

Investigación en TIC y educación en el grupo de Sistemas Interactivos DEI-Lab

Paloma Díaz, Ignacio Aedo y Telmo Zarraonandia

Departamento de Informática
Universidad Carlos III de Madrid
{mpaloma.diaz; Ignacio.aedo; [telmoagustin.zarraonandia](mailto:telmoagustin.zarraonandia@uc3m.es)}@uc3m.es
<http://dei.inf.uc3m.es>

Resumen: Desde sus inicios en 1995, el grupo de investigación en Sistemas Interactivos DEI-Lab centró parte de su investigación aplicada en el estudio de las capacidades que las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs) ofrecían para mejorar los procesos de aprendizaje y enseñanza. En concreto, dos tipos de investigación han guiado nuestros trabajos en este ámbito: el estudio de las posibilidades ofrecidas por tecnologías emergentes y la definición de herramientas y tecnologías que faciliten la participación de los usuarios finales en el diseño y desarrollo de tecnologías interactivas educativas. En este artículo repasamos algunos de las contribuciones realizadas en estos dos ámbitos, desde el uso de tecnologías como los libros electrónicos hasta la computación móvil y ubicua, la realidad virtual, aumentada o mixta, al desarrollo de modelos y herramientas que capaciten a usuarios sin conocimientos técnicos a idear y prototipar sus propias experiencias interactivas.

Palabras clave: Sistemas interactivos para la educación; Realidad Virtual; Realidad Aumentada; Juegos educativos; Herramientas de autoría.

Abstract: Since it was created in 1995, the research group “Sistemas Interactivos DEI-Lab” focused its applied research on analyzing the possibilities that Information and Communication Technologies (ICTs) offer to enhance the learning and teaching experiences. In particular, the research developed in this area can be categorized in two broad areas: studying the learning affordances of emerging technologies and envisioning tools and technologies to ease the active participation of end users in the design and development of interactive learning technologies. In this paper we look back and review the main contributions the members of DEI-Lab did in these two areas, involving technologies such as electronic books, mobile computing, ubiquitous computing, virtual/Augmented/mixed reality, and the development of end-user tools enabling non-technical users to ideate and Prototype their own interactive learning experiences.

Key words: Interactive Educational Systems; Virtual Reality; Augmented Reality; Educational Games; End-User tools.

1. Introducción

El grupo de investigación en Sistemas Interactivos, DEI-Lab de la Universidad Carlos III de Madrid fue creado en el año 1995 por tres investigadores que trabajaban en sistemas hipermedia, web y libros electrónicos interactivos. La visión de innovación del líder del GMD Dennis Tsichritzis como una forma de “cambiar las prácticas habituales de una comunidad

de personas para que sean más efectivos en aquello que hagan” (Denning, 1974) inspiró nuestra investigación, que siempre persiguió idear artefactos interactivos que “mejorasen situaciones actuales” (Simon, 1988) en ámbitos como la educación, la cultura, el diseño de software, la toma de decisiones, la participación ciudadana, la gestión de crisis y emergencias, o la salud.

Desde sus inicios el grupo centró parte de su investigación aplicada en el estudio de las capacidades que las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs) ofrecían para mejorar los procesos de aprendizaje y enseñanza. En este ámbito, dos tipos de investigación han guiado los trabajos de DEI-Lab: el estudio de las posibilidades ofrecidas por tecnologías emergentes y la definición de herramientas y tecnologías que faciliten la participación de los usuarios finales en el diseño y desarrollo de tecnologías interactivas educativas. Así por ejemplo, uno de los primeros trabajos realizados en los 90 fue CESAR, un libro electrónico multimedia para dar soporte al aprendizaje del lenguaje signado a niños con deficiencias auditivas. El entorno se codiseñó con expertas en el dominio, tanto docentes como logopedas, e incluía diverso material multimedia e interactivo que, a través del hilo común de la historia, facilitaba la adquisición de distintas capacidades y habilidades (Aedo et al, 1994). Además, y con el fin de capacitar al docente a adaptar el libro a su contexto educativo y necesidades particulares, se incluían herramientas visuales para la definición de múltiples tipos de ejercicios (Díaz et al. 1998).

En el resto del artículo nos centramos en estas dos perspectivas para describir la investigación que hemos realizado en estas más de dos décadas. En la sección 2 revisaremos trabajos que se centran en usar las tecnologías interactivas para mejorar los procesos de enseñanza o aprendizaje. En la sección 3 abordaremos trabajos relacionados con el desarrollo de tecnologías para facilitar a usuarios no tecnólogos la creación de experiencias educativas interactivas. La sección 4 recoge conclusiones y trabajos futuros.

2. Investigación en las capacidades de las tecnologías interactivas para mejorar la educación

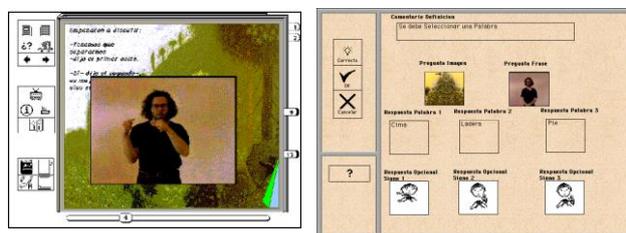
Una de las líneas de aplicación fundamentales de la investigación llevada a cabo por el grupo DEI-Lab en cuanto a las posibilidades de las tecnologías interactivas ha sido la educación. En este apartado recogemos algunas de las contribuciones realizadas en este ámbito organizadas por tecnología.

2.1. Sistemas web y libros electrónicos

Los libros electrónicos hipermedia surgieron en los 90 como una forma natural de apoyar el proceso de aprendizaje, pues los libros siempre se habían utilizado para transferir conocimiento y la hipermedia, con su

organización asociativa de la información y la riqueza de la información multimedia, emergía como la forma óptima de explorar la información y generar conocimiento (Jonassen and Grabinger, 1990). Las tecnologías interactivas permitían ofrecer nuevas capacidades, como la de acceder a un libro que nunca se estropeaba y siempre estaba disponible, cuyo formato de presentación o de interacción con los contenidos se podía adaptar a los gustos o necesidades del lector, que incluía actividades de refuerzo e incluso herramientas de colaboración. Con la irrupción de la web, los libros electrónicos dejaron el espacio del ordenador personal para ofrecerse a través de aplicaciones y sistemas web que garantizaban su acceso desde cualquier lugar y en cualquier momento. Existían plataformas de desarrollo, como la míticas HyperCard o ToolBook, pero no había guías, heurísticas o principios que guiasen el desarrollo de libros electrónicos pedagógicamente útiles, que fueran más allá del efecto “*honey-moon*” que produce el primer contacto con nuevas tecnologías para generar conocimiento o habilidades.

En este contexto, el primer trabajo de investigación realizado en el ámbito de las tecnologías interactivas para la educación en DEI-Lab fue un libro electrónico, CESAR, para ayudar a niños con deficiencias auditivas a aprender el lenguaje de signos (véase la figura 1). Visto a día de hoy puede parecer obsoleto, por lo que es necesario remontarse a principios de los 90 y a la exposición que entonces los centros educativos, y en general los ciudadanos de a pie, tenían a la tecnología, para entender la contribución de un libro electrónico multimedia como CESAR que permitía leer historias utilizando distintos recursos gráficos, escritos y videográficos, y adaptar tanto el formato de presentación de la historia como los ejercicios a realizar al estilo de aprendizaje de los estudiantes (Aedo et al, 1994; Díaz et al, 1998). En el diseño pedagógico participaron expertas en el proceso de integración de niños con deficiencias auditivas en aulas de normoayentes, con el fin de garantizar que el resultado final permitiera adquirir las capacidades y habilidades requeridas y, al mismo tiempo, pudiera ser utilizado en las aulas. Esta fue la primera experiencia de diseño participativo en el grupo y marcó un estilo de trabajo para todos aquellos proyectos que fueran de investigación aplicada.

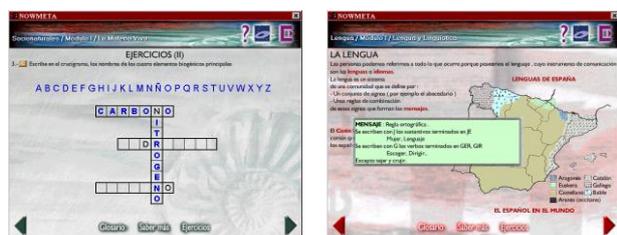


a. Página del libro con todos los contenidos desplegados. El docente puede personalizarlos

b. Interfaz de definición de ejercicios interactivos para el docente

Figura 1: CESAR

El siguiente hito fue Now-Graduado (Aedo et al., 1997), una aplicación hipertexto desarrollada bajo la iniciativa europea New Opportunities for Women (NOW). Su objetivo era ayudar a mujeres adultas, que abandonaron en su día los estudios y que querían incorporarse al mercado laboral, a superar el examen del Graduado Escolar para mejorar sus expectativas laborales. Se trataba de un sistema híbrido, en el que el componente principal era un CD con los contenidos del curso mientras un cliente en el ordenador de las alumnas almacenaba datos para poder adaptar la sesión de estudio. De nuevo la participación de expertas en educación y, especialmente, en formación de mujeres adultas fue crucial para evitar caer en diseños simplistas y buscar, incluso en los elementos de la interfaz, retos intelectuales que pudieran motivar a unas mujeres que habían perdido el hábito de estudiar.



a. Ejercicio Interactivo

b. Concepto

Figura 2: NOWGraduado

Siguiendo los mismos principios de sistemas personalizables al progreso y necesidades del estudiante, se desarrolló CIPP como una plataforma cliente-servidor en Java para aprender a programar que fue finalmente distribuido en formato CD por McGraw-Hill Interamericana (ISBN 84-481-1200-8). El libro incluía novedosas actividades como un tablón para compartir actividades o ejercicios de autoevaluación que se generaban dinámicamente y fue

evaluado en un curso de programación (Aedo et al., 2000).

Éstas y otras experiencias similares no sólo contribuyeron con productos que resolvían una necesidad concreta (aprender el lenguaje signado, estudiar el Graduado Escolar o aprender a programar), sino que aportaron a la base de conocimiento un método y unos criterios para la evaluación de productos educativos (Díaz, 2003). Estos criterios estaban divididos entre aquellos que medían la utilidad educativa (riqueza, completitud, motivación, estructura, autonomía, competencia y flexibilidad) y los que medían la usabilidad del producto final (estética, consistencia, auto-evidencia, naturaleza de las metáforas y predictibilidad). Además, se desarrollaron parámetros y métricas que permitían medir dichos criterios utilizando lógica borrosa (Díaz et al., 2002).

2.2. Juegos educativos

Otra técnica clásica en educación son los juegos que, con su capacidad motivadora, permiten sumergirse en retos intelectuales de manera divertida. Si bien el interés por el uso de videojuegos como recurso educativo es relativamente reciente, la importancia del juego para el desarrollo cognitivo y el aprendizaje ha sido tradicionalmente reconocida en la psicología por autores como Groos, Piaget o Vigotsky. Los juegos cuentan con la ventaja de ser intrínsecamente divertidos y mientras se incluyen retos cognitivos que estimulen al jugador a desarrollar habilidades o adquirir conceptos pueden facilitar el aprendizaje (Csikszentmihalyi, 2014).

Con el fin de analizar en qué medida los videojuegos educativos podían fomentar el aprendizaje informal, diseñamos un videojuego colaborativo para la Web con el objetivo de que los niños aprendiesen sobre riesgos en el hogar y en el colegio (Vargas et al., 2012), un tema no tratado en las escuelas. El juego, denominado SafetyVillage, utiliza el concepto de mini-juego, introducido por Presnky (2005), de manera que plantea una serie de pequeños retos, cada uno ubicado en una de las casas que conforman el pueblo (véase la Figura 3a). Los retos pueden jugarse individual, colaborativa o competitivamente (véase la comunicación entre los distintos avatares en la Figura 3b que representan a los jugadores de un equipo). Con el fin de diseñar un juego adecuado se realizaron varios talleres de co-diseño con niños. Estos talleres, en los

que participaron 73 niños de entre 10 y 12 años, corroboraron que era preciso incluir algunos de los principios de motivación intrínseca de Malone y Lepper (Malone and Lepper, 1987), entre ellos la colaboración y la competición, la necesidad de conseguir recompensas y de obtener ayuda, el acceso a niveles de dificultad avanzados según se adquieren destrezas, y la capacidad de personalizar al menos el avatar para sentirse identificado con él (Díaz et al, 2012). Aparte del propio juego, que fue validado en una escuela de Madrid, la experiencia de los talleres con niños permitió elaborar un método performativo de codiseño presentado en (Giaccardi et al, 2012).

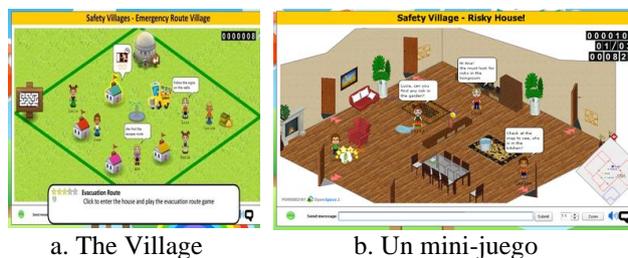


Figura 3: Safety Village

Otros trabajos más recientes se centran en el aprendizaje informal o formal utilizando realidad aumentada y virtual por lo que se describen en el siguiente apartado.

2.3. Sistemas ubicuos, realidad aumentada, virtual y mixta

Junto con web, la irrupción de los teléfonos móviles inteligentes supuso un gran hito en la educación asistida por ordenador, ya que permitía deslocalizar el proceso de aprendizaje de tal forma que se pudiera aprender en cualquier momento y lugar. Esta libertad de movimiento facilita procesos de aprendizaje informal, situado y en comunidad (Sharples et al, 2005). Más allá del aprendizaje móvil, los avances en dispositivos de interacción ubicuos basados en tecnologías como IoT (Internet Of Things), realidad virtual, aumentada y mixta ofrecen características únicas para facilitar el aprendizaje situado, experiencial y conceptual, y colaborativo (Hwang et al, 2008; Dalgarno y Lee, 2010; Dunleavy y Dede, 2014).

MW-Tell y PACE son dos proyectos en los que la computación móvil se utilizó para favorecer el aprendizaje. En el primer caso, simplemente se trataba de beneficiarse del hecho de convertir cualquier

espacio en un aula, ofreciendo una interfaz móvil para aprender idiomas (Romero et al, 2010). En el segundo caso, se trata de una aplicación móvil que hace uso de realidad aumentada para aprender sobre el entorno convirtiendo la propia ciudad en el escenario del juego, implementado en concepto de *playable city* (Nijholt, 2017). En este juego el aprendizaje es situado ya que depende del contexto en el que se produce, en este caso un ámbito urbano del que se pretende tener más conocimiento. La dinámica del juego consiste en liberar a unos prisioneros del cuartel Sabatini o Cuartel de las Reales Guardias Walonas, edificio central del Campus de Leganés de la Universidad Carlos III de Madrid. Este edificio histórico, construido por Francisco Sabatini durante el reinado de Carlos III, pasa inadvertido para la mayor parte de los estudiantes y visitantes del campus. La historia se inicia con varios vecinos de Leganés hechos prisioneros por el regimiento de Húsares franceses que durante la Guerra de la Independencia ocuparon el cuartel. Para liberarlos, el jugador tiene que montar un cañón cuyas piezas están distribuidas por el exterior del edificio y que requieren encontrarlas físicamente y acertar una pregunta sobre el entorno para poder cogerlas. En la figura 4 puede verse en la parte superior izquierda a un jugador buscando las piezas, en la parte inferior izquierda la interfaz del mapa de la zona donde se encuentran las piezas y el *feedback* dado tras acertar una pregunta sobre quién construyó el cuartel. En la parte derecha se muestra la vista aumentada que se tiene al encontrar el cuerpo del cañón. El juego se evaluó con visitantes ocasionales del campus y estudiantes del mismo y se observó que generaba en todos ellos un mayor interés por la zona. Más detalles sobre la evaluación pueden consultarse en (Sánchez-Francisco et al., 2019).

Otros trabajos del grupo han estado orientados a analizar las posibilidades que ofrece la realidad virtual para favorecer el aprendizaje. Así por ejemplo, se realizaron distintos experimentos en los que la plataforma de mundos virtuales secondLife fue utilizada como principal medio de soporte para el aprendizaje individual y colaborativo. Estas experiencias permitieron el desarrollo de una serie de guías para el diseño de experiencias de enseñanza y aprendizaje basadas en este tipo de entornos (Zarraonandía et al., 2014). En otro estudio reciente se analizó el impacto de la calidad de la inmersión en el aprendizaje de conceptos y el desarrollo de habilidades (Díaz et al., 2019). Se utilizaron dos diferentes *Head*

Mounted Displays para realidad virtual de distinta calidad y precio, resultando que las experiencias virtuales menos inmersivas no afectaban significativamente ni el aprendizaje ni la experiencia de usuario, pese a que algunos usuarios ya había tenido experiencias con aplicaciones de realidad virtual en juegos.

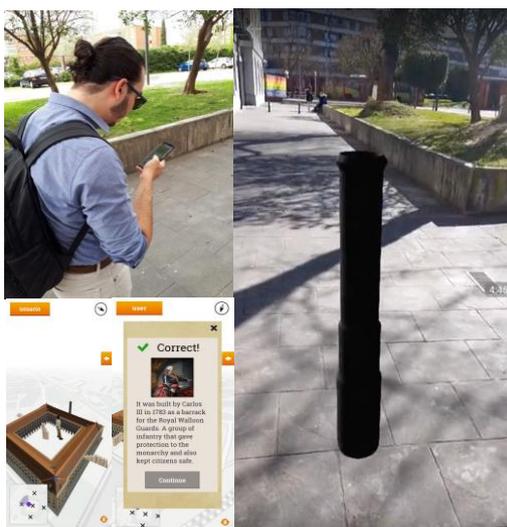


Figura 4: PACE-Sabatini

Otra de las tecnologías que permite realizar un aprendizaje situado y colaborativo es la realidad aumentada. En (Belluci et al., 2018) se analiza cómo esta tecnología ofrece un entorno más útil, utilizable y con menor carga cognitiva que otras opciones en tareas de aprendizaje de computación física (véase figura 5a). Al superponer las instrucciones sobre el circuito, el foco visual del estudiante no necesita cambiar para recibir ayuda, lo cual redundaba en una mejor experiencia final. De hecho, cuando se comparó con instrucciones en papel o en una Tablet, algunos estudiantes dedicaron más tiempo a realizar la misma labor con la aplicación aumentada, porque aprovecharon para explorar todos los elementos del circuito. De esta forma, la realidad aumentada fomentó un aprendizaje más exploratorio y menos dirigido a conseguir una meta concreta.

En Magic FlowerPot (figura 5b) presentamos un juego de realidad mixta que combina computación física y la realidad aumentada para aprender sobre nuevas tendencias en agricultura sostenible (Zarraonandía et al., 2019a). En este caso, sensores y actuadores se

utilizan para modificar las condiciones físicas de las plantas virtuales, a las que el jugador tiene que reaccionar adecuadamente.



a. Aprendiendo programación física

b. Magic FlowerPot

Figura 5: Ejemplos de AR educativa

Desde la otra cara de la moneda, también se ha investigado cómo la realidad aumentada puede ayudar al docente. En concreto, el sistema ALF combina computación móvil y realidad aumentada para que los alumnos puedan proporcionar *feedback* al profesor sin interrumpir la clase y sin que éste tenga que cambiar el foco visual de su atención, ya que dicho *feedback* se superpone a su visión de la clase mediante un dispositivo de realidad aumentada. Las figuras 6 y 7 muestran dos versiones de ALF. En ambas los estudiantes utilizan sus móviles para contestar a preguntas predefinidas por el docente (véase la interfaz en la parte derecha de la Figura 7).

En la primera versión de ALF mostrada en la Figura 6 se utilizaban unas gafas Vuzix Wrap 920 que aumentaban todo el espacio de visión (véase la esquina superior izquierda de la Figura 6) y hacía posible el *feedback* personalizado mientras se estaba dando la clase, de manera que su ritmo podía adecuarse al nivel de comprensión de los asistentes (Zarraonandía et al., 2014).

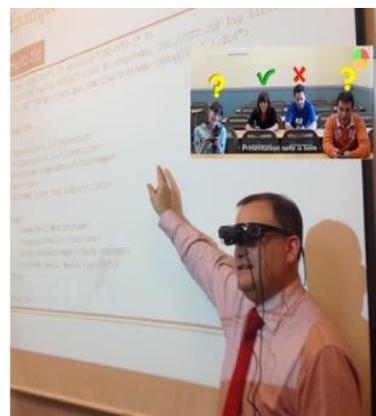


Figura 6. Primera versión de ALF con feedback individualizado

En esta versión las gafas del profesor estaban conectadas mediante cable a un portátil por lo que dificultaban la movilidad del docente, aparte de que eran bastante aparatosas para utilizarlas en una clase normal. Además, si había muchos asistentes la imagen resultante era poco interpretable e informativa para el docente pues aparecían demasiados signos a interpretar, por lo que no parecía una buena opción para utilizarla en clases grandes, que es dónde se producen mayores problemas de comunicación entre el profesor y los estudiantes. Por estos motivos se desarrolló una segunda versión con unas gafas más ergonómicas y ligeras como las MS Hololens que se denominó ALFG (Zarraonandía et al, 2019b). En este caso el docente tiene movilidad absoluta (véase la imagen izquierda en la Figura 7) y dado que las gafas sólo aumentan una parte de la visión se aprovechó para recibir *feedback* agregado y anónimo (véase la parte central de la Figura 7). Estas gafas se utilizaron durante medio semestre en un curso de programación en la Universidad Carlos III de Madrid con el fin de recabar la impresión de los 60 alumnos participantes. En el experimento los alumnos apreciaron la posibilidad de mandar *feedback* de forma anónima ya que les permitía que la clase se adaptara a su ritmo sin que sus compañeros y el profesor supieran que era por su causa. En ningún caso consideraron que la integración de esta tecnología hubiera afectado negativamente a la clase y a su nivel de atención, al contrario, muchos consideraron que recibir preguntas constantes les hacía mantenerse en un modo de escucha activa permanente. Con el fin de recabar opiniones de profesores no involucrados en el proyecto, 20 docentes participaron en otro experimento usando las gafas en sus propias clases. De ellos 8 eran profesores de universidad de disciplinas como derecho, políticas, informática y telemática y otros 8 eran profesores de formación profesional en ámbitos como electricidad, administración y finanzas, gestión de redes e informática. Los 2 participantes restantes eran profesores de educación secundaria de matemáticas e historia. De nuevo, se consideró que ALFG mejoraba la comunicación y el ritmo de la clase y no producía ningún tipo de distracción. Todos los resultados pueden consultarse en (Zarraonandía et al, 2019b).

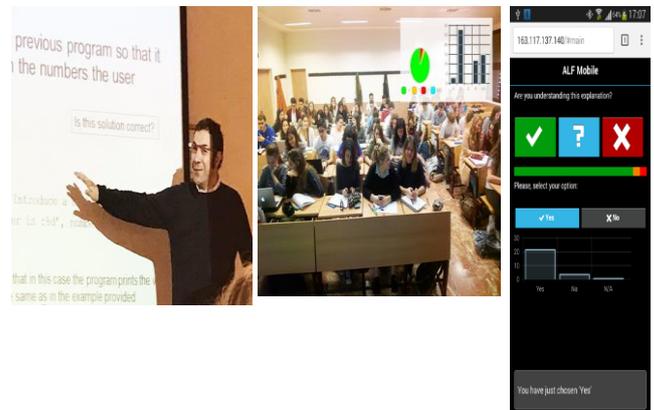


Figura 7. Segunda versión de ALF con *feedback* agregado. De izquierda a derecha, profesor con las gafas de AR, vista del profesor e interfaz del estudiante

3. Investigación en herramientas que integren a los usuarios finales en el diseño de tecnologías educativas

Idear situaciones mejores en contextos concretos implica involucrar a aquellos que mejor conocen el problema y están motivados para solucionarlo: los usuarios finales. Como muestra von Hippel en su libro “Democratizing Innovation” (2005), las innovaciones tecnológicas lideradas por sus usuarios suelen tener más impacto, porque están motivadas más por la satisfacción intrínseca de colaborar en un problema relevante para los desarrolladores que por desarrollar otro producto más. Los escenarios que se diseñan son significativos en el ámbito de la innovación y la contribución de la tecnología se hace más evidente. Para que esto sea posible, es necesario reducir la complejidad que conlleva desarrollar un sistema interactivo educativo utilizando herramientas de autoría para usuarios finales, entendiendo por usuarios finales usuarios sin conocimientos profesionales de programación y desarrollo software (Lieberman et al, 2006). Con el fin de capacitar a docentes y otros destinatarios sin conocimientos técnicos a idear sus propias innovaciones tecnológicas, el grupo de DEI-Lab ha desarrollado varios artefactos de diseño y prototipado aplicado a tecnologías como los juegos educativos, los mundos virtuales, la realidad aumentada y mixta.

El modelo conceptual GREM (Games-Rules-scenarios Model) ofrece un conjunto de componentes que permiten definir juegos de manera progresiva y sin necesidad de tener conocimientos de programación (Zarraonandía et al, 2015), ya que identifica las entidades relevantes en un juego (reglas y escenarios)

y sus componentes: mecánica, metas, *feedback*, socialización, historia, reportes, persistencia y premios en el caso de las reglas; escenas, contexto, caracterización, servicios, interfaz e interacción en el caso de los escenarios. El modelo se validó en talleres con docentes y estudiantes (véase la Figura 8) que encontraron sencillos y completos los modelos disponibles para idear sus propios juegos educativos (Zarraonandía et al, 2015) y sirvió de base para implementar el juego Safety Village presentado anteriormente.

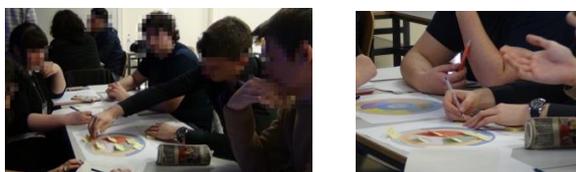


Figura 8. Taller de diseño con GREM

Sobre la base de este modelo se construyeron dos herramientas visuales que permitían crear videojuegos de realidad virtual (Zarraonandía et al, 2017) y mixta (Arenas et al, 2015) sin tener conocimientos de programación ni de diseño de videojuegos.

Dada la popularidad de la realidad aumentada y su innegable utilidad en entornos educativos, el grupo DEI-Lab desarrolló recientemente una app móvil que permitiera crear y acceder a experiencias de realidad aumentada con una interfaz sencilla. Formada por un editor y un visor, ambas aplicaciones se comunicaban a través de ficheros almacenados en un directorio compartido. Con la aplicación de creación se podían crear experiencias aumentadas asignando contenidos digitales (imágenes, vídeos o textos) a objetos o espacios concretos que se captaban con la cámara del dispositivo móvil. Cada objeto o lugar podía tener uno o varios aumentos asociados. Cada experiencia podía aumentar uno o varios objetos o lugares. Con la aplicación visor, se disfrutaba de la experiencia aumentada. La aplicación no tenía ningún soporte especial al dominio de la educación y, de hecho, había sido originalmente ideada en el contexto más genérico del patrimonio cultural (Romano et al, 2016). Sin embargo, dada su facilidad de uso fue utilizada en un colegio de la Comunidad de Madrid para explorar el potencial de esta tecnología en el ámbito educativo. En la experiencia participaron siete profesores de secundaria que idearon escenarios de uso, tales como ampliar libros existentes, definir *gymkanas* en espacios

cerrados o abiertos, aprender sobre la ciudad o el entorno, y aprender sobre objetos físicos en el aula. Además, uno de los profesores creó una experiencia para su clase de física que utilizó en una sesión con sus alumnos. Tanto la experiencia de los profesores involucrados como la de los alumnos fue bastante positiva, aunque los primeros pusieron de manifiesto la necesidad contar con algún tipo de ayuda, tal y como bancos de recursos digitales educativos, para facilitar el proceso de creación de la experiencia.

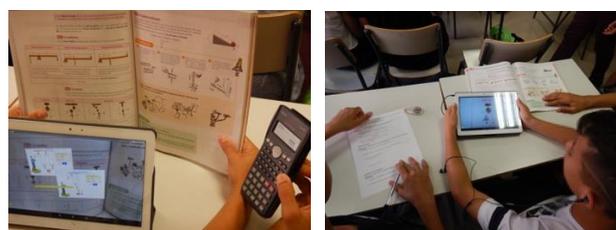


Figura 9. Estudiantes utilizando una experiencia de realidad aumentada creada por su profesor

4. Conclusiones y líneas futuras de trabajo

En este artículo hemos revisado los trabajos más significativos realizados en el grupo de investigación DEI-Lab sobre el uso de sistemas interactivos en educación. Muchos otros trabajos, en especial aquellos más teóricos relacionados con aspectos de modelado de sistemas educativos, han quedado fuera por falta de espacio. Todos ellos han contribuido a generar conocimiento teórico y experimental sobre la utilización durante el proceso de enseñanza-aprendizaje de tecnologías como los libros electrónicos, la computación móvil, la computación ubicua, la realidad virtual, aumentada o mixta. Se ha trabajado en aspectos clave relacionados con la adquisición de distintos tipos de conocimientos y habilidades, la colaboración o la personalización (Dodero et al, 2002; Valverde-Albacete et al, 2003; Díaz et al, 2009).

Este tipo de trabajos nos ha permitido colaborar con docentes, educadores, pedagogas y formadores de distintos países que han enriquecido la perspectiva tecnológica del grupo. Desde aquel primer trabajo de inicios de los 90, CESAR, se evidenció la necesidad de contar con equipos multidisciplinares y con expertos que aportaran una visión complementaria, para huir de las elucubraciones teóricas y generar valor en el dominio de la aplicación. El interés del grupo en este ámbito le llevó a organizar una de las conferencias más relevantes en tecnologías educativas, IEEE ICALT, así

como múltiples eventos, seminarios y actividades relacionadas con la difusión de la utilidad de las tecnologías interactivas en la educación.

Actualmente seguimos explorando las dos mismas grandes líneas esbozadas en este artículo, centrándonos en tecnología ubicuas y aumentadas que combinen juegos, gamificación y estímulos sensoriales que puedan facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Agradecimientos

Actualmente los miembros del grupo Teresa Onorati, Andrea Bellucci, Álvaro Montero y Mónica Sánchez de Francisco colaboran en proyectos relacionados con sistemas educativos interactivos. Es difícil recordar a todas las personas que pasaron por DEI-Lab y colaboraron con nosotros. A riesgo de olvidar algunas, nos gustaría mostrar nuestro agradecimiento a Nadia Catenazzi, Juanma Doderó, Camino Fernández, Mario Rafael Ruiz, Félix Buendía, Pilu Crescenzi, Carmen Padrón, Marco Romano...

Referencias

- Aedo, I., Miranda, P., Panetsos, F., & Torra, N. (1994). A teaching methodology for the hearing impaired using hypermedia and computer animation. *Journal of Computing in Childhood Education*.
- Aedo, I., Catenazzi, N., & Díaz, P. (1996) The evaluation of a hypermedia learning environment: The CESAR experience. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 5(1), 49-72.
- Aedo, I., Díaz, P., Panetsos, F., Carmona, M., Ortega, S., & Huete, E. (1997, May). A hypermedia tool for teaching primary school concepts to adults. In IFIP WG (Vol. 3, pp. 27-28).
- Aedo, I., Díaz, P., Fernández, C., Martín, G. M., & Berlanga, A. (2000). Assessing the utility of an interactive electronic book for learning the Pascal programming language. *IEEE Transactions on Education*, 43(4), 403-413.
- Arenas, L., Zarraonandia, T., Díaz, P., & Aedo, I. (2015). A Platform for Supporting the Development of Mixed Reality Environments for Educational Games. In *International Conference on Learning and Collaboration Technologies* (pp. 537-548). Springer, Cham.
- Bellucci, A., Ruiz, A., Díaz, P., & Aedo, I. (2018, May). Investigating augmented reality support for novice users in circuit prototyping. In *Proceedings of the 2018 International Conference on Advanced Visual Interfaces* (p. 35). ACM.
- Csikszentmihalyi, M. (2014). Play and intrinsic rewards. In *Flow and the foundations of positive psychology* (pp. 135-153). Springer, Dordrecht. (Republished from 1975 version on *J. Humanistic Psychology*)
- Dalgarno, B., & Lee, M. J. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments?. *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10-32.
- Denning, P. J. (1997). A new social contract for research. *Communications of the ACM*, 40(2), 132-135.
- Díaz, P., Aedo, I., Torra, N., Miranda, P., & Martín, M. (1998) Meeting the needs of teachers and students within the CESAR training system. *British Journal of Educational Technology*, 29(1), 35-45.
- Díaz, P., Sicilia, M. Á., & Aedo, I. (2002). Evaluation of hypermedia educational systems: Criteria and imperfect measures. In *International Conference on Computers in Education, 2002. Proceedings.* (pp. 621-626). IEEE.
- Díaz, P. (2003). Usability of hypermedia educational e-books. *D-Lib magazine*, 9(3), 1-10.
- Díaz, P., Guerra, E., Zarraonandía, T., Aedo, I., & Padrón, C. L. (2009). A Meta-modeling based Approach for the Multi-Disciplinary Design of Web Educational Systems. *J. UCS*, 15(7), 1440-1454.
- Díaz, P., Paredes, P., Alvarado, D., & Giaccardi, E. (2012). Co-designing social games with children to support non formal learning. In *2012 IEEE 12th International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp. 682-683). IEEE.
- Díaz, P., Zarraonandía, T., Sánchez-Francisco, M., Aedo, I., & Onorati, T. (2019, June). Do Low Cost Virtual Reality Devices Support Learning Acquisition?: A comparative study of two different VR devices. In *Proceedings of the XX International Conference on Human Computer Interaction* (p. 5). ACM.
- Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented reality teaching and learning. In *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 735-745). Springer, New York, NY.
- Doderó, J., Aedo, I., & Díaz, P. (2002). Participative knowledge production of learning objects for e-books. *The Electronic Library*, 20(4), 296-305
- Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented reality teaching and learning. In *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 735-745). Springer, New York, NY.
- Giaccardi, E., Paredes, P., Díaz, P., & Alvarado, D. (2012). Embodied narratives: a performative co-design technique. In *Proceedings of the Designing Interactive Systems Conference* (pp. 1-10). ACM.

- Hwang, G. J., Tsai, C. C., & Yang, S. J. (2008). Criteria, strategies and research issues of context-aware ubiquitous learning. *Journal of Educational Technology & Society*, 11(2), 81-91.
- Jonassen, D. H., & Grabinger, R. S. (1990). Problems and issues in designing hypertext/hypermedia for learning. In *Designing hypermedia for learning* (pp. 3-25). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Lieberman, H., Paternò, F., Klann, M., & Wulf, V. (2006). End-User Development: An Emerging Paradigm. In: *End-User Development*, Lieberman, H., Paternò, F., and Wulf, V. (eds.), Springer, Human-Computer Interaction Series, v. 9, Chapter 1, 1-7
- Malone, T.W. and Lepper, M.R. (1987) Making Learning Fun: A Taxonomy of Intrinsic Motivations for Learning. In: Snow, R.E. and Farr, M.J., Eds., *Aptitude, Learning and Instruction III: Conative and Affective Process Analyses*, Erlbaum, Hillsdale.
- Nijholt, A. (2017). Towards playful and playable cities. In *Playable Cities* (pp. 1-20). Springer, Singapore.
- Prensky, M. (2005). In educational games, complexity matters. Mini-games are trivial – but “complex” games are not. An important way for teachers, parents and others to look at educational computer and videogames. *Educational Technology*, Vol. 45 No.4 July-Aug
- Romano, M., Aedo, I., & Díaz, P. (2016). Designing an End-User Augmented Reality Editor for Cultural Practitioners. In *International Conference on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence* (pp. 365-371). Springer, Cham.
- Romero R., Zarraonandia T., Aedo I., Díaz P. (2010) Designing Usable Educational Material for English Courses Supported by Mobile Devices. In: Leitner G., Hitz M., Holzinger A. (eds) *HCI in Work and Learning, Life and Leisure. USAB 2010. Lecture Notes in Computer Science*, vol 6389. Springer, Berlin, Heidelberg
- Sánchez-Francisco, M., Díaz, P., Fabiano, F., & Aedo, I. (2019). Engaging Users with an AR Pervasive Game for Personal Urban Awareness. In *Proceedings of the XX International Conference on Human Computer Interaction* (p. 6). ACM.
- Sharples, M., Taylor, J., & Vavoula, G. (2005). Towards a theory of mobile learning. In *Proceedings of mLearn* (Vol. 1, No. 1, pp. 1-9).
- Simon, H. A. (1988). The science of design: Creating the artificial. *Design Issues*, 67-82.
- Valverde-Albacete, F. J., Pedraza-Jiménez, R., Cid-Sueiro, J., Molina-Bulla, H., Díaz-Pérez, P., & Navia-Vázquez, A. (2003). InterMediActor: an environment for instructional content design based on competences. In *Proceedings of the 2003 ACM symposium on Applied computing* (pp. 575-579). ACM.
- Vargas, M. R. R., Zarraonandia, T., Díaz, P., & Aedo, I. (2012). Safety Villages: a computer game for raising children's awareness of risks. In *Proceedings of the 9th International ISCRAM Conference–Vancouver, Canada*.
- Von Hippel, E. (2005). Democratizing innovation: The evolving phenomenon of user innovation. *Journal für Betriebswirtschaft*, 55(1), 63-78.
- Zarraonandia, T., Aedo, I., Díaz, P., & Montero, A. (2013). An augmented lecture feedback system to support learner and teacher communication. *British Journal of Educational Technology*, 44(4), 616-628.
- Zarraonandia, T., Francese, R., Passero, I., Díaz, P., & Tortora, G. (2014). Analysing the Suitability of Virtual Worlds for Direct Instruction and Individual Learning Activities. *International Journal of Distance Education Technologies (IJDET)*, 12(1), 38-51.
- Zarraonandia, T., Diaz, P., Aedo, I., & Ruiz, M. R. (2015). Designing educational games through a conceptual model based on rules and scenarios. *Multimedia Tools and Applications*, 74(13), 4535-4559.
- Zarraonandia, T., Diaz, P., & Aedo, I. (2017). Using combinatorial creativity to support end-user design of digital games. *Multimedia Tools and Applications*, 76(6), 9073-9098.
- Zarraonandia, T., Díaz, P., Montero, Á., Aedo, I., & Onorati, T. (2019). Using a Google Glass-based Classroom Feedback System to improve students to teacher communication. *IEEE Access*, 7, 16837-16846.
- Zarraonandia, T., Montero, A., Díaz, P., Aedo, I. (2019) "Magic Flowerpot": An AR Game for Learning about Plants. *CHI PLAY (Companion) 2019*: 813-819