

Autora/or/es: Bibiana Martínez Torrecilla, Lucía Vera Mahiques, Inmaculada Coma Tatay, Marcos Fernández Marín.

Descripción: Trabajamos en el grupo ARTEC, un equipo multidisciplinar formado por Informáticos, Físicos y Artistas que desarrolla: gráficos 3D interactivos, aplicaciones de Realidad Virtual y Realidad Aumentada y programas de simulación de formación y aprendizaje.

Dirección postal de contacto: IRTIC. Instituto de Robótica. Polígono de la Coma s/n, 46980, Paterna, Valencia.

Correo electrónico: bmartine@robotica.uv.es; Lucia.Vera@uv.es; Inmaculada.Coma@uv.es; Marcos.Fernandez@uv.es

Número de teléfono: 963543591/653465001

Título:

SAMBORI: Nueva Forma de Interacción con Realidad Aumentada

SAMBORI: New Interaction Method using Augmented Reality.

Palabras clave:

Realidad aumentada, tiempo real, realidad virtual, colaborativo, interacción, inmersión.

Augmented reality, real time, virtual reality, collaborative, interaction, immersion.

Resumen.

El sistema que presentamos fue exhibido en Valencia en la iniciativa DIGITAL MEDIA 1.0 y consiste en un proyecto experimental de Realidad Aumentada donde el usuario utiliza sus movimientos sobre el juego infantil de la rayuela como sistema de interacción. SAMBORI ofrece un sistema que realiza una intervención del espacio, permitiendo al usuario sumergirse en un mundo real aumentado, con el que puede interactuar en tiempo real.

Presentamos en este artículo una instalación interactiva de R. A. diseñando para ello una interfaz de navegación intuitiva, natural y libre de artificios. De este modo hemos determinado basar nuestra investigación en el estudio de la interacción dando prioridad al grado de inmersión del usuario.

Hemos creado un **espacio de interacción libre**, en el que hemos involucrado activamente al usuario de manera física, y emocional creando una experiencia social y evocadora.

Introducción

En este artículo presentamos un proyecto experimental de Realidad Aumentada (R.A.) que exhibimos en Valencia en la iniciativa DIGITAL MEDIA 1.0., punto de encuentro y foro de debate entre artistas, expertos y público promovido por la Universitat de València y la Sala Naranja, en colaboración con centros nacionales e internacionales de arte y nuevas tecnologías.

Este proyecto, al que denominamos SAMBORI, surge con la idea de modificar la relación que existe entre obra y espectador, haciendo uso para ello de tecnologías de R.A.. Hemos creado un espacio donde el espectador cambia su papel y se convierte en parte activa de la obra, pasando a jugar diferentes papeles simultáneos: espectador, usuario, jugador y objeto. Con ello, se pretende obtener un sistema que modifica la idea de contemplación para convertirla en actuación y en participación por lo que sin el usuario/espectador la obra pierde todo su significado.

Para ello, creamos un ambiente de recreo en el edificio de la Nau, en la sede de la antigua Universidad de Valencia, tentando al público al desplazamiento por la instalación, a través de una interfaz basada en el juego universal de la Rayuela (1). Por medio de un conjunto de elementos situados en el suelo y una gran pantalla, el usuario puede jugar como en su niñez a la vez que interactúa con la obra y produce cambios en ella (ver Fig.1). La realidad que le rodea se ve aumentada y modificada a su paso, debido a sus acciones, de manera que se amplía el concepto del juego de la rayuela pasando a involucrar objetos tridimensionales e introduciendo cambios en el entorno por medio de la interacción del usuario. Además, el sistema permite la interacción con un solo usuario o con varios usuarios a la vez. Por todo ello, podemos considerar SAMBORI como un sistema innovador en el marco del Arte y la Tecnología, frente a otras aplicaciones dentro del área de R.A., por su aportación en la interacción persona-ordenador. Si bien los actuales esfuerzos realizados por la comunidad científica por mejorar las aplicaciones de R.A. se centran principalmente en la tecnología, en este proyecto queremos dirigirnos a la figura del usuario, cambiar su relación con las aplicaciones de R.A. y aprovechar los beneficios de esta tecnología para ofrecer nuevos mecanismos de interacción y de creación artística orientada al usuario/espectador.

La interacción natural a través de una interfaz de navegación basada en un juego infantil, permite implicar de una manera activa al público, cautivando su atención hacia

un símbolo de la cultura universal que lo involucra en principio de una manera mental, para terminar dando paso a su participación e interacción física.

En los siguientes apartados analizaremos en primer lugar los trabajos relacionados con el presente proyecto, y a continuación haremos una descripción del sistema desde el punto de vista de la instalación, el software desarrollado y la interacción del usuario con el mismo.

Trabajos relacionados

En los últimos años se han desarrollado numerosas aplicaciones de Realidad Aumentada gracias en parte al desarrollo de las tecnologías necesarias para estos sistemas.

La Realidad Aumentada se considera un nuevo paradigma de interacción entre usuarios y ordenadores. Así, frente a sistemas de Realidad Virtual donde el usuario se ve inmerso en un entorno virtual que lo aísla de la realidad, en los sistemas de R.A. el usuario interactúa con la propia realidad. Como resultado de esta interacción con un entorno real el sistema de R.A. amplía o *aumenta* la información que recibe el usuario.

Los sistemas de Realidad Aumentada solapan de alguna forma la información proveniente del mundo real con información virtual generada interactivamente como respuesta a las acciones del usuario.

Para conseguir ese solapamiento entre la información del mundo real y la generada por el sistema necesitaremos tecnologías que nos permitan las distintas partes del proceso. En primer lugar será necesario capturar información de la realidad, y para ello se utilizan habitualmente cámaras de vídeo. Además, necesitaremos ser capaces de ubicar al usuario en su entorno real, saber dónde está, hacia donde mira. Para ello se utilizan desde sistemas de posicionamiento GPS o brújulas digitales que proporcionan la posición y orientación del usuario (Torpus, 2005), sistemas de procesamiento de imágenes (Tollmar, 2004) para detectar su ubicación, o sistemas basados en marcas (Oliver, 2007). Por último, el sistema debe ser capaz de superponer la información real con información sintética. Para ello se utilizan diferentes dispositivos tales como cascos HMD (Head Mounted Display) o gafas de RA, o pantallas de visualización traslúcidas.

Otros sistemas como el humanoide virtual *U-Tsu-Shi-O-Mi* (Shoji, 2006) introducen sistemas de interacción hápticos, para que los usuarios puedan experimentar las sensaciones que se producen al dar la mano a un avatar generado por ordenador.

Respecto a los contenidos de las aplicaciones de R.A. encontramos una amplia variedad que van desde las aplicaciones en medicina, los juegos, aplicaciones turísticas (Gimeno, 2010), aplicaciones para dispositivos móviles (Kähäri, 2006) o incluso para consolas de videojuegos (Sony, 2010). Veamos algunos ejemplos de diferentes tipos de aplicaciones.

Entre los juegos encontramos alguno como *Can you see me now?* (Benford, 2006), un juego on-line de persecución por las calles donde los jugadores disponen de un ordenador portátil y un receptor GPS que los localiza en posiciones aleatorias en una ciudad. El objetivo de este juego es evitar que otro corredor no llegue a menos de 5 metros de ellos.

Otras aplicaciones ofrecen información turística (Lim, 2007), o información sobre un área específica de interés cultural. Es el caso de *lifeClipper* (Torpus, 2005), donde el usuario utiliza un HMD para ver imágenes superpuestas al entorno real en el que se encuentra. El inconveniente de esta aplicación es que el usuario debe llevar un ordenador portátil. Una evolución de este sistema es *lifeClipper2* (Felix, 2008) donde se utiliza la R.A. para proyectos de planificación urbana y turismo.

Hot images (Portalés, 2006) es una aplicación artística de realidad mixta que se ocupa de la relación entre los seres humanos y los entornos de la ciudad. Propone un sistema de navegación por la ciudad, mediante una gradación de colores que abarcan desde el rojo (significando cercanía, caliente) hasta el azul (lejanía, frío), idea aportada a partir del popular juego infantil de caliente/frío; técnicamente la localización del usuario se realiza mediante la combinación de un receptor GPS y un sensor inercial.

Tanto en las instalaciones interactivas de Realidad Aumentada presentadas como en: *¡Cuidado! Frágil* (Boj, 2006), *Hand from Above* (O'Shea, 2009) y SAMBORI observamos como el movimiento del cuerpo del espectador es el que activa la comunicación con el sistema, como resultado de esta interacción se aumenta la experiencia del mundo real del público.

Descripción del sistema.

SAMBORI es una aplicación basada en R.A. que ofrece un espacio diferente de interacción libre, por un entorno controlado, marcado por un camino a modo de rayuela. Para su desarrollo fue necesaria la combinación de diferentes componentes tecnológicos, el desarrollo de un software que contralara toda la instalación y un sistema de interacción que permitiera al usuario participar y sentirse parte de la obra. Vamos a analizar los diferentes elementos que integran este sistema, incluyendo el montaje de la instalación y sus componentes hardware, los elementos software y su función y los mecanismos de interacción que se ofrecen al usuario.

Montaje de SAMBORI.

Como se indicaba anteriormente, los sistemas de R.A. utilizan diferentes tecnologías para conseguir captar la realidad, analizarla y aumentarla por medio de la interacción del usuario. Para ello, se requiere un dispositivo de captura de la imagen del entorno real, un elemento de control del usuario y su interacción y un sistema de visualización, donde sea posible reflejar el resultado de la integración de elementos virtuales dentro de la escena real. Vamos a ver las soluciones que ofrecemos para cada uno de estos elementos en SAMBORI.

Por un lado, el sistema debe poder ser capaz de capturar la información de la realidad que rodea al usuario y que se quiere aumentar proporcionando información virtual. En nuestro sistema hemos utilizado para ello una webcam, ya que nos proporciona la información suficiente en cuanto a calidad y cantidad de imágenes y además, permite reducir el espacio y coste de la instalación. Después de diferentes pruebas con varias webcams de características diferentes, decidimos usar una Genius VideoCAM Live debido a que es la que mejor respuesta nos proporciona, de manera que la captura de imagen es más nítida, la resolución de 640x480 y su tasa de fotogramas de 15/30 fps resulta perfecta para la aplicación. Esta webcam se instala sobre un trípode telescópico, que nos permite modificar la altura a la que necesitamos colocarla según las características del espacio donde se instala.

Por otro lado, en una aplicación de R.A. resulta necesario situar al usuario dentro del sistema. En nuestro caso, nos interesa controlar al usuario en su desplazamiento por el SAMBORI. Para ello, usamos un conjunto de marcas con patrones diferentes en blanco

y negro (ver ejemplo en Fig.2), que nos permite, por un lado determinar el camino del juego de la rayuela, pero también controlar el movimiento del usuario por el entorno gracias a la oclusión que su cuerpo produce sobre las marcas. Estas marcas se utilizan en las aplicaciones de R.A. como mecanismo para determinar en qué punto del espacio, es decir, del entorno real se quiere colocar uno o varios objetos virtuales, haciendo la función de mecanismo posicionador. En nuestra aplicación estas marcas van a utilizarse para dos funciones: determinar la posición en la que se ubican los objetos tridimensionales virtuales (objetos 3D del mundo de Alicia en el País de las Maravillas), y determinar la posición del usuario en cada momento. Así, el usuario al desplazarse por el camino de marcas como si jugara a la rayuela (ver Fig. 2) produce con su cuerpo una oclusión de la marca sobre la que está situado. Esta oclusión se obtiene gracias al tratamiento de la información procedente de la webcam que situamos correctamente para que pueda captar al usuario y el suelo con las marcas.

Para completar el sistema, se necesita un dispositivo que permita mostrar el resultado de combinar la realidad con la información virtual. Dependiendo de la funcionalidad de la aplicación, es posible encontrar en la bibliografía diferentes dispositivos usados para este fin, que van desde cascos o gafas de RA hasta móviles, PDAs o portátiles. En nuestro caso queremos hacer la aplicación visible a todos los espectadores de manera que la parte lúdica individual pueda convertirse en colectiva. Éste propósito nos ha llevado a usar una pantalla grande sobre la que se proyecta la imagen combinada de la realidad obtenida por la webcam con los objetos virtuales procedentes de la sustitución de las marcas y la interacción del usuario. Pudimos comprobar en la instalación del sistema que esta decisión resultó ser la más acertada, ya que no solo permitió que los espectadores se interesaran y disfrutaran con el juego de otros usuarios, sino que también hizo posible la interacción de múltiples usuarios sobre el mismo espacio, cosa que no hubiera sido posible con dispositivos como gafas, cascos o pdas (que resultan elementos individuales).

En la exhibición se dispuso en el espacio una tela blanca en el suelo sobre la que se colocaron las marcas a modo de rayuela, una webcam con un trípode enfrente de la misma para captar las marcas y el usuario, una pantalla un poco desplazada con respecto a los elementos del suelo, para hacer más fácil su visualización por el usuario y un proyector justo enfrente de la pantalla (ver Fig. 3). Todo ello conectado con un ordenador que realizaba todo el tratamiento software para conseguir los efectos

deseados. Vamos a analizar más en profundidad en qué consiste y cuál es el funcionamiento de este software utilizado en el sistema.

Software desarrollado.

Como hemos indicado anteriormente, SAMBORI es una obra que se basa en la tecnología de R.A. para crear un entorno distinto, una obra interactiva, lúdica y atractiva para el usuario, que pasa de ser espectador a ser elemento esencial del sistema.

Por tanto, este sistema requiere del soporte software necesario para poder, a partir de los datos proporcionados por una webcam, recrear el escenario deseado. Este software deber ser capaz de tratar la información de la realidad, procesarla y modificarla con elementos virtuales, siendo el resultado proyectado en la pantalla que tiene el usuario a su lado (a través de un proyector).

Para realizar todo el tratamiento de la información real del entorno, modificarlo y aumentarlo con objetos virtuales, hemos utilizado la librería ARTToolkit (ARTToolkit, 2010). Esta librería permite, a partir de la información procedente de un dispositivo de vídeo (en nuestro caso la webcam), analizar la imagen para detectar la presencia de alguna de las marcas blancas y negras que previamente han sido capturadas y analizadas para describirlas de manera que sean comprensibles para la aplicación. Si la aplicación debe soportar la presencia de más de una marca a la vez, éstas deben ser cuidadosamente seleccionadas y testeadas, de manera que el sistema las identifique como diferentes unas de otras, para evitar confusiones. Además, se debe tener mucho cuidado con los tonos de las mismas, ya que cuantos más puros son los colores blancos y negros usados, mejor es la identificación de esa marca.

Una vez el sistema ha reconocido la presencia de las marcas y determinado los diferentes puntos del espacio donde se encuentran, utilizamos esos puntos para, sobre ellos, colocar objetos diferentes que pueden o no tapar las marcas. Por ejemplo, el sistema empieza colocando unas texturas con efecto de césped encima de todas las marcas (tapándolas completamente) y sobre dos de ellas además añade un número 1 y una seta gigante ambos en 3D (ver Fig.4). Estas dos marcas están identificadas y si las movemos, los objetos 3D se mueven con ellas. La información modificada es la que se da como salida del sistema y la que se muestra en la pantalla, en nuestro caso, proyectándola sobre una pantalla blanca.

Dado que sabemos las marcas que tiene nuestra rayuela, lo que controlamos en la aplicación es la oclusión que el usuario produce sobre las diferentes marcas. De normal, todos los sistemas de R.A. tratan de buscar medios para resolver este problema de oclusión, ya que lo que suele interesar es que los objetos aumentados que aparecen sobre la realidad sean visibles constantemente, independientemente de que el usuario tape parcialmente la marca. En nuestro caso, el juego consiste en ir ocultando con el cuerpo los números 3D que aparecen en la rayuela (en realidad la marca sobre la que está el número) para pasar a la siguiente fase. El software controla la fase del juego en la que está, de manera que se van mostrando los números y los objetos que corresponden a cada etapa. En cada momento el sistema detecta qué marca sufre una oclusión completa durante un determinado periodo de tiempo prefijado, lo que supondrá un cambio de fase en el juego y por tanto una modificación en la escena acorde con ello, desapareciendo los objetos actuales y apareciendo unos nuevos (ver esquema del software en Fig.5). Suponemos que si se produce esta oclusión por un tiempo limitado, es que el usuario está sobre esa marca y la tapa el tiempo suficiente hasta que se produce un cambio en el entorno. Al haber configurado SAMBORI como un juego cíclico, cuando el usuario alcanza la última fase y oculta la marca adecuada, automáticamente se volverá al principio.

Los objetos virtuales que se incorporan a la escena, son de diferentes tipos, teniendo elementos 2D, 3D estáticos y 3D con animaciones asociadas. Esto requiere que el sistema tenga un control diferente sobre los mismos, para colocarlos correctamente, orientarlos para que sean visibles y controlar sus animaciones. Esto introduce a la obra una parte amena y divertida, que se une a la lúdica e interactiva. Vamos a centrarnos en este último aspecto, la interacción, para revisar cómo se establece en SAMBORI la relación entre el usuario/espectador y la obra.

Interactuando con SAMBORI.

Como hemos indicado anteriormente, la interfaz ha sido generada usando marcas de R.A., que se disponen en el suelo a modo de rayuela, componiendo la zona por la que el usuario pisará para interactuar con el sistema. En nuestro caso, el camino se compone de 9 marcas planas con patrones completamente diferentes unos de otros, de manera que puedan ser identificados claramente por el sistema. Los objetos virtuales que se incorporan a la realidad, se basan en diferentes texturas para el suelo, números 3D y

referentes del mundo de Alicia en el País de las Maravillas de Lewis Carroll. Una seta gigante, un reloj dando vueltas, una puerta grande donde el usuario puede ocultarse, unas teteras con la reina de corazones o un gato, son algunos de los objetos que la obra ofrece al espectador (ver Fig.6).

En los sistemas de R.A. es necesario establecer un mecanismo para recoger las acciones del usuario que serán utilizadas como mecanismo de interacción. En nuestro caso se ha utilizado el movimiento del cuerpo del usuario. Así, en su desplazamiento por la marcas, jugando como en la infancia, el usuario interactúa libremente con el sistema. Cuando el usuario se sitúa sobre una marca se produce una oclusión, lo cual es un problema en las aplicaciones de R.A. con marcas. En nuestro caso hemos aprovechado esta oclusión que produce el usuario con su cuerpo y su movimiento por el entorno como mecanismo de interacción. Desde nuestro punto de vista, hemos reconocido la interactividad como la capacidad de navegar libremente por el recorrido creado con las marcas, y observar, y permitir que observen los cambios que se producen en el entorno como consecuencia.

Sin utilizar sensores de registro, ni sistemas multimodales, ni un alto grado de realismo en los modelos 3D, gracias al interfaz utilizado basado en el juego y a la interacción libre de artificios, hemos intensificado la sensación de presencia del usuario/espectador y el sentimiento de implicación en esta experiencia.

Utilizando la metáfora de espejo mágico, situamos al usuario como parte fundamental de la obra, del entorno aumentado, e incrementamos la colaboración de los asistentes a partir de la visualización del mundo aumentado en la proyección realizada sobre la pantalla. Esta colaboración se ve intensificada debido a que, gracias al uso de esa proyección visible por todos, el estilo de interacción basado en el movimiento libre del usuario por la obra (por el camino de marcas) y los propósitos de inducir el juego en él, provocan la participación de más de una persona simultánea sobre esta. A pesar de que la idea original pretendía ser un sistema individual, donde la relación obra-usuario fuera personal, la realidad fue diferente. Debido a la capacidad que ofrecía la aplicación para la interacción múltiple en tiempo real, fueron los propios usuarios la que la convirtieron en un sistema colaborativo, donde la complicidad, la colaboración y el juego entre ellos demostraron lo atractivo que resultaba el entorno, lo sugerente y lo que incitaba la obra a participar y sumergirse en ella (ver Fig.7).

De esta manera, si el juego va cambiando de fase por medio del ocultamiento de los números virtuales que aparecen, de manera lúdica, los usuarios intentaban ocultar tanto los números como los objetos virtuales que se muestran simultáneamente, y de manera colaborativa, trataban de cubrir la marca adecuada más rápidamente, moviéndose cada usuario hacia la que tenía más cerca. Con ello, demostraron las amplias posibilidades de interacción colaborativa y multiusuario de la obra (ver Fig.8).

Gracias a este tipo de interacción, SAMBORI puede ser visto como una instalación de R.A. con un alto grado en inmersión física y mental. Los motivos se basan en la utilización del juego como recurso de interactividad y en la compatibilidad de los dos mundos, el real y el virtual, de manera que se consigue crear un único modelo mental de la escena aumentada y una sensación de formar parte de ella por parte del usuario.

Conclusiones

En este artículo hemos presentado un juego de R.A. como recurso de conexión persona-ordenador e involucrado al usuario/espectador a interactuar con él a partir de los movimientos naturales de su cuerpo. Hemos aprovechado los beneficios de la R.A. para crear un espacio con un alto nivel de inmersión a partir de una interfaz con un carácter intuitivo y una precisa compatibilidad de los dos mundos, el real y el aumentado.

Hemos establecido una zona común de trabajo donde la mujer como artista, la obra como objeto y la tecnología como medio se combinan para crear un espacio de diálogo con el pasado, un espacio evocador de emociones de la niñez. Se trata de un espacio de recreo sugerente donde queremos lanzar, provocar, motivar al espectador a jugar sin ningún tipo de sensor ni de artificio, directamente con su cuerpo, pasando a ser parte de la obra. Creemos que con esta experiencia hemos incrementado en gran medida el carácter intuitivo de la interfaz, hemos involucrado al espectador de forma física y emocional, incitándole a participar activamente y hemos creado un espacio de interacción social libre. Esto es SAMBORI, arte y tecnología interactiva social sin obstáculos.

Notas

1. Rayuela: Juego en que hay que ir pasando una piedra u otro objeto de unas casillas a otras dibujadas en el suelo, yendo a la pata coja y sin pisar ninguna de las líneas pintadas. Dependiendo de la ciudad y país recibe nombres diferentes.

Bibliografía

ARTToolkit. <http://artoolkit.sourceforge.net/>, 2010

Benford, S, et al. "Can You See Me Now?", *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Marzo 2006. Vol 13, n°1,p100-133.

Boj, C., Diaz, D. "¡CUIDADO! FRÁGIL", *ARCO 06*. 2006 <http://www.lalalab.org/fragil.htm>

Felix, N., Torpus, J., Wiedmer, M. "lifeClipper2 – Negotiating Reality", *DRS conference. Design Research Society*.2008

Gimeno, J., Pardo, F., Morillo, P., Fernández, M. "A Mobile Augmented Reality System to Enjoy the Sagrada Familia", *Eurographics 2010* Norrköping, Sweden.

Kameda, Y. Takemasa, T., Ohta, Y. "Outdoor See-Through Vision Utilizing Surveillance Cameras". *In Proceedings of the 3rd IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR'04.)* Arlington, 2004, pp. 151–160.

Kähäri, M., Murphy, D.J. "MARA- Sensor Based Augmented Reality System for Mobile Imaging", *In Proc. ISMAR '06* Santa Barbara, 2006

Levin, G., Liberman, Z. "In Situ Speech Visualization in Real-Time Interactive Installation and Performance", *The 3er International Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering*. Annecy, France. June 7-9 2004.

Lim, J. et al. "Scene recognition with camera phones for tourist information access", *In Proc. of IEEE Int. Conf. on Multimedia & Expo*. Beijing, 2007, p.100-103

O'Shea, Cris. <http://www.chrisoshea.org/>

Portales, C. "The private city through the hot images", *ACM International Conference on Advances in computer entertainment technology*. Salzburg, Austria, 2007, Vol 203. pp 254-255

Shoji, M., Miura, K., Konno, A. "U-Tsu-Shi-O-Mi: the virtual humanoid you can reach", *ACM SIGGRAPH 2006 Emerging technologies*. Boston, 2006.

Sony Computer Entertainment Europe. "Eyepet", <http://www.eyepet.com/>, 2010

Tollmar, K., Yeh, T., Darrell, T. "Ideixis- image-based deixis for finding location-based information. *In Proc. of MobileHCI*, Glasgow, 2004

Torpus, J., Buhlmann, V. lifeClipper, *Virtual Systems and Multimedia*. Ghent, Belgium, Oct.2005

Figuras.



Fig.1. Usuario jugando con el sistema en el edificio de la Nau (DIGITAL MEDIA 1.0). Imagen de creación propia, 2008.

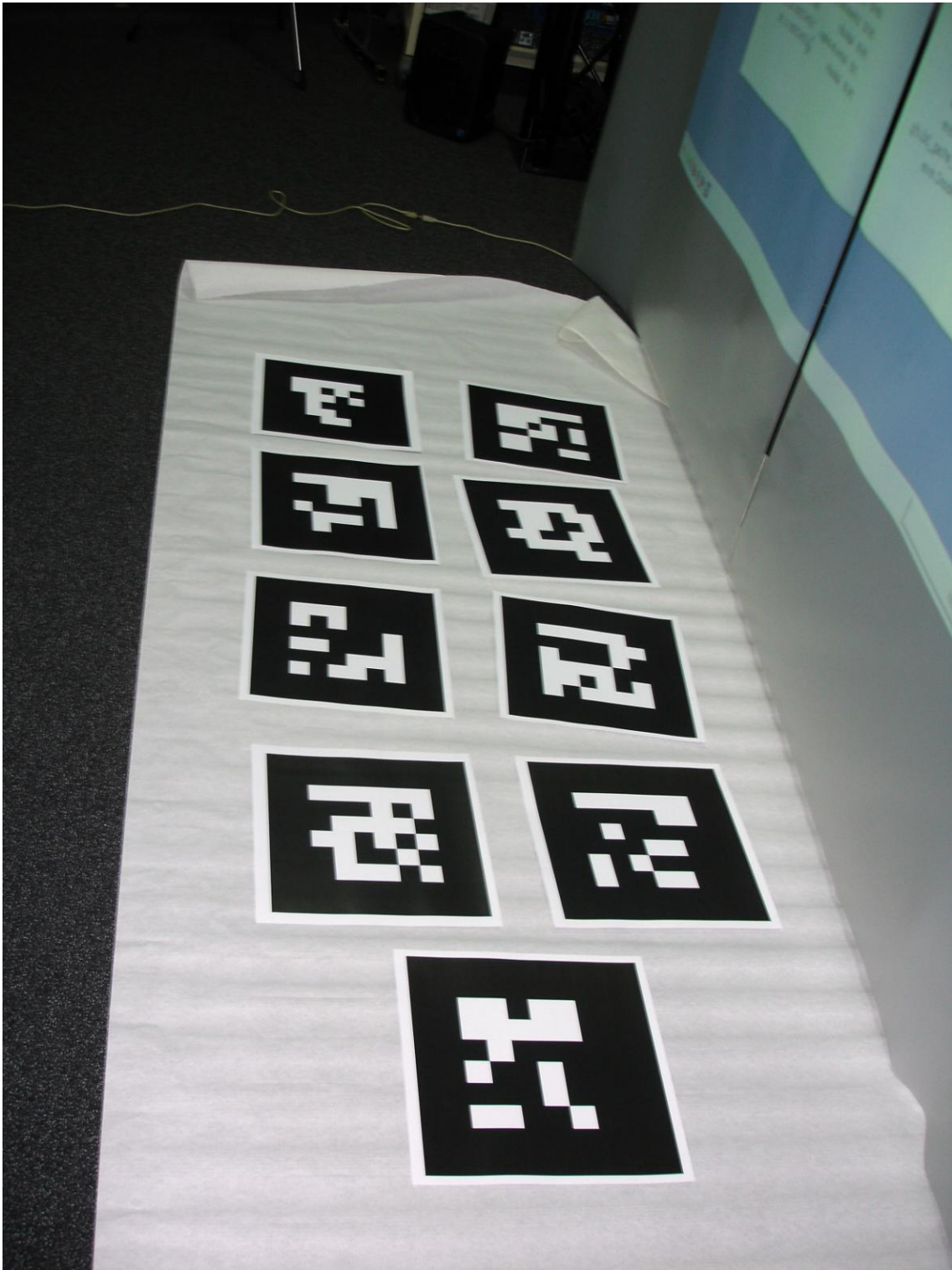


Fig. 2. Camino de la rayuela compuesta por marcas con diferentes patrones en blanco y negro. Imagen de creación propia, 2008.

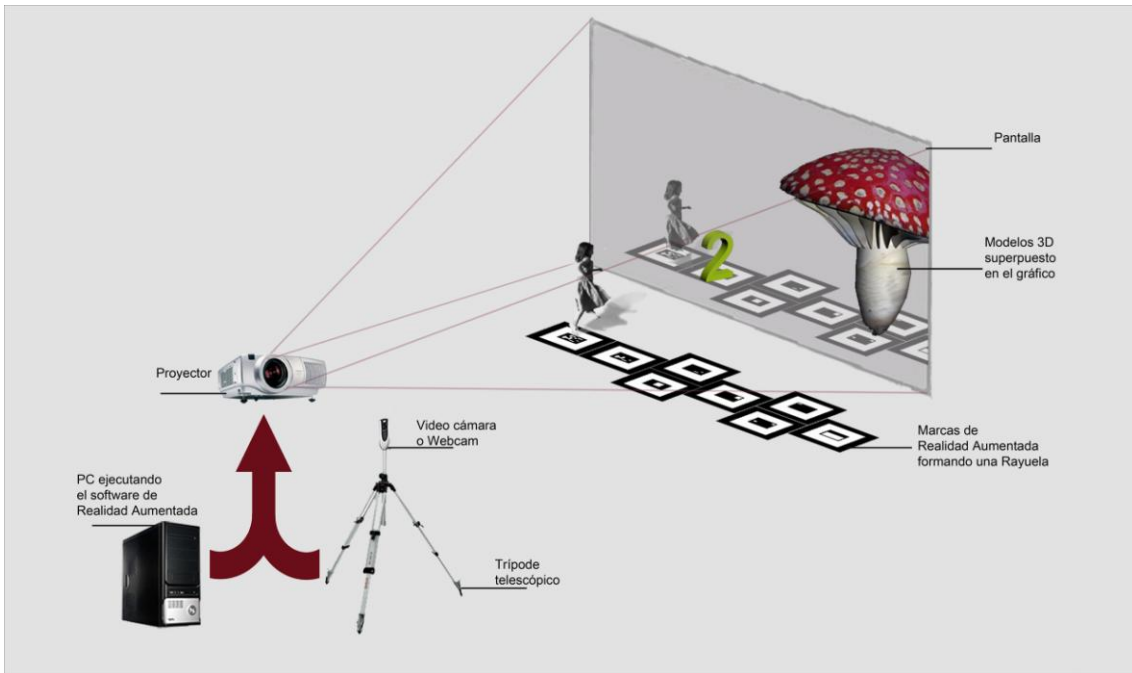


Fig. 3. Esquema de los componentes para la instalación del sistema. Imagen de creación propia, 2010.

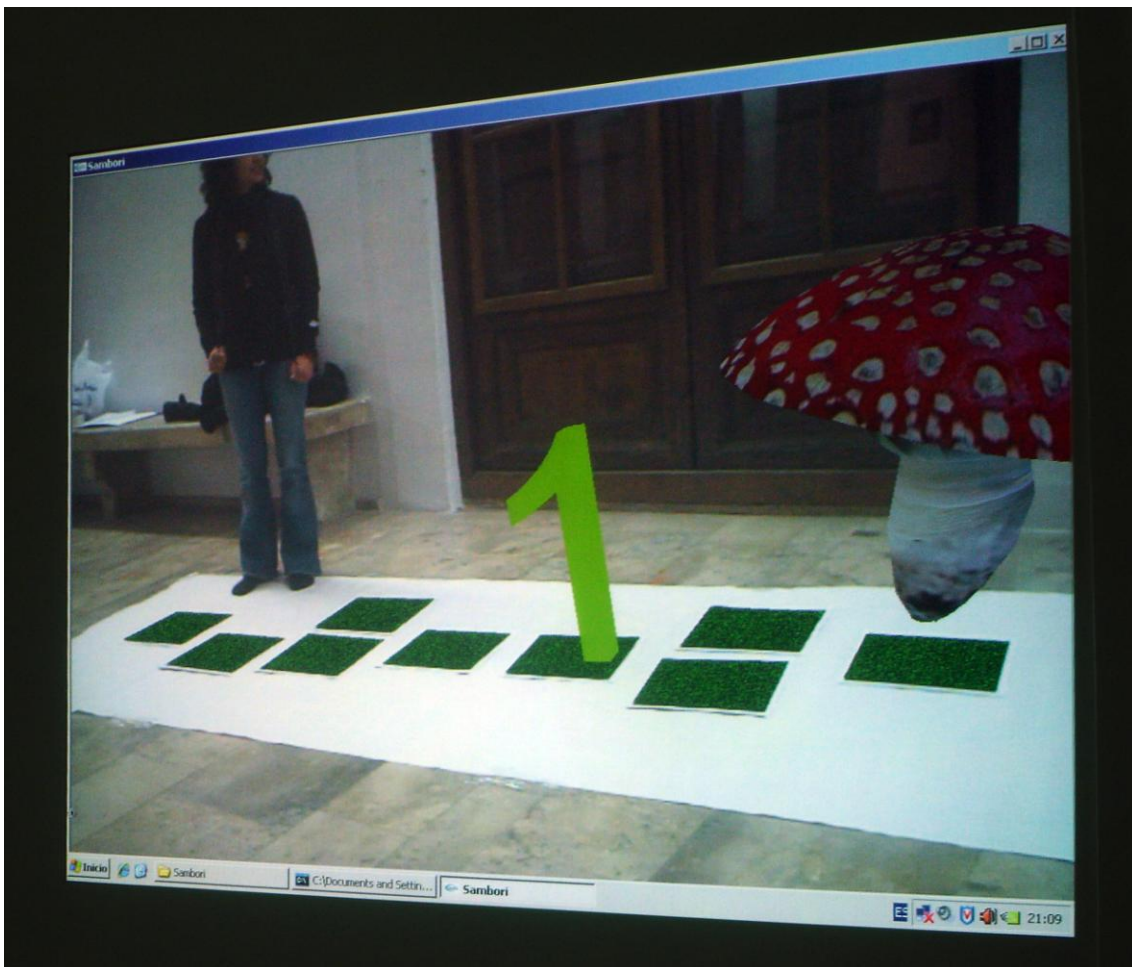


Fig. 4. Inicio del sistema, trozos de césped, un uno y una seta 3D sobre las marcas. Imagen de creación propia, 2008.

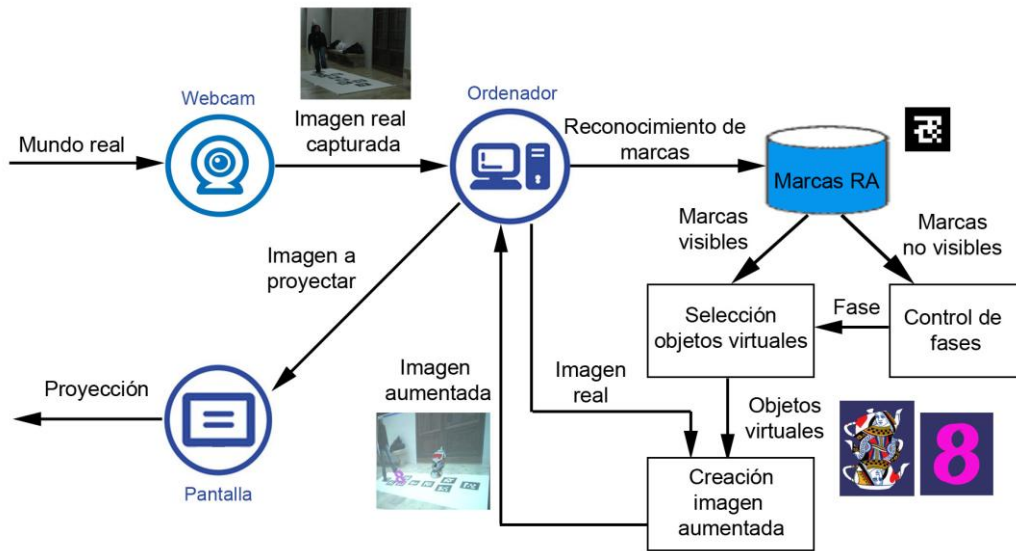


Fig. 5. Esquema del sistema software que controla la instalación. Imagen de creación propia, 2010.



Fig. 6. Objetos virtuales usados para aumentar la realidad en SAMBORI. Imagen de creación propia, 2010.



Fig. 7. Dos usuarios interactuando y jugando con el sistema de manera lúdica. Imagen de creación propia, 2008.



Fig. 8. Usuarios jugando colaborativamente en la instalación. Imagen de creación propia, 2008.