



Los escenarios tecnológicos en Realidad Aumentada (RA): posibilidades educativas en estudios universitarios

Julio Cabero Almenara (*) y Julio Barroso Osuna (*)

(*) Universidad de Sevilla – España

RESUMEN

Nos encontramos ante una tecnología, la Realidad Aumentada, con cada vez mayor incidencia en la docencia y que junto con la tecnología móvil, se configuran como uno de los binomios más eficaces para apoyar procesos de aprendizaje ubicuo y significativo. Aunque, no podemos perder de vista que para que este binomio tecnológico funcione adecuadamente, el estudiante debe encontrarse motivado a utilizarlo en el proceso formativo. En este estudio, a partir del modelo *Instructional Material Motivational Survey* de Keller (1983), hemos tratado de determinar el grado de motivación que el alumnado de Grado de Pedagogía de la Universidad de Sevilla tiene en la interacción con apuntes enriquecidos con Realidad Aumentada disponibles mediante dispositivos móviles. La metodología fue valorada positivamente por los participantes en el estudio, pudiendo señalar la alta relación encontrada entre la motivación de los alumnos y su rendimiento, con el uso de los apuntes enriquecidos, en la materia en la que se emplea. Igualmente se ha constatado que la utilización de la Realidad Aumentada beneficia el proceso de aprendizaje.

Palabras Clave: dispositivos móviles, realidad aumentada, educación, enseñanza superior, percepciones del alumno, rendimiento académico.

The technological scenarios in Augmented Reality (AR): educational possibilities in university studies

ABSTRACT

We are facing a technology, Augmented Reality, with an increasing incidence in teaching and that together with mobile technology, are configured as one of the most effective binomials to support ubiquitous and significant learning processes. Although, we cannot lose sight of the fact that for this technological binomial to work properly, the student must be motivated to use it in the training process. In this study, from the *Instructional Material Motivational Survey* model of Keller (1983), we have tried to determine the degree of motivation that the students of Degree of Pedagogy of the University of Seville have in the interaction with notes enriched with Augmented Reality available through mobile devices. The methodology was valued positively by the participants in the study, being able to indicate the high relation found between the motivation of the students and their performance, with the use of the enriched notes, in the matter in which it is used. It has also been found that the use of Augmented Reality benefits the learning process.

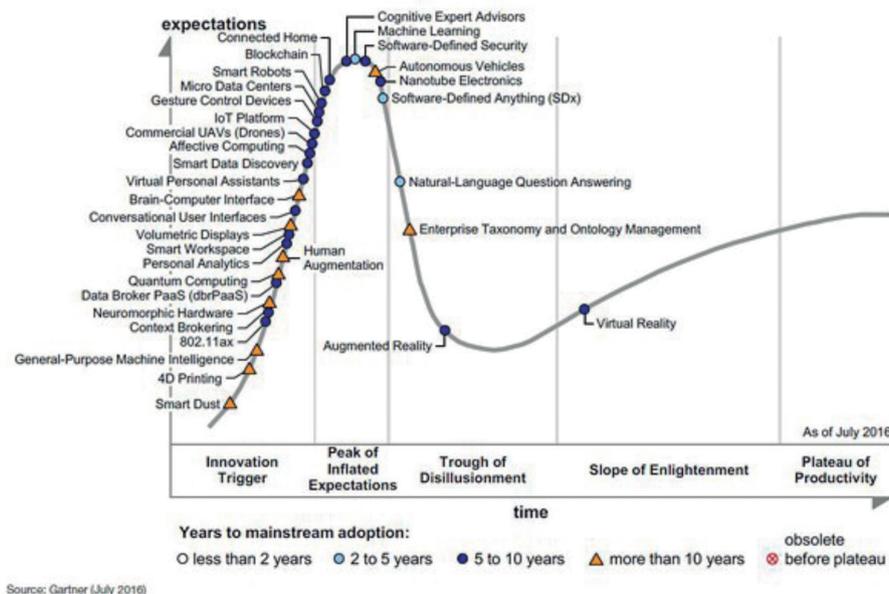
Keywords: mobile devices, augmented reality, education, higher education, perceptions of the students, academic performance.

1. Introducción

A lo largo de la historia, el ser humano ha logrado evolucionar sus formas de comunicarse, en la actualidad este proceso se ha visto enriquecido con la utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), aunque muchas de estas tecnologías, consideradas como emergentes, y que se le asignan un gran potencial de futuro, no llegaron ni a ser presente. El trabajo que presentamos, gira alrededor de una tecnología, la Rea-

lidad Aumentada (Augmented Reality) (en adelante RA), que se está convirtiendo en una tecnología emergente con grandes posibilidades para su uso educativo (Bacca, Baldiris, Fabregat, Graf y Kinshuk, 2014; Tecnológico de Monterrey, 2015; Johnson et al., 2016; Cabero y Barroso, 2016; Cabero y García, 2016; Martínez y Fernández, 2018), y que pensamos que será una tecnología con una gran proyección de futuro. Gartner, en su Hype Cycle para el año 2016, coloca esta tecnología en camino a la “Meseta de la Productividad”, justo detrás de la Realidad Virtual (RV).

Figura 1. Hype Cycle de Gartner para 2016.



Teniendo en cuenta lo comentado anteriormente, junto con la facilidad con la que esta tecnología nos permite acceder a la información, normalmente a través de dispositivos móviles, y la aparición de software suficientemente amigable para la creación de objetos en RA, hará que en un futuro reciente veamos incrementada considerablemente tanto la creación como el uso de estos objetos.

Para contextualizar la RA, podemos decir que nos encontramos ante una tecnología que permite la combinación de información digital e información física en tiempo real, por medio de distintos soportes tecnológicos, como por ejemplo las *tablets* o *smartphones*, y que permite crear con ello una nueva realidad (Fundación Telefónica, 2011; García et al., 2010; Muñoz, 2013; Morales, Benítez, Silva, Altamira y Mendoza, 2015; Fombona y Vázquez, 2017).

Lo comentado permite establecer una clara diferencia entre la RA y la RV, ya que en la segunda los datos virtuales sustituyen a los físicos, creándose una nueva realidad. Por el contrario, en la RA, las dos realidades se superponen en distintas capas de información en formatos diversos (imágenes generadas por ordenador, secuencias de vídeo, animaciones, etc.) para configurar una nueva realidad que es con la que interacciona la persona.

Su significación para la formación viene determinada, por una parte, por sus características específicas, como son: ser una realidad mixta, la posibilidad que ofrece para integrar en tipo real tanto diferentes capas de información como en distintos tipos de formatos (textos, url, vídeos, ...), es una tecnología interactiva, su facilidad de manejo, y que mediante su utilización enriquecemos o alteramos la información de la realidad añadiéndole información adicional (Cabero y García, 2016). Y por otra, porque los dispositivos que se suelen utilizar para su observación, como son los *smartphones*, son tecnologías de las que disponen con facilidad los alumnos universitarios.

Su utilización en la formación, como señalan diferentes autores (Wu, Lee, Chang y Liang, 2013; Carozza, Tingdahl y Gool, 2014; Cubillo, Martín, Castro y Colmenar, 2014; Jeřábek, Rambošek y Wildová, 2014; Barba, Yasaca y Manosalvas, 2015; Jamali, Fairuz, Wai y Oskam, 2015; Fonseca, Redondo y Valls, 2015; Han, Jo, Hyun y So, 2015; Santos et al., 2016), nos permite diferentes posibilidades como son: a) eliminar información que pueda entorpecer la captación de la información significativa por

el estudiante; b) aumentar o enriquecer la información de la realidad para hacerla más comprensible al estudiante; c) poder observar un objeto desde diferentes puntos de vista seleccionando el estudiante el momento y posición de observación; d) potenciar el aprendizaje ubicuo; e) crear escenarios “artificiales” seguros para los estudiantes como pueden ser laboratorios o simuladores; f) enriquecer los materiales impresos para los estudiantes con información adicional en diferentes soportes; g) y convertir a los alumnos en “proconsumidores” de objetos de aprendizaje en formato RA. A ellas debemos incorporarles que puede ser utilizada en diferentes disciplinas y en distintos niveles educativos (De Pedro Carracedo y Méndez, 2012; Bressler y Bodzin, 2013; Prendes, 2015; Cabero y García, 2016), aunque se debe reconocer que es en la formación universitaria donde se está utilizando con mayor frecuencia (Lin, Been-Lirn, Li, Wang, y Tsai, 2013).

Sobre su impacto en la educación, y aunque todavía las investigaciones realizadas son limitadas, y ello posiblemente sea uno de los grandes problemas que tenga para su incorporación a la enseñanza, si han puesto de manifiesto algunos aspectos como son que los alumnos muestran actitudes favorables hacia ella y que su utilización aumenta la motivación hacia el aprendizaje (Bressler y Bodzin, 2013; Kamarainen et al., 2013; Di Serio, Ibáñez y Delgado, 2013; Cózar, De Moya, Hernández y Hernández, 2015), que favorecen la creación de un contexto constructivista de formación (Chen y Tsai, 2012; Wojciechowski y Cellary, 2013), que propicia un entorno activo de enseñanza (Fombona, Pascual y Madeira, 2012), que despierta un elevado grado de satisfacción en los alumnos (Han et al., 2015; Kim, Hwang y Zo, 2016), y que su utilización mejora los resultados de aprendizajes (Bongiovani, 2013; Chang, Wu y Hsu, 2013; Kamarainen et al., 2013).

Indicar, que para que los objetos en RA, puedan ser utilizados con ciertas garantías de éxito en los contextos educativos, deben cumplir con una serie de características que de acuerdo con Jo (2016, 57-58) son las siguientes:

- “Módulos de contenidos breves y directos: de acuerdo a las características de las tabletas y smartphones para acceder a los recursos educativos y su principal ventaja de operar on demand (en cualquier momento y lugar), se recomienda el diseño de módulos de duración breve que no superen los 5 minutos.

- Flexibilidad y simplicidad: se debe tener en consideración las diferencias de capacidades de los estudiantes en temáticas con TIC con el fin de adaptar los contenidos para un proceso de enseñanza exitoso.
- Accesibilidad y tolerancia al error: las actividades generadas deben tener una interfaz intuitiva que permita la corrección rápida de errores relacionados con la navegación y el uso del dispositivo.
- Multimedia: la RA es un recurso más que debe estar relacionado con otros elementos integrados como audio, video, imágenes, considerando los aspectos de flexibilidad y síntesis mencionados anteriormente.
- Orientado a la acción: las tabletas y los smartphones no son el objetivo del proceso educativo, por lo tanto, la metodología debe estar orientada a lo práctico e interactivo.
- Comunicación y visibilidad: la portabilidad y la conectividad de estos dispositivos debería conducir a la creación de actividades colaborativas, y permitir la posibilidad de compartir las contribuciones generadas en el proceso de aprendizaje.
- En constante renovación y actualización: los contenidos que se utilizan en m-learning y que se relacionan directamente con la utilización de RA, deben hacer referencia a la metodología utilizada, ya que los dispositivos móviles y sus sistemas de software se encuentran en una rápida evolución, incorporando mejoras que pueden ser traspasadas al proceso educativo propuesto.
- Adaptado a las características de los dispositivos: no todos los dispositivos son iguales y difieren en potencia de procesamiento, tamaño, sensores, memoria, etc. Cada actividad ideada debe ser adaptada a los diferentes tipos de hardware y software para que el proceso educativo sea exitoso."

2. La investigación realizada

La investigación se realizó durante el curso académico 2015-16, con el objeto de analizar las posibilidades educativas de los objetos producidos en RA en la formación universitaria, y para ello llevamos a cabo una investigación donde quisimos analizar, entre otros aspectos, desde sus potencialidades para el aprendizaje, el nivel de motivación que la participación de experiencias de este tipo despertaba, y la evaluación que de los objetos realizaban los estudiantes. En concreto, los objetivos que se perseguían fueron:

- a) Conocer el grado de motivación medido mediante el IMMS de Keller y de las dimensiones que lo conforman (atención/relevancia/confianza/confianza), que la utilización de objetos de RA promovía en los estudiantes.
- b) Conocer la valoración que los alumnos realizaban respecto a la utilización de objetos de RA.

- c) Analizar si existían diferencias significativas en el rendimiento alcanzado en los estudiantes mediante la utilización de objetos de RA.
- d) Analizar si el grado de motivación (atención/relevancia/confianza/confianza) medidos mediante el IMMS de Keller, repercutían en la adquisición de conocimiento por parte de los estudiantes.
- e) Analizar si la evaluación realizada por parte del estudiante universitario del objeto producido en RA, repercutía en el rendimiento alcanzado.
- f) Analizar si la evaluación realizada por parte del estudiante universitario de los objetos producido en RA, repercutía en el grado de motivación (atención/relevancia/confianza/confianza) medidos mediante el IMMS de Keller.
- g) Analizar si el género del estudiante era determinante de los rendimientos académicos alcanzados tras la participación en una experiencia con objetos de aprendizaje en RA.

2.1. La muestra

La muestra de nuestro estudio podemos considerarla del tipo no probabilística, o como también se le denomina de conveniencia o causal (Alamino, 2006; Sabariego, 2012), que viene determinada por la facilidad de acceso que el investigador tiene a los sujetos que la conforman. En nuestro estudio fueron alumnos que cursaban la disciplina de "Tecnología Educativa" impartida en segundo curso del Grado de Pedagogía desarrollada en la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Sevilla, y que era compartida por docentes del proyecto de investigación donde se inserta el presente trabajo.

Los participantes en el estudio fueron 302, 77 (25,50%) alumnos y 225 (74,50%) alumnas.

2.2. Los objetos producidos

La experiencia se desarrolló con dos objetos en RA expresamente elaborados para el estudio, que hacían referencia a los contenidos de la disciplina de Tecnología Educativa: "formas de utilizar el vídeo en los procesos de enseñanza-aprendizaje" y el "diseño, producción y evaluación de Tecnologías de la Información y Comunicación aplicadas a la educación". Señalar que a los alumnos se les construyó una guía del programa donde se les indicaba desde donde tenían que bajarse las "app" para el funcionamiento de los objetos, las acciones que podían realizar con ellos y bibliografía de referencia para la profundización en el tema. Ambas guías pueden observarse en la siguiente dirección: <http://intra.sav.us.es/proyectorafodiun/index.php/objetos-en-ra>.

Los objetos en RA virtual que se produjeron incorporaban diferentes tipos de recursos: clip de vídeos, vídeos ubicados en YouTube, vídeos transparentes, documentos en pdf, animaciones en 3D, ... En la figura 2, pueden observarse imágenes de los dos objetos producidos.

Figura 2. Imagen de uno de los clips de vídeos



Su introducción en clase pasó por diferentes fases:

- 1ª Cumplimentación de la prueba de pretest de rendimiento.
- 2ª Explicación por los profesores del funcionamiento del objeto, el lugar desde el cuál deberían descargarse la aplicación para instalarla en sus dispositivos móviles y de los apuntes.
- 3ª Período de dos semanas de trabajo de los estudiantes con el objeto producido con sus dispositivos móviles. Aclaración en las clases de prácticas de la asignatura de las dudas que se les presentaban a los estudiantes.
- 4ª Cumplimentación de los instrumentos de diagnóstico de la motivación, el postest del rendimiento y la calidad del objeto producido.

Se debe señalar que, desde el comienzo de la experiencia, los estudiantes fueron informados de que las calificaciones obtenidas se tendrían en cuenta para las evaluaciones de la asignatura.

Indicar que, para superar el efecto de novedad de la tecnología, que puede repercutir en los resultados alcanzados (Barroso y Cabero, 2010), los alumnos trabajaron en sesiones previas con objetos producidos en RA, aunque éstos no versaban sobre contenidos de la asignatura.

2.3. Instrumentos de recogida de información

Los instrumentos de recogida de información fueron tres: prueba de elección múltiple para el análisis de rendimiento obtenido por los estudiantes tras la interacción creada *ad hoc* para el estudio, el Instructional Material Motivational Survey (IMMS) elaborado por Keller (2010) para el análisis de la motivación de los alumnos hacia la participación en la experiencia, y un instrumento elaborado *ad hoc* para que el alumnado evaluara los apuntes enriquecidos que fueron creados para el estudio.

Todos los instrumentos fueron administrados vía Internet, y pueden observarse en la siguiente dirección web: http://www.sav.us.es/encuestas/rafodiun/Video/postest_IMMS.html; aunque el instrumento de rendimiento se refiere a los contenidos del objeto de vídeo.

Por lo que se refiere al IMMS de Keller, señalar que está compuesto por 35 ítems, que recogen información de cuatro dimensiones: atención (12 ítems), confianza (9 ítems), relevancia (9

ítems) y satisfacción (5 ítems). El instrumento tiene una construcción tipo Likert con siete niveles de respuesta (1=Extremadamente improbable/en desacuerdo a 7=Extremadamente probable/de acuerdo).

Como ponen de manifiesto [Loorbach, Peters, Karreman y Steehouder \(2015, 2004\)](#) el modelo formulado por Keller: “se ha utilizado innumerables veces para aplicar estrategias de motivación para materiales de instrucción, y para poner a prueba sus efectos. Aunque el modelo fue originalmente diseñado para influir en la motivación del estudiante en un entorno de aprendizaje clásico, con la interacción cara a cara entre el profesor y los estudiantes, también ha sido aplicado y probado a fondo, como la enseñanza asistida por ordenador y la educación virtual y a distancia”. En concreto, el modelo ha sido utilizado para conocer el grado de motivación que despiertan distintos recursos tecnológicos en los estudiantes: videojuegos ([Proske, Roscoe y McNamara, 2014](#)), la incorporación de vídeo en sesiones de formación en e-learning ([Che, 2012](#)), *podcast* de audio ([Bolliger, Supanakorn y Boggs, 2010](#)), los MOOC ([Castaño, Maiz y Garay, 2015](#)), o la RA ([Di Serio, Ibáñez y Delgado, 2013](#); [Lu y Ying-Chieh, 2014](#); [Wei, Weng, Liu y Wang, 2015](#); [Lu y Liu, 2015](#)).

Para la evaluación de los objetos producidos se creó un instrumento *ad hoc*, que estaba constituido por 12 ítems, que pretendían recoger información de distintas dimensiones: aspectos técnicos y estéticos (4 ítems), facilidad de navegación y desplazamiento por el entorno (6 ítems) y dos ítems destinados a la evaluación de la guía/tutorial del programa. El instrumento se construyó con formato tipo Likert con 6 opciones de respuesta (1=muy negativo/muy en desacuerdo y 6=muy positivo/muy de acuerdo). Para la creación del instrumento nos apoyamos en los elaborados por [Cabero y Llorente \(2009\)](#), [Cabero y Marín \(2013\)](#) y [Marín, Cabero y Barroso \(2014\)](#), para la evaluación de materiales multimedia, de e-learning, y de objetos producidos para un entornos virtual de formación bajo la configuración de un “Entorno Personal de Aprendizaje” (PLE).

A estos dos instrumentos se les obtuvo el índice de fiabilidad mediante la alfa de Cronbach, por ser uno de los estadísticos más apropiado para obtenerla con instrumentos tipo Likert ([O'Dwyer y Bernauer, 2014](#)). En la tabla 1, se presentan los valores alcanzados tanto para la totalidad del instrumento como para las diferentes dimensiones que los conformaban.

Tabla 1. Índice de fiabilidad de los instrumentos

IMMS		Evaluación de la calidad del objeto	
Dimensión	Valor alfa	Dimensión	Valor alfa
Total instrumento	0.940	Total instrumento	0.942
Atención	0.876	Aspectos técnicos	0.882
Confianza	0.780	Facilidad de navegación	0.884
Relevancia	0.764	Tutorial del programa	0.864

Los valores alcanzados nos permiten indicar que los mismos poseen un elevado nivel de fiabilidad, tanto de forma global como en las diferentes dimensiones que lo constituyen ([Mateo, 2004](#); [O'Dwyer y Bernauer, 2014](#)).

Para el análisis del rendimiento académico se creó una prueba de elección múltiple formada por 15 ítems, que aglomeraban información de las categorías aplicar (4 ítems), recordar (6 ítems) y comprender (5 ítems) de la taxonomía de Bloom. Los ítems del pretest y postest eran idénticos, aunque cambiando su orden de presentación.

En lo que se refiere al instrumento creado para el rendimiento académico, señalar que se elaboró bajo la modalidad de dos pruebas de elección múltiple, administradas bajo la modalidad de pretest y postest, y estaban constituidas por 15 ítems, que recogían información de las siguientes categorías de la taxonomía de Bloom: aplicar (4 ítems), recordar (6 ítems) y comprender (5 ítems). Los ítems de las dos modalidades eran los mismos, aunque alterando su orden de presentación.

3. Resultados

Comencemos la presentación de los resultados de nuestro estudio, con la indicación de las medias y desviaciones típicas ob-

tenidas en los diferentes instrumentos utilizados (rendimiento, motivación y valoración de los objetos), valores que presentamos en la tabla 2.

Tabla 2. Medias y desviaciones típicas alcanzadas en el rendimiento, motivación y valoración de la calidad técnica de los objetos producidos.

RENDIMIENTO			IMMS			Calidad técnica		
Dimensión	M	D.tp.	Dimensión	M	D.tp.	Dimensión	M	D.tp.
Pretest	4.21	3.21	Global IMMS	4.08	0.58	Global instrumento	3.60	0.82
Postest	10.79	2.82	Confianza	3.91	0.62	Aspectos técnicos	3.66	0.86
---	---	---	Atención	4.00	0.62	Facilidad de navegación	3.46	0.87
---	---	---	Satisfacción	4.39	1.01	Tutorial del programa	3.66	0.95
---	---	---	Relevancia	4.20	0.69	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---

El examen de la tabla nº 2 permite indicar distintos aspectos: a) por lo que se refiere al rendimiento las puntuaciones del postest son notablemente superiores a las obtenidas inicialmente, lo que indica la adquisición de la información presentada en los objetos por parte de los estudiantes, y b) que las puntuaciones medias alcanzadas en los otros dos instrumentos superan los valores medios de sus escalas, 3,5 para el instrumento utilizado para el análisis de la motivación y de 3 para el de la calidad técnica del material producido.

Para facilitar el seguimiento de los resultados alcanzados en nuestro trabajo, presentaremos inicialmente los obtenidos respecto al rendimiento académico, posteriormente los encontrados respecto a la valoración de la calidad técnica del material por parte del estudiante y la motivación, y finalizaremos respecto a la posible existencia de diferencias significativas en función del género de los estudiantes.

Con el objeto de analizar si existían diferencias significativas entre las puntuaciones alcanzadas entre el pretest y postest, planteamos las siguientes hipótesis:

- H0 (hipótesis nula): No hay diferencias significativas con un riesgo alfa de equivocarnos del 0.05 respecto a las puntuaciones alcanzadas por los alumnos en el pretest y postest.
- H1 (hipótesis alternativa): Hay diferencias significativas con un riesgo alfa de equivocarnos del 0.05 respecto a las puntuaciones alcanzadas por los alumnos en el pretest y postest.

Tabla 4. Correlaciones entre el rendimiento y la motivación mostrada por el estudiante, y el nivel mostrado en la confianza (C), atención (A), satisfacción (S) y relevancia (R).

		Global	C	A	S	R
Rendimiento	C.C. Pearson	0.321(**)	0.348(**)	0.289(*)	0.256(**)	0.201(*)
	Sig. bilateral	0.00	0.00	0.05	0.01	0.05

Nota. *=significativa al 0.05 y **=significativa a 0.01.

Teniendo en cuenta los valores obtenidos, y de acuerdo con los comentarios sugeridos por [Etxeberria y Tejedor \(2005\)](#) podemos señalar: a) que las relaciones entre las diferentes variables contrastadas (rendimiento y motivación (confianza-atención-satisfacción-relevancia)) son directas y por tanto cuando una de ellas aumenta la otra también lo hace; b) que las relaciones son moderadas; y c) y que todas son significativas al nivel del 0.05 o inferior.

Para ello aplicamos el estadístico t de Student alcanzando un valor de 17.072, con un nivel de significación del 0.00 para 301 grados de libertad. En consecuencia podemos rechazar las HO formuladas con un riesgo inferior al 0.01; y podemos concluir que la participación de los alumnos en la experiencia formativa con objetos de RA, recibió útil para que alcanzaran los contenidos ofrecidos, y por tanto, para que acrecentaran su aprendizaje.

Quisimos también saber si tales diferencias se mostraban con los dos objetos producidos, el referido a los contenidos del vídeo y al de diseño. En la tabla 3, se presentan los valores t de Student alcanzados y su nivel de significación.

Tabla 3. Rendimiento académico en los diferentes objetos producidos

		T de Student	Sig.
Rendimiento	Vídeo	16,107	0.000(**)
	Diseño	15.067	0.000(**)

Para analizar si la motivación mostrada por los estudiantes, y el nivel expuesto en la confianza, atención, satisfacción y relevancia, analizadas mediante el IMMS, influía en el rendimiento alcanzado, tras la participación en la experiencia en RA, aplicamos el coeficiente de correlación de Pearson. En la tabla 4, se presentan los resultados alcanzados.

A continuación se presentarán los resultados alcanzados para analizar si había relaciones significativas entre el rendimiento y las valoraciones realizadas por los estudiantes respecto a los objetos de RA realizados para nuestro estudio. Y para ello aplicamos de nuevo el coeficiente de correlación de Pearson, obteniendo las puntuaciones presentadas en la tabla nº 5.

Tabla 5. Correlaciones entre el rendimiento y la motivación mostrada por el estudiante. y el nivel mostrado en la confianza (C), atención (A), satisfacción (S) y relevancia (R).

		Calidad técnica	Aspectos técnicos	Facilidad de navegación	Tutorial
Rendimiento	C.C. Pearson	0.237	0.278(*)	0.15	0.30(**)
	Sig. bilateral	0.07	0.04	0.46	0.01

Nota.*=significativa al 0.05 y **=significativa a 0.01.

Las puntuaciones alcanzadas, señalan que las relaciones entre el rendimiento y la evaluación realizada por el sujeto del objeto en RA con el que interaccionaron los estudiantes son de carácter positivo, por tanto, podemos decir que cuando una aumenta la otra también lo hace; si bien las relaciones son bajas y no todas son significativas.

Una vez presentados los resultados referidos al rendimiento, pasaremos a ofrecer los alcanzados entre las valoraciones del objeto efectuados por los estudiantes y la motivación mostrada al participar en la experiencia. Y para ello utilizaremos de nuevo el coeficiente de correlación de Pearson, ofreciendo en la tabla 6 los valores alcanzados.

Tabla 6. Coeficiente correlación de Pearson entre la calidad técnica y el IMMS.

		Calidad técnica	Aspectos técnicos	Facilidad de navegación	Tutorial del programa
IMMS	C.C. Pearson	0.608(**)	0.609(**)	0.575(**)	0.620(**)
	Sig. bilateral	0.000	0.000	0.000	0.000
Confianza	C.C. Pearson	0.553(**)	0.480(**)	0.532(**)	0.657(**)
	Sig. bilateral	0.000	0.000	0.000	0.000
Atención	C.C. Pearson	0.599(**)	0.627(**)	0.602(**)	0.555(**)
	Sig. bilateral	0.000	0.000	0.000	0.000
Satisfacción	C.C. Pearson	0.521(**)	0.511(**)	0.491(**)	0.544(**)
	Sig. bilateral	0.000	0.000	0.000	0.000
Relevancia	C.C. Pearson	0.413(**)	0.430(**)	0.372(**)	0.444(**)
	Sig. bilateral	0.000	0.000	0.000	0.000

Nota.*=significativa al 0.05; **=significativa al 0.01.

Las puntuaciones obtenidas llevan a señalar distintos comentarios: a) que las relaciones encontradas entre las variables estudiadas (valoración del objeto en RA y motivación (confianza-atención-satisfacción-relevancia) son directas y en consecuencia las dos aumentan progresivamente; b) que las relaciones entre ambas variables son bastante admisibles y además de las más altas que se han encontrado en el estudio; y c) que todas las correlaciones encontradas son significativas al nivel del 0.001 o inferior.

Respecto a si existían diferencias significativas respecto al rendimiento mostrado, aplicamos para ello la t de Student, formulando la H0, que hacía referencia a la no existencia de diferencias significativas y la H1, que indicaba lo contrario. Los valores encontrados tras la aplicación del estadístico fueron de 0,451 que para 300 grados de libertad nos indicaba un nivel de significación del 0,652. Valores que no nos permiten rechazar la H0 formulada y en consecuencia podemos decir que no encontramos diferencias significativas en función del género en el rendimiento alcanzado por los estudiantes.

Para finalizar señalar, aunque no vamos a presentar aquí los resultados para no extendernos, que solamente lo hemos hecho con el caso del rendimiento, indicar que los resultados mostrados con los dos objetos eran similares cuando se aplicaron a los objetos individuales. Lo cual refuerza nuestros hallazgos.

4. Discusión, conclusiones y líneas futuras de investigación

Nuestros hallazgos permiten indicar que la interacción de los estudiantes con objetos de aprendizaje producidos con tecnolo-

gía de RA mejoraron significativamente las puntuaciones que alcanzaron en la pruebas del pretest que se habían administrado para conocer los conocimientos previos que tenían en relación a los contenidos del diseño, la producción y evaluación de los medios de enseñanza, y de las formas de utilizar el vídeo en la formación; en consecuencia se puede señalar que es un medio útil para facilitar el aprendizaje y la ganancia de conocimientos. Indicar que los resultados van en la dirección apuntada por otros autores ([Dünser, Walker, Horner y Bentall, 2012](#); [Lin, Been-Lirn, Li, Wang y Tsai, 2013](#); [Buitrago-Pulido, 2015](#); [Gazcón, 2015](#); [Mehmet, 2016](#)).

El estudio permite indicar que hay una relación significativa entre la motivación mostrada por los alumnos en la participación en la experiencia, y el rendimiento que lograron. A mayor motivación (confianza, atención, satisfacción y relevancia) mayor rendimiento o recuerdo de la información alcanzada. De igual manera se obtuvo una relación significativa y positiva entre la motivación y la evaluación efectuada de los objetos.

No se obtuvieron relaciones significativas entre la evaluación que los estudiantes efectuaron de los recursos en RA y el rendimiento. Esta inexistencia podría explicarse por el hecho de que los estudiantes al conocer que la puntuación alcanzada en el postest valdría como parte de su calificación final de la asignatura, se olvidaron cognitivamente de la percepción que tenían del medio e invirtieron esfuerzo para procesar la información y sus significados.

Por lo que se refiere a la motivación que despierta en los estudiantes la participación en experiencias de interacción con ob-

jetos de RA, señalar que es altamente significativa indicando los estudiantes que les llama la atención, que les muestra confianza y relevancia la interacción con ellos, y que al mismo tiempo despierta satisfacción. Tales hallazgos están en consonancia con los alcanzados en otros trabajos (Bressler y Bodzin, 2013; Kamarainen, Metcalf, Grotzer, Browne, Mazzuca, Tutwiler y Dede, 2013; Di Serio, Ibáñez y Delgado, 2013; Cubillo et al., 2014; Hofmann y Mosemghydlshvili, 2014; Cózar et al., 2015).

También se puede indicar que los objetos producidos en RA para nuestro estudio fueron valorados positivamente de forma global por los estudiantes, y en lo referido a su funcionamiento técnico y su facilidad de manejo y navegación. Indicar que el tutorial del programa, es decir el apartado que pretendía explicar a los alumnos el procedimiento que debían seguir para descargar e instalar la aplicación y la forma en la cual deberían utilizar los dispositivos móviles para acceder a la información, fue valorado positivamente. De todas formas, debemos reconocer que al ser una tecnología novedosa en algunos momentos los alumnos mostraron cierto nerviosismo en la interacción, sobre todo con el objeto de diseño que incorporaba más recursos y era por tanto más complejo su manejo. Y como nos sugieren Cuenet, Bonnard, Son Do-Lenh y Dillenbourg (2013), dos elementos debemos tener en cuenta en su incorporación a los procesos de enseñanza-aprendizaje: 1) que el sistema de RA propuesto sea lo suficientemente flexible para que el profesor lo adapte a las necesidades de sus estudiantes; y 2) que el sistema de RA implementado tenga en consideración las restricciones presentes en el contexto educativo al cual se aplica.

Es también de destacar que los instrumentos de diagnóstico utilizados, mostraron elevados niveles de fiabilidad, que además en el caso del IMMS fueron similares a los obtenidos por otros autores (Huang, Huang y Tschopp, 2010; Keller, 2010; Che, 2012; Di Serio, Blanca y Delgado, 2013; Proske, Roscoe y McNamara, 2014).

Finalmente, y en consonancia con los últimos hallazgos que últimamente se vienen encontrando respecto a la existencia de diferencias significativas en función del género de los estudiantes (Lim y Meier, 2011; Terzis y Economides, 2011; Cabero y Marín, 2014), donde no se obtuvieron diferencias significativas. Tampoco se alcanzaron en nuestro caso, por tanto podemos decir, que por lo menos en los contextos universitarios, el tipo de interacción que establecen los estudiantes con estos objetos tecnológicos, no depende de su género.

Para el desarrollo de estudios posteriores se propone: trabajar con contenidos de disciplinas diferentes a la Tecnología Educativa, replicar la investigación en contextos universitarios diferentes al que fue realizado, producir objetos en RA con mayor carga tecnológica a los aquí utilizados, y potenciar acciones de aprendizaje colaborativo donde los alumnos interactúen sobre un mismo objeto.

Financiamiento

El trabajo se enmarca dentro de un proyecto de investigación I+D financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España denominado: "Realidad aumentada para aumentar la formación. Diseño, producción y evaluación de programas de realidad aumentada para la formación universitaria" (EDU-5746-P – Proyecto Rafodiun).

Referencias bibliográficas

Alaminos, A. (2006). El muestreo en la investigación social. En A. Alaminos y J.L. Castejón, *Elaboración, análisis e interpretación*

de encuestas, cuestionarios y escalas de opinión (46-67). Alcoy: Marfil.

- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., y Kinshuk, G. (2014). Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. *Educational Technology and Society*, 17(4), 133-149.
- Barba, R., Yasaca, S., y Manosalvas, C. (2015). *Impacto de la realidad aumentada móvil en el proceso enseñanza-aprendizaje de estudiantes universitarios del área de medicina. Investigar con y para la Sociedad*. Cádiz: Bubok Publishing S.L.
- Barroso, J., y Cabero, J. (2010). *La investigación educativa en TIC. Visiones prácticas*. Madrid: Síntesis.
- Bolliger, D. U., Supanakorn, S., y Boggs, C. (2010). Impact of podcasting on student motivation in the online learning environment. *Computers & Education*, 55(2), 714-722. doi: 10.1016/j.compedu.2010.03.004.
- Bongiovani, P. (2013). *Realidad aumentada en la escuela: Tecnología, experiencias e ideas*. Recuperado de <http://www.educacontic.es/blog/realidad>
- Bressler, D. M., y Bodzin, A. M. (2013). A mixed methods assessment of students' flow experiences during a mobile augmented reality science game. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(6), 505-517. doi:10.1111/jcal.12008.
- Buitrago-Pulido, R. (2015). Incidencia de la realidad aumentada sobre el estilo cognitivo: caso para el estudio de las matemáticas. *Educación y educadores*, 18(1), 27-41. doi: 10.5294/edu.2015.18.1.2.
- Cabero, J. y Marín, V. (2014). Posibilidades educativas de las redes sociales y el trabajo en grupo. Percepciones de los alumnos Universitarios. *Comunicar*, 42, 165-172.
- Cabero, J., y Barroso, J. (2016). The educational possibilities of Augmented Reality. *NAER. New Approaches in Educational Research*, 5(1), 44-50. doi:10.7821/naer.2016.1.140.
- Cabero, J., y García, F. (coords.) (2016). *Realidad aumentada. Tecnología para la formación*. Madrid: Síntesis.
- Cabero, J., y Llorente, M.C. (2009). Actitudes, satisfacción, rendimiento académico y comunicación online en procesos de formación universitaria en blended learning". *Revista Electrónica Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*. 10(1). Recuperado de http://www.usal.es/~teoriaeducacion/rev_numero_10_01/n10_01_cabero_llorente.pdf
- Cabero, J. y Marín, V. (2013). Valoración del entorno formativo universitario Dipro 2.0. Profesorado. *Revista de Curriculum y formación del profesorado*, 17(2), 369-383.
- Carozza, L., Tingdahi, D., Bosché, F., y Gool, L. (2014). Markerless Vision-Based Augmented Reality for Urban Planning. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 29(1), 2-17. doi:10.1111/j.1467-8667.2012.00798.x.
- Castaño, C., Maiz, I., y Garay, U. (2015). Diseño, motivación y rendimiento en un curso MOOC cooperativo. *Comunicar* 44, 19-26.
- Chang, H., Wu, K., y Hsu, Y. (2013). Integrating a mobile augmented reality activity to contextualize student learning of a socioscientific issue. *British Journal of Educational Technology*, 44(3), E95-E99. doi: 10.1111/j.1467-8535.2012.01379.x.
- Che, Y. (2012). A study of learning effects on e-learning with interactive thematic video. *Journal Educational Computing Research*, 47(3), 279-292. doi:10.2190/EC.47.3.
- Chen, C.-M. y Tsai, Y. (2012). Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools. *Computers & Education*, 59, 638-652. doi:10.1007/s10956-012-9405-9.
- Cheng, Y. y Yeh, H. (2009). From concepts of motivation to its application in instructional design: Reconsidering motiva-

- tion from an instructional design perspective. *British Journal of Educational Technology*, 40(4), 597-605. doi:10.1111/j.1467-8535.2008.00857.x.
- Cózar, R., De Moya, M., Hernández, J. y Hernández, J. (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.
- Cubillo, J., Martín, S., Castro, M. y Colmenar, A. (2014). Recursos digitales autónomos mediante realidad aumentada. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 17, 241-274.
- Cuendet, S., Bonnard, Q., Son Do-Lenh y Dillenbourg, P. (2013). Designing augmented reality for the classroom. *Computers & Education*, XXX, 1-13. doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.015.
- De Pedro Carracedo, J. y Méndez, C. L. M. (2012). Realidad Aumentada: Una Alternativa Metodológica en la Educación Primaria Nicaragüense. *IEEE-RITA*, 7, 102-108. Recuperado de <http://www.reduso.org/docs/LibroActasCAFVIR2011.pdf#page=300>
- Di Serio, A., Blanca, M., y Delgado, C. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, 586-596. doi:10.1016/j.compedu.2012.03.002.
- Dünser, A., Walker, L., Horner, H. y Bentall, D. (2012). Creating interactive physics education books with augmented reality. En V. Farrell, G. Farrell, C. Chua, W. Huang, R. Vasa y C. Woodward (eds.), *OzCHI'12, Proceedings of the 24th Australian Computer Human Interaction Conference* (pp.107-114). ACM: New York. doi:10.1145/2414536.2414554
- Etxeberria, J. y Tejedor, J. (2005). *Análisis descriptivo de datos en educación*. Madrid: La Muralla.
- Fombona, J. y Vázquez-Cano, E. (2017). Posibilidades de utilización de la Geolocalización y Realidad Aumentada en el ámbito educativo. *Educación XXI*, 20 (2), 319-349.
- Fombona, J., Pascual, M. J. y Madeira, M. F. (2012). Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 41, 197-210.
- Fonseca, D., Redondo, E. y Valls, F. (2016). Motivación y mejora académica utilizando realidad aumentada para el estudio de modelos tridimensionales arquitectónicos. *Education in the Knowledge Society, EKS*, 17(1), 45-64.
- Fundación Telefónica (2011). *Realidad Aumentada: una nueva lente para ver el mundo*. Madrid: Fundación Telefónica-Ariel.
- García, I., Peña-López, I., Johnson, L., Smith, R., Levine, A. y Haywood, K. (2010). *Informe Horizon: Edición Iberoamericana 2010*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Gazcón, N. (2015). *Libros Aumentados: Extensión del Concepto, Exploración e Interacciones*. Bahía Blanca, Universidad Nacional del Sur, tesis doctoral no publicada.
- Han, J., Jo, M., Hyun, E. y So, H. (2015). Examining young children's perception toward augmented reality-infused dramatic play. *Education Technology Research Development*, 63, 455-474.
- Hofmann, S. y Mosemghvdlishvili, L. (2014). Perceiving spaces through digital augmentation: An exploratory study of navigational augmented reality apps. *Mobile Media & Communication*, 2(3) 265-280. doi: 10.1177/2050157914530700.
- Huang, W., Huang, W., y Tschopp, J. (2010). Sustaining iterative game playing processes in DGBL: The relationship between motivational processing and outcome processing. *Computers & Education*, 55, 789-797. doi:10.1016/j.compedu.2010.03.011.
- Jamali, S., Fairuz, M. Wai, K., y Oskam, Ch. (2015). Utilising mobile-augmented reality for learning human anatomy. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 197, 659-668. doi:10.1016/j.sbspro.2015.07.054.
- Jeřábek, T., Rambousek, V. y Wildová, R. (2014). Specifics of Visual Perception of The Augmented Reality in The Context of Education. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 159, 598-604. doi:10.1016/j.sbspro.2014.12.432
- Johnson, L., Adams, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A. y Hall, C. (2016). *NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium. Recuperado de http://blog.educalab.es/intef/wp-content/uploads/sites/4/2016/03/Resumen_Horizon_Universidad_2016_INTEF_mayo_2016.pdf
- Kamarainen, A., Metcalf, Sh., Grotzer, T., Browne, A., Mazzuca, D., Tutwiler, M. y Dede, Ch. (2013). EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips. *Computers y Education*, 68, 545-556. doi:10.1016/j.compedu.2013.02.018.
- Keller, J. M. (2010). *Motivational design for learning and performance*. New York: Springer Science+Business.
- Keller, J.M. (1983). Motivational design of instruction. In C.M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-design theories and models: An overview of their current status* (pp. 386-434). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Keller, J.M. (1987). Strategies for stimulating the motivation to learn. *Performance and Instruction*, 26(8), 1-7.
- Kim, K., Hwang, J. y Zo, H. (2016). Understanding users' continuance intention toward smartphone augmented reality applications. *Information Development*, 32(2), 161-174.
- Lim, K. y Meier, E. (2011). Different but similar: computer use patterns between young Korean males and females. *Education Technology Research Development*, 59, 575-592. doi: 10.1007/s11423-011-9206-5.
- Lin, T., Been-Lirn, H., Li, N., Wang, H. y Tsa, Ch. (2013). An investigation of learners' collaborative knowledge construction performances and behavior patterns in an augmented reality simulation system. *Computers & Education*, 68, 314-321. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2013.05.011>
- Loorbach, N., Peters, O., Karreman, J. y Stehouder, M. (2015). Validation of the Instructional Materials Motivation Survey (IMMS) in a self-directed instructional setting aimed at working with technology. *British Journal of Educational Technology*, 46(1), 204-218. doi:10.1111/bjet.12138.
- Lu, S. y Liu, Y-Ch. (2015). Integrating augmented reality technology to enhance children's learning in marine education. *Environmental Education Research*, 21, No. 4, 525-541. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/13504622.2014.911247>
- Marín, V., Cabero, J. y Barroso, J. (2014). Evaluando los entornos formativos online. El caso de DIPRO 2.0. REDU. *Revista de docencia universitaria*, 12(2), 375-399.
- Martínez, S. y Fernández, B. (2018). Objetos de realidad aumentada: percepciones del alumnado de pedagogía. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 53, 1-21.
- Mateo, J. (2004). La investigación ex-post-facto. En R. Bisquerra (coord.), *Metodología de la investigación educativa* (pp. 195-230). Madrid: La Muralla.
- Mehmet, H. (2016). The classification of augmented reality books: a literature review. *Proceedings of INTED2016 Conference*, (pp. 4110-4118). Valencia: INTED.
- Morales, M., Benítez, C., Silva, D., Altamirano, M. y Mendoza, H. M. (2016). Aplicación móvil para el aprendizaje del inglés utilizando realidad aumentada. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, Recuperado de <http://www.pag.org.mx/index.php/PAG/article/viewFile/513/552>

- Muñoz, J. M. (2013). Realidad Aumentada, realidad disruptiva en las aulas. *Boletín SCOPEO*, 82. Recuperado de <http://scopeo.usal.es/realidad-aumentada-realidad-disruptiva-en-las-aulas/>.
- O'Dwyer, L. y Bernauer, J. (2014). *Quantitative research for the qualitative researcher*. California: Sage.
- Prendes, C. (2015). Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 46, 187-203. doi:10.12795/pixelbit.2015.i46.12.
- Proske, A., Roscoe, R. y McNamara, D. (2014). Game-based practice versus traditional practice in computer-based writing strategy training: effects on motivation and achievement. *Education Technology Research Development*, 62, 481-505. doi:10.1007/s11423-014-9349-2.
- Sabariego, M. (2012). El proceso de investigación (parte 2). En Bisquerra, R. (coord.), *Metodología de la investigación educativa* (pp. 127-163). (3ª. ed.). Madrid: La Muralla.
- Santos, M. Wolde, A., Taketomi, T., Yamamoto, G., Rodrigo, M., Sandor, Ch., y Kato, H. (2016). Augmented reality as multimedia: the case for situated vocabulary learning. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 11(4), 1-23.
- Sevillano, M.L. y Vázquez, E. (2015). *Modelos de investigación en contextos ubicuos y móviles en educación superior*. Madrid: McGraw-Hill/Uned.
- Tecnológico de Monterrey (2015). *Reporte EduTrends. Radar de Innovación Educativa 2015*. Monterrey: Tecnológico de Monterrey.
- Terzis, V. y Economides, A. A. (2011). The acceptance and use of computer based assessment. *Computers & Education*, 56, 1032-1044.
- Wei, X., Weng, D., Liu, Y. y Wang, Y. (2015). Teaching based on augmented reality for a technical creative design course. *Computers & Education*, 81, 221-234. doi:10.1016/j.compedu.2014.10.017.
- Wojciechowski, R. y Cellary, W. (2013). Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES augmented reality environments. *Computers & Education*, 68, 570-585. doi:10.1016/j.compedu.2013.02.014.
- Wu, H-S., Lee, S., Chang, H-Y. y Liang, J. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41-49. doi:10.1016/j.compedu.2012.10.024.

