

PRODUCCIÓN DE RECURSOS DIDÁCTICOS PARA EL AULA DE MATEMÁTICAS DE SECUNDARIA CON REALIDAD AUMENTADA

PRODUCTION OF TEACHING RESOURCES FOR THE SECONDARY MATH CLASSROOM WITH AUGMENTED REALITY

<https://doi.org/10.15304/ie.30.6905>

Laura Leal Aragón
Universidad de Málaga
laleara@uma.es

RESUMEN

El uso de dispositivos móviles abre puertas a tecnologías emergentes, como la realidad aumentada, que suponen una oportunidad para reconfigurar la práctica educativa acorde con las nuevas características, demandas y necesidades del alumnado de la actual era digital. El presente artículo pretende contribuir a la comunidad educativa aportando un material didáctico, creado con tecnología de realidad aumentada, facilitando así, la implementación de estos recursos innovadores en el aula. En concreto, esta innovación educativa está diseñada para la materia de matemáticas de la etapa de Educación Secundaria Obligatoria, con el propósito de facilitar al alumnado el aprendizaje de la geometría espacial de forma innovadora, intentando incrementar el interés y la motivación del alumnado por el aprendizaje de la materia.

Según lo expuesto, primero se realizará una pequeña revisión sobre el concepto de realidad aumentada y se dará una visión positiva de su uso en el ámbito educativo. Después, se mostrará el material didáctico diseñado, así como se reseñarán las herramientas TIC utilizadas en la creación de dicho material.

Palabras clave: innovación educativa, realidad aumentada, recursos didácticos matemáticos.

ABSTRACT

The use of mobile devices opens doors to emerging technologies, such as augmented reality, which represent an opportunity to reconfigure educational practice in accordance with the new characteristics, demands and needs of students in today's digital age. This article aims to contribute to the educational community by providing didactic material, created with augmented reality technology, thus facilitating the implementation of these innovative resources in the classroom. Specifically, this educational innovation is designed for the mathematics subject of the Compulsory Secondary Education stage, with the purpose of facilitating students to learn spatial geometry in an innovative way, trying to increase students' interest and motivation in learning of the matter.

According to the exposed, first a small review will be carried out on the concept of augmented reality and a positive vision of its use in the educational field will be given. After, the didactic material designed will be shown, as well as the ICT tools used in the material creation.

Keywords: educational innovation, augmented reality, mathematical teaching resources.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas a los que se enfrenta en la actualidad la educación es que algunos docentes hablan aún una lengua anterior a la era digital, esforzándose por enseñar a un alumnado que piensa y procesa la información de manera diferente a sus predecesores. Son estudiantes «Nativos Digitales», nacidos en el lenguaje digital, los videojuegos e Internet. Están acostumbrados a la instantaneidad de la información y, por tanto, tienen poca paciencia para afrontar experiencias lógicas paso a paso o los métodos tradicionales de enseñanza (Prensky, 2001). Es decir: «Los estudiantes de hoy ya no son el tipo de personas que nuestro sistema educativo pretendía formar cuando fue diseñado» (Prensky, 2001, p. 1).

Esta aceleración de la innovación científica y tecnológica, así como la rapidez del flujo de información en espacio y tiempo hace necesario realizar cambios en el escenario educativo. Se demandan nuevas opciones de aprendizaje, para esta nueva sociedad, la sociedad del conocimiento en la que nos encontramos inmersos (Ginés, 2004).

En este contexto, la utilización de tecnologías de la información y comunicación (TIC en adelante) se ha convertido en un tema por derecho propio y llegado a ser incorporadas en cada disciplina en menor o mayor medida según los criterios del docente a lo largo de estos casi 20 años desde que ya el problema fue detectado. Pero la propia y vertiginosa evolución de las tecnologías de la información y comunicación hacen que las afirmaciones de Prensky o Ginés sean de total actualidad ya que no es extraño preguntarse si el escenario educativo actual necesita valerse de nuevas opciones aprendizaje apoyadas en la tecnológica que interesen y motiven al alumnado de hoy día.

Aunque en la actualidad los libros y apuntes de clase todavía son un soporte básico de enseñanza, cada vez se observa un mayor uso de herramientas, como el uso de las TIC, para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes.

En los últimos años esta tecnología ha tenido gran influencia en el aula de matemáticas, su correcta integración les permite a los estudiantes desarrollar estrategias de resolución y mejor comprensión de los conceptos matemáticos que están trabajando. Ahora debemos entender que integrar las TIC en las clases de matemáticas es más que usar un recurso o herramienta, su éxito depende de la capacidad del docente para integrar la tecnología existente en el plan de estudios. Por tanto, se debe establecer un adecuado aprovechamiento de las TIC e incentivar al docente a crear sus propios recursos de enseñanza, además de decidir cuáles son los recursos apropiados para conseguir las competencias que se desean desarrollar en el alumnado para así alcanzar los logros de aprendizaje establecidos según sus características y necesidades (Cruz y Puentes, 2012).

En cualquier campo de estudio, para aprender, la motivación juega un papel imprescindible; el uso de los dispositivos móviles, bien concebido, es una contribución importante a la motivación por el aprendizaje en estos nuevos tiempos (Rico y Agudo, 2016). Al pensar en dispositivos móviles, lo primero que nos viene a la mente es un teléfono inteligente o *smartphone*, pero en el mercado existe una variedad de dispositivos móviles tales como *tablets*, iPads, PDA, relojes, agendas digitales, robots...

En el caso del *smartphone*, los jóvenes disponen en la palma de la mano de una herramienta que se ha convertido imprescindible para ellos en temas de comunicación, ocio, y otros... La reacción mayoritaria de la escuela frente a esta herramienta ha sido prohibirla; este planteamiento puede ser erróneo ya que priva de la posibilidad de sacar partido pedagógico a la herramienta con el que más tiempo pasa nuestro alumnado, además de, privarlos en la formación de su correcto uso. Por tanto, es cuestión de valorar el introducir estas herramientas en el aula consiguiendo que alumnado normalice su uso en clase y haga un uso responsable de los mismos (Brazuelo y Gallego Gil, 2011).

Por otra parte, en el área de matemáticas, concretamente en geometría, existen limitaciones a la hora de enseñar conceptos que requieren la manipulación o visualización de objetos. La geometría constituye el lenguaje a través del cual entendemos nuestra realidad. La importancia de esta rama de las matemáticas se ha reconocido por los beneficios cognitivos que conlleva su estudio: ayuda al individuo a desarrollar destrezas mentales, como la intuición espacial, la integración de la visualización con la conceptualización, y la manipulación y experimentación con la deducción. La geometría por sencilla que sea, despierta en el estudiante grandes posibilidades de exploración, análisis y de formulación de conjeturas, independientemente del nivel en el que se encuentra, que le sirven, para comprender otras áreas de las matemáticas y le prepara mejor para entender el mundo que lo rodea.

Pero, uno de los principales problemas a los que se enfrentan los estudiantes en el aprendizaje de esta área fundamental, tiene que ver con un tratamiento inadecuado del pensamiento espacial. Esta problemática suele estar asociada a las dificultades para la visualización del espacio tridimensional. Además, la enseñanza de la geometría, se ha visto caracterizada por un método tradicional de enseñanza: la clase magistral como principal medio didáctico; se brinda una enseñanza basada en papel y bolígrafo, donde al estudiante se le presenta un producto final ya terminado, que no le ofrece mayores posibilidades de desarrollo (Vargas y Gamboa, 2013).

En este caso, la realidad aumentada es una herramienta disponible hoy en día que ofrece la posibilidad de interactuar con objetos virtuales ayudando a desarrollar habilidades de visualización en el espacio tridimensional (Cubillo *et al.*, 2014). Esta tecnología permite establecer un puente de conexión entre figuras representadas en 2D en un entorno real y su correspondiente visualización en 3D en un entorno virtual, por lo que puede ser una herramienta muy eficaz para resolver la problemática expuesta para estudiantes de esta área de las matemáticas, sobre todo, en educación secundaria cuando el alumnado comienza el aprendizaje de la geometría como transición del plano al espacio, incitando al desarrollo del pensamiento abstracto.

Por tanto, utilizar la realidad aumentada como herramientas educativa, permite al docente ampliar el abanico de opciones a la hora de planificar y diseñar actividades de clase, dando la opción al alumnado de tener un mayor protagonismo en el proceso de enseñanza-aprendizaje al tener un papel activo en el uso de estas nuevas tecnologías, aumentando su motivación e interés (Johnson *et al.*, 2016).

En base a lo expuesto, el objetivo de este artículo es compartir con la comunidad educativa un recurso didáctico creado con la tecnología de RA, con el propósito de acercar a la práctica docente esta tecnología emergente para fomentar el diseño de más experiencias educativas basadas en ellas.

2. DEFINICIÓN DE REALIDAD AUMENTADA

Numerosos autores han ido aportando definiciones sobre la realidad aumentada (RA en adelante), una de las primeras definiciones y más populares es la proporcionada por Milgram *et al.* (1995), en este artículo se propuso una taxonomía de la llamada continuidad de la realidad mixta; en un extremo del continuo se presenta el entorno real y en el otro extremo se encuentra el entorno virtual y, entre ambos entornos se encuentra la realidad mixta que, a su vez, se divide en dos: la RA (más cercana a la realidad) y la realidad virtual (más próximo al entorno virtual). Para esta clasificación, tal y como se muestra en la figura 1, la RA se encuentra a medio camino desde el medio ambiente real o físico, hacia el medio ambiente virtual.

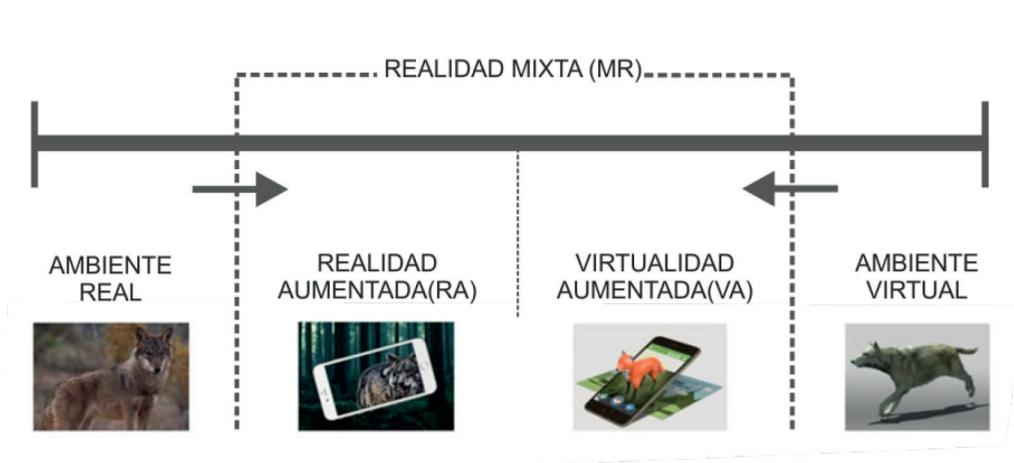


Figura 1. Continuidad de la realidad mixta. Fuente: Adaptado de Milgram *et al.* (1995).

Aunque, si se quiere una definición más técnica, completa y precisa de RA (Prendes, 2015) debemos atenernos a la dada por Azuma (1997) publicada en su exitoso artículo que dice lo siguiente: «[...] para evitar limitar la RA tecnologías específicas, este artículo define la RA como sistemas que tienen las tres siguientes características: 1) Combina lo real y lo virtual. 2) Interactiva y en tiempo real. 3) Registrada en 3D» (Azuma 1997, p. 356).

Para otros autores, el registro 3D no es necesario como tal; por ejemplo, De Pedro (2011, p. 301) define la RA como:

Aquella tecnología capaz de complementar la percepción e interacción con el mundo real, brindando al usuario un escenario real aumentado con información adicional generada por ordenador. De este modo, la realidad física se combina con elementos virtuales disponiéndose de una realidad mixta en tiempo real.

Por otra parte, Cubillo *et al.* (2014, p. 244) afirman que «la RA es un sistema interactivo que tiene como entrada la información del mundo real y superpone a la realidad nueva información digital en tiempo real, esta información virtual pueden ser imágenes, objetos 3D, textos, videos etc.». De esta forma, los atributos de la realidad se presentan aumentados al usuario utilizando diferentes tecnologías. La siguiente tabla compara las definiciones expuestas:

Tabla 1. Comparativa de definiciones sobre realidad aumentada.

Conceptos	Milgram <i>et al.</i> (1995)	Azuma (1997)	De Pedro (2011)	Cubillo <i>et al.</i> (2014)
Realidad mixta que combina un entorno real y un entorno virtual.	✓	✓	✓	
La información de un escenario real es ampliada a través de información virtual.			✓	✓
Sistema interactivo.		✓		✓
Se produce en tiempo real.		✓	✓	✓
Información virtual registrada en 3D.		✓		
Información virtual registrada en diversos formatos.	✓		✓	✓

Fuente: Elaboración propia.

3. NIVELES DE REALIDAD AUMENTADA

Según la bibliografía consultada, existen varias clasificaciones de RA según autores. Por tanto, encontramos clasificaciones atendiendo a criterios como el entorno físico, la extensión abarcada, la movilidad de los dispositivos, el número y tipo de colaboración establecida entre de usuarios, u otras clasificaciones más sencillas como RA basadas en el reconocimiento de formas y RA basada en el reconocimiento de la posición (Cózar *et al.*, 2015).

A continuación, se explica con mayor detalle los niveles de RA dependiendo de la forma de trabajo, parámetros y técnicas empleadas definidos por el cofundador de Layar Lens-Fitzgerald en 2009 recogidos en Prendes (2015):

Nivel 0: Hiperenlace

Basado en enlaces 1D o códigos 2D, es decir, códigos de barra UPC —*Universal Product Code*—, y códigos QR —*Quick Response*— (figura 2 y figura 3 respectivamente). Los códigos enlazan el mundo físico con el mundo virtual a través de hipervínculos o hiperenlaces. No existe registro alguno en 3D y el contenido visualizado no sigue el movimiento del elemento activador.

Para leer un código QR se debe instalar en el dispositivo un lector de códigos adecuado al sistema operativo del dispositivo que se vaya a emplear.



Figura 2. Código de barras.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo_de_barras



Figura 3. Código QR.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo_QR

Nivel 1: RA con marcadores

Este nivel es el más usado actualmente, basado en marcadores Patrones 2D, generalmente monocromos, son los elementos de enlace para poder obtener el elemento aumentado (figura 4).



Figura 4. RA con marcadores.

Fuente: <https://www.educacionrespuntocero.com/recursos/geometry-una-app-para-estudiar-poliedros-con-realidad-aumentada/24467.html>

Nivel 2: RA basado en reconocimiento de objetos o imágenes

Este nivel consiste en establecer unos objetos o imágenes como elemento activador para el elemento aumentado (figura 5). Así pues, cuando una imagen u objeto es reconocido, se desencadena la acción, superponiéndose en ese momento el contenido digital: una imagen, un vídeo o un modelo 3D.

Dentro de este nivel se encuentra también la geolocalización. El desarrollo de dispositivos con geolocalización, permite crear una RA en una situación.

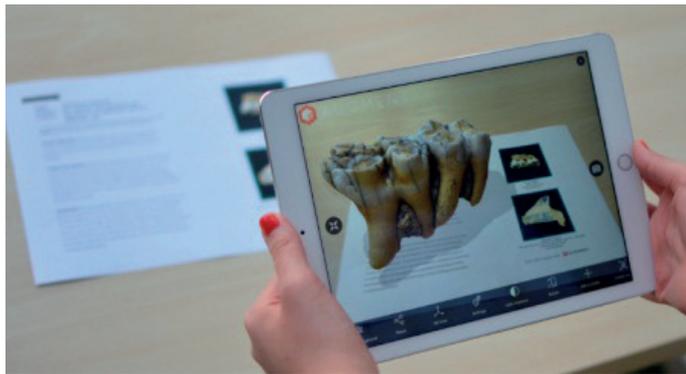


Figura 5. RA basado en reconocimiento de objetos o imágenes.

Fuente: <http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoescuela/recursosdigitales/2019/03/26/hp-reveal/>

Nivel 3: RA con dispositivos HDM

Este nivel estaría representado por dispositivos como *Google Glass* (figura 6), *HoloLens* o lentes biónicas. Prendes (2015) menciona como esta tecnología fue pronosticada hace una década en la que estos «displays transparentes» de la escala de unas gafas convertiría la RA en visión aumentada y, por tanto, se produciría una experiencia totalmente inmersiva y personal.



Figura 6. Gafas Google Glass.

Fuente: <https://www.xataka.com/wearables/google-glass-ya-se-adapta-a-las-gafas-graduadas>

4. REALIDAD AUMENTADA EN EL ÁMBITO EDUCATIVO

RA es una tecnología prometedora en educación, tal y como defienden varios autores:

Por un lado, Reinoso, ya en el año 2012, defendía la RA como un gran elemento motivacional reforzando el aprendizaje por descubrimiento o el desarrollo de habilidades profesionales, la inclusión de juegos y la creación de libros con tecnología RA podían incrementar la motivación del alumnado por aprender (Reinoso, 2012).

Estebanell *et al.* (2012) explican cómo tecnologías en dispositivos móviles superarían la limitación del tiempo y del espacio en los entornos de aprendizaje y añaden que la RA: «no solo responde a este tipo de exigencia sino que la amplían de manera cualitativamente significativa al ofrecer información situada, contextualizada, desde el lugar y en el momento que el consumidor la precisa» (p. 290).

Similares aportaciones hicieron Bujak *et al.* (2013), los cuales analizaron el uso de la RA desde tres perspectivas diferentes: la física, la cognitiva y la contextual.

Respecto a la dimensión física se destaca como las interacciones con los objetos ayudan a la comprensión de los conceptos en el contexto. Respecto a la dimensión cognitiva la alineación espacio-temporal de la información respecto a la demanda del estudiante hace que resulte más asequible la comprensión de los conceptos cuánto aún más los abstractos. Por último, en la dimensión contextual es planteada la posibilidad que ofrece la RA para el aprendizaje de forma cooperativa en entornos no tradicionales, fomentando el aprendizaje significativo.

Desde la Universidad de Castilla la Mancha, se señala otra ventaja de la RA directamente relacionada con la práctica docente: la de poder generar los propios recursos didácticos a través de esta tecnología y poder compartirlos en los repositorios de escenas de RA ya cada vez más existentes (Cózar *et al.*, 2015), tales como *Google Poly*, *Sketchfab*, *Augmented*, *Aumentaty Author*, *ARToolKit*...

A pesar del potencial de la RA en educación y las predicciones del informe NMC *Horizon Report* de Johnson *et al.* (2016), se detectan dificultades para la pronta implantación de RA en el aula. La RA es una tecnología novedosa para el profesorado y, por tanto, este no se encuentra familiarizado con experiencias educativas similares; además, existe falta de recursos y objetos de aprendizaje producidos en RA, sumado a que muchos docentes ni siquiera conocen el concepto de RA (Cubillo *et al.*, 2014; Cabero y Jiménez García, 2016).

5. MATERIAL DIDÁCTICO ELABORADO CON TECNOLOGÍA DE RA

A continuación, se muestra un ejemplo del material didáctico elaborado con tecnología de RA (figura 7) destinado a estudiantes de matemáticas de la etapa de Secundaria. En concreto, se trata de una de las seis fichas creadas para el estudio de figuras geométricas básicas. Aclarar que, si el lector quisiera participar de la experiencia de RA y comprobar la información que contiene cada ficha, el proceso es muy simple: se trata de descargar la aplicación *Zappar* de la

Applestore de su dispositivo móvil; una vez descargada, abrir la aplicación y colocar el dispositivo móvil sobre la ficha con tecnología RA; al instante se mostrará en la pantalla del dispositivo la información que contiene cada ficha (nivel 2 de RA).



Figura 7. Ficha «caza tu figura» para la figura geométrica del cono.
Fuente: elaboración propia.

En la figura 8 se puede observar los elementos que componen cada ficha, siendo: una definición de la figura geométrica en cuestión, un desarrollo 3D de la construcción de la figura geométrica, fórmulas relacionadas con la superficie y volumen del cuerpo geométrico, un enlace multimedia¹ aportando más información sobre la figura y un botón de «interactúa», el cual permite la interacción entre objeto y el propio alumnado en tiempo real. Por último, un cuestionario a resolver por parte del alumnado al que se accede al seleccionar el botón de «quiero la figura» de manera que el estudiante puede comprobar si ha comprendido correctamente el estudio de dicha ficha.



Figura 8. Captura pantalla de la ficha «caza tu figura» para la figura geométrica del cono tras aplicar la tecnología RA con la aplicación Zappar. Fuente: Elaboración propia. Video: Adaptado a partir de Carreón (2016).

¹ Los enlaces multimedia son adaptaciones de las producciones de video realizadas por 3con14com (2015), Carreón (2016), Casado (2018), Mundo Geométrico (2019) y Romañach (2012).

A continuación, se muestra el siguiente repositorio de fichas (figura 9) creadas para el estudio de figuras geométricas básicas. Se recomienda escanear las imágenes con la aplicación móvil Zappar tal y como se ha mencionado anteriormente para disfrutar de la experiencia de la tecnología de RA.



Figura 9. Repositorio de fichas “caza tu figura” con tecnología RA realizadas con ZapWorks para ser escaneadas con la aplicación Zappar. Fuente: Elaboración propia.

6. HERRAMIENTAS TIC UTILIZADAS EN LAS FICHAS DE RA

El material didáctico aportado ha sido elaborado utilizando las siguientes herramientas TIC: *ZapWorks*, *Zappar*, *Formularios de Google*, *Google Poly* y *YouTube*. Se realiza una breve reseña de cada una de ellas:

***ZapWorks*:** Software en línea que ofrece un completo kit de herramientas de RA para agencias, empresas y particulares. Se puede construir, analizar y escalar rápidamente experiencias inmersivas, ofreciendo la posibilidad de crear material no perecedero para ser compartido entre la comunidad educativa. Softwares similares son *UniteAR* y el antiguo *Aurasma*, hoy en día absorbido por *Hp Reveal*.

***Zappar*:** Aplicación que complementa a *ZapWorks*, es decir, una vez creado el material con *ZapWorks* y publicado en la red, es posible tener la experiencia de RA a través de esta aplicación con sólo escanear la imagen creada en *ZapWorks*. Esta aplicación es totalmente gratuita y está disponible tanto para sistema Android como para IOS.

***Formularios de Google*:** Herramienta gratuita que ofrece *Google* para la recogida de datos ya sea de forma grupal, personalizada o anónima. Con esta herramienta, se pueden elaborar cuestionarios e incorporarlos a las fichas de RA enriqueciendo el contenido de estas. Además, la herramienta *Formularios de Google* permite al docente estudiar resultados de forma gráfica y analítica y, poder así, mejorar los aspectos que sean necesarios.

***Google Poly*:** Plataforma de objetos virtuales totalmente gratuita de *Google*. Tiene un funcionamiento muy similar a *Sketchfab*, considerada como la biblioteca más amplia de material virtual junto con *Augment* hasta la fecha, aunque esta última plataforma se ha convertido de pago desde el pasado verano 2019. Es posible adjuntar objetos virtuales desde *Google Poly* a las fichas de RA producidas desde *ZapWorks* y, de esta manera, el alumnado puede interactuar con los objetos virtuales en tiempo real.

***YouTube*:** Sitio web que posibilita compartir vídeos en red. Se ha considerado valerse de esta herramienta para introducir material multimedia dentro de las fichas de RA, posibilitando al alumnado visualizar dicha información las veces que sea necesaria.

7. CONCLUSIONES

La escuela no debe quedarse atrás en los vertiginosos avances tecnológicos de la era actual, por tanto, los docentes, además de contar con una amplia base de conocimientos que les permitan guiar con mayor facilidad y buen criterio a su alumnado, deben ser los primeros en explorar recursos TIC con el fin de incluir los descubrimientos, propios o ajenos, en el planteamiento diario de sus clases para romper los esquemas de enseñanza tradicionales con los que están familiarizados. El objetivo de este trabajo; compartir con la comunidad educativa la elaboración de un material didáctico utilizando la tecnología de RA con el fin de acercar a la práctica docente esta tecnología, se considera alcanzado con éxito. Además, se anima al estudio y diseño

de más herramientas didácticas apoyadas en realidad aumentada que posibiliten su uso en el ámbito docente, ofreciendo así, una perspectiva innovadora para los nuevos estilos de aprendizaje que demanda el alumnado de esta nueva era digital.

Estudios sobre la aplicación de la RA en al aula (Cubillo *et al.*, 2014; Prendes, 2015) apoyan, por un lado, que el empleo de la RA hace más agradable la explicación de los contenidos para los profesores a la vez que el alumnado los asimila mejor. Además, se identifica que existe una mayor motivación por parte del alumnado y una mayor estimulación cumpliendo de este modo con uno de los objetivos de la enseñanza: incitar al alumnado a investigar en aquello que le ha provocado interés. Y por otro lado, se advierte de cómo a través de la RA el aprendizaje se puede convertir en un juego, en un reto continuo de descubrimiento que permite adquirir destrezas comunicativas, de confianza y de responsabilidad.

Además, los métodos tradicionales de aprendizaje, cuyos contenidos están relacionados con la espacialidad o la representación tridimensional, crean un filtro cognitivo al estar representados los objetos en dos dimensiones. Disciplinas como la asignatura de matemáticas, donde los conceptos resultan abstractos o confusos para los estudiantes, bien por su complejidad o bien porque no se pueden concretar en algo físico que puedan manipular, la RA ofrece esa posibilidad de interactuar con dichos objetos, por tanto, es eficaz potenciando la adquisición de habilidades tales como la capacidad espacial a la vez que ayuda a la comprensión conceptual (Cubillo *et al.*, 2014).

Por último, resaltar que la integración de la tecnología RA en la enseñanza no debe de ser un problema para el docente, no se trata de implantar esta tecnología de forma radical, sino que sea un complemento del libro o de los apuntes implementando el contenido virtual que ayude a la comprensión de los conceptos de una forma natural e innata en las nuevas generaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 3con14com (30 de marzo de 2015). *Ortoedro*. [Archivo de video]. Recuperado de: <https://youtu.be/rQS9z979B7c> [Consulta: 5/6/2020].
- Azuma, R. (1997). A Survey of Augmented Reality Presence: *Teleoperators and Virtual Environments*, 6 (4), 355-385. DOI: <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Brazuelo, F. y Gallego Gil, D. J. (2011). *Mobile learning. Los dispositivos móviles como recurso educativo*. Sevilla: MAD.
- Bujak, K. R., Radu I., Catrambone, R., MacIntyre, B., Zheng, R. y Golubski, G. (2013). A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom. *Computers & Education*, 68, 536-544. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.017>
- Cabero, J. y Jiménez García, F. (2016). *Realidad aumentada. Tecnología para la formación*. Madrid: Síntesis.
- Carreón, D. (9 de marzo de 2016). *Cuerpos de revolución súper fácil*. [Archivo de video]. Recuperado de: <https://youtu.be/kD5gz2k5IZQ> [Consulta: 5/6/2020].

- Casado, Q. (12 de febrero de 2018). *Desarrollo del cilindro y superficie lateral*. [Archivo de video]. Recuperado de: <https://youtu.be/-Evq9PMY1hg> [Consulta: 5/6/2020].
- Cózar, R., Valle De Moya, M., Hernández, J. A. y Hernández J. R. (2015). Tecnologías emergentes para la enseñanza de las ciencias sociales. Una experiencia con el uso de realidad aumentada en la formación inicial de maestros. *Digital Education Review*, (27), 138-153. Recuperado de <https://revistes.ub.edu/index.php/der/article/view/11622> [consulta: 7/10/2020].
- Cruz, I. y Puentes, A. (2012). Innovación Educativa: uso de las TIC en la enseñanza de la matemática Básica. *Edmetic*, 1(2), 127-144. DOI: <https://doi.org/10.21071/edmetic.v1i2.2855>
- Cubillo, J. Martín, S. Castro, M. y Colmenares, A. (2014). Recursos digitales autónomos mediante realidad aumentada. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 17(2), 241-274. DOI: <https://doi.org/10.5944/ried.17.2.12686>
- De Pedro, J. (2011). *Realidad Aumentada: un nuevo paradigma en la educación superior*. En E. Campo, M. García, E. Meziat y L. Bengochea, *Educación y sociedad* (pp. 300-307). Chile: Universidad La Serena.
- Estebanell, M., Ferrés, J., Cornellà, P. y Codina, D. (2012). Realidad aumentada y códigos QR en educación. En J. Hernández, M. Pennesi, D. Sobrino y A. Vázquez. *Tendencias emergentes en educación con TIC* (pp. 277-320). Barcelona: Editorial Espiral.
- Ginés, J. (2004). La necesidad del cambio educativo para la sociedad del conocimiento. *Revista Iberoamericana de Educación*, (35), 13-37. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/41561300.pdf> [Consulta: 7/10/2020].
- Johnson, L., Adams, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A. y Hall, C. (2016). *NMC Informe Horizon 2016*. Edición Superior de Educación. Austin, Texas: The New Media Consortium. Recuperado de <https://library.educase.edu/-/media/files/library/2016/2/2016hrhees.pdf> [Consulta: 7/10/2020].
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. y Kishino, F. (1995). Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. *SPIE. Telemanipulator and Telepresence Technologies*, (2351), 282–292. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.197321>
- Mundo Geométrico (25 de febrero de 2019). *Cómo hacer una pirámide cuadrangular. Super fácil y super rápido |Quadrangular pyramid*. [Archivo de video]. Recuperado de <https://youtu.be/I7I4QkQRe2U> [Consulta: 5/6/2020].
- Prendes, C. (2015). Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, (46), 187-203. DOI: <https://doi.org/10.12795/pixel-bit.2015.i46.12>
- Prensky, M. (2001). Nativos Digitales, Inmigrantes Digitales. *On the Horizon*, 9(6), 1-7. Recuperado de <http://files.educunab.webnode.cl/200000062-5aba35bb22/Nativos-digitales-parte1.pdf> [Consulta: 7/10/2020].
- Reinoso, R. (2012). Posibilidades de la realidad aumentada en educación. En J. Hernández, M. Pennesi, D. Sobrino y A. Vázquez, *Tendencias emergentes en educación con TIC* (pp. 175-198). Barcelona: Espiral.

- Rico, M. M. y Agudo, J. E. (2016). Aprendizaje móvil de inglés mediante juegos de espías en Educación Secundaria. RIED. *Revista Iberoamericana de educación a distancia*, 19(1), 121-139. DOI: <https://doi.org/10.5944/ried.19.1.14893>
- Romañach, J. (16 de julio de 2012). Algo pasa con phi. *Los sólidos platónicos y la proporción aurea*. [Archivo de video]. Recuperado de <https://youtu.be/LngG-9Lez4w> [Consulta: 5/6/2020].
- Vargas, G. y Gamboa, R. (2013). El modelo de Van Hiele y la enseñanza de la geometría. *Uniciencia*, 27(1), 74-94. Recuperado de <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/uniciencia/article/view/4944>