

Propuesta gamificada con realidad aumentada para trabajar conceptos de pensamiento computacional con estudiantes del programa de diversificación curricular

Ángel Rodellar Suárez, Liliana Patricia Santacruz Valencia

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática, Universidad Rey Juan Carlos
C/ Tulipán s/n, 28933 Móstoles, Madrid, España
liliana.santacruz@urjc.es

Resumen: El pensamiento computacional es una habilidad cognitiva fundamental en la era digital, el cual ha despertado un gran interés en diversos niveles educativos, promoviendo el uso de distintas metodologías y estrategias para su introducción. Por tal motivo, en el presente trabajo se describe la experiencia llevada a cabo en el programa de diversificación curricular (3º ESO), con estudiantes de entre 10 y 12 años, a través de una aplicación basada en realidad aumentada y con actividades gamificadas. En este grupo en concreto, la mayoría de los estudiantes presenta dificultades en el campo de la competencia matemática y el pensamiento computacional. Los resultados han mostrado que, estudiantes con necesidades de promoción del aprendizaje pueden ser estimulados y motivados mediante aplicaciones de este tipo, logrando mejoras en su aprendizaje.

Palabras clave: Diversificación curricular, Pensamiento Computacional, Realidad Aumentada, Gamificación.

Abstract: This Computational thinking is a fundamental cognitive skill in the digital age, which has aroused great interest at various educational levels, promoting the use of different methodologies and strategies for its introduction. For this reason, the present work describes the experience carried out in the curriculum diversification program (3rd ESO), with students between 10 and 12 years old, through an application based on augmented reality and gamified activities. In this group, most students have difficulties in the field of mathematical competence and computational thinking. The results have shown that students with learning promotion needs can be stimulated and motivated through applications of this type, achieving improvements in their learning.

Key words: Curricular Diversification, Computational Thinking, Augmented Reality, Gamification.

1. Introducción

La adquisición de competencias en pensamiento computacional se hace necesaria en un mundo cada vez más digitalizado. Esto es posible, gracias a la amplia gama de estrategias y tecnologías que se están aplicando para introducirlo en diferentes niveles educativos (Paula, Burn, Noss & Valiente, 2018; Gomes, Falcão & Tedesco, 2018; Katterfeldt, Cukurova, Spikol, & Cuartielles, 2018; Papavlasopoulou, Sharma & Giannakos, 2018;

Piedade, Dorotea, Pedro & Matos, 2020). En este sentido, juegan un papel muy importante aquellas interfaces que facilitan la interacción de los usuarios a la vez que favorecen la comprensión de conceptos abstractos, como es el caso de la realidad aumentada (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018; Chung & Hsiao, 2020; Dass et al., 2018; Sittiyuno & Chaipah, 2019; Theodoropoulos & Lepouras, 2021; Schrier, 2006; Lin & Chen, 2020), que, como se puede constatar en la literatura, goza de gran aceptación en diversos escenarios (Akçayir, M & Akçayir, G, 2017; Bacca,

Baldiris, Fabregat, Graf & Kinshuk, 2014; Garzón & Acevedo, 2019; Radu, 2012). Además, hay evidencias sobre el impacto positivo que tiene en la motivación, la creatividad, el desarrollo del pensamiento crítico, la comprensión y la retención de conceptos (Theodoropoulos & Lepouras, 2021), sin olvidar la referencia a las posibilidades y los retos de esta tecnología (Chung & Hsiao, 2020; Dass et al., 2018; Sittiyuno & Chaipah, 2019).

En este artículo se presenta “Objetivo Vacuna”, una aplicación basada en realidad aumentada, para introducir el pensamiento computacional y se estructura de la siguiente manera: la sección 2 *Contexto*, hace referencia a la importancia del pensamiento computacional, así como también al papel de la realidad aumentada en el proceso de enseñanza y aprendizaje de dichos conceptos. En la sección 3 *Objetivo vacuna*, se describen las funcionalidades de la aplicación desarrollada para trabajar conceptos de pensamiento computacional. En la sección 4 *Metodología*, se explica cómo se ha llevado a cabo el estudio de caso. En la sección 5 *Resultados*, se analizan los resultados obtenidos. Finalmente, en la sección 6 *Conclusiones*, se presentan las conclusiones del trabajo realizado.

2. Contexto

El pensamiento computacional es una habilidad cognitiva y un enfoque fundamental que, mediante la aplicación de principios y técnicas de la ciencia de la computación, implica la capacidad de resolver problemas de manera sistemática, lógica y eficiente, mediante el desglose de un problema complejo en componentes más pequeños, la aplicación de patrones y relaciones, la abstracción de información relevante y el diseño de algoritmos (Wing, 2006; Wing, 2011; Pivec, Grundhofer & Pivec, 2020).

La literatura recoge otros conceptos que podrían facilitar la asimilación del pensamiento computacional, como son (Città et al. (2019), Elford, Lancaster & Jones, 2022): (i) el razonamiento espacial, que se refiere a la capacidad cognitiva de percibir, analizar y manipular información visual y espacial para comprender las relaciones espaciales entre objetos, formas y configuraciones en el espacio. Además, involucra la habilidad de representar mentalmente y manipular información visual y espacial y (ii) la rotación mental, que representa una

habilidad específica del razonamiento espacial que se refiere a la capacidad de imaginar y manipular mentalmente la rotación de objetos en el espacio y que otorga la capacidad de imaginar cómo se visualizaría un objeto dependiendo de su rotación en los distintos posibles ángulos.

Como complemento a estas habilidades, la realidad aumentada constituye una herramienta muy útil, ya que permite representar información visual y manipularla, ayudando a comprender los anteriores conceptos de una forma más intuitiva y adaptable.

La realidad aumentada es una tecnología que combina elementos del mundo real con elementos virtuales, permitiendo la interacción con objetos digitales superpuestos en su entorno físico en tiempo real. En los últimos años y gracias a los desarrollos tecnológicos ha sido posible su implantación práctica accesible en una amplia variedad de contextos (Kipper & Rampolla, 2012; Billingham, & Dunser, 2012; Azuma et al., 2001). Esto ha dado pie a diferentes tipos de realidad aumentada, entre los que destacan:

- Basada en marcadores, mediante códigos como los QR o marcadores visuales como Merge Cube (Delightex Ltd., 2016), facilitan la interacción con objetos 3D;
- Sin marcadores, no se requieren marcadores visuales y utiliza el reconocimiento de objetos o el reconocimiento facial para superponer elementos virtuales, como es el caso de AccuVein (Accu Vein, 2009), mediante el cual se procesan imágenes de las venas del paciente.
- Basados en la ubicación, utilizan la geolocalización para superponer elementos digitales en el entorno físico real del usuario, según su ubicación, como es el caso de Pokémon Go (Pokemon Go, 2016; De Souza e Silva & Frith, 2018).
- Basada en proyección, proyectan información sobre superficies reales, como es el caso de las Magic Leap (Diver, 2018; Vallino & Fortuna, 2018; Merritt & Culbertson, 2019), que son gafas de realidad aumentada que constan de una serie de sensores, cámaras y proyectores integrados, que proyectan imágenes y efectos visuales en el campo de visión del usuario. Además, detectan el movimiento del ojo, siendo capaces de ajustar la proyección en tiempo real, enriqueciendo la experiencia de interacción del usuario.

La Tabla 1, muestran algunos de los beneficios que aportan el razonamiento espacial y la rotación mental en unión con la realidad aumentada al aprendizaje de conceptos de pensamiento computacional.

Con el fin de fomentar la participación y el compromiso de los estudiantes, se ha integrado la gamificación. Aprovechando las características de este enfoque, que lo hacen ideal para ayudarles a alcanzar

Tabla 1.

Competencias aportadas por el razonamiento espacial, la rotación mental y la realidad aumentada al pensamiento computacional

Habilidades	Razonamiento espacial	Rotación mental	Realidad aumentada
Visualización	Al visualizar posibles patrones, facilita la representación de un problema.	Ayuda a visualizar y comprender la rotación de objetos en la mente, sin manipularlos físicamente.	Proporciona una representación visual e interactiva de objetos y datos virtuales en el mundo real.
Comprensión	Mejora y facilita la comprensión de gráficos y otros elementos visuales.	Facilita la comprensión de cualquier tipo de problema espacial que incluye movimientos o colisiones.	Fomenta la comprensión activa de nuevos conocimientos gracias a la interacción que ofrece.
Desarrollo	Favorece el desarrollo de habilidades como el pensamiento lógico y la resolución de problemas.	Fomenta el desarrollo de habilidades para la navegación de cualquier interfaz o entorno virtual, así como la orientación espacial.	Propicia el desarrollo de la percepción espacial, gracias a la superposición de elementos virtuales en un entorno físico real.
Optimización	Ayuda en la optimización de algoritmos, mediante la visualización del flujo de ejecución.	Optimiza la comprensión de conceptos como la simetría o las perspectivas.	Optimiza la comprensión de conceptos abstractos por medio de representaciones visuales.

objetivos nuevos y más complicados (Kapp, 2012; Lee & Hammer, 2011; Plass, Homer & Kinzer, 2015; Landers, Bauer, Callan & Armstrong, 2017), gracias a los distintos elementos que incorpora como: (i) la motivación, ya que ir superando las actividades del juego genera un sentimiento de satisfacción por los logros conseguidos, aumentando el compromiso por progresar en el juego y haciendo que el aprendizaje sea una tarea atractiva; (ii) los desafíos, representados por tareas y/o problemas por resolver y que exigen que el estudiante ponga en práctica o adquiera ciertos conocimientos y toma de decisiones para completarlos; (iii) la colaboración y trabajo en equipo, fundamentales para alcanzar ciertos objetivos comunes; (iv) las recompensas y metas, el juego reconoce y recompensa el progreso y la terminación de desafíos y logros en muy corto plazo, permitiendo avanzar de pantalla y (v) la retroalimentación, el juego proporciona información sobre el éxito en las tareas, ayudando al estudiante a corregir errores e identificar sus fortalezas y debilidades.

3. Objetivo Vacuna

“Objetivo vacuna” es un juego que consiste en conseguir crear una vacuna para frenar una pandemia

que asola a la población. Para poder avanzar, es necesario seguir las instrucciones que permitirán ir desbloqueando ciertos elementos de cada escenario. Esto implica que el jugador interactúe con todos los objetos del mismo para encontrar pistas que le permitirán ir resolviendo retos y así pasar al siguiente desafío.

La aplicación se basa en realidad aumentada y permite trabajar conceptos básicos de pensamiento computacional, a través de actividades que combinan problemas de lógica que se deben resolver por fases (encontrar llaves para desbloquear cofres, asignar colores indicados a una figura, etc.) con problemas matemáticos diferentes, a medida que se superan pruebas como: un cuestionario con problemas de secuencias como la cuadrática o Fibonacci; un sudoku basado en una matriz 3x3 con un nivel de dificultad fácil, en el que se divide el problema en problemas más simples (marcando cada matriz resuelta correctamente), para llegar a la solución final y, un cuadro mágico en el que se debe calcular el resultado y relacionarlo con distintas figuras y los colores de la escena, para hallar la solución correcta.

3.1. Salas

La interacción con “Objetivo vacuna” se realiza mediante el uso de Merge Cube, un cubo cuyas caras, representadas por marcadores, dan acceso a las salas en las que se visualizan los contenidos tridimensionales asociados a diferentes actividades propuestas para trabajar conceptos básicos de pensamiento computacional. A continuación, se resume el contenido de cada sala:

Sala 1: El protagonista está en su habitación y habla al jugador, contándole el objetivo del juego.

Desafío: Desbloquear el candado, conseguir las gafas para leer el texto que nombra el color correspondiente que debe tener la figura debajo del respectivo cuadro. Las figuras cambian de color cada vez que se interactúa con ellas, variando entre color blanco, rojo, marrón y azul. Para completar la sala, deberá asociar correctamente los colores a las figuras de la manera indicada. Una vez completado, la puerta de la habitación se abrirá y se mostrará un mensaje con instrucciones de cómo girar el Merge Cube en la dirección correcta para posicionarse en la siguiente sala, esto sucederá cada vez que el desafío de cada sala sea completado. Ver Figura 1.

Competencias: Se potencia el razonamiento espacial, la rotación mental, la toma de decisiones, la resolución de problemas.

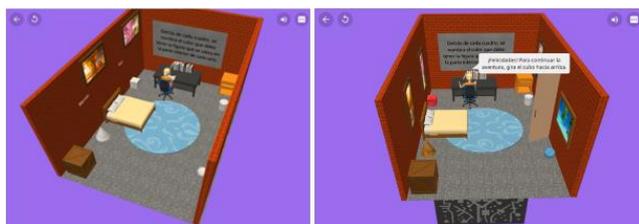


Figura 1. Sala 1 tras conseguir las gafas y final de la sala

Sala 2: El protagonista se encuentra en una parada de autobús y sin dinero. El conductor del autobús le plantea unas cuestiones que, si las resuelve, le permitirán llegar hasta un nuevo desafío que encontrará en la sala de juegos y que le proporcionará una recompensa suficiente para tomar el autobús. Ver Figura 2.



Figura 2. Sala 2 y ejemplo de cuestionarios

Desafío: Resolver las cuestiones que contienen series numéricas que deberá analizar, para identificar el patrón que sigue cada cadena de números que, hacen que forme una secuencia (como la sucesión cuadrática y la serie de Fibonacci).

Competencias: Se trabaja el razonamiento lógico, la rotación mental, el razonamiento espacial y la resolución de problemas.

Sala 3: El protagonista llega a la sala de juegos indicada por el conductor del autobús (ver Figura 3).

Desafío: Mover un objeto a través de un laberinto mediante un mando de direcciones. Para completar el reto, el protagonista deberá recoger al menos quince puntos (las bolas amarillas repartidas por el laberinto) y el diamante.

Competencias: Se trabaja la rotación mental, ya que el jugador debe imaginar cómo moverse por el laberinto y la resolución de problemas, que le llevará a diseñar una estrategia para conseguir recorrer el laberinto solo con los movimientos necesarios y así lograr los puntos requeridos.



Figura 3. Reto de la Sala 3 y fin de la sala

Sala 4: Tras finalizar el desafío anterior, el protagonista regresa a la parada del autobús, pero se percata de que el siguiente pasará dentro de más de dos horas. En dicho escenario aparecerá un niño hablando por teléfono, por lo que el protagonista tendrá que interactuar con él para poder pedir un taxi. Pero, antes tendrá que resolver un nuevo desafío.

Desafío: Resolver el sudoku, lo cual se consigue interactuando con las ruedas que tienen nueve posiciones y giran cuarenta grados. Las cuadrículas

tienen bombillas rojas que cambian de color a verde al resolver los números de forma correcta, impidiendo posteriores fallos.

Competencias: Se favorece el razonamiento lógico (necesita analizar la información disponible y buscar un posible camino para avanzar), el pensamiento algorítmico (pueden desarrollar una estrategia sistemática efectiva para solucionarlo) y el reconocimiento de patrones (identificando la posición de los números según el tablero en su conjunto y cada cuadrícula individual).



Figura 4. Inicio Sala 4 y reto (sudoku) de la sala.

Sala 5: Tras haber superado el reto anterior, el protagonista ya puede conseguir un taxi. A las afueras del centro de investigación (ver Figura 5), hay una doctora junto a la puerta, un perro con una llave corriendo y unas ruedas con unos números y unas figuras de colores en la parte superior.

Desafío: El protagonista tiene dos opciones, intentar resolver el desafío por sí mismo o intentar quitarle la llave al perro para que le proporcione una pista.

Después de conseguir la llave, se mostrará el tablero de la parte trasera, por si no se hubiese descubierto aún. Además, especificará el valor variable, importante dentro del desafío, indicando que hay que asociar las figuras, independientemente de los colores. Al girar la perspectiva para ver el tablero, aparecerá una nueva pista que especifica cómo resolver el desafío. Consiste en un cuadrado mágico, el cual debe contener los números del 1 al 9 sin repeticiones. Para resolverlo correctamente, la suma total de los números de cada fila, diagonal y columna debe sumar 15 individualmente. Con todas las pistas necesarias para completar el desafío se deben emplear los conocimientos necesarios para resolver este problema. Una vez resuelto, la puerta del laboratorio de abrirá y la doctora indicará cómo avanzar hasta la última sala.

Competencias: Se trabajan las habilidades de razonamiento espacial. El jugador debe comparar las figuras con las asociadas a las ruedas. También es necesario emplear habilidades de abstracción para analizar el camino que sigue el perro y desarrollar una estrategia para atraparlo.

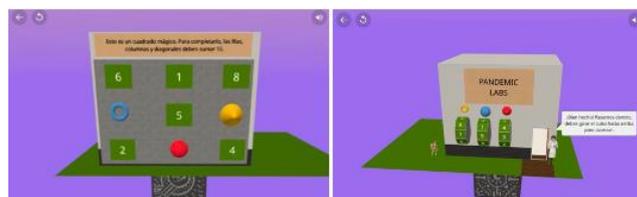


Figura 5. Pistas Sala 5 y final de la sala.

Sala 6: El protagonista ha conseguido llegar al laboratorio en el que desarrollará la vacuna necesaria para frenar la pandemia. Debe seguir las indicaciones del doctor e interactuar con las estanterías para conocer la combinación de elementos necesarios para crear la vacuna, ya que algunos se encuentran en el piso inferior. Finalmente, deberá pulsar la combinación de botones apropiada para crear la vacuna. Ver Figura 6.

Competencias: Se potencian las habilidades de rotación mental, razonamiento espacial, creación de un algoritmo para ordenar los elementos necesarios en la combinación de elementos y se trabaja la resolución de problemas.



Figura 6. Inicio Sala 6 y reto completado.

4. Metodología

Con el fin de probar la aplicación, se ha realizado un estudio de caso, cuya metodología se explica a continuación.

4.1. Contexto y participantes

Se ha llevado a cabo la evaluación de la aplicación, con un grupo de 9 estudiantes de 1º de diversificación (3º ESO), con edades comprendidas entre los 10 y los 12 años.

Se ha considerado muy interesante su valoración por tratarse de estudiantes con necesidades de promoción del aprendizaje. La mayoría presenta dificultades en el campo de la competencia matemática y el pensamiento computacional.

4.2. Diseño experimental

El grupo ha utilizado la aplicación, teniendo que resolver todos los desafíos planteados. El objetivo es, por tanto, identificar la dificultad de las pruebas, el tiempo utilizado en completar los retos de las distintas salas y la capacidad de mejora en el aprendizaje que puede alcanzar este perfil usuarios.

4.3. Procedimiento

Se ha observado el comportamiento de los estudiantes mientras jugaban, y se les ha pedido rellenar un formulario al terminar el juego para poder analizar sus respuestas. Dicho cuestionario consta de 19 preguntas, 16 de las cuales siguen una escala de Likert cuyos rangos varían de: Nada [0], Poco [1], Regular [2], Mucho [3], Bastante [4] y Muy fácil [0], Fácil [1], Regular [2], Difícil [3], Muy difícil [4]. En el resto de las preguntas se pide identificar una de las seis salas del juego.

5. Resultados

En esta sección se analizan los resultados obtenidos por el grupo. A las preguntas ¿Cuánto te ha gustado el juego? Y ¿Te ha parecido difícil el juego? la valoración global del juego ha sido buena, valorada en las dos opciones más altas por el 89%. La mayoría ha valorado el juego con una dificultad intermedia (78%), si bien, el análisis por salas muestra diferencias relevantes entre la Sala 4 y las demás, que no han pesado lo suficiente como para considerar el juego como difícil (22%) o muy difícil (0%).

Al preguntar si la Sala 1 les ha gustado, han respondido el 66,7% mucho, el 22,2% bastante y el 11,1% algo. En cuanto a la dificultad, al 56% le ha parecido nada difícil y al 22,2% bastante, frente a un 11,1% que le ha parecido algo difícil.

En el caso de la Sala 2, si bien la opinión es positiva (0% nada y 11% poco), las opiniones han sido más variadas, también respecto a la dificultad, ya que en suma el 55,5% la considera poco (33,3%) y nada (22,2%) difícil.

En la Sala 3, los resultados han sido muy buenos, ya que al 88,8% (44,4% bastante y 44,4% mucho) les ha gustado. Y respecto al grado de dificultad, el 56% la

considera poco difícil, frente a un 22,2% mucho y nada difícil igualmente.

La Sala 4 por su parte ha sido la que menos ha gustado (con un 11,1% poco y 44,4% nada) frente a un 44,4% al que le ha gustado mucho (33,3%) y 11,1% bastante. En cuanto a la dificultad, el 66,7% la ha considerado bastante difícil, mientras que el 33,3% asegura que le ha parecido muy difícil.

La Sala 5 ha gustado mucho al 55,6% frente al 33,3% algo y 11,1% poco. Por su parte, al 55,6% le ha parecido algo difícil y al 11,1% poco o nada difícil. Solo un 22,2% la ha considerado muy difícil.

Finalmente, la Sala 6 ha gustado al 77,7% y el 44,4% la ha considerado muy difícil.

También se les ha preguntado si les ha resultado fácil entender la secuencia de pasos a seguir, si las pistas eran suficientes y claras, a lo que el 89% ha respondido que les han parecido regular, lo que se considera como un resultado positivo, pues no han resultado obvias y tampoco limitantes para entender y enfrentarse a los desafíos.

De otra parte, en cuanto al tiempo invertido en la realización de los desafíos, ha coincidido que han tardado más en resolver el desafío de la Sala 4, siendo coherente con la respuesta que han dado al respecto de la dificultad de la misma.

6. Conclusiones

Tras finalizar la experiencia, se ha observado que, en general todas las salas han gustado, especialmente las Salas 1, 3 y 6, las cuales contienen pruebas más visuales y fáciles de completar. En cambio, las Salas 2, 4 y 5 al tener pruebas de índole matemática y de mayor complejidad les han resultado más difíciles, pero igualmente se han esforzado y divertido en el proceso. En general, se ha podido constatar un incremento en la motivación y el esfuerzo a la hora de adquirir nuevos conocimientos por parte de los estudiantes y ha quedado reflejado cuáles son los puntos fuertes y débiles de cada uno en su repertorio intelectual, lo que redundará en posibles mejoras y adaptaciones de la aplicación en aras de favorecer el aprendizaje.

Cabe destacar que, el desarrollo de competencias asociadas al pensamiento computacional, basado en el uso de la realidad aumentada:

- Promueve el pensamiento lógico y algorítmico: La realidad aumentada permite a los estudiantes interactuar de manera activa con los contenidos educativos, pudiendo diseñar y programar acciones y eventos en el mundo virtual, lo que les ayuda a entender cómo los procesos se descomponen en pasos lógicos.
- Favorece la abstracción: Al enfrentarse a desafíos y situaciones en entornos virtuales, los estudiantes deben analizar la situación, plantear hipótesis y buscar soluciones creativas. De esta forma desarrollan el pensamiento crítico y la resolución de problemas de forma estructurada.
- Incrementa la motivación: Al combinar la realidad con los elementos digitales se consigue crear una experiencia visual mucho más atractiva y novedosa, fomentando el interés y la curiosidad, ya que la realidad aumentada tiene el potencial y la capacidad de aumentar la motivación y favorecer la atención en el aprendizaje.

Agradecimientos

Especial agradecimiento al Grupo LITE de la Universidad Rey Juan Carlos. A los estudiantes y profesorado que ha participado en el estudio de caso.

Referencias

- AccuVein Inc. (2009). *Sistema de visualización de venas*. [software]. AccuVein, <https://www.accuvein.com/>
- Akçayir, M., & Akçayir, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1–11.
- Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). *Recent Advances in Augmented Reality*. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6), 34-47.
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. *Journal of Educational Technology and Society* 17, 133–149.

- Billingham, M., & Dunser, A. (2012). *Augmented Reality in the Future*. In *Augmented Reality* (pp. 565-566). Springer.
- Città, G., Gentile, M., Allegra, M., Arrigo, m., Conti, D., Ottaviano, S., Reale, F., & Sciortino, F. (2019). *The effects of mental rotation on computational thinking*. *Computers & Education* 141 103613 www.elsevier.com/locate/compedu.
- Chung, C-Y., & Hsiao, I. H. (2020). Computational thinking in augmented reality: An investigation of collaborative debugging practices. En 6th international conference of the immersive learning research network 54–61. <http://dx.doi.org/10.23919/iLRN47897.2020.915515>.
- Dass, N., Kim, J., Ford, S., Agarwal, S., & (Polo) Chau, D. H. (2018). Augmenting coding: Augmented reality for learning programming”. En Proceedings of the sixth international symposium of Chinese CHI. 156–159. Montreal, QC, Canada: Association for Computing Machinery <https://doi.org/10.1145/3202667.3202695>.
- De Souza e Silva, A., & Frith, J. (2018). Location-Based Augmented Reality Games: Playing Pokémon GO in Urban Space. Routledge.
- Delightex Ltd. (2016). *CoSpaces Edu*. [software]. Merge Cube, <https://edu.cospaces.io/Universe>
- Diver, D. (2018). *The Magic Leap: A Guide to Augmented Reality and Virtual Reality*. Apress.
- Elford, D., Lancaster, S. J. & Jones, G. A. (2022). Exploring the effect of Augmented Reality on cognitive load, attitude, special ability, and stereochemical perception. *Journal of Science Education and Technology*. 31, pp. 322-339. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-09957-0>
- Garzón, J., & Acevedo, J. (2019). A meta-analysis of the impact of augmented reality on students' learning effectiveness. *Educational Research Review*, 27, 244–260.
- Gomes, T.C.S., Falcão, T. P., & Tedesco. A. R. (2018). Exploring an approach based on digital games for teaching programming concepts to young children. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 16, 77-84.
- Ibáñez, M.B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109-123.

- Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. John Wiley & Sons.
- Katterfeldt, E. S., Cukurova, M., Spikol, D., & Cuartielles, D. (2018). Physical computing with plug-and-play toolkits: Key recommendations for collaborative learning implementations. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 17, 72-82.
- Kipper, G., y Rampolla, J. (2012). *Augmented Reality: An Emerging Technologies Guide to AR*. Syngress.
- Landers, R. N., Bauer, K. N., Callan, R. C., & Armstrong, M. B. (2017). *Psychological theory and gamification: Insights from the social sciences*. In *Gamification in Education and Business* (pp. 19-43). Springer.
- Lee, J. J., & Hammer, J. (2011). *Gamification in education: What, how, why bother?* *Academic Exchange Quarterly*, 15(2), 1-5.
- Lin, P., & Chen, S. (2020). Design and evaluation of a deep learning recommendation based augmented reality system for teaching programming and computational thinking. *IEEE Access*, 8, 45689–45699. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2977679>
- Merritt, T., & Culbertson, H. (2019). *The Leap into Magic: Magic Leap One Augmented Reality Smartglasses*. In *Handbook of Augmented Reality* (pp. 77- 94). Springer.
- Papavlasopoulou, S., Sharma, K., & Giannakos, M. N. (2018). How do you feel about learning to code? Investigating the effect of children's attitudes towards coding using eye-tracking. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 17, 50–60.
- Piedade, J., Dorotea, N., Pedro, A., & Matos, J. F. (2020). On teaching programming fundamentals and computational thinking with educational robots: A didactic experience with pre-service teachers. *Educations Sciences*, 10 (214) 2- 15.
- Paula, B. H. de, Burn, A., Noss, R., & Valente, J. A. (2018). Playing beowulf: Bridging computational thinking, arts and literature through game-making. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 16, 39-46.
- Pivec, M., Grundhofer, A., & Pivec, P. (Eds.). (2020). *Computational Thinking in Augmented Reality: Exploring Applications Across Disciplines*. Springer.
- Plass, J. L., Homer, B. D., & Kinzer, C. K. (2015). *Foundations of game-based learning*. *Educational Psychologist*, 50(4), 258-283.
- Radu, I. (2012). Why should my students use AR? A comparative review of the educational impacts of augmented-Reality. In *Proceedings of the 2012 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, Atlanta, GA, USA.
- Schrier, K. 2006. Using augmented reality games to teach 21st-century skills". ACM SIGGRAPH 2006 Educators program (SIGGRAPH '06). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 15 2006. <https://doi.org/10.1145/1179295.1179311>
- Sittiyuno, S., & Chaipah, K. (2019). Arcode: Augmented reality application for learning elementary computer programming. En *16th international joint conference on computer science and software engineering* 32–37. <http://dx.doi.org/10.1109/JCSSE.2019.8864173>.
- The Pokémon Company. *Pokemon Go*. 2016. Pokémon Go, <https://www.pokemongo.com/es-es/>
- Theodoropoulos, A., & Lepouras, G. (2021). Augmented reality and programming education: A systematic review. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 30 1-16.
- Wing, J. M. (2006). *Computational thinking*. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
- Wing, J. M. (2011). *Research notebook: Computational Thinking-What and why?* The Link Magazine, 1(1), 1-7.
- Vallino, M., & Fortuna, L. (2018). *An Introduction to Mixed Reality and the Magic Leap Headset*. In *Virtual, Augmented and Mixed Reality*. Systems and Applications (pp. 237-254). Springer.