámenes de los estudiantes. Por ello, esta aplicación puede ser una buena herramienta que favorezca el aprendizaje entre iguales, mejorando la motivación y participación del alumnado y promoviendo la accesibilidad de todos los estudiantes a los contenidos curriculares.

La competencia matemática puede verse incrementada gracias a la relación directa que marca esta propuesta entre los contenidos curriculares y la vida cotidiana de los estudiantes y permite hacer uso de vías de aprendizajes diferentes a la auditiva, que es la normalmente utilizada en el aula y la que suele estar más afectada en los ACNEEs. De esta manera, no solo acercamos los contenidos a los estudiantes, sino que promovemos el desarrollo de competencias útiles para su vida diaria. Esto se ve reforzado en la idea de que los alumnos con mayores dificultades en el lenguaje son los que más beneficiados se han visto al utilizar la aplicación.

Conseguir una educación de calidad para los estudiantes, que utilice el DUA para favorecer la accesibilidad y el aprendizaje de todos y cada uno de los niños es crucial para la sociedad. Por ello, no podemos olvidarnos de que existen múltiples formas de aprender y que todas son válidas en la escuela siempre que se utilicen de forma adecuada.

En definitiva, el uso de esta aplicación y otras similares puede tener un fuerte impacto en la enseñanza y el aprendizaje. Los maestros que han impartido las sesiones, junto con los desarrolladores coinciden en que su uso puede ayudar al alumnado con carencias lingüísticas sin perjudicar el aprendizaje de otros estudiantes más normalizados, fomentando el aprendizaje lúdico. También comentan que es fácil de utilizar de manera ecléctica junto con otras metodologías y recursos para facilitar un aprendizaje más significativo, funcional y profundo.

7.2. Impacto medioambiental

El impacto medioambiental de la aplicación desarrollada es mínimo. La aplicación no requiere de una infraestructura física adicional, ya que se ejecuta completamente en dispositivos móviles comunes como *Tablets* o teléfonos inteligentes, que son ampliamente utilizados y no generan un consumo energético significativo más allá del habitual de estos dispositivos.

8.

Líneas futuras

Tras la recogida y análisis exhaustivo de las hojas de observaciones realizadas, tanto por los docentes como por los estudiantes, en la última fase del experimento se han detectado dos áreas claras de mejora. Estas son el apartado técnico y de usabilidad de la aplicación y la otra es la gran cantidad de contenidos didácticos con los que se puede expandir el videojuego.

8.1. Mejoras técnicas

La mejora continua de la aplicación en el factor de las mejoras técnicas, podrían suponer que la aplicación fuera más accesible. Así se lograría que un mayor número de niños se pudieran beneficiar de esta herramienta independientemente de su situación.

8.1.1. Rendimiento

Gracias a las pruebas de rendimiento la decisión de que *Tablet* usar fue simple ya que había una diferencia abismal en cuanto a tiempos de ejecución. Esto se debe a la gran diferencia entre los componentes de los distintos dispositivos, los cuales creaban una brecha muy extensa. La aplicación no es eficiente cuando se trata de ejecutar en un dispositivo que no es actual pero tampoco está obsoleto.

La optimización de la aplicación debería tratarse con varios puntos. Una mejora de eficiencia a la hora de arrancar el apartado de la [RA](#) es necesario ya que este es el centro de la aplicación. Una mejora de velocidad para cargar los modelos 3D ya sea por su formato o por una mejor compresión. Para amenizar y ganar tiempo se podrían añadir pantallas de carga porque estas no estresan tanto a los usuarios, siempre y cuando tengan una duración razonable, como lo puede hacer que tras tocar un botón la aplicación no ejecute nada y se quede unos segundos en el anterior menú.

8.1.2. Compatibilidad

Actualmente la compatibilidad es uno de los apartados más importantes ya que existe una gran variedad en casi cualquier aspecto de la tecnología. Si consigues una gran compatibilidad, logras alcanzar más usuarios los cuales se pueden beneficiar del uso de tu producto. De esta manera se espera poder aumentar la compatibilidad con el mayor número de dispositivos móviles existentes. La aplicación tiene compatibilidad con *Android* y está pensada para usarse en *Tablets* con distintos tamaños de pantalla.

Con el fin de que se pueda usar en tantos centros como sea posible es necesario abarcar el mayor número de sistemas operativos para que no haya ningún tipo de conflicto y se adapte a los recursos actuales de cualquier centro en la actualidad. Se tendría que aumentar la compatibilidad a sistemas operativos como *iOS*, el cual es uno de los más usados junto con *Android*, y a algunos menos utilizados pero que igualmente sería interesante tener en cuenta como u otras opciones menos usadas como *HarmonyOS* o *Windows* que no es tan común en *Tablets*, pero algunas si lo utilizan.

Otra función para que la aplicación pueda llegar al mayor número de alumnos es la compatibilidad con teléfonos inteligentes. Esto lograría que los alumnos pudieran jugar en su casa para afianzar de mejor manera los conocimientos. Para ello sería necesaria una reestructuración de los elementos en pantalla y crear una interfaz lo más adaptable posible ya que las dimensiones de los *Smartphones* de hoy en día varían mucho dependiendo del fabricante y del modelo.

8.1.3. Usabilidad

En las observaciones del alumnado hubo una petición recurrente sobre que investigar los distintos entornos propuestos por la aplicación se volvía al toco y difícil por culpa de los controles y velocidades del movimiento y del zoom integrados en el videojuego. A la hora de decir cómo afrontar este problema se han obtenido dos posibles soluciones: recalibrar las actuales variables de las que dependen estos aspectos, o cambiar el sistema por uno más cómodo.

Para la primera opción habría que centrarse en realizar múltiples pruebas con posibles futuros usuarios para que estos nos ayuden a buscar una configuración de variables que se traduzca en un movimiento y un zoom que haga que la experiencia sea lo más agradable y enriquecedora posible para que los alumnos puedan comprender los conocimientos que intentamos enseñarles.

En cuanto a la segunda alternativa, la que considera la más plausible y funcional, habría que idear nuevas formas de implementar estos movimientos y de poder adaptarlos a los distintos ángulos que tienen las cámaras. Una posibilidad sería dar un control total al usuario y que este también controlará dicho ángulo de inclinación, esto añadido a unos nuevos controles más ergonómicos podría ser la clave de una mejora significativa de movimiento.

8.1.4. Animaciones y botones

Una de las peticiones más recurrente fue la de agilizar las animaciones, ya que los participantes del experimento se frustraban al pulsar algunos botones del apartado de la RA. Esto era provocado porque el juego está diseñado para no empezar una animación si la anterior no ha finalizado. Esto provocaba que en algunos casos se pulsara el botón de cambiar el ejemplo y hasta después de 4 segundos la transición no hubiera comenzado. Se pueden observar dos fallos a mejorar: la falta de una ruptura de la animación anterior y la inexistencia de un *Feedback* Correctamente apreciable.

La mejora pensada para solucionar el problema con las animaciones se basa en eliminar la animación cíclica de rotación y sustituirla por una que se ejecute una única vez. De esta manera el orden de animaciones sería el siguiente: entra la figura y se ensambla, realiza una rotación completa para que el alumno observe bien la figura, con la figura quieta el usuario es libre de girarla a su placer con el dedo o moviendo el dispositivo y por último se pulsaría el botón de ejemplos y la transición sería instantánea. La animación no tendría tiempo de espera ya que no se está ejecutando ninguna otra, esto mejoraría los tiempos de reacción de la aplicación, ayudaría a que los alumnos no se frustran jugando y a que estos puedan detener la figura para verla con precisión desde un ángulo específico.

Otro posible avance para este problema podría ser la incorporación de un *Feedback* más visual al pulsar un botón. El cambio de color que se produce cuando un usuario pulsa un botón es tan ligero que resulta casi inapreciable. Habría que elegir un nuevo color para que el contraste fuera mayor y los usuarios tuvieran la seguridad de que el botón ha sido pulsado y la aplicación lo ha detectado correctamente.

8.1.5. Sonidos

Los centros de educación deben ser silenciosos para que las clases puedan transcurrir de manera correcta y efectiva. Es cierto que lo ideal es no hacer ningún ruido, pero si este ruido

se controla manteniendo un nivel de volumen decente para que el estudiante lo escuche con claridad y no moleste al resto de alumnos que están tratando de aprender en el centro, se podrían conseguir numerosos beneficios.

La mejora estaría centrada en la incorporación de una música de fondo. La música debería ser relajante y sin letra para que el estudiante no se distraiga y que la aplicación se vuelva más inmersiva. Además, se podrían añadir cortos efectos de sonido que ayuden a devolver *Feedback* cuando el usuario pulsa un botón o cuando realiza un escaneado exitoso. Esto ayudaría al problema mencionado en el apartado anterior. Finalmente, esta mejora iría acompañada de un menú de ajustes para la regulación del volumen.

8.2. Contenido

Aumentar el contenido de la aplicación tendría que ser una de las prioridades ya que actualmente solo puede utilizarse durante una clase y es obligatoria la presencia de un docente. Si se quiere mejorar la utilidad de la aplicación, un paso muy interesante sería que el juego pudiera abarcar varias sesiones y que se pudiera realizar alguna actividad en el domicilio del alumno de una manera simple creando una funcionalidad más interesante.

8.2.1. Descarga de las imágenes referencia

Para poder usar correctamente la aplicación, es necesario utilizar las imágenes referencia. Sin su uso el juego no tiene sentido ya que no se podría ejecutar lo que se considera el eje central, la [RA](#). El problema está en los diseños de dichas imágenes solo los tiene el centro donde se ha realizado el experimento.

La correcta distribución del programa es compleja ya que se debe distribuir tanto la aplicación como el documento de las imágenes referencia. Habría que crear una nueva sección en la aplicación donde se pueda descargar este documento para agilizar la distribución y que sea más cómodo para los centros que estén interesados en utilizarla.

8.2.2. Aumento del contenido

La variedad dentro de una aplicación es fundamental para que esta pueda usarse durante un tiempo más extenso. Este juego cuenta con una variedad suficiente para realizar una sesión por cada dos alumnos pero no tiene la posibilidad de reusarse con los mismos estudiantes.

Sería más que interesante crear nuevos entornos que abarcaran un mayor número de contextos cercanos al alumnado, como puede ser un supermercado o una bolera; además este hecho permitiría un uso más prolongado de la aplicación. También se podría aumentar la extensión para que los alumnos pudieran investigar en una sala más completa y inmersiva.

8.2.3. Nuevo modo más interactivo

Durante el planteamiento del juego una de las ideas más ambiciosa que surgió fue la interactividad. Con esto se buscaba que el estudiante pudiera ser algo más independiente a la hora de buscar los objetos de los entornos ya que la propia aplicación sería la encargada de informar al alumno de si su deducción es correcta o errónea. Esta iniciativa fue descartada por falta de tiempo, pero sería una gran mejora que podría cambiar completamente el uso de la aplicación

La mejora se basaría en dos apartados: la interactividad del entorno y el sistema de puntos. Para volver más interactivos los entornos empezáramos por añadir cajones, armarios o baúles los cuales puedan abrir y explorar su contenido añadiendo así un mayor número de objetos. Además se deberían poder pulsar en cualquier objeto para poder observar un primer plano para apreciarlo y estudiarlo correctamente. Finalmente, al hacer este zoom a un elemento se nos dará la opción de adivinar su forma. Se mostrarán las distintas figuras geométricas incluidas en la aplicación y en caso de elegir la correcta esta desaparecerá y sumará un punto al contador de aciertos del usuario. Si se elige la equivocada el objeto no desaparecería pero quedaría marcado como erróneo para que al terminar el entorno lo pueda consultar con el profesor.

Con estas mejoras se obtendría un nuevo modo de juego el cual es algo más independiente del profesor y da la opción de que el alumno pueda realizar esta actividad desde su domicilio si dispone de un dispositivo compatible.

8.3. Educación

La aplicación también puede mejorarse si atendemos a un criterio educativo. La geometría es uno de los bloques principales que forman parte de la asignatura de matemáticas tanto en la etapa de Educación Primaria como en la [ESO](#).

Por ello, se puede adaptar el contenido explicado a través de las imágenes referencia a los diferentes cursos. De esta manera, cada curso académico podría estar formado por un conjunto de imágenes de una dificultad acorde al curso y que se podrían combinar con otros conjuntos para reforzar contenidos anteriores, en caso de alumnado que pueda presentar un desfase curricular; o para enriquecer el aprendizaje, en el caso de alumnado con altas capacidades.

De igual manera, se puede ampliar el número de secciones que conformen la aplicación, ayudando a comprender otros conceptos que también presentan grandes dificultades como por ejemplo la diferencia entre el perímetro, área y volumen.

Por último, otras asignaturas también hacen uso de la geometría en su desarrollo y podrían ver un aliado en una aplicación como esta. Por ejemplo, en la comprensión de las diferentes vistas de una figura.

9.

Conclusiones

En conclusión, el trabajo con la RA ha sido muy interesante y desafiante. Si bien es verdad que habíamos trabajado con ella por encima, nunca habíamos tenido que introducir tanto en este tipo de tecnologías. [Vuforia Engine](#) ha sido gran aliado durante esta experiencia la cual ha facilitado en gran parte. Uno de los inconvenientes más grandes fue la creación de las imágenes referencia, las cuales, en un principio, se confundían entre si volviendo la aplicación un caos.

Además, el modelado 3D de las figuras con caras curvas, como el cilindro o el cono, ya que el efecto de montaje de estas caras resultaba muy difícil y comprobar que al final nadie nota que estas están compuestas por caras rectas es un gran alivio. En cuanto a la creación de los entornos, habría sido de mucha ayuda contar con un modelador ya que conseguir modelos 3D que sean gratuitos y que tengan un diseño coherente con el resto resulta más difícil de lo que en un principio podíamos pensar.

Por último, en cuanto al desarrollo de la aplicación, la creación de los diseños finales, teniendo en cuenta el logo, el rótulo del título y el fondo, han sido bastante bien recibidos por los estudiantes.

Por otro lado, el hecho de enfocar el PFG desde una necesidad real ha facilitado el desarrollo de toda la investigación. Al colaborar con docentes y profesores se ven las potencialidades que tiene el uso de diferentes ámbitos en este tipo de contextos y es un claro reflejo de la sociedad en la que vivimos, donde las disciplinas no funcionan de manera parcelada y aislada, sino que se complementan para sacar el máximo rendimiento a cada una de ellas.

Además, la experimentación en el aula fue muy gratificante. Ver a los estudiantes aprovechar las herramientas que se les ofrecían, preguntar dudas y ver su emoción al comprender o encontrar objetos que al principio no pensaban que fueran a ser capaces de comprender fue muy emocionante. El impacto social que este tipo de aplicaciones puede tener en otros colectivos más desfavorecidos es amplio y poder verlo de primera mano ayuda a comprender la importancia que tiene, incluso si solo busca la mejora en un único sujeto.

Creemos que contribuye a decantar el debate sobre el uso de la tecnología en el aula hacia una respuesta afirmativa, pero condicionada. Pues no es acertado un uso masivo de la

misma, sino que debe llevarse a cabo de forma trascendente, equilibrada y con una utilidad concreta, para facilitar el aprendizaje y no utilizándola simplemente como un posible recurso de innovación educativa sin sentido.

Por último, consideramos que la aplicación tiene grandes potencialidades y que los márgenes de mejora son amplios. Una aplicación más completa podría favorecer el aprendizaje de un mayor número de alumnos con unas características más diversas. De esta manera se seguiría mejorando en la accesibilidad educativa.

En definitiva, el desarrollo del trabajo ha permitido la utilización de contenidos y competencias adquiridas durante estos años universitarios y ponerlos en uso en otro ámbito diferente como es la educación. Es muy importante garantizar el máximo aprovechamiento de la tecnología y ponerla al alcance de las personas que más la necesitan.

Bibliografía

- [1] C. Maiti, «EDUCATIONAL PRACTICE, TRENDS AND QUALITY EDUCATION,» *NEW TRENDS OF TEACHING, LEARNING AND TECHNOLOGY| VOLUME 2*, pág. 185, 2024.
- [2] *Plataforma de desarrollo en tiempo real de Unity*. visitado 25 de jun. de 2025. dirección: <https://unity.com/es>.
- [3] *Visual Studio Code - Code Editing*. visitado 25 de jun. de 2025. dirección: <https://code.visualstudio.com/>.
- [4] *Engine Developer Portal*. visitado 25 de jun. de 2025. dirección: <https://developer.vuforia.com/home>.
- [5] *Home of the Blender project - Free and Open 3D Creation*. visitado 25 de jun. de 2025. dirección: <https://www.blender.org/>.
- [6] *GIMP*. visitado 25 de jun. de 2025. dirección: <https://www.gimp.org/>.
- [7] *Pictarize | AR target image analyzer*. visitado 25 de jun. de 2025. dirección: <https://pictarize.com/image-analyzer/>.
- [8] N. Solórzano Alcívar, S. Moscoso Poveda y E. Elizalde Ríos, «Evolución de Videojuegos y su Línea Gráfica _ un enfoque entre la Estética y la Tecnología _», *Ñawi: arte diseño comunicación*, vol. 3, n.º 2, págs. 125-145, 2019.
- [9] A. B. Sabín, «Evolución tridimensional en la representación visual de los videojuegos y su repercusión en la jugabilidad,» *COMUNICACIÓN. Revista Internacional de Comunicación Audiovisual, Publicidad y Estudios Culturales*, vol. 1, n.º 7, págs. 116-133, 2009.
- [10] L. M. Marmolejo y N. I. H. FRANCO, «Aplicación de la realidad aumentada en videojuegos,» Tesis doct., Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingenierías Eléctrica ..., 2012.
- [11] J. C. Almenara y F. G. Jiménez, «Realidad aumentada,» *Tecnología para la formación, Madrid: Síntesis, SA*, 2016.
- [12] C. R. Bello, «La realidad aumentada: lo que debemos conocer,» *Tecnología Investigación y Academia*, vol. 5, n.º 2, págs. 257-261, 2017.

- [13] M. J. P. Elbert, B. M. Z. Mendoza, K. A. M. Aguirre y M. V. Cárdenas, «Realidad virtual, realidad aumentada y realidad extendida en la educación,» *RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento*, vol. 7, n.º 2, págs. 74-88, 2023.
- [14] Ö. F. İslim, Ş. Namlı, N. Sevim, B. Özçakır y Z. Lavicza, «Augmented Reality in Mathematics Education: A Systematic Review,» *Participatory Educational Research*, vol. 11, n.º 4, págs. 115-139, 2024.
- [15] E. İbili, M. Çat, D. Resnyansky, S. Şahin y M. Billingham, «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*, vol. 51, n.º 2, págs. 224-246, 2020.
- [16] N. Voulgari, M. Panagopoulos y V. Garneli, «A systematic review of augmented reality in mathematics education: Fostering learning through art integration,» *Arts & Communication*, pág. 4446, 2024.
- [17] P. Yaniawati, R. Indrawan, M. P. Mubarika et al., «The Potential of Mobile Augmented Reality as a Didactic and Pedagogical Source in Learning Geometry 3D,» *Journal of Technology and Science Education*, vol. 13, n.º 1, págs. 4-22, 2023.
- [18] G. Lampropoulos, E. Keramopoulos, K. Diamantaras y G. Evangelidis, «Augmented reality and gamification in education: A systematic literature review of research, applications, and empirical studies,» *Applied sciences*, vol. 12, n.º 13, pág. 6809, 2022.
- [19] A. Vidak, I. M. Šapić, V. Mešić y V. Gomzi, «Augmented reality technology in teaching about physics: a systematic review of opportunities and challenges,» *European journal of physics*, vol. 45, n.º 2, pág. 023 002, 2024.
- [20] H.-K. Wu, S. W.-Y. Lee, H.-Y. Chang y J.-C. Liang, «Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education,» *Computers & education*, vol. 62, págs. 41-49, 2013.
- [21] C. Creed, M. Al-Kalbani, A. Theil, S. Sarcar e I. Williams, «Inclusive AR/VR: accessibility barriers for immersive technologies,» *Universal Access in the Information Society*, vol. 23, n.º 1, págs. 59-73, 2024.
- [22] H. Denizli-Gulboy, D. Genc-Tosun y E. Gulboy, «Evaluating augmented reality as evidence-based practice for individuals with autism spectrum disorder: a meta-analysis of single-case design studies,» *International Journal of Developmental Disabilities*, vol. 69, n.º 4, págs. 472-486, 2023.
- [23] M. T. Jdaitawi y A. F. Kan'an, «A Decade of Research on the Effectiveness of Augmented Reality on Students with Special Disability in Higher Education.,» *Contemporary Educational Technology*, vol. 14, n.º 1, 2022.

- [24] M. R. Lopez, «Desarrollo del Aprendizaje Basado En Proyectos con realidad aumentada en educación secundaria para mejorar rendimientos en el aula de música,» *Artseduca*, n.º 32, págs. 135-146, 2022.
- [25] F. del Cerro Velázquez y G. M. Méndez, «Realidad Aumentada como herramienta de mejora de la inteligencia espacial en estudiantes de educación secundaria,» *Revista de Educación a Distancia (RED)*, n.º 54, 2017.
- [26] J. A. C. Escobar, «Realidad aumentada: estrategia didáctica para el desarrollo de competencias matemáticas,» *Revista Latinoamericana Ogmios*, vol. 4, n.º 9, págs. 29-43, 2024.
- [27] L. L. Aragón, «Producción de recursos didácticos para el aula de matemáticas de Secundaria con realidad aumentada,» *Innovación educativa*, n.º 30, págs. 185-198, 2020.
- [28] T. de Pitágoras, *Teorema de Pitágoras*, 2004.

Índice de términos

Glosario

Blender Software de creación y edición de modelos 3D.. [9](#), [10](#), [21](#)

C# Lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por Microsoft.. [9](#)

GIMP GNU Image Manipulation Program .Software de edición de imágenes basado en mapas de bits.. [10](#), [35](#)

Microsoft Empresa tecnológica líder en software, hardware y servicios en la nube.. [8](#), [9](#)

Pictarize Pagina web para calificar imágenes como referencias para la realidad aumentada.. [10](#), [37](#)

Unity Engine Motor gráfico para el desarrollo de videojuegos.. [8](#), [9](#), [20–23](#), [26](#)

Visual Studio Code Editor de código fuente ligero y multiplataforma desarrollado por Microsoft.. [8](#)

Vuforia Engine Motor de realidad aumentada compatible con Unity.. [9](#), [21](#), [71](#)

Siglas

ACNEE Alumno con necesidades educativas especiales longplural. [1–7](#), [13–15](#), [17](#), [19](#), [57](#), [61–64](#)

DUA Diseño Universal para el Aprendizaje. [3](#), [6](#), [64](#)

ESO Educación secundaria obligatoria. [2](#), [5](#), [14](#), [24](#), [56](#), [61](#), [70](#)

PFG Proyecto a realizar al final de una titulación de Grado longplural. 1-4, 8, 14, 19, 71

PT Pedagogía Terapéutica. 19, 20, 31, 46

RA Realidad Aumentada. 1-6, 8-14, 16, 19-22, 26, 30, 32, 35, 48-50, 56, 60, 65, 67, 68, 71

RV Realidad Virtual. 19

SP Story Point longplural. 15, 16

TEA Trastorno del Espectro Autista. 13



Universidad
Politécnica
de Madrid

ETSI SISTEMAS
INFORMÁTICOS