

## Diseño y usabilidad de interfaces para entornos educativos de realidad aumentada

**José Juan Videla Rodríguez**

videla@udc.es

**Antonio Sanjuán Pérez**

sanjuan@udc.es

**Sandra Martínez Costa**

smartinez@udc.es

**Antonio Seoane Nolasco**

antonio.seoane@udc.es

Universidade da Coruña, España

### Resumen

El objetivo de esta investigación es la de determinar los elementos, componentes y factores que resultan clave a la hora de diseñar interfaces interactivas para entornos de realidad aumentada, centrándose de forma particular en el desarrollo de ambientes virtuales para aplicaciones educativas. El artículo es el resultado del estudio de usabilidad con eyetracking de dos interfaces de aplicaciones de realidad aumentada realizadas para entornos naturales no táctiles, de contenido educativo, y diseñados para estudiantes de entre 12 y 15 años. La finalidad es detectar los elementos interactivos y de menús a los que el usuario accede sin dificultad y sus patrones de navegación, así como aquellos botones e iconos que tienen una mejor visualización frente a otros que plantean problemas en su uso. De los resultados de la investigación se deduce que las aplicaciones desarrolladas para entornos no táctiles resultan, en general, agotadoras para el usuario, dado el tiempo que han de permanecer con las manos en alto. Se ven limitadas también por el espacio físico en el que el estudiante interactúa con ellas y, sobre todo, han de diseñarse como tareas educativas, en lugar de como simples espacios de ocio para el alumno, ya que una navegación totalmente abierta afecta de forma negativa al tiempo de navegación sobre la misma.

### Palabras clave

Realidad aumentada; gamificación; interfaces naturales; interacción; usabilidad.

## Usability and design for augmented reality learning interfaces

**José Juan Videla Rodríguez**

videla@udc.es

**Antonio Sanjuán Pérez**

sanjuan@udc.es

**Sandra Martínez Costa**

smartinez@udc.es

**Antonio Seoane Nolasco**

antonio.seoane@udc.es

Universidade da Coruña, Spain

### Abstract

The aim of the paper is to determine the elements, components and key facts to design interactive interfaces for augmented reality environments, focusing on the design and development of virtual worlds for educational applications. The article focuses on the usability study of three augmented reality applications interfaces developed for non touchable natural environments. The aim is to determine the menu and interactive items the user accesses without difficulty and also their navigation patterns. The most viewed elements and the ones that can't be seen by the user, generating problems of navigation and usability, are analyzed too. The research results indicate that applications developed for non-touch environments can be stressful for the user, especially because of the time they spend with their hands up. The space around the student is also important for the learning process, and all the applications must be designed with some educational, rather than leisure tasks, or a fully open navigation.

### Keywords

augmented reality; gamification; natural interfaces; interaction; usability.

## I. Introducción

El campo de la educación está incorporando, en ocasiones a marchas forzadas, nuevos soportes, herramientas o tecnologías que favorecen los procesos de aprendizaje del estudiante, de adquisición de conocimientos y de transmisión de la información, a la vez que hacen el aprendizaje más cómodo y mejoran su proceso cognitivo. Son muy frecuentes las aplicaciones educativas diseñadas para móviles y tabletas, pero también para entornos de televisión, ordenadores, consolas, e-readers... Muchas de estas aplicaciones forman parte de las llamadas experiencias de gamificación educativa, definida como aquellos "entornos que potencian procesos de aprendizaje basados en el empleo del juego" (Marín, 2015). Dichos entornos resultan eficaces porque despiertan en cierto modo el interés y la curiosidad, así como la creatividad de los estudiantes, al tiempo que se educan en un determinado aspecto formal. Además, en muchos casos se basan en una metodología de prueba-error experimental que ayuda al estudiante a aprender en un entorno controlado. Sin embargo, cada uno de los soportes y aplicaciones utilizados en experiencias de gamificación tiene sus propias particularidades en lo relativo a la interacción hombre-máquina que afectan al manejo y el diseño gráfico de sus interfaces así como a la función y uso que puedan tener en un determinado entorno, tanto en lo conceptual como en lo educativo.

Es fundamental el contexto en el que se encuentre el usuario (el aula, su casa o un espacio exterior, por ejemplo), su postura física y su actitud a la hora de interactuar con el contenido. También la edad del estudiante y la finalidad de la aplicación, que puede tender más o menos al entretenimiento en su vertiente educativa, o a la especialización y la adquisición de conocimientos curriculares más amplios. Entre las ventajas de la realidad aumentada en este tipo de procesos se encuentran las que genera la inmersión, la navegación y la interacción en el proceso de aprendizaje (Dalgarno & Lee, 2010; Di Serio et al., 2013 y Dunleavy et al., 2009) y las derivadas de la posibilidad de integrar múltiples fuentes de información que enriquecen el contenido (Neumann & Majoros, 1998). Las emociones juegan un papel esencial en el discernimiento, la adquisición de habilidades y la resolución de problemas y el "reto de personalizar el proceso de aprendizaje al estudiante significa la posibilidad de adquirir conocimiento a través de la experiencia y la experimentación (aprendizaje activo) vinculado a situaciones o hechos concretos de la vida diaria

(aprendizaje situado) o a través de medios que direccionen sus características y necesidades (personalización)” (Fabregat, 2012). Ese aprendizaje personalizado y basado en la experiencia sensorial facilita, como decíamos, la adquisición de conocimientos. Sin embargo, “no existen lineamientos para la descripción de contenidos educativos basados en técnicas de realidad aumentada, ni metodologías para el diseño y creación de estos materiales altamente interactivos para que con ellos se pueda lograr un aprendizaje personalizado en cualquier lugar y en cualquier momento.” (Fabregat, 2012).

La capacidad de incorporar distintos niveles de información enriquecida a una aplicación de realidad aumentada es muy amplia y compleja por lo que se corre el riesgo de saturar al usuario con excesivas acciones. Es importante seleccionar el contenido, agruparlo y ofrecerlo de la manera más adecuada para favorecer el aprendizaje creando entornos intuitivos y seductores para el estudiante (Zichermann & Cunningham, 2011). Por ello se hace fundamental simplificar el mensaje y optimizar la aplicación para que su uso sea sencillo, con el fin de que la curva de aprendizaje se reduzca al mínimo y el tiempo de manejo de la misma se destine casi en exclusiva a la adquisición de conocimientos curriculares.

La realidad aumentada es entendida como “aquella tecnología que enriquece la percepción sensorial que el usuario tiene del mundo real, con una capa de información contextual generada por ordenador” (Azuma, 1997) en la que es importante que “el usuario pueda interactuar con el contenido y ajustar la información de su entorno en tiempo real” (Furth, 2011). Su uso es todavía escaso en el entorno docente. Aunque en dispositivos móviles está ya muy integrada entre el “alumno o usuario medio”, no todas las tecnologías se encuentran en el mismo estadio, ni su manejo es el mismo en todos los segmentos poblacionales (Liestøl, 2010). Y a pesar de la evolución de los smartphones, su uso en contextos web o de televisiones es todavía minoritario. Es por esto que son necesarios estudios de usuario con el fin de crear y mejorar mecanismos que favorezcan la comunicación hombre-máquina y que hagan sencillo el proceso de aprendizaje. El diseño de las interfaces ha de cuidarse también al máximo, simplificando el manejo pero aprovechando todas las funcionalidades que permite la realidad aumentada (De la Torre, Martín, Saorín, Carbonell, & Contero, 2013). Y deben estudiarse tanto los factores que afectan a la organización y jerarquía de la información como los relativos al proceso cognitivo del alumno, los relacionados con el entorno

y el contexto en el que ha de manejarse el contenido, y la manejabilidad de cada una de las aplicaciones que utilizan esta tecnología.

#### **a. Aplicaciones de Realidad Aumentada en entornos web**

Para este estudio se realizaron y testaron dos aplicaciones de realidad aumentada de contenido educativo y cuya finalidad era la de ser un complemental libro de texto, que fueron diseñadas para interfaces no táctiles y en las que era necesario el uso de una webcam y un ordenador.

El desarrollo de dichas aplicaciones se enmarcó en el proyecto "Novas ferramentas educativas: realidade aumentada e mobilidade", financiado por la Consellería de Economía e Industria de la Xunta de Galicia (España). Fueron desarrolladas para una editorial de contenido educativo bajo los siguientes condicionantes:

- Las aplicaciones debían poder utilizarse con una simple webcam.
- La interfaz debía ser "no táctil", es decir, debía basarse en el reconocimiento de formas (las manos, en este caso), para que el usuario pudiese interactuar sin necesidad de utilizar componentes externos adicionales, más allá de la propia webcam.
- Al tratarse de aplicaciones para niños de entre 12 y 15 años su diseño y navegación debía ser muy sencillo, así como el uso de las herramientas tecnológicas necesarias para poder interactuar con el contenido.
- La realidad aumentada no debía estar asociada a marcadores de imágenes u objetos. Ello condicionó los elementos de la interfaz puesto que, aunque se utilizó igualmente la cámara, el manejo era distinto de como hubiese sido de tener que utilizar marcadores.
- La aplicación debía contener todo tipo de elementos 2D y 3D.
- El contenido debía ser primordialmente educativo y curricular.

Para la realización de dichas aplicaciones se llevó a cabo una primera revisión del estado del arte en lo relativo a las herramientas y tecnologías a utilizar, así como en los avances en diseño de interfaces en estos entornos. La intención final era la de ofrecer al estudiante una experiencia interactiva con el fin de favorecer el aprendizaje de conceptos que de otra forma serían difícilmente reproducibles.

El diseño de las aplicaciones permitió realizar las cuatro tareas básicas de

todo sistema de realidad aumentada:

1. Captar el escenario real sobre el que se quiere interactuar.
2. Reconocer el escenario y los elementos que funcionarían como marcadores mediante detección de manchas de piel.
3. Mezclar la realidad con la realidad virtual o aumentada (en este caso, los objetos 3D con información enriquecida)
4. Visualizar finalmente el contenido en una pantalla de ordenador.

Las dos aplicaciones consistieron en:

- Una realizada para el contenido curricular de Física y Química de 3º de la ESO, concretamente para facilitar el aprendizaje de sustancias químicas, y su composición de átomos y moléculas. El juego constaba de cinco tareas en las que el estudiante debía componer adecuadamente una serie de fórmulas químicas.



Figura 1. Interfaz de la aplicación de química  
Fuente: Elaboración propia

- La segunda de las aplicaciones estaba pensada para la visualización en 3D de cada uno de los órdenes griegos (dórico, jónico y corintio) aplicados a los capiteles de las columnas arquitectónicas de la época. Esta actividad era un complemento didáctico adicional adaptado curricularmente a la materia de Geografía e Historia de 1º de la ESO. En esta aplicación el alumno podía girar los capiteles y verlos en diferentes perspectivas o ampliar las piezas para poder fijarse en los detalles.

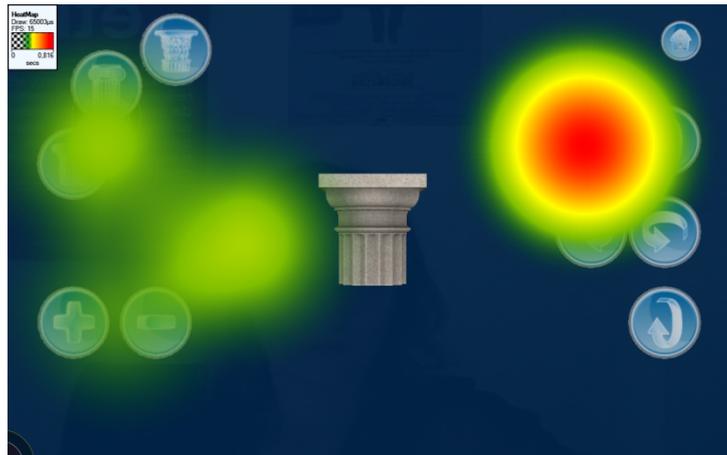


Figura 2. Interfaz de la aplicación de capiteles griegos  
Fuente: Elaboración propia

Las aplicaciones diseñadas entrarían en la clasificación de “aprendizaje lúdico” y “autoaprendizaje” (Rovelo, 2012), y fueron creadas pensando en su uso en el hogar y/o en el aula. El nivel de interactividad de las mismas era alto (Azuma, Baillet, Behringer, Feiner, Julier&MacIntyre, 2001) ya que no solo proporcionaban información añadida, sino que dejaban al estudiante interactuar con los objetos 3D y 2D de las mismas. Dicha interacción se llevaba a cabo mediante gestos con las dos manos.

Al diseño de las interfaces y los contenidos de las dos aplicaciones se añadió el de la pantalla de calibrado, utilizada para la detección de las manos y la cara del usuario. Dicha pantalla de calibrado y configuración de la cámara se encontraba justo antes del arranque de cada uno de los juegos, con lo que su diseño fue el mismo para ambos. Consistió en un menú con las formas huecas de cara y manos para indicar al usuario su posición, un botón de acción, un indicador de calibrado, y la opción de volver a la pantalla principal para salir. En el menú de configuración de cámara las opciones consistieron en la posibilidad de hacer efecto espejo, y de modificar el brillo y el contraste.

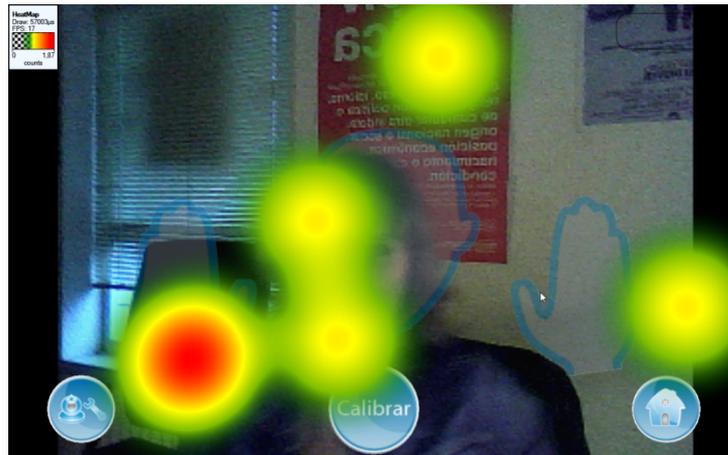


Figura 3. Interfaz de la pantalla de calibrado  
Fuente: Elaboración propia

Tras las primeras pruebas experimentales se consideró imprescindible la indicación de elementos activos, con el fin de señalar al usuario que se encontraban en el lugar correcto y que la acción era la adecuada. Sin embargo, se prescindió de utilizar en todo momento un indicador de puntero de ratón por considerarse innecesario y porque podría recordar visualmente al contexto web. También se evitó poner una pantalla de instrucciones, puesto que la idea era que el entorno fuese intuitivo y no se tuviesen que indicar al usuario los pasos a seguir.

Para el diseño de contenido se tuvieron en cuenta los estudios previos de Donggang; Sheng; Suhuai; Lai; y Huang (2010) sobre la estructura de información y las tareas a realizar con las aplicaciones; y los de Poupyrev; Tan; Billingham; Kato; Regenbrecht&Tetsutani (2002) y Bell; Feiner&Hollerer (2002) para el diseño de interfaces gráficas en entornos de realidad aumentada.

Aunque existen numerosas publicaciones académicas sobre realidad aumentada, no abundan los trabajos que orienten la investigación al estudio de interfaces, manejo, o diseño de contenido sino que la mayoría de ellos se centran en la mejora del desarrollo técnico en lo relativo a marcadores, seguimiento y percepción o pérdida de la información (Nájera, 2009).

Tras la fase conceptual y de diseño previo de las aplicaciones, la fase de desarrollo se centró en encontrar soluciones a problemas relacionados con el reconocimiento del sujeto. Se tuvieron en cuenta aspectos como la distancia del usuario a la cámara, las condiciones de iluminación y la posición recostada o adelantada del mismo. Ello, y la capacidad tecnológica en lo relativo a la realidad aumentada condicionaron la gestualidad y la navegación por la interfaz. Se mejoraron aspectos como el reconocimiento de los distintos tonos de piel, las distintas iluminaciones y los fondos poco contrastados o en movimiento. Dado que la zona media de la pantalla daba problemas de reconocimiento se evitó la interacción sobre ella colocando los botones a los lados para que el usuario no tuviese que desplazar la mano de un lugar a otro. También porque el movimiento de manos al cruzar la pantalla impedía ver la interfaz al completo.

## II. Material y métodos

### a. Objetivos

El objetivo inmediato de este trabajo de investigación era el de desarrollar e implementar una interfaz de realidad aumentada en un entorno no táctil, de tal manera que el alumno pudiese interactuar jugando y así mejorar sus conocimientos curriculares con mundos virtuales de finalidad educativa.

Dado que la aplicación estaba pensada para su manejo tanto en entornos ligados al aprendizaje (el aula, por ejemplo) como en entornos privados, la interacción con el contenido debía ser sencillo e intuitivo y se trataba de conseguir que el alumno "aprendiese jugando", por lo que la interfaz no debía interrumpir dicho proceso.

El objetivo de la investigación era también el de detectar los elementos de mayor y menor visibilidad en este entorno y analizar la manejabilidad de las interfaces desarrolladas para mejorar en lo posible la comunicación hombre-máquina, los diseños de botones y la navegación por la información. La finalidad era la de conseguir un entorno adecuado y accesible para el proceso de aprendizaje del estudiante.

## b. Hipótesis

Para este estudio se tuvieron en cuenta las hipótesis siguientes:

H1. La posición del usuario para el manejo de aplicaciones de este tipo es la de recostada, a pesar de estar ante un ordenador, donde la posición habitual suele ser la adelantada.

H2. Los menús principales se buscan siempre en la parte superior de la pantalla como herencia de las ubicaciones de los mismos en las interfaces web y de dispositivos móviles.

H3. Los botones se buscan de forma mayoritaria en la zona derecha, siguiendo los patrones de lectura habituales en pantallas de ordenador o web.

H4. La actitud del estudiante ante este tipo de aplicaciones es más lúdica que de aprendizaje, por lo que destinarán un tiempo mayor al manejo de este tipo de contenidos.

## c. Método

Para comprobar las hipótesis propuestas se realizó un estudio cualitativo experimental en tres etapas. La primera de ellas fue la fase de diseño y desarrollo, en la que se elaboraron diferentes modelos de interfaz. De esta forma se definieron los elementos del menú que eran imprescindibles y aquellos que podían eliminarse, así como su ubicación y tamaño para un correctomanejo. A lo largo de esa etapa se fueron haciendo test de uso entre una muestra aleatoria de conveniencia de cinco chicos de edades comprendidas entre los 12 y los 15 años, la edad del público objetivo de las aplicaciones.

A raíz de ese primer test se tomaron decisiones de diseño de interfaz. Por ejemplo, en la primera fase los botones y elementos que había de manejar el usuario se encontraban desperdigados por toda la zona no central de pantalla. Sin embargo, para evitar el cansancio del usuario, se optó por agrupar los elementos interactivos en las zonas laterales, y dejar la zona inferior para los no interactivos (preguntas, marcadores de resultados o textos descriptivos). En la zona superior se mantuvo el botón que permitía volver al inicio de la aplicación y a la pantalla de calibrado, con lo que la navegación por esa zona era casi innecesaria.

En la segunda etapa del proyecto, se llevó a cabo un test de uso con eyetracking, con el fin de determinar si los patrones de navegación y las ubicaciones de los elementos de la interfaz eran correctos. Siguiendo la metodología de estudio para seguimiento ocular de Duchowski (2007) y Pernice&Nielsen (2009), para esta segunda fase se utilizó una muestra de conveniencia o por oportunidad de treinta usuarios, con un perfil de edad de entre los 12 y los 15 años (19 chicas y 11 chicos). Para que no existiese comparación entre una y otra aplicación, o que su manejo no viniese condicionado por la curva de aprendizaje, se utilizaron dos grupos diferentes de quince personas.

Para comprobar la manejabilidad y navegación se dejó a los usuarios que jugasen libremente con la aplicación durante el tiempo que quisiesen. Dado que uno de los aspectos a tener en cuenta era la postura, se midió el cansancio físico calculando el tiempo que tardaron, una vez se encontraban inmersos en la aplicación, en bajar los brazos. Tras el estudio con eyetracking se hizo un focus group con cada grupo de participantes, con el fin de recabar opiniones sobre los errores detectados.

### **III. Resultados**

Tras el estudio de uso se obtuvieron los resultados siguientes:

#### **a. Aplicación de química**

La aplicación de química tuvo una media de uso de 3 minutos con 41 segundos (incluyendo la pantalla de calibrado y los tiempos de carga de las pantallas), a pesar de que estaba pensada para ser manejada durante más tiempo (algo más de siete minutos).

Los sujetos mantuvieron las manos en alto manejando la aplicación una media de 2 minutos con 22 segundos totales antes de bajar los brazos por primera vez. Resultó llamativo el uso que hicieron de las dos manos. En este juego en concreto no era necesario levantar la izquierda salvo para volver a la pantalla principal, pero 13 de los 15 usuarios mantuvieron los dos brazos en alto todo el tiempo, lo que afectó notablemente al cansancio. Tras preguntarle a los participantes del test se concluyó que el motivo era el propio diseño de la pantalla de calibrado, ya que debían mantener esa postura para hacer correctamente la calibración y por lo

tanto, creyeron que era necesario mantener esa postura para seguir interactuando.

La zona más vista de pantalla fue la derecha (89% del tiempo total de navegación) dado que la mayoría de los elementos interactivos y buena parte del desarrollo del juego se llevaban a cabo en esa área.

En cuanto a las tareas, los usuarios debían resolver cinco puzzles para acabar el juego. Solo 4 de ellos acabaron una de las actividades propuestas y ninguno de los participantes llegó hasta el final. El cansancio y la falta de concentración provocaron el abandono.

	<b>Química</b>	<b>Capiteles</b>
Pantalla de calibrado	1min 19s	1min 55s
Navegación por la aplicación	1min 29s	1min 10s
Minuto en que el usuario baja las manos por primera vez desde que abre la pantalla de calibrado	2min 22s	2min 34s
<b>Media total</b>	3min 41s	3min 05s

Tabla 1. Tiempos medios de navegación por las aplicaciones  
Fuente: Elaboración propia

## **b. Aplicación capiteles**

La segunda de las aplicaciones tuvo un promedio de tiempo de uso inferior a la de química. Los participantes de este test navegaron por ella una media de 2 minutos con 10 segundos. Esto se debió sobre todo al hecho de que no proponía una tarea o actividad concreta, sino que permitía navegar libremente e interactuar con los objetos 3D.

En la aplicación de los capiteles la navegación de botones estaba en ambas zonas laterales de pantalla, con el visionado del objeto 3D en la zona central. En cambio, y dado que la interacción resultaba compleja al usuario por su novedad, el tiempo de visualización fue mayor para los botones que para los objetos que estaban manipulando. Los participantes destinaron el 34% del tiempo de visualización a la parte central de la pantalla y un 52,8% a la visualización y navegación por los botones (áreas derecha e izquierda). La vista del usuario se encontraba de forma casi permanente en los botones de menús.

La media de navegación en la pantalla de calibrado fue de 1 minuto 55 segundos. La pantalla de calibrado de la aplicación (testada por los treinta participantes) pareció tener los elementos adecuados y que estos indicaban de forma correcta la navegación, sin embargo, 7 de los 30 participantes en el estudio se quejaron de que debían volver al menú principal para poder jugar una vez que ya habían hecho correctamente la calibración. El tiempo medio de reacción desde el final del calibrado, hasta que el usuario accedía al menú principal era de 9 segundos ya que consideraban que este acceso debía ser automático o buscaban el botón de "jugar" o "continuar". Ese tiempo de reacción se consideró incorrecto (Fui-HoonNah, 2004) y por ello tras el estudio se propuso la opción de rediseñar la pantalla.

Los marcadores y textos de información de resultados de las aplicaciones, ubicados siempre en la parte central inferior de pantalla, fueron vistos tan solo un 0,3% del tiempo, ya que el usuario se dedicó mayoritariamente a la visualización de los botones. De ello se deduce que el estudiante estaba más pendiente del manejo de la interfaz que de la inmersión en el contenido.

	<b>Química</b>	<b>Capiteles</b>
Central	19,7%	34%
Derecha	51,2%	42,9%
Izquierda	29,1%	17,1%
Superior	72,7%	62,3%
Inferior	27,3%	37,7%
Áreas descartadas (espacios vacíos o de objetos superpuestos)	/	0,6%

Tabla 2. Zonas de visionado en porcentajes  
Fuente: Elaboración propia

En cuanto al contenido educativo, en esta aplicación no había ninguna tarea asignada ya que se trataba de una simple visualización e interacción con el 3D, por lo que el usuario abandonaba más rápidamente que con la aplicación de química.



Figura 4. División de áreas de interés en las dos aplicaciones  
Fuente: Elaboración propia

### c. Resultados globales

Respondiendo a la hipótesis H1 (la posición del usuario para el manejo de aplicaciones de este tipo es la de recostada, a pesar de estar ante un ordenador, donde la posición habitual suele ser la adelantada), 23 de los 30 participantes en el estudio adoptaron la posición recostada para manejar la aplicación, a pesar de que se encontraban ante una pantalla de ordenador<sup>1</sup>, donde lo más frecuente es la posición adelantada (Mota&Picard, 2003). La actitud lúdica o de ocio predominó en este caso sobre la más formal o de aprendizaje, lo cual favorece la adquisición de conocimientos y mejora el proceso de aprendizaje (Kangas, 2009; Yamabe&Nakajima, 2012). Sin embargo, la escasa duración de la interacción con el contenido de realidad aumentada indica que la hipótesis H4 (la actitud del estudiante ante este tipo de aplicaciones es más lúdica que de aprendizaje, por lo que destinarán un tiempo mayor al manejo de este tipo de contenidos) no es correcta, ya que una actitud de aprendizaje hubiese resultado en un promedio de uso bastante mayor.

La hipótesis H2 (los menús principales se buscan siempre en la parte superior de la pantalla como herencia de las ubicaciones de los mismos en las interfaces web y de dispositivos móviles) se midió utilizando los patrones de lectura de los usuarios participantes del test sobre la pantalla de calibrado. De esta forma se identificó el recorrido visual de los estudiantes cada vez que necesitaban ejecutar un botón o realizar una tarea. La mayor parte del tiempo la visualización se hacía sobre los botones y los elementos interactivos de la aplicación y los usuarios

<sup>1</sup> El estudio se hizo con un *eyetracking* de la marca Tobii, modelo T60XL, que imita un monitor de ordenador.

tendieron a buscar los botones en la parte superior de pantalla, en lugar de hacerlo en la inferior o los laterales. Sin embargo, el primer contacto visual era hacia los botones ubicados en la zona superior izquierda (65%) en primer lugar, y hacia los botones de la zona derecha en segundo lugar (35%). Este factor refutó la hipótesis H3 (los botones se buscan de forma mayoritaria en la zona derecha, siguiendo los patrones de lectura habituales en pantallas de ordenador o web) y los resultados sirvieron para detectar un error en el diseño de la interfaz: el botón más visto en primer lugar era el de la configuración de la cámara, y el segundo más visto era el botón de salir de la aplicación, lo que suponía al usuario un retraso en la navegación y la interacción por los contenidos.

	<b>Botón superior izquierdo</b>	<b>Botón superior derecho</b>
Primer contacto visual	65% del total de contactos visuales	24,2% del total de contactos visuales

Tabla 3. Patrones de lectura en la pantalla de calibrado  
Fuente: Elaboración propia

Los resultados difieren por lo tanto de los estudios sobre patrones de lectura en web, más habituales en forma de "F" (Nielsen, 2006) y se acercan más a los patrones de navegación y diseño en aplicaciones de ordenador.

#### **IV. Conclusiones**

El uso de las tecnologías de realidad aumentada en el contexto educativo permite ofertar al alumno nuevas fórmulas de aprendizaje eficaces y divertidas, al crear espacios virtuales con los que interactuar viviendo una experiencia personalizada y única. Este hecho implica un cambio que apoya y mejora el proceso de aprendizaje y apuesta por la construcción de materiales curriculares interactivos.

Sin embargo, la aplicación de la realidad aumentada al entorno docente ha de ser lo suficientemente práctica y útil tanto al profesor como al alumno (Gómez & Pons, 2015). Los contenidos no solo han de ser intuitivos, sino que también han de contener la información de manera

simplificada. La tecnología ha de poder utilizarse sin necesidad de cambiar de entorno de aprendizaje o de herramienta y, especialmente, han de poder ser usables con facilidad en casi cualquier momento y lugar. Y además el proceso ha de ser cómodo, sin exigir una curva de aprendizaje pronunciada o suponer un esfuerzo "a mayores" del alumno. La simplicidad es, por lo tanto, el elemento clave para el diseño y desarrollo de este tipo de aplicaciones.

El entorno de realidad aumentada propuesto para este estudio no permite una portabilidad sencilla. Aunque las aplicaciones se desarrollaron para ser instaladas fácilmente en cualquier ordenador portátil, es imprescindible el uso de una webcam que, aunque de forma mayoritaria viene integrada en dispositivos tipo netbook o portátiles, no suelen traer incorporados los ordenadores de sobremesa. Eso hace un poco más compleja su utilización en el entorno privado del alumno.

A raíz de los resultados del estudio se puede concluir que además de la elaboración de interfaces útiles y atractivas para el usuario, es fundamental el propio desarrollo conceptual de la aplicación. El cansancio físico en el manejo de este tipo de interfaces humanas no táctiles ha sido un factor decisivo en el abandono de los estudiantes que participaron de este estudio. Por ello, las tareas que se le propongan al alumno han de ser entretenidas para él, pero al mismo tiempo cada una de ellas debe tener una corta duración (con 2 minutos o menos de promedio) para que no se canse antes de llegar a su conclusión.

Es importante que existan dichas tareas, ya que la navegación libre hace que el usuario deje antes el entorno de realidad aumentada al "no saber qué hacer en él". Aquellas interfaces que solo aportan información añadida a los objetos reales resultan educativas, pero tendrán más valor para el alumno si este además tiene que realizar alguna actividad que le resulte lúdica o de aprendizaje.

En cuanto al diseño de las interfaces, los resultados del estudio confirman que resulta acertado crear entornos "metáfora", en los que los objetos 3D se asemejen todo lo posible a los del mundo real. La navegación por este tipo de elementos se hace más intuitiva y la curva de aprendizaje se reduce mucho. Además, es más eficaz el uso de objetos que el uso de textos que los definan, tal y como demuestra la escasa lectura de las líneas de información o notificaciones que tuvieron las aplicaciones desarrolladas.

Es importante destacar que en las interfaces humanas no táctiles la mayor dificultad para el usuario es la de saber cuándo está acertando con el botón o la acción adecuada sin estar constantemente pendiente de su propia navegación e interacción. No existen los atajos de teclado, y aunque se incorporaron a las aplicaciones testadas sonidos que identificaban los aciertos o los errores en el manejo de los botones, no fue suficiente. Por ello, los estudiantes que participaron de este estudio estuvieron casi todo el tiempo viendo los elementos interactivos, y no otras áreas de simple lectura o de contenido educativo, por ejemplo. Esto condiciona no solo el diseño gráfico de la interfaz, sino también el diseño conceptual de la misma.

Estos factores resultan también clave para el diseño y desarrollo de juegos, especialmente en experiencias de gamificación basadas en entornos naturales, como los que se desarrollarían para la Xbox Kinect de Microsoft, o Playstation Move entre otras consolas del mercado.

Cabe mencionar además que el planteamiento de las aplicaciones desarrolladas para este estudio es de "uso individual". Las interfaces no táctiles que se manejan vía webcam resultan efectivas solo para el estudio y aprendizaje personalizado, no grupal, ya que no pueden ser manejadas por más de un alumno cada vez. En ese sentido, las aplicaciones basadas en dispositivos como móviles o tabletas plantean una actitud más colaborativa si esta se hace de forma presencial en lugar de virtual. Su curva de aprendizaje también se reduce, al ser comúnmente utilizados por los estudiantes, y la predisposición del alumno a utilizar este tipo de dispositivos es muy alta. Experiencias como las de De la Torre y otros (2013) ponen de manifiesto, además, las dificultades de los entornos gráficos de realidad aumentada para contextos como el del ordenador, frente a los mismos para tabletas digitales, al demostrar la preferencia de los docentes y los alumnos por el segundo de los dispositivos.

Quedaría por definir el valor pedagógico de las aplicaciones desarrolladas para este estudio, revisando el aprendizaje del alumno con test o valoración sobre lo aprendido y comprobando la eficacia de la integración de contenidos lúdicos y vivenciales en el proceso de aprendizaje. En ese sentido, la eficacia previa en experiencias de gamificación indica que la capacidad de aprendizaje mejora en entornos en los que las prácticas basadas en experiencias y en el ensayo-error suelen ser eficaces (Lee & Hammer, 2011).

## Referencias

- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. In *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 6, nº 4, 355-385.
- Azuma, R.; Baillot, Y.; Behringer, R.; Feiner, S.; Julier, S. & MacIntyre, B., (2001). Recent advances in augmented reality. *Computer Graphics and Applications*, IEEE (vol.: 21, 6), 34 – 47. DOI: 10.1109/38.963459.
- Bell, B.; Feiner, S. & Hollerer, T. (2002). Information at a glance (augmented reality user interfaces) *Computer Graphics and Applications*, IEEE (Vol.: 22, nº.: 4), 6-9. DOI: 10.1109/MCG.2002.1016691.
- Buitrago, R. (2013). Estado del arte: Realidad aumentada con fines educativos. *Escuela Colombiana de Carreras Industriales (ECCI) Vol. 2 No. 3 – año 2013*.
- Dalgarno, B. & Lee, M.J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41 (1) (2010), 10–32 (Blackwell Publishing Ltd).
- De la Torre, J.; Martín, N.; Saorín, J.; Carbonell, C., & Contero, M. (2013). Entorno de aprendizaje ubicuo con realidad aumentada y tabletas para estimular la comprensión del espacio tridimensional. *RED. Revista de Educación a Distancia* (37), 1-17.
- Di Serio, A.; Ibañez, M. B., & Kloos, C. D. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, 586-596.
- Donggang, Y.; Sheng, J.; Suhuai, L.; Lai, W. & Huang, Q. (2010). A Useful Visualization Technique: A Literature Review for Augmented Reality and its Application, limitation & future direction. En: M. L. Huang, Q. V. & Z. Nguyen (Eds.), *Visual Information Communication* (pp. 311-337) Londres: Springer.
- Duchowski, A. (2007). *Eye Tracking Methodology. Theory and Practice*. Londres: Springer.
- Dunleavy, M.; Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18 (1), 7-22 (Springer).
- Fabregat, R. (2012). Combinando la realidad aumentada con las plataformas de e-learning adaptativas. *Enl@ce. Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 9 (2), 69-78.
- Fui-Hoon Nah, F. (2004) A study on tolerable waiting time: how long are Web users willing to wait? *Behavior & information technology*, mayo-junio, vol. 23, nº. 3, 153–163.
- Furht, B., (2011). *Handbook of Augmented Reality*. New York: Springer-Verlag.

- Gómez Pérez, A. y Pons, J. (2015). Factores que dificultan la integración de las TIC en las aulas. En: RIE, 2015, 33(2), 401-417.
- Kangas, M. (2010). Creative and playful learning: Learning through game co-creation and games in a playful learning environment. Thinking Skills and Creativity, vol. 5, nº. 1, 1-15. DOI: 10.1016/j.tsc.2009.11.001
- Lee, J. & Hammer, J. (2011). Gamification in Education: What, How, Why Bother? En: Academic Exchange Quarterly, Vol. 15, Nº. 2, pág. 146.
- Liestøl, G. (2010). Augmented Reality & Mobile Learning – some Lessons Learned, Proc. del9th World Conference on Mobile and Contextual Learning(MLEARN, 2010), M. Montebello, V. Camilleri, Dingli (eds.), 322-326.
- Marín, V. (2015). La Gamificación educativa. Una alternativa para la enseñanza creativa En: Digital EducationReview, 27. On line en: <http://greav.ub.edu/der>
- Mota, S. & Picard, R. W. (2003). Automated Posture Analysis for Detecting Learner's Interest Level. Computer Vision and Pattern Recognition Workshop. CVPRW '03. (Vol.: 5) 16-22 junio 2003. DOI: 10.1109/CVPRW.2003.10047
- Nájera, G. (2009). Realidad aumentada en interfaces hombre máquina. Tesis de Maestría en Ciencias de la Computación, Instituto Politécnico Nacional, México. Dir.: Barrón, R. &Olague, G.
- Neumann, U. &Majoros A. (1998) Cognitive, performance, and systems issues for augmented reality applications in manufacturing and maintenance.Proceedings delVirtual Reality Annual International Symposium. IEEE 1998, IEEE, 4-11.
- Nielsen, J. (2006). F-shaped pattern for reading web content. En: Web Usability (En [http://www.useit.com/alertbox/reading\\_pattern.html](http://www.useit.com/alertbox/reading_pattern.html)).
- Pernice, K. & Nielsen, J. (2009). Eyetracking Methodology: How to Conduct and Evaluate Usability Studies Using Eyetracking. En: Web Usability. <http://www.useit.com/eyetracking/methodology/>.
- Poupyrev, I.; Tan, D. S.; Billingham, M.; Kato, H.; Regenbrecht, H. &Tetsutani, N., (2002). Developing a generic augmented-reality interface. Computer (Vol.: 35, nº. 3), 44 – 50. DOI: 10.1109/2.989929
- Rovelo, G. (2012). Sistema de ayuda a la enseñanza de geometría basado en realidad aumentada. (Tesis de Master). Obtenido de la Universidad Politecnica de Valencia, España. <http://riunet.upv.es/handle/10251/14554>
- Yamabe, T. & Nakajima, T. (2012). Playful training with augmented reality games: case studies towards reality-oriented system design. Multimedia Tools and Applications, vol. 62, nº. 1, 259-286.
- Zichermann, G. & Cunningham, C., (2011). Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps. Boston: O'Reilly.