

# Dos Sistemas de Realidad Aumentada para el Tratamiento de la Acrofobia

D. Pérez<sup>1</sup>, M.C. Juan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> LabHuman. Universidad Politécnica de Valencia, España

<sup>2</sup> DSIC. Universidad Politécnica de Valencia, España

---

## Resumen

En este artículo presentamos dos sistemas de RA para el tratamiento de la acrofobia. El primero de ellos utiliza fotos navegables como elementos virtuales. En el segundo las sensaciones acrofóbicas se producen simulando que repentinamente: se abre un agujero en el suelo o se suben las paredes. Para comprobar la sensación de presencia y grado de ansiedad producidos por estos sistemas, se han realizado dos estudios comparativos. En el primero de ellos, se ha comparado el primer sistema de RA (foto navegable) con el mismo entorno real. En el segundo, se ha comparado el segundo sistema de RA con un sistema similar de RV. Los resultados han demostrado que la RA produce suficiente sensación de presencia y ansiedad en usuarios sin fobia. Por consiguiente, a falta de hacer pruebas con pacientes reales, nos inclinamos a pensar que este tipo de sistemas puede ser una alternativa a la RV para terapia.

Categorías y descriptores (de acuerdo a ACM CCS): I.3.8 [Computer Graphics]: Applications

---

## 1. Introducción

La acrofobia es un miedo intenso a las alturas, lo que conlleva la evitación de situaciones relacionadas con la altura (balcones, etc.). El tratamiento más común para la acrofobia es la exposición "in vivo" gradual, en la que se rompe el comportamiento de evitación exponiendo al paciente a una serie de estímulos ordenados de forma jerárquica. Así, después de un tiempo el paciente se habitúa y el miedo decrece progresivamente. Sin embargo, tanto la Realidad Virtual (RV) como la Realidad Aumentada (RA) se presentan como tecnologías interesantes para la terapia ya que se puede diseñar la situación según los elementos clave de un problema concreto, generando así en la persona las mismas reacciones y emociones que las que experimenta en una situación similar en el mundo real.

Centrándonos en la fobia objeto de estudio, citaremos algunos trabajos relacionados. North et al. [NNC96] presentaron un estudio en el que se sometía a los usuarios a diferentes niveles de exposición, comenzando desde la altura del suelo, al lado de un puente que cruzaba un río, en medio de un pueblo. Jang et al. [JKC\*02] desarrollaron un

sistema de RV que incluía una torre para hacer 'puenting' en medio de una gran ciudad. También incluía un ascensor abierto en el que el sujeto veía cómo se incrementaba la altura. También se han realizado estudios que comparan la efectividad de la terapia basada en RV con la exposición "in vivo" [EKH\*02]. Estos estudios han demostrado que la terapia basada en RV es tan eficaz como la exposición "in vivo".

## 2. Primer sistema

### 2.1. Hardware y Software

Para la captura de las fotos se utilizó una cámara digital Coolpix 4500 y un ojo de pez modelo FC-E8.

El sistema de RA es 'video see-through'. Para la captura del mundo real se utilizó una cámara Dragonfly de Point Grey Research. Para la visualización se ha utilizado un casco HMD 5DT. En cuanto al tracker de cabeza, se utilizó un MTx tracker de la casa Xsens Motion Technologies,

fijado con velcro a la parte superior del casco. Véase la colocación de los tres elementos en la Figura 1.

El Sistema de RA ha sido desarrollado utilizando Brainstorm eStudio ([www.brainstorm.es](http://www.brainstorm.es)) y ARToolKit (<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit>) incorporada como plugin.



**Figura 1:** Usuario con HMD+cámara+tracker acoplados

### 2.3. Fotos navegables y su inclusión en el primer sistema

El primero de los sistemas se basa en la técnica de la fotografía inmersiva. Dicha técnica se desarrolló ampliamente durante la década de los noventa, aunque se utilizó únicamente en sistemas de RV. En este trabajo se utiliza en un sistema de RA.

La técnica de fotografía inmersiva se basa en capturar todo el espacio desde un punto y procesar digitalmente las imágenes así capturadas para obtener una foto de 360°. De esta forma, existen sistemas de visualización panorámica que basándose en imágenes estáticas, panorámicas y cilíndricas de 360°, permiten que el usuario vea una fotografía inmersiva que aparentando ser bidimensional, permite manipularla y girarla sobre 360°. Así, en este tipo de entornos, el usuario solo puede ver esa foto y nada más, sin embargo, en el sistema desarrollado podrá ver parte del entorno real e incluso partes de su propio cuerpo.

Para conseguir estereoscopia se han tomado dos fotografías a lo largo de una misma línea recta, separadas entre sí aproximadamente la distancia que existe entre los ojos del ser humano (unos 6 centímetros). Además, se tomaron otra serie de pares de fotos a una distancia a derecha e izquierda de 2 metros, para simular el desplazamiento lateral del usuario. La Figura 2.izquierda muestra una foto tal cual fue captada con el “ojo de pez”.

Para obtener la fotografía inmersiva, se deben tratar las fotos originales captadas. Para ello se utilizó la herramienta incorporada en el paquete Panorama Tools of Helmut Dersch (<http://fh-furtwangen.de/~dersch>), en concreto PtPicker.

Para la navegación del usuario en la foto navegable se utilizó un tracker de cabeza, que indicaba la zona de la foto navegable a visualizar como elemento virtual.

Además se incorporó la posibilidad de navegar de forma espacial utilizando para ello las marcas colocadas en el mundo real (Figura 3). Al desplazarse el usuario en el mundo real hacia la izquierda o la derecha, el sistema pasaba a visualizar los pares de fotos navegables correspondientes. El sistema de RA debe detectar alguna marca para determinar la foto a visualizar.

Una característica importante del sistema es la posibilidad que tiene el usuario de ver partes de su cuerpo en el entorno mezclado. Ello es posible porque está viendo parte de la imagen captada por la cámara y colocada en los 180° restantes de la esfera (en los otros 180° está la foto navegable). En esta versión no se han añadido elementos adicionales. La Figura 2.derecha muestra una imagen en la que se ve parte de una presa y las manos del usuario.

Se incluyeron distintas fotos navegables que se correspondían con distintos niveles de altura, desde un piso hasta una azotea de trece pisos.



**Figura 2:** Izquierda) Imagen captada con el “ojo de pez”. Derecha) Imagen de las manos del usuario junto a la presa



**Figura 3:** Marcas utilizadas en el sistema de RA

### 2.4. Resultados

En el primer estudio se comparó el sistema de RA y el entorno real (del que se había creado la foto navegable). El entorno real correspondió a una escalera exterior de la Escuela Técnica Superior de Informática Aplicada de nuestra Universidad (UPV) vista desde el piso superior.

En el primer estudio participaron 41 participantes, 28 hombres y 13 mujeres. Todos ellos estudiantes, becarios o empleados de la UPV (edades 17-45 años) [JBB\*06].

En el segundo estudio participaron 25 participantes, 20 hombres y 5 mujeres. Todos ellos profesores de

Informática, algunos de ellos expertos en gráficos, y estudiantes de doctorado de la UPV (edades 24-61 años).

Las pruebas y los cuestionarios a rellenar fueron exactamente los mismos en ambos estudios. Se separaron los participantes en estos dos grupos para ver si la experiencia en informática que tenían la mayoría de los participantes del segundo estudio, ofrecía resultados diferentes del primer estudio. En el primer estudio la mayoría de los participantes eran estudiantes de primer curso como refleja la edad mínima.

Todos los participantes rellenaron el cuestionario sobre acrofbia [Coh77] para excluir a los participantes que sufrieran esta fobia.

Los participantes utilizan el sistema de RA o visitaban el entorno real. Los participantes fueron contrabalanceados y asignados a una de las dos condiciones siguientes:

- a) El participante utilizaba primero el sistema de RA y, posteriormente, visitaba el entorno real.
- b) El participante visitaba el entorno real en primer lugar y luego utilizara el sistema de RA.

Tras rellenar dicho cuestionario y antes de utilizar el sistema de RA o visitar el entorno real, los participantes escuchaban una narración para que la experiencia tuviera más sentido e interés para ellos.

Tras asignar al participante a una de las dos condiciones de exposición, comenzaba la sesión. Cada exposición duraba entre 5 y 10 minutos. En el caso de la visita al entorno real, lo único que había que hacer era observar todos los detalles del entorno. En el caso del sistema de RA la interacción consistía en girar la cabeza para ver el entorno y desplazarse mediante pasos laterales para cambiar de foto.

Tras finalizar cada sesión, el participante rellenaba un cuestionario de Slater [SUS94] adaptado a esta situación, en el que había 6 preguntas. Cada cuestión se valora en una escala de 1 a 7, donde 7 representa el mayor grado de presencia.

La primera de las cuestiones era: Por favor, valora tu sensación de estar en un espacio en el que hay una escalera, de 1 a 7, donde 7 representa tu experiencia normal de estar en un lugar. Tuve la sensación de "estar ahí" en un espacio con una escalera: 1. Nada en absoluto. 7. Totalmente

La media del primer grupo de participantes al utilizar la fotografía inmersiva fue de  $5.56 \pm 1.23$  y la del segundo grupo fue de  $5.3 \pm 1.22$ . Como se puede observar en estos datos las sensaciones de un grupo y otro eran similares.

Analizando todos los datos de los dos grupos se puede concluir que la fotografía inmersiva provoca un gran nivel de presencia en usuarios sin fobia, aunque no llega a confundirse con el mundo real.

Los participantes no experimentaron mareos o molestias al utilizar el HMD.

### 3. Segundo sistema

#### 3.1. Hardware y Software

Los componentes hardware y software utilizados para el desarrollo de este segundo sistema son los mismos que los descritos para el primer sistema.

El único hardware adicional es un joystick. Se trata de un dispositivo inalámbrico con conexión USB, concretamente un Logitech WingMan Cordless Rumblepad.

#### 3.2. Descripción

En este segundo sistema se han creado dos sistemas uno de RA y otro de RV que recrean una misma situación acrofbica (el suelo se hunde en medio de una habitación y se suben las paredes).

El modelado del agujero en el suelo se realizó utilizando 3D Studio Max. Creando distintas posibilidades de hundimiento. Además se desarrolló otra animación, que consistía en hacer creer al usuario que estaba cayendo al fondo del agujero al mismo tiempo que éste se formaba (especie de efecto ascensor).

Para aumentar el realismo de la escena se incorporaron sonidos que acompañaran a las animaciones.

Respecto al sistema de RA, se utilizaron 3 marcas para que el sistema determinara dónde colocar el agujero. Se hizo que las tres marcas funcionaran como una sola, así la posición y orientación siempre era la media obtenida de todas las marcas capturadas en un frame. De esta forma se conseguía dotar al sistema de mayor estabilidad. Además se incorporó un joystick inalámbrico para el control del sistema, y así facilitar la interacción con la aplicación.

Respecto al sistema de RV debía incluir como entorno virtual la habitación modelada en la que se iba a probar el sistema de RA. Así pues, se modeló de forma realista dicha habitación. De nuevo se utilizó 3D Studio Max, utilizando fotos de la habitación real para el mapeado de texturas. Tras este paso se incluyó en la habitación el agujero. Para la interacción con el entorno se utilizaron los mismos joystick y tracker que se utilizaron en el sistema de RA.

#### 3.3. Resultados

El estudio consistió en comparar el sistema de RA y el de RV. Los sistemas de RA y de RV se compararon para determinar la sensación de presencia en población no clínica. 20 participantes. Todos ellos estudiantes o becarios de la UPV. El protocolo y cuestionarios fueron similares a los descritos en la sección 2.4.

Cada exposición del usuario duraba entre 5 y 10 minutos y constaba de una serie de etapas secuenciales previamente definidas:

- Navegación libre del usuario por el entorno.
- Colocación del usuario al borde del agujero.
- Hundimiento del suelo, repetidas veces.
- Colocación del usuario en el centro del agujero.
- Por último simulación de hundimiento simultáneo de usuario y suelo, repetidas veces (Figura 5).

Una de las cuestiones formuladas a los participantes tras su exposición era: Por favor, valora tu sensación de estar en una habitación, de 1 a 7, donde 7 representa tu experiencia normal de estar en un lugar. Tuve la sensación de “estar ahí” en una habitación: 1. Nada en absoluto. 7. Totalmente.

La media al utilizar el sistema de RA fue de  $5.2 \pm 1.64$ . La media al utilizar el sistema de RV fue de  $5.25 \pm 1.25$ . Estos datos muestran que ambos sistemas provocan una sensación de presencia similar.

Analizando el resto de las cuestiones, podemos concluir que ambos sistemas provocan sensación de presencia en usuarios sin fobia, y que dicha sensación de presencia es similar. A falta de realizar más pruebas para poder reafirmar estadísticamente esta conclusión, se puede extrapolar que la RA es una alternativa válida para el tratamiento de la acrofobia.



**Figura 5:** Efecto ascensor en sistema RA

Al igual que en el caso anterior, los participantes no experimentaron mareos o molestias al utilizar el HMD.

#### 4. Conclusiones

Se han presentado dos sistemas de RA para el tratamiento de la acrofobia. El primero de ellos utiliza fotografía inmersiva. En el segundo se han desarrollado dos sistemas, uno de RA y otro de RV. El elemento virtual común es una moqueta en la que se hunde el suelo y se suben las paredes. Además, en el sistema de RV se incluye como entorno la habitación modelada en la que se realizan las pruebas de RA.

Para comprobar la sensación de presencia y grado de ansiedad provocados por estos sistemas, se han realizado

dos estudios comparativos. En el primero de ellos, se ha comparado el primer sistema de RA (foto navegable) con el mismo entorno real. En el segundo, se ha comparado el segundo sistema de RA con un sistema de RV. Para determinar el grado de presencia se ha utilizado un cuestionario de Slater et al. [SUS94] modificado. Los resultados indican que la RA produce suficiente sensación de presencia y genera ansiedad en usuarios sin fobia. Por consiguiente, a falta de hacer pruebas con pacientes reales, nos inclinamos a pensar que este tipo de sistemas puede ser una alternativa a la RV para terapia.

Utilizar RA conlleva una gran ventaja con respecto a la RV y es que el entorno real no hay que modelarlo con el consiguiente ahorro temporal y económico.

#### 5. Agradecimientos

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a:

- Cristina Botella y Rosa Baños, por su inestimable ayuda.
- LabHuman, por prestar los medios para el desarrollo y validación de los dos sistemas.

#### 6. Referencias

- [Coh77] COHEN, D.C. Comparison of self-report and behavioral procedures for assessing acrophobia. *Behavior Therapy*, 8:1 (1977), 17-23
- [EKH\*02] EMMELKAMP, P.M.G., KRIJN, M., HULSBOSCH, A.M., DE VRIES, S., SCHUEMIE, M.J. & VAN DER MAST, C.A.P.G. Virtual reality treatment versus exposure in vivo: a comparative evaluation in acrophobia. *Behaviour Research and Therapy*, 40:5 (2002), 509-516
- [JKC\*02] JANG, D.P., KU, J.H., CHOI, Y.H., WIEDERHOLD, B.K., NAM, S.W., KIM, I.Y. & KIM, S.I. The development of virtual reality therapy (VRT) system for the treatment of acrophobia and therapeutic case. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 6:3 (2002), 213-217
- [JBB\*06] JUAN, M.C., BAÑOS, R., BOTELLA, C., PÉREZ, D., ALCAÑIZ, M., MONSERRAT, C. An Augmented Reality System for acrophobia: The sense of presence using immersive photography. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 15 (2006), 393-402
- [NNC96] NORTH, M.M., NORTH, S.M. COBLE, J.R. Effectiveness of virtual environment desensitization in the treatment of agoraphobia. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 5:3 (1996), 346-352
- [SUS94] SLATER, M., USOH, M., & STEED, A., Depth of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 3 (1994), 130-144