

Mejorar la destreza matemática con un videojuego de Realidad Aumentada

C. Rebollo¹[0000-0002-1328-2110] and I. Remolar¹[0000-0002-7743-2579] and V. Rossano²[0000-0002-4079-9641] and C. Gasch¹[0000-0003-2013-2839]

¹ Institute of New Imaging Technologies,
Universitat Jaume I, 12071 Castellón
{rebollo, remolar, cgasch}@uji.es

² Universidad de Bari "Aldo Moro", 70125 Bari
{veronica.rossano}@uniba.it

Abstract. The traditional method of learning multiplication tables is a repetitive and boring task. Teachers try to find new methods to motivate children in this learning. One of the lines to keep in mind it is to integrate entertainment into educational processes. This work, aimed at 3rd year Primary Education students, presents a video game with Augmented Reality that allows you to practice the multiplication tables by gamifying their successes and memorization. In order to attract different player profiles, two mini-games have been created, one for fighting and the other for recycling, which are played after solving a series of proposed multiplications. The game will report the hits and misses made in each game, as well as the evolution of the successful answers between the first and last game played. In this way, teachers will be able to evaluate the improvement in the learning of their students' multiplication tables. Mixing entertainment and Augmented Reality techniques will make this tedious process more enjoyable and attractive for children, greatly improving their math skills.

Resumen El método tradicional de aprender las tablas de multiplicar es una tarea repetitiva y aburrida. Los docentes intentan buscar nuevos métodos para motivar a los niños/as en esta tarea. Una de las líneas a tener en cuenta es integrar en los procesos educativos el entretenimiento. Este trabajo, dirigido a alumnos/as de 3º de Educación Primaria, presenta un videojuego con Realidad Aumentada que permite practicar las tablas de multiplicar gamificando sus éxitos y su memorización. Para poder atraer diferentes perfiles de jugadores, se han creado dos mini-juegos, uno de lucha y otro de reciclaje a los que se juega tras responder una serie de multiplicaciones propuestas. El juego informará de los aciertos y fallos realizados en cada partida, así como de la evolución de estos fallos y aciertos entre la primera y última partida jugadas. De este modo, los docentes podrán evaluar la mejora en el aprendizaje de las tablas de multiplicar de sus alumnos/as. Mezclar entretenimiento y técnicas de Realidad Aumentada harán que este tedioso proceso sea más ámeno y atractivo para los niños/as, mejorando en gran medida sus habilidades en matemáticas.

Keywords: Realidad Aumentada · Juegos serios · Educación · Gamificación

1 Introducción

Los juegos serios se definen como juegos cuya finalidad no es únicamente la diversión del usuario, aunque esto no implica que tengan que ser aburridos [1]. Debido al éxito de los videojuegos, ámbitos diferentes al ocio han aprovechado esta circunstancia para aplicar esta tecnología a su campo y hacer más atractivas sus tareas [2]. Un área destacada es la educación [3, 4]. La motivación a la hora de aprender es un tema que preocupa a los docentes [5]. El aprendizaje basado en la gamificación consiste en el uso del juego para apoyar actividades de aprendizaje y enseñanza [6]. Existen estudios que demuestran que el juego mejora el nivel de motivación y compromiso de los estudiantes, ya que con él, pueden combinar el entretenimiento con actividades propias de formación [7].

La Realidad Aumentada (RA) se define como un sistema que combina objetos reales y virtuales con un registro tridimensional, posibilitando en algunos casos interacción en tiempo real [8]. Por esto, se presenta como una buena herramienta para incrementar el apego al uso de las aplicaciones desarrolladas [9]. La utilización en el ámbito de la educación de videojuegos que incluyen RA, ha alcanzado áreas tan diferentes como son la historia, el inglés... y por supuesto, las asignaturas STEM [10]. Dentro del ámbito de las matemáticas, una tarea altamente repetitiva y que necesita mucha práctica es el aprendizaje de las tablas de multiplicar. Tradicionalmente, consiste en repetir infinidad de veces cada una de las multiplicaciones, por lo que los niños/as suelen encontrarlo bastante pesado. Se han buscado formas más divertidas de memorizar las tablas, como recitarlas como una canción, o utilizar juegos tipo "Memory" emparejando la multiplicación y su resultado. No obstante, el hecho de que la generación actual haya crecido como nativos digitales, ha hecho que la opción de aprendizaje mediante el uso de videojuegos sea una opción a tener en cuenta. Es esencial que la Tecnología Educativa desarrolle herramientas fáciles de usar, por lo que se deben utilizar principios de diseño para juegos infantiles de aprendizaje [11].

Siguiendo la tendencia de utilizar juegos serios en el ámbito educativo, este trabajo presenta un juego visualizado con RA, cuyo objetivo final es apoyar el entrenamiento en el aprendizaje de las tablas de multiplicar en alumnos/as de tercer curso de Educación Primaria, gamificando este entrenamiento para hacerlo menos aburrido. Con la intención de llegar a diferentes perfiles de jugador, se han desarrollado dos minijuegos con temáticas diferentes: uno de lucha y otro que promueve salvar el planeta. También con esta finalidad, el avatar que representa al jugador, puede seleccionarse entre un personaje femenino o masculino. Para poder jugar, es necesario resolver las operaciones propuestas en el juego. Finalmente, se muestra un informe de aciertos y fallos por partida y por juego. La aplicación ha sido creada para móviles con sistema operativo Android, desarrollándose con UNITY y gestionando la RA con la API (*Application Programming Interface*) de detección de planos de Vuforia.

El resto del documento está organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se introduce el tema de la RA y se describen algunas experiencias en entornos educativos. La sección 3 introduce la aplicación, ampliando el detalle de creación de cada mini-juego en las secciones 4 y 5, y las conclusiones finales y el trabajo futuro se presentan en la sección 6.

2 Estado del arte

La utilización de la RA complementa con contenido virtual los métodos y materiales de la enseñanza tradicional, por lo que podría utilizarse en los colegios con el propósito de mejorar el aprendizaje y la motivación de los alumnos/as [12]. El aprendizaje de lenguas es un claro ejemplo de aplicación de la RA a la educación. *TeachAR* o *HELLO* [13] son aplicaciones creadas para aumentar la motivación para aprender y mejorar el nivel de inglés. En el ámbito de las ciencias y medioambiente, encontramos aplicaciones que intentan reforzar el conocimiento de los niños/as sobre el ciclo, composición y contaminación del agua [14], o el proyecto *EcoMOBILE* [15], ambas eficaces en cuanto a la motivación y conocimiento de las prácticas ecológicas.

En el contexto de las matemáticas, un ejemplo de aplicación de RA es la geometría. " *Geo+*" [16] contempla el refuerzo del aprendizaje de las principales figuras sólidas en un dispositivo móvil para alumnos/as de 3º grado de primaria. Los resultados confirmaron que se sintieron atraídos por la aplicación y se divertieron. *ARGeo* [17], aplicación para que estudiantes de secundaria practiquen los principios básicos de la geometría, confirmó que los alumnos promovieron niveles más altos de motivación, en términos de atención, relevancia, condescendencia y satisfacción. Con la finalidad de visualizar, manipular y explorar conceptos como funciones lineales, cuadráticas, exponenciales y trigonométricas, se creó *Foothmath* [18] dirigido a estudiantes de secundaria.

Las aplicaciones mencionadas trabajan con RA y marcadores, pero la tendencia actual es sustituirlos por el reconocimiento de superficies. Utilizando esta técnica, *GeoGebra AR* [19] permite que los estudiantes construyan matemáticamente modelos 3D colocándolos virtualmente en el mundo real y que testeen virtualmente la precisión de los modelos creados, permitiendo mejorarlos. Con *ARMathes* [20], se trabaja con conceptos como sumas, restas, multiplicaciones... Se comparó la manipulación de objetos tangibles y virtuales en el aprendizaje de matemáticas en un entorno de realidad mixta. los resultados indicaron que la interacción con la pantalla táctil promueve la colaboración y la reflexión frenando la impulsividad.

El juego que aquí se presenta se ha desarrollado siguiendo principios de diseño de juegos de aprendizaje con AR para móvil enfocados a niños/as [21]. Además, teniendo en cuenta la eficiencia de la RA en el ámbito de la educación, este videojuego tiene como foco principal hacer más entretenida la tarea de aprender las tablas de multiplicar utilizando RA con reconocimiento de superficies.

3 El juego

Se presenta una aplicación de RA para dispositivos móviles que gamifica el aprendizaje de las tablas de multiplicar. Se ofrecen dos minijuegos, “*Battle against the Colossus*”, juego de lucha por turnos, y “*Save the planet!*”, juego de lanzamiento de objetos. En ambos, el jugador visualiza la escena donde está ubicado, desarrollándose el juego sobre un área plana de la escena. Esto hace que al tener más cercanos los juegos, y al transcurrir la acción en el mismo entorno donde se encuentra el niño/a, se despierte su interés.

La aplicación comienza con una introducción al juego, y la posibilidad de seleccionar uno de los dos mini juegos (Fig. 1 izquierda). Tras esto, se elegirá el personaje con el que se quiere jugar, un héroe o una heroína (Fig.1 derecha).



Fig. 1. Pantallas de selección del minijuego (izquierda), y del personaje (derecha).

A continuación, se debe configurar la visualización de la RA para establecer el plano sobre el que aparezca la escena del juego. Una vez aparece, en la parte inferior se muestra la multiplicación a realizar y cuatro posibles soluciones. El niño/a deberá elegir una de ellas, y su elección desencadenará acciones diferentes en el minijuego según acierte o falle el resultado.

Ambos minijuegos comparten gran parte de sus funcionalidades y mecánicas, como la introducción, el sistema de generación de multiplicaciones y el sistema de guardado y visualización de resultados. Para explicar las mecánicas de ambos juegos, este artículo se basará en “*Battle against the Colossus*”. A continuación, se incluirá un apartado en el que quedarán reflejadas aquellas mecánicas y características propias de “*Save the Planet!*”, las que se realizan en función del acierto o fallo del resultado de la multiplicación propuesta.

El arte utilizado se ha obtenido de [22–24]. Las animaciones se han realizado con *Mixamo* [25], y el texto se ha generado con la herramienta *CoolText* [26]. El proyecto está realizado con la versión de Unity 2019.2.3 utilizando el *plug-in* *Vuforia* que incluye la detección de superficies, *Ground Plane*, y la gestión de la cámara de RA para conectarse con la cámara del dispositivo.

3.1 La utilidad *Ground Plane*

Para poder ver la escena del juego, debe configurarse la visualización de la RA. La utilidad *Ground Plane* es la que lo hace posible, mostrando en la escena un hexágono vacío con el mensaje “*Look for an area of one square meter*”. El usuario debe localizar con la cámara del dispositivo una superficie plana de alrededor de $1 m^2$ correctamente iluminada para permitir instanciar la escena en ella. Detectada esta superficie, dentro del hexágono se muestra un cuadrado blanco y pulsando sobre la pantalla, se instancia el *Ground Plane Stage*, y el escenario de juego se ubicará sobre esta superficie.

4 *Battle against the Colossus*

En este minijuego, el niño/a se encontrará con un juego de lucha por turnos donde intervienen el personaje seleccionado, y Colossus, el adversario. En la escena además, se muestran las barras de vida de ambos personajes y, en la parte inferior, un tablón con multiplicaciones a resolver (Fig. 2). El objetivo será acabar con la vida de Colossus acertando el mayor número posible de operaciones.



Fig. 2. Escena de “Battle against the Colossus”.

El juego consta de dos turnos que se alternan, uno de ataque y otro de defensa, haciendo siempre referencia al *player*. En cada turno, el jugador debe resolver una multiplicación. El comportamiento del juego será diferente según se esté en turno de ataque o de defensa:

- Si se acierta la multiplicación durante el turno de ataque, el *player* golpeará al enemigo. En caso contrario, fallará el golpe.
- Si se acierta la multiplicación durante el turno de defensa, el *player* detendrá el ataque del adversario. Fallarlo dejará indefenso al personaje por lo que recibirá el golpe.

La partida finaliza cuando uno de los dos combatientes se queda sin vida, o cuando se respondan 30 multiplicaciones sin que ninguno haya sido derrotado, considerándose un empate.

4.1 Generar multiplicaciones y asignar posibles resultados

La única acción a realizar en el juego es encontrar el resultado de la multiplicación propuesta entre las cuatro posibles soluciones, siendo solo correcta una de ellas y considerándose un error no proporcionar una respuesta en 8 segundos. Una barra de tiempo en la parte inferior de la pantalla refleja el tiempo transcurrido.

Los números a multiplicar se generan automáticamente. Para que el niño/a practique en cada partida con todas las tablas, se ha planteado una forma de estandarizar el nivel de repetición de cada tabla, limitándolo a un máximo de 3 veces. Las variables que gestionan este proceso son: un contador con el número de veces que ha salido cada tabla, una matriz que recoge todas las operaciones posibles entre las tablas, en la que se van marcando las que ya han salido, y un contador de cuántas tablas ya han salido 3 veces, agotándose su posible aparición.

Si al obtener el primer número de la multiplicación, que representa la tabla por la que se multiplica, esta ya ha sido utilizada 3 veces, se buscará otra, sino, se incrementará en uno las veces que se ha utilizado. En el caso de que fuese la tercera vez, se incrementará en uno el número de tablas agotadas. Este proceso se repite hasta encontrar una tabla disponible. Si todas las tablas se hubieran agotado, finalizará la partida.

Una vez se tiene la tabla a multiplicar, hay que obtener el número por el que se multiplica. Como se cuenta con la matriz de operaciones disponibles donde se van quitando operaciones conforme van saliendo, se puede escoger directamente un número aleatorio dentro de la fila de la matriz. Si ya había sido seleccionado, se elegirá otro. Obtenidos los dos valores a multiplicar, se colocan en su lugar correspondiente en el tablón de multiplicar y se procede a su cálculo.

La aplicación cuenta con un vector que almacena todos los posibles resultados de las mutiplicaciones. Además del resultado correcto, los números que aparecerán en las demás casillas de resultados salen también de este vector, para que sean valores posibles. La aplicación colocará aleatoriamente los valores en las casillas de resultados del tablón, sabiendo la posición del valor correcto.

4.2 Gestión de la escena de juego

Cuando el usuario pulsa sobre el valor que considera adecuado, al conocer la aplicación la posición del valor correcto, sabe si se ha acertado la respuesta, y actualiza la solución en el tablon de multiplicaciones cambiando el color. Si se ha acertado, se pone la casilla seleccionada a verde, y si se ha fallado se pone a rojo y en verde la casilla con la respuesta correcta para que el niño/a conozca el resultado correcto de la operación. (Fig. 3).

Además, se incrementa el contador de rondas jugadas, se comprueba qué personaje tiene el papel proactivo en el turno y, se desencadenan las acciones correspondientes, animaciones, efectos de sonido... según la respuesta haya sido o no correcta. Los propios personajes tienen incorporado un código de programa que define su comportamiento o el de sus componentes. Este código, vinculado al modelo prefabricado del personaje (*prefab*), se encarga de gestionar sus animaciones y su barra de vida. Finalmente, se actualizarán los valores de la tablas de resultados que se mostrarán al finalizar la partida y el juego.



Fig. 3. Resultado gráfico de una operación: en verde la opción correcta y en rojo la señalada por el usuario, que era errónea.

Para completar el ciclo del juego, se cambia el turno, se cambia el círculo situado debajo del personaje indicando quién tiene el turno, se inicializan la barra de tiempo y se generan y asignan a las casillas del tablón de multiplicaciones una nueva operación.

4.3 Gestión de resultados

Finalizada una partida, se muestra su tabla de resultados, ofreciendo la posibilidad de volver a jugar o de finalizar el juego y ver los resultados del mismo. Las operaciones que van saliendo a lo largo de la partida, se almacenan en una matriz 10×10 de imágenes, donde cada imagen se corresponde con una multiplicación (1×1 , 1×2 , etc.). Cada fila hace referencia a la tabla de multiplicar, y cada columna al número por el que se ha multiplicado. La matriz se actualiza en función de las multiplicaciones que van saliendo y del resultado obtenido (erróneo o correcto). Si el jugador ha acertado, se colocará en la casilla correspondiente la imagen de la multiplicación en verde, y si ha fallado, en rojo. El acceso a la posición en la matriz se hace en función a los números multiplicados.

Se podrán jugar tantas partidas como se quiera. Finalizado el juego, los resultados se muestran en una pantalla dividida en dos áreas con los resultados de la primera y última partida jugadas. Esta información será útil para poder hacer un análisis de la evolución del niño/a, pudiendo evaluar los resultados y comprobar si se ha mejorado o no la habilidad de multiplicar. La figura (Fig. 4) muestra los resultados gráficos tanto de una partida como del juego.

5 *Save the Planet!*

El objetivo de este mini juego es evitar que el planeta se destruya a causa de la contaminación por residuos, acertando el mayor número posible de multiplicaciones. Recorridos los pasos iniciales comunes a los dos minijuegos, aparece la escena del juego (Fig. 5) con el *player*, el planeta y su barra de vida, 30 latas en la parte superior y, en la parte inferior, el tablón con la multiplicación a resolver.

Como gran parte de la funcionalidad de *Battle against the Colossus* es compartida por *Save the Planet!*, únicamente se hará referencia a las mecánicas propias de *Save the Planet!*, como son la desaparición de cada una de las latas cada vez que se responde una multiplicación, y las mecánicas relacionadas con las acciones que se realizan en función de si se acierta o se falla la operación:

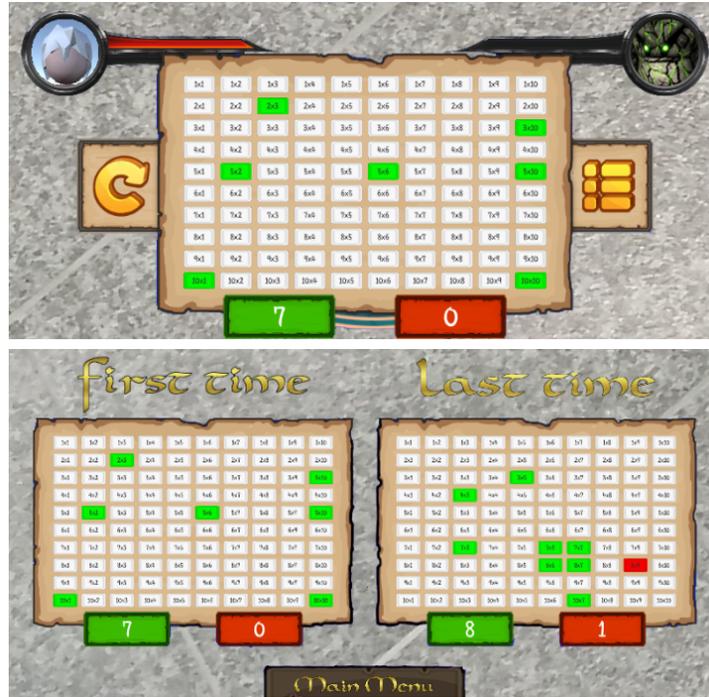


Fig. 4. Resultado gráfico de una partida (arriba) y del resumen del juego (abajo).



Fig. 5. Escena del juego "Save the planet!".

- Acierto: el *player* lanza la lata al contenedor de reciclaje. El planeta recupera vida con cada acierto hasta que llega a estar completamente sano.
- Fallo: el *player* arroja la lata al planeta. Se incrementa la contaminación por residuos y se perjudica al planeta, pudiendo llegar a explotar.

El planeta puede pasar por 4 fases, sano, desértico o destruido y, finalmente explotaría (Fig. 6). Una barra de vida situada debajo de las latas, indica su situación a medida que se juega. Inicialmente, el marcador de la barra esta situado en la mitad, y se moverá hacia un lado u otro en función de los aciertos o fallos en las multiplicaciones. Si se falla, el planeta pierde más vida que la que gana si se acierta.

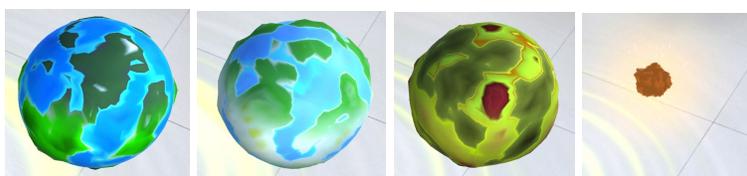


Fig. 6. Fases del planeta: sano, desértico, destruido y la explosión.

La partida finaliza si el planeta explota, si llega al 100% de vida, o si se han respondido 30 multiplicaciones sin que el planeta haya explotado. La gestión y muestra de resultados se lleva a cabo igual que en *Battle against the Colossus*.

“*Save the planet!*” tiene además dos aspectos técnicos relevantes, la creación y modificación del planeta se lleva a cabo utilizando técnicas de generación procedural de planetas [27], y el uso de *Shader Graph* [28].

5.1 Generación procedural del planeta y su cambio de estado

La creación del planeta se realiza por código cada vez que se carga la escena. Inicialmente, se crea la malla que representa la superficie esférica que hará de planeta. Posteriormente, cada uno de sus vértices se eleva hasta cierta altura en función de un ruido tridimensional de Perlin [29] aplicado a esta malla por código. A continuación, y también mediante código, se crea la textura que representa al planeta resultante en base a los colores especificados para cada altura. Finalmente, se le aplica un *shader* de *Shader Graph* que colorea cada parcela del planeta en función de la elevación.

Al realizarse el modelado del planeta por código, su modificación puede realizarse en tiempo real. En un preproceso, se calculan y se almacenan los parámetros del algoritmo utilizado para generar las formas que representan sus cuatro estados. Para cambiar de estado, se realiza la interpolación entre el estado previo y el actual en forma y color. Las iteraciones se realizan a lo largo del tiempo hasta que el parámetro de interpolación llega a coincidir con el del

nuevo planeta. En cada iteración se genera un nuevo planeta y se actualizan sus ajustes de color.

La representación del vórtice espacial que representa la base de la escena está realizado con *Shader Graph*. Para ello, se crea una textura voronoi [30] utilizando un *shader*, que se va modificando en función del tiempo. Después, se crea un material en base a este *shader*, y se le aplica a la malla que representa la base.

5.2 Gestión de la escena del juego

Al responder a una multiplicación, se elimina una de las latas situadas en la zona superior de la pantalla, y se gestiona que el personaje lance la lata al cubo de reciclaje o al planeta en función de si la respuesta ha sido correcta o no.

Manteniendo la estructura de las mecánicas de ambos minijuegos, el *Game Manager* gestiona las acciones a realizar, lanzando la lata con la fuerza al planeta si la respuesta ha sido errónea, o lanzandola con menos fuerza, y cayendo al contenedor si la respuesta fue correcta. Además, la lata que se instancia para ser lanzada, lleva asignada una clase, que hace que se muestren unas partículas verdes si colisiona con el contenedor, o rojas si colisiona con el planeta, destruyéndose después de la colisión. Finalmente, se chequea el estado del planeta y se realiza la interpolación en el proceso de cambio de estado, lo que supone tanto la modificación de su forma como de su color.

Finalizada la partida, se actualiza la matriz de imágenes de resultados de la partida, y se muestra el marcador de partida. En caso de haber realizado las 30 multiplicaciones y no haber finalizado la partida, se mostrará directamente el marcador. Al finalizar el juego, y en caso de haber jugado más de una partida, se podrán mostrar los resultados de la primera y última partidas jugadas.

6 Conclusiones y trabajo futuro

Este artículo presenta una aplicación de la tecnología de RA como herramienta de apoyo en la escuela primaria para hacer más atractiva la tarea de aprender las tablas de multiplicar. La posibilidad de mezclar el entretenimiento con técnicas de RA hace que el tedioso proceso de aprendizaje de las tablas de multiplicar sea más ámeno y atractivo para los niños, mejorando en gran manera sus habilidades. El juego propuesto se ha creado utilizando principios de diseño para juegos infantiles de aprendizaje y un Diseño Centrado en el Humano a fin de desarrollar una aplicación eficaz tanto en términos de interacción como de contenido, esencial para fines educativos.

El juego se ha testeado con niños/as de aproximadamente 8 años para ajustarlo a sus gustos y analizar el grado de apego y de éxito que conseguía. No obstante, como trabajo futuro se ha diseñado un experimento para llevarse a cabo con alumnos/as de 3º de Educación Primaria en un colegio. La idea es que el niño/a juegue media hora al día durante 7 días, el primero y el último en el colegio, y el resto en casa. La investigación no ha podido llevarse a cabo por

la suspensión de clases debida al COVID-19, por lo que la obtención de resultados no ha podido realizarse, se propone realizar el experimento a comienzo del próximo curso. Con la intención de fomentar una educación en materia de STEM sensible a las cuestiones de género, los resultados de la investigación se analizarán y desglosarán por sexo. Además, una vez hecho un estudio de la usabilidad del juego y comprobada su eficacia, se propone estudiar otros aspectos como evaluar el tiempo de respuesta como medida de mejora en la destreza de multiplicar.

Finalmente, y también como trabajo futuro, se propone la ampliación del juego al aprendizaje de otras operaciones matemáticas tales como la suma, la resta, la división o incluso, las raíces cuadradas.

Agradecimientos Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el Ministerio Español de Ciencia y Tecnología (PID2019-106426RB-C32), por el proyecto de investigación de la Universitat Jaume I (UJI-B2018-56), y por el proyecto de Innovación Educativa de la Universitat Jaume I, "GAMELAB". Finalmente, nos gustaría agradecer la colaboración a los alumnos Miguel Blanco Guaita y Jorge Nieto Morales del Grado en Diseño y Desarrollo de Videojuegos de la Universitat Jaume I por el apoyo en el desarrollo de los minijuegos.

References

1. Gee J. P.: What Video Games Have to Teach Us About Learning and Literacy. Palgrave Macmillan, (2004)
2. Furió, D., González, S., Juan, M.-C., Seguí, I., Rando, N.: Evaluation of learning outcomes using an educational iPhone game vs. traditional game. *Computers and Education*. **64** pp.1–23. (2013)
3. Galí, C., Remolar, I., Rebollo, C.: Visiting Ancient Rome with a Serious Game. In XXIX Spanish Computer Graphics Conference, CEIG, pp. 77–80. Eurographics Association, San Sebastián, Spain, (2019)
4. Rebollo, C., Marín, C., Remolar, I., Chover, M.: Gamesonomy vs Scratch: Two Different Ways to Introduce Programming. In XV International Conference on Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age (CELDA), pp. 216–224. Demetrios G. Sampson, Dirk Ifenthaler and Pedro Isaías, Budapest, Hungary Spain, (2018)
5. Keller J.-M.: Motivation, learning, and technology: Applying the arcs-v motivation model. *Participatory Educational Research (PER)* **3**(2), 1–13. (2016)
6. Prensky, M.: Digital game-based learning. *Computers in Entertainment (CIE)*, **1**(1), 21–21. (2003)
7. De Freitas, S.-I.: Are games effective learning tools? A review of educational games. *Journal of Educational Technology & Society*, **21**(2), 74–84. (2018)
8. Azuma, R.-T.: A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, **6**(4), 355–385. (1997).
9. Juan, M.-C., Furió, D., Peta, L., Cano, J.: ARGreenet and BasicGreenet: Two mobile games for learning how to recycle. In International Conferences in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision (WSCG) (2011)
10. Cahyono, B., Firdaus, M.-B., Budiman, E., Wati, M.: Augmented reality applied to geometry education. In Proc. 2nd East Indonesia Conf. Comput. Inf. Technol. (EIConCIT). 299–303, Indonesia (2018)

11. Schell, J.: *The Art of Game Design: A Book of Lenses*, Morgan Kaufmann Publishers Inc., (2008)
12. Tan, K.-T., Lewis, E.-M., Avis, J.-N., Withers, J.-P.: Using augmented reality to promote an understanding of materials science to school children. In *ACM SIGGRAPH ASIA 2008 educators programme*. (2) ACM, Singapore (2008)
13. Liu, T.-Y., Tan T.-H., Chu Y.-L.: 2D barcode and augmented reality supported english learning system. In *Proc. 6th IEEE/ACIS Int. Conf. Comput. Inf. Sci. (ICIS)*. pp. 5–10. IEEE, Melbourne (2007)
14. Furió, D., Juan, M.-C., Seguí, I., Vivó, R: Mobile learning vs. traditional classroom lessons: A comparative study. *Journal of Computer Assisted Learning*, **31**, 189–201. (2014)
15. Kamarainen, A.-M., Metcalf, S., Grotzer T., Browne, A., Mazzuca D., Tutwiler, M.-S., Dede C.: EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips. *Comput. Edu.*, **68**, 545–556, (2013)
16. Rossano, V., Lanzilotti, R., Cazzolla, A., Roselli, T.: Augmented Reality to Support Geometry Learning. *IEEE Access*, **8**, 107772–107780. (2020)
17. Ibáñez, M.-B., Portillo, A.-U, Cabada, R.-Z. Cabada, Barrón. M.-L.: Impact of augmented reality technology on academic achievement and motivation of students from public and private Mexican schools. A case study in a middle-school geometry course. *Comput. Edu.*, **145**, (2020)
18. Cerqueira, J. M., Sylla, C., Moura, J.M., Ferreira, L.: Learning Basic Mathematical Functions with Augmented Reality. In book: *Interactivity, Game Creation, Design, Learning, and Innovation*. pp.508–513 (2019)
19. Tomaschko, M., Hohenwarter, M: Augmented Reality in Mathematics Education: The Case of GeoGebra AR. In: *Augmented Reality in Educational Settings*. 1st edition. 325–346, Brill—Sense, The Netherlands (2019)
20. Kang, S., Shokeen, E., Byrne, V.-L., Norooz, L., Bonsignore, E., Caro W.-P., Froehlich, J.-E.: ARMath: Augmenting Everyday Life with Math Learning. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing System*, pp. 1–15. ACM, Honolulu (2020)
21. Juan, M.-C., Furió, D., Seguí, I., Aiju, N., Cano, J.: Lessons Learnt from an Experience with an Augmented Reality iPhone Learning Game. In *Proceedings of the 8th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*. (52) ACM, Portugal (2011)
22. Sketchfab Homepage, <https://sketchfab.com/3d-models>. Last accessed 4 Jun 2020
23. PikPng Homepage, <https://www.pikpng.com/>. Last accessed 24 May 2020
24. Unity Asset Store Homepage, <https://assetstore.unity.com/>. Last accessed 26 May 2020
25. Mixamo Homepage, <https://www.mixamo.com/>. Last accessed 26 May 2020
26. CoolText Homepage, <https://es.cooltext.com/>. Last accessed 7 Jun 2020
27. Procedural Planets Unitylist, <https://unitylist.com/p/lm7/procedural-planets>. Last accessed 14 May 2020
28. Unity Shader Graph Homepage, <https://unity.com/es/shader-graph>. Last accessed 14 May 2020
29. Perlin, K.: An image synthesizer. In *SIGGRAPH. Computer Graphics* **19** (3), 287–296. (1985)
30. Aurenhammer, F., Klein, R., Lee, D.-T.: *Voronoi Diagrams and Delaunay Triangulations*. World Scientific Publishing Co., Inc. (2013)