

---

***AR-Learning: libro interactivo basado en realidad aumentada con aplicación a la enseñanza***

***AR-Learning: interactive book based on augmented reality application in teaching***

**Roberto Gallego Delgado**

Universidad de Extremadura

**Nerea Saura Parra**

Universidad de Extremadura

**Pedro Miguel Núñez Trujillo**

Universidad de Extremadura

[pnuntru@unex.es](mailto:pnuntru@unex.es)

Recibido el 28 de marzo 2012

Aprobado el 25 de junio de 2012

**Resumen:** El uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en la sociedad actual ha avanzado de forma progresiva y con resultados satisfactorios en la última década. Una de las áreas donde estas tecnologías están revolucionando el concepto clásico se sitúa en el área educativa. Hace años era impensable tener en un aula un ordenador cada dos alumnos, exponer la lección sobre una pantalla de proyección o el uso de una pizarra digital en lugar de una pizarra tradicional. Estudios recientes demuestran que el uso de las TICs como apoyo a la docencia presenta una serie de ventajas de cara a los resultados del alumnado: mayor motivación, interés, creatividad, etc. Una de las tecnologías que pueden suponer una innovación en las aulas es la Realidad Aumentada. Esta técnica permite integrar modelos virtuales 3D (avatares) a la realidad física mediante un dispositivo de adquisición de vídeo y un ordenador.

El presente proyecto, denominado AR-Learning, hace uso de la Realidad Aumentada para el apoyo a las clases de Música (Educación primaria). Nuestra aplicación tiene como objetivo el apoyo al aprendizaje de los principios básicos de la música al alumnado, visualizando en tres dimensiones instrumentos, así como escuchando su sonido característico cuando interactúen con ellos. También se enseñan las notas básicas del pentagrama musical y las cualidades del sonido como son altura, timbre o intensidad. La aplicación ha sido probada con alumnos del Colegio Gabriel y Galán

---

(Cáceres) y sus resultados son presentados en este trabajo. AR-Learning es fácilmente extensible a niveles educativos superiores y a materias diferentes como Conocimiento del Medio, Matemáticas, etc.

**Palabras clave:** Realidad Aumentada, Educación musical, Interactividad.

**Abstract:** In the last decade, the use of new Communication and Information Technologies (TICs) in the society has become fundamental to the operation of modern societies. One important area of interest that has wide application is teaching. Some years ago, a classroom with a computer for each two pupils or with digital blackboards was unthinkable. Currently, several social and psychological studies demonstrate that the use of TICs in teaching improves the results of the students: creativity, interest, motivation, etc. In this context, one of these new technologies that are very popular and interesting is Augmented Reality. Augmented Reality allows representing 3D virtual models (avatars) over the real image acquired by a standard camera.

The work proposed in this paper, called ARLearning, uses Augmented Reality in order to improve the teaching quality in Music classrooms (primary school). Children will learn basic concepts, such as instruments, musical notes, sound features, etc... Thus, using three-dimensional models and Augmented Reality they can directly interact with different instruments or musical notes and after, they can listen them. The application proposed in this work has been tested in Gabriel y Galán School (Cáceres). A summary of the main results is shown in this paper.

**Keywords:** Augmented Reality, Music teaching, Interactivity.

---

## Introducción

El uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) está experimentando un crecimiento exponencial en las últimas décadas. La aplicación de las TICs en áreas como la medicina, el diseño, el ocio o la industria han aportado numerosas ventajas, ampliando sus posibilidades y consiguiendo logros continuos. En este sentido, la inclusión de las TICs en el aprendizaje está revolucionando la enseñanza y afectando de manera directa tanto a los implicados en el proceso como el escenario. Ahora el alumno tiene un rango más amplio de posibilidades y se ve envuelto en un nuevo entorno de aprendizaje donde preocupa más el proceso que el resultado, preparado para tomar decisiones y en definitiva, preparado para el autoaprendizaje, lo cual abre un desafío a nuestro sistema educativo, que se centraba en la adquisición y memorización de información y la reproducción de la misma en función de patrones previamente establecidos.

De esta forma las nuevas tecnologías aportan un nuevo reto a la enseñanza que consiste en evolucionar de un modelo unidireccional de formación, donde los conocimientos recaen en el profesor o en el libro de texto, a modelos más abiertos donde la información se guarda en grandes bases de datos, disponibles para todos los alumnos. Frente a los modelos tradicionales de comunicación que se dan en nuestra cultura escolar, algunas de las tecnologías generan una nueva alternativa donde el aula se convierte en un entorno en el que el alumno puede interactuar con otros compañeros y profesores de una manera mucho más amena y productiva.

La temática principal del trabajo presentado es la aplicación y uso de las nuevas tecnologías en el ámbito educativo, y en particular, en la educación musical, contribuyendo con ello a una mejora en la enseñanza, mayor interactividad con los alumnos y el profesor, así como creando escenarios alternativos a la enseñanza clásica.

La Realidad Aumentada<sup>1</sup> es una tecnología reciente que está centrando el interés de expertos de diferentes áreas. En los últimos meses el uso de la Realidad Aumentada es todo un hecho, como así lo demuestran el número de aplicaciones que han surgido, y el aumento del número de empresas de base tecnológica dedicadas al desarrollo de las mismas. La Realidad Aumentada consiste en un conjunto de dispositivos que añaden información virtual (o avatares) a la información física ya existente, es decir, aumentan la información real con información virtual generada por ordenador. Esta definición es parecida a la conocida Realidad Virtual (LIPPENHOLTZ, 2008), desarrollada desde la década de los noventa, a diferencia de que en esta última se sustituye por completo a la realidad física. Con la Realidad Aumentada lo que buscamos es una síntesis de los elementos reales y virtuales, una integración de imágenes cuyo objetivo es que la información adicional que nos muestra nos sirva de ayuda y consiga llevar al usuario a otro nivel de interactividad con la computadora sin sentirse ajeno a ella, como en el

---

<sup>1</sup> <http://www.realidadaugmentada.info/>

---

caso de la realidad virtual. Con la ayuda de la tecnología la información sobre el mundo real alrededor del usuario se convierte en interactiva y digital.

Siguiendo esta línea, nuestro objetivo es integrar la Realidad Aumentada dentro de estas nuevas tecnologías para la enseñanza y crear una aplicación educativa para la educación musical, un campo que la Realidad Aumentada aún no ha abarcado y que nos da total libertad de ideas y aplicaciones. Intentaremos enseñar algo tan palpable como puede ser la música de una forma realmente interactiva, donde el alumno pueda contactar directamente con lo que se le enseña.

Para ello, utilizaremos las librerías OSGART<sup>2</sup> y SDL<sup>3</sup>, que nos permitirán dibujar figuras virtuales y ponerles sonido respectivamente. Se creará una aplicación donde se pueda interactuar tanto visual como auditivamente, consiguiendo que se relacionen determinados sonidos con determinados instrumentos, que se distingan instrumentos entre sí o que se aprecien las distintas notas musicales.

## **Realidad Aumentada**

La Realidad Aumentada es el término que se usa para definir una visión directa o indirecta de un entorno físico del mundo real, cuyos elementos se combinan con elementos virtuales para la creación de una realidad mixta a tiempo real. Consiste en un conjunto de dispositivos que añaden información virtual a la información física ya existente. Con la ayuda de la tecnología (por ejemplo, añadiendo la visión por computador y reconocimiento de objetos) la información sobre el mundo real alrededor del usuario se convierte en interactiva y digital.

La principal diferencia entre la Realidad Virtual y la Realidad Aumentada reside en que mientras la primera crea un mundo virtual independiente de la realidad física, la Realidad Aumentada incluye los elementos virtuales dentro de dicha realidad física, consiguiendo una interacción directa con el usuario.

En los sistemas de Realidad Virtual el usuario está completamente inmerso en el mundo artificial, lo cual le impide interactuar con objetos del mundo real. En contraposición, los sistemas de Realidad Aumentada no pretender aislar al usuario del mundo real, sino complementar este mediante objetos virtuales e imágenes generadas por ordenador. Los usuarios pueden interactuar con una mezcla de un mundo real y virtual de forma natural.

En definitiva, la Realidad Aumentada lleva la información dentro del mundo real del usuario en vez de llevar al usuario dentro del mundo virtual del ordenador (TAPIA, 2008).

---

<sup>2</sup> [http://www.osgart.org/wiki/Main\\_Page](http://www.osgart.org/wiki/Main_Page)

<sup>3</sup> [http://softwarelibre.uca.es/wikijuegos/Temario/SDL\\_mixer](http://softwarelibre.uca.es/wikijuegos/Temario/SDL_mixer)



**Realidad**

**Realidad  
Aumentada**

**Virtualidad  
Aumentada**

**Realidad  
Virtual**

Figura 1. Representación simplificada del espacio realidad–virtualidad. Milgram & Kishino. 1994.

Un sistema de Realidad Aumentada tiene las siguientes características (TAPIA, 2008):

- Combinación de elementos virtuales y reales. La información digital se combina con la realidad.
- Procesamiento en tiempo real. Tanto los objetos que deben ser rastreados como la información sobre estos deben proporcionarse a tiempo real.
- Registro 3D. Los objetos reales y virtuales son registrados y alineados geométricamente entre ellos y dentro del espacio para darles coherencia espacial.

Por objeto virtual nos referimos a cualquier imagen que se genere en el dispositivo de visualización y se presente como parte de la realidad aumentada, esto incluye texto, figuras, imágenes bidimensionales y modelos tridimensionales. Para crear aplicaciones de realidad aumentada necesitamos distinguir que hardware y software necesitamos:

- Hardware: Utilizamos un dispositivo capturador de video como una cámara y un ordenador que procese los datos.
- Software: Necesitamos un programa capacitado para realizar la fusión coherente del mundo real con elementos virtuales en 3D.

El funcionamiento de esta tecnología es muy sencillo: en tiempo real, la cámara realiza un visionado de nuestra realidad buscando patrones de realidad aumentada definidos por el usuario. Cuando la cámara encuentra este patrón, la computadora procesa la perspectiva en la que el sujeto ve las cosas, y calcula e inserta elementos virtuales predeterminados en ella, haciéndolos parte de su realidad (NEGRENTE, 2006).

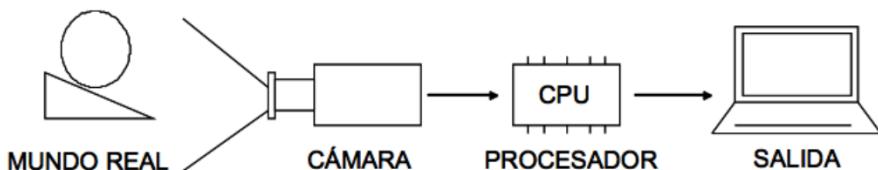


Figura 2. Representación del funcionamiento básico de la realidad aumentada

---

La Realidad Aumentada es una tecnología en incesante evolución, cada vez es más conocida y aplicada a los distintos campos y ramas de la ciencia, la tecnología, la educación o el entretenimiento. Las utilidades y aplicaciones que hacen uso de la Realidad Aumentada en los últimos años son variadas, por lo que nos limitaremos a exponer las aplicaciones más importantes en diferentes áreas, como son la medicina, el diseño y producción, el entretenimiento o la educación, ámbito este último de especial interés en nuestro proyecto.

*A) Aplicaciones en el campo de la medicina:*

La aplicación de Realidad Aumentada en este campo se centra en la cirugía mínimamente invasiva. Es una aplicación que superpone en tiempo real la reconstrucción 3D de las estructuras internas del paciente sobre la imagen de vídeo del mismo (NEGRENTE, 2006). Esto supone una ayuda para el cirujano, puesto que ve en todo momento como es la estructura interna del paciente, pudiendo planificar mejor la operación. Además supone una reducción de los costes de la operación y en el tiempo invertido en ella.



Figura 3. Visualización de estructuras 3D en la cabeza del paciente

*B) Aplicaciones en el diseño y producción:*

Otra de las industrias en aplicar la realidad aumentada en su campo es la automotriz, ayudando a sus diseñadores e ingenieros a visualizar nuevos prototipos, al poder modificar a su antojo el prototipo sin necesidad de las tradicionales estructuras de arcilla u otros materiales (DE URRAZA, 2006). También podemos simular las propiedades y respuestas físicas del auto de forma precisa y rápida. Compañías como Audi, BMW o Nissan han estado utilizando estos sistemas y han llegado a ahorrarse en algunos proyectos hasta 10 millones de euros. También se puede utilizar la realidad

---

aumentada de forma similar a como se utiliza en la cirugía, utilizando esta para ayudar al mecánico a visualizar correctamente la parte dañada de un automóvil o en tareas de mantenimiento del mismo.



Figura 4. Modelo 3D de un diseño de automóvil.

*C) Aplicaciones dedicadas al entretenimiento:*

La Realidad Aumentada aplicada al mundo del entretenimiento nos lleva principalmente a un campo de acción: los videojuegos. Gracias a la realidad aumentada el usuario salta la barrera virtual que le separa del videojuego y se sumerge en el mismo, siendo parte directa del desarrollo de su aventura.



Figura 5. Aplicación de wii sports golf.

---

Ejemplos de esto es la consola WII, que a través del registro del movimiento tridimensional de un control (wiimote) hace que el usuario interactúe con los elementos de la pantalla (NEGRENTE, 2006). El jugador no será un “espectador” sentado en el sillón sino que participará en el mundo que se le presenta.

*D) Aplicaciones en el ámbito educativo:*

En este campo es donde la realidad aumentada nos interesa y donde se puede conseguir aplicaciones muy directas para mejorar el estudio del alumno. Los alumnos aprender directamente interactuando con los elementos virtuales. LaS aplicaciones más comunes de la realidad aumentada en la educación son los libros basados en Realidad Aumentada. Estos libros tienen la posibilidad de ver en 3D los elementos sobre los que se está estudiando e interactuar y modificarlos, viendo su evolución, cambiándolos, etc. y en general aprendiendo de ellos. Varios ejemplos son la visualización de un volcán en erupción, los planetas o los dinosaurios. Las posibilidades en ese sentido son infinitas y nosotros aprovecharemos esto para crear otra aplicación educativa para el aprendizaje musical.



Figura 6. Libro educativo interactivo basado en Realidad Aumentada.

Con estos libros conseguimos “aumentar” la realidad consiguiendo que el alumno se implique más en el aprendizaje del contenido debido a la interactividad que tiene con el mismo.

### **La aplicación**

Nuestra actividad es una aplicación de Realidad Aumentada en la cual, basándonos en un libro de texto normal, incluimos elementos virtuales representando notas e instrumentos musicales para aumentar la fijación de conocimientos y añadimos sonidos para crear una interacción sonora que completa la aplicación educativa. Para ello necesitamos un software que nos detecte las marcas de los distintos instrumentos y notas, dibuje los elementos virtuales y que reproduzca el sonido de los mismos.

Como mencionamos anteriormente, para realizar estas tareas utilizamos las librerías OSGART y SDL, siendo la primera de ellas la que utilizamos para implementar la detección de patrones y dibujado de modelos 3D y SDL a la que acudimos para implementar la inclusión de sonido en la misma.

La librería OSGART se compone de la librería ARToolKit<sup>4</sup> y la librería OSG (OpenSceneGraph)<sup>5</sup>. La librería ARToolKit utiliza marcas bastantes características para la realización de aplicaciones de Realidad Aumentada, y es la encargada del seguimiento y detección de las marcas o patrones para el posterior modelado 3D.



Figura 7. Marca de la librería ARToolKit.

Su funcionamiento es muy sencillo: detectamos la marca, posteriormente calculamos su posición y orientación, identificamos la marca que ha detectado y por último modelar el objeto 3D.



Figura 8. Funcionamiento de ARToolKit.

<sup>4</sup> <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>

<sup>5</sup> <http://www.openscenegraph.org/projects/osg>

---

Para pintar el modelo virtual en la pantalla utilizamos la librería OSG y como ya hemos mencionado usaremos la librería SDL con su extensión SDL\_Mixer para introducir audio en la aplicación, lo que hará que aparezca una interacción mucho mayor con el alumno.

La herramienta resultante es un libro de texto interactivo en el cual en las páginas de la izquierda aparece la información del instrumento y su uso y a la derecha aparecen las marcas para el dibujado del modelo 3D en el ordenador. La mecánica del libro siempre será la misma independientemente de la actividad que estemos realizando, esto es, primero se enfoca con la cámara la marca del instrumento en cuestión, y este aparecerá en pantalla. Posteriormente de mostrará una marca que simboliza el símbolo de “Play” y se reproducirá el sonido representativo del instrumento. Por último, si se quiere volver a reproducir un sonido debemos mostrar la marca de “Rewind” para volver a cargar un sonido.



Figura 9. Ejemplos de las marcas de guitarra, “Play” y “Rewind”.

Se intentará enseñar en primer lugar distintos instrumentos musicales y sus sonidos, posteriormente las distintas notas musicales y su duración, y por último las cualidades del sonido como son la altura o el timbre.

Podemos ver varios de los marcadores que utilizamos en el libro y el modelo virtual resultante, así como el modelo virtual de las marcas de “Play” y “Rewind”, fundamentales en la aplicación:



Figura 10. Marca y modelo virtual del violín.



Figura 11. Marca y modelo virtual de la guitarra eléctrica.



Figura 12. Marca y modelo virtual del piano.

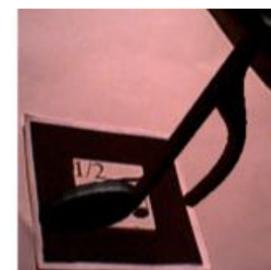


Figura 13. Marca y modelo virtual de la corchea.

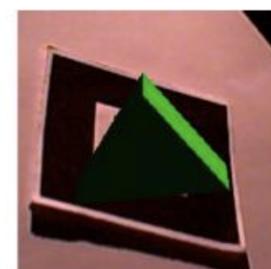


Figura 14. Marca y modelo virtual de "Play".

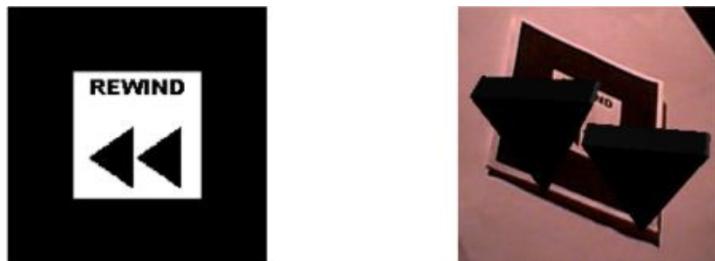


Figura 15. Marca y modelo virtual de “Rewind”.

### Pruebas e interacción con usuarios

La herramienta AR-Learning se ha puesto en práctica con alumnos de diversos cursos de Educación Primaria del colegio público Gabriel y Galán (Cáceres) durante las Actividades Formativas Complementarias. La prueba se llevó a cabo en el aula de audiovisuales, equipada con un ordenador portátil, equipo proyector y equipo de sonido. El grupo estaba formado por un total de 30 alumnos con la siguiente distribución:

- 3 Alumnos de Educación Infantil, Segundo Ciclo.
- 11 Alumnos del Primer Ciclo de Primaria: 8 del 1º y 8 de 2º curso.
- 10 Alumnos de Segundo Ciclo de Primaria: 4 de 3º y 6 de 4º curso.
- 6 Alumnos de Tercer Ciclo de Primaria: 3 de 5º curso y 3 de 6º curso.

En primer lugar se realizó una explicación sencilla del libro, describiendo las distintas partes que lo componen. Para ello, se intentó interactuar con los alumnos formulándoles preguntas acerca de sus conocimientos musicales, mostrándoles los distintos instrumentos y notas mediante la Realidad Aumentada. Con el fin de motivarlos, se les invitó a adivinar de qué instrumento se trataba en cada caso, identificando el sonido correspondiente así como la duración de las distintas figuras musicales.

Posteriormente, se dejó a los niños ser los verdaderos protagonistas haciendo uso del libro, viendo en primera persona los elementos virtuales que aparecían a su elección y escuchando su sonido al mostrar la marca de “Play”.

Tras la experiencia descrita, intentamos comprobar la eficacia de la herramienta mediante la realización de un cuestionario por parte de los alumnos. De este modo, evaluamos su eficacia a partir de una serie de parámetros: la motivación, el interés o el desarrollo de la iniciativa del alumno; la comunicación e interacción entre profesor y alumno; o el desarrollo de las habilidades tecnológicas. Para ello, pedimos a los participantes que respondan a cuestiones relativas al aspecto visual y sonoro de los

---

instrumentos, o el grado de dificultad que supone el uso del libro. Por otra parte, incluimos un bloque de preguntas que nos permiten detectar las ventajas e inconvenientes que encuentran los alumnos en el desarrollo de actividad, lo que nos permite detectar aquellos aspectos que resultan más idóneos y aquellos otros que pueden mejorarse.

Analizando las respuestas de los alumnos, comprobamos que, a pesar de la diferencia de edad entre ellos, hay prácticamente unanimidad en torno a la aceptación de la Realidad Aumentada como nueva aplicación tecnológica en el aula. Si es cierto que su contacto con esta nueva técnica aplicada a la enseñanza se reduce a esta experiencia, también lo es que son capaces de imaginar su puesta en práctica en otras materias así como en ámbitos relacionados con la educación como el de los libros infantiles o los juegos didácticos.

Esta experiencia didáctica resultó muy enriquecedora tanto para el alumnado como para nosotros ya que pudimos observar como estas nuevas tecnologías ayudan a motivar e interactuar en el aula, pronosticando una futura aplicación cada vez más eficaz y funcional.



Figura 15. Imágenes de la presentación de la aplicación AR-Learning en el colegio público Gabriel y Galán de Cáceres.

---

## **Conclusiones**

El presente trabajo desarrolla una aplicación educativa (AR-Learning) que hace uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación para alumnos de educación primaria. En particular presentamos un libro basado en la Realidad Aumentada con fines educativos, que hace uso de esta tecnología para crear una nueva herramienta para la enseñanza de la asignatura ‘música’ de educación primaria. Se ha creado una aplicación donde el alumno puede interactuar con los instrumentos musicales, así como aprender los principios básicos de esta asignatura (notas musicales, timbre, tono, etc). Se ha conseguido una aplicación sencilla y fácil de utilizar y que supone el punto de partida para aplicaciones posteriores más complejas y completas. Otro objetivo alcanzado ha sido la implementación de la aplicación de forma modular, lo que permite una fácil manipulación de nuestra aplicación para crear más instrumentos, incluir más sonidos o en definitiva, mejorar la aplicación (no solo para la enseñanza musical, sino en cualquier campo de la educación). Por otra parte, la aplicación desarrollada ha sido probada con un grupo de alumnos de diferentes edades de educación primaria del Colegio Gabriel y Galán de Cáceres, durante el horario de las Actividades Formativas Complementarias. Los resultados obtenidos son presentados en este trabajo. Cabe destacar que la experiencia fue satisfactoria, y que los resultados en cuanto a motivación, interés, interacción, desarrollo de la iniciativa y comunicación entre profesor-alumno se han visto mejorados con el uso de la aplicación AR-Learning.

---

## Bibliografía

- DE URRAZA, J. *La Realidad Aumentada*, Ed. Universidad católica “Nuestra Señora de la Asunción”, 2006.
- GARRIDO, R. y GARCÍA ALONSO, A. *Técnicas de interacción para sistemas de realidad aumentada*, Unidad de Construcción y Desarrollo del Territorio, LABEIN – Tecnalia, Parque Tecnológico de Bizkaia, 2010.
- LIPPENHOLTZ, B. “La realidad aumentada. Educación e inmersión. Una buena dupla para reflexionar sobre las posibilidades de las nuevas tecnologías”. <http://portal.educ.ar/debates/educacionytic/inclusion-digital/la-realidad-aumentada-educacio.php>. 2008.
- NEGRENTE MONTERO, Cristóbal Roberto. *Investigación Aplicada de las técnicas de Augmented Reality para la Presentación y Simulación en Tiempo Real de Proyectos de Diseño*, Ed. Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, 2006.
- PEULA, J. M.; ZUMAQUERO, J. A.; URDIALES, C.; BARBANCHO, A. M. y SANDOVAL, F. *Realidad Aumentada aplicada a herramientas didácticas musicales*, Ed. Universidad de Málaga, Málaga, 2006.
- TAPIA LOPEZ, Joan. *Juego de Realidad Aumentada de tanques*. 2008.

