



Entornos virtuales inmersivos como herramienta de evaluación de la percepción espacial. Propuesta metodológica

Albert Sánchez Riera (1); Isidro Navarro Delgado (1); Ana M. Lacasta (2); Ernest Redondo (1)

(1) *Departamento Representación Arquitectónica, Universitat politècnica de Catalunya, (UPC);* (2) *Departamento de Tecnología de la Arquitectura, Universitat politècnica de Catalunya, (UPC)*



Figura 1 Ejemplo de distintas representaciones de un entorno virtual creado a partir de un espacio real para el análisis de materiales e iluminación, Fuente: elaboración propia

Resumen

Este escrito plantea una propuesta metodológica con el objetivo de evaluar la percepción espacial en entornos virtuales inmersivos (EVIs). Propone un caso de estudio a realizar en las aulas de la escuela politécnica de edificación en Barcelona, y se enmarca en un proyecto más ambicioso que pretende ahondar en la Modelización y Simulación física de espacios reales evaluando la experiencia de usuario a partir del análisis de datos educativos y fisiológicos. A partir de la construcción del gemelo digital del espacio propuesto se detallan los parámetros de la percepción espacial que deberían evaluarse, a la vez que el procedimiento a seguir. Los resultados de las tres pruebas planteadas deberán servir de base para evaluar la percepción de un usuario en un entorno inmersivo simulado digitalmente de forma realista, por comparación con un espacio real. Una alta correlación entre los resultados de las pruebas debería indicar que estos interfaces virtuales son herramientas precisas de representación de entornos reales, concluyendo que podrían utilizarse como herramientas de simulación arquitectónica.

Palabras clave

Percepción espacial; entornos virtuales inmersivos; realidad virtual; gemelo digital; experiencia de usuario

1. Introducción

El vertiginoso avance de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la última década, ha permitido su creciente integración en todos los ámbitos de la sociedad. La educación no ha escapado a ello, especialmente en el campo de la arquitectura y la representación arquitectónica, donde el uso de nuevas tecnologías como la Realidad Aumentada (RA) o Virtual (RV) ha supuesto una verdadera revolución en el aula (Hill and Valdez-García, 2020). Entre sus beneficios es destacable su contribución a la mejora de la motivación, del grado de satisfacción y el rendimiento académico (Rashid and Asghar, 2016; Pirker and Dengel, 2021). Sin embargo, la investigación de su impacto en la enseñanza es todavía incipiente y los resultados son escasos, especialmente en el ámbito de la percepción espacial, donde la RV inmersiva, convertida en una poderosa herramienta de simulación realista de un espacio arquitectónico, pudiera resultar una herramienta eficaz en el entrenamiento y desarrollo de esta habilidad cognitiva. Así, la aparición de los Entornos Virtuales Inmersivos (EVIs) brindan nuevas oportunidades de crear experiencias realistas en espacios que no existen, convertidos en gemelos digitales que, a modo de banco de pruebas, han de permitir simular las condiciones físicas de un entorno arquitectónico real.

La propuesta metodológica planteada se basa en la hipótesis que una correcta percepción del entorno debería permitir hacer estimaciones precisas sobre: (a) las medidas (alto, ancho, largo) de un espacio arquitectónico; (b) la configuración o posición relativa de un espacio o un objeto respecto a otro; (c) atributos como el acabado y calidad de cada uno de los espacios percibidos. Se asume que estas estimaciones han de permitir movernos y realizar tareas de forma eficiente y eficaz por él, ayudando a la toma de decisiones, en tanto que el usuario será capaz de percibir subjetivamente la calidad del espacio virtual de manera parecida a la que lo haría en un entorno real.

2. Antecedentes

La forma en que las personas perciben un espacio real en contraposición con su percepción en un entorno virtual ha despertado un creciente interés, paralelo al desarrollo de la tecnología (Renner, Velichkovsky and Helmer, 2013). Ya en Henry and Furness (1993), se puede encontrar un experimento similar al planteado en este escrito donde se compara la forma en que las personas perciben espacios reales y virtuales. En él se utilizan técnicas de representación virtual cada vez más inmersivas (aunque actualmente obsoletas), y los participantes realizan tareas de dimensionado, orientación y evaluación cualitativa del espacio. Los resultados entonces sugerían que los sujetos subestimaban las dimensiones del espacio representado virtualmente en comparación con las realizadas en el recorrido real. En la misma línea de infraestimación de las distancias percibidas en EVIs pueden encontrarse numerosos estudios (Creem-Regehr,

Stefanucci and Thompson, 2015; Langbehn *et al.*, 2016). En general se centran en la percepción espacial entendida como la capacidad de medir distancias entre el sujeto y un objeto por comparación entre los dos espacios reportando, en la mayoría de casos, errores significativos en la percepción de la distancia, en su mayoría debido a factores como la distancia focal del dispositivo y la calidad o resolución de la imagen (Andrus, Gaylor and Bodenheimer, 2014; Buck, Young and Bodenheimer, 2018). Otros estudios tienen por objeto evaluar como la percepción espacial ayuda a priorizar y procesar la información recibida de un entorno determinado (Carrasco, 2018) o exploran la relación entre el tamaño percibido dentro de un espacio en función de su forma (Sadalla and Oxley, 1984; Eimer, 2004; Kurki and Saarinen, 2004). Del mismo modo, ciertos autores evalúan el rendimiento del usuario por comparación (Witmer and Sadowski, 1998; Sahn *et al.*, 2005), incluso utilizando recorridos parecidos al planteado en este escrito (Young *et al.*, 2014; Ng, Chan and Lau, 2016). Todos ellos han contribuido a comprender mejor la percepción humana en los EVIs, aunque la disparidad de resultados reportados no ayuda a confiar en el uso de la RV como herramienta de investigación de experimentos cognitivos. Además, centrados en la precisión de la evaluación de las distancias percibidas, no se aborda la percepción subjetiva del espacio que el usuario interpreta.

En este contexto, parece pues oportuno proponer una evaluación mas extensa de la percepción espacial en entornos virtuales, no solo en relación con sus características físicas, sus medidas, sus formas, nuestra posición y movimiento (Simmons, 2003), sino también en relación a la percepción subjetiva del espacio visualizado.

3. Propuesta metodológica

La experiencia se realizará en tres de las aulas contiguas de la EPSEB-UPC, cuya configuración ha sido simulada como un gemelo digital que ha de servir de base de pruebas de este y otros proyectos (Figura 2).



Figura 2 Comparación del espacio real (izquierda) con el entorno virtual recreado (derecha). Fuente: elaboración propia

En primer lugar, se seleccionarán dos grupos aleatorios formado por voluntarios del grado de arquitectura y arquitectura técnica, los cuales serán sometidos a un PRE-TEST de habilidades espaciales, donde se asegurará la equivalencia entre los grupos, antes de realizar el entrenamiento, mediante un análisis de varianza. El intervalo de confianza se establecerá en 0.05. Debido a la

gran cantidad de test existentes (Saorín *et al.*, 2003), dicha prueba preliminar al que serán sometidos los dos grupos está inspirada en tests clásicos como, el Mental Rotation Test (MRT)(Albaret and Aubert, 1996) y el Differential Aptitude Test – Spatial Relations Subset (DAT –SR).

Una vez formados los dos grupos equivalentes, se realizarán una serie de actividades en un entorno real (grupo de control) y las mismas actividades en un entorno virtual (grupo experimental) en las que se evaluarán tres componentes:

1) TAMAÑO Y FORMA: Se ha escogido la opción de preguntar directamente sobre las distancias percibidas a los participantes, pues el estudio será realizado por estudiantes del ámbito de la arquitectura, acostumbrados a estimar dimensiones en espacios reales.

2) ORIENTACION ESPACIAL: Se evaluará el sentido de la orientación y la ubicación. Para ello el usuario deberá determinar en qué posición se encuentra y la posición relativa de objetos característicos situados en la escena.

3) SENSACION INDIVIDUAL DEL ESPACIO PERCIBIDO: Quizás el factor más difícil de medir, pues no existen variables objetivas para evaluar la calidad de un espacio. En nuestro caso se optará por una lista de verificación de adjetivos, que es la medida más común para tareas que requieren estimaciones de las descripciones espaciales de las personas (Craik, 1968; Pedersen, 1978)

En las pruebas se minimizará en lo posible la participación de otras funciones cognitivas. Los parámetros 1 y 2 se evaluarán mediante prueba “in situ”. Para la evaluación del componente 3 se realizará un cuestionario específico al finalizar la actividad, que también incluirá la evaluación de la usabilidad del sistema empleado. Evaluando entonces su eficiencia, eficacia y grado de satisfacción de los usuarios (Figura 3).

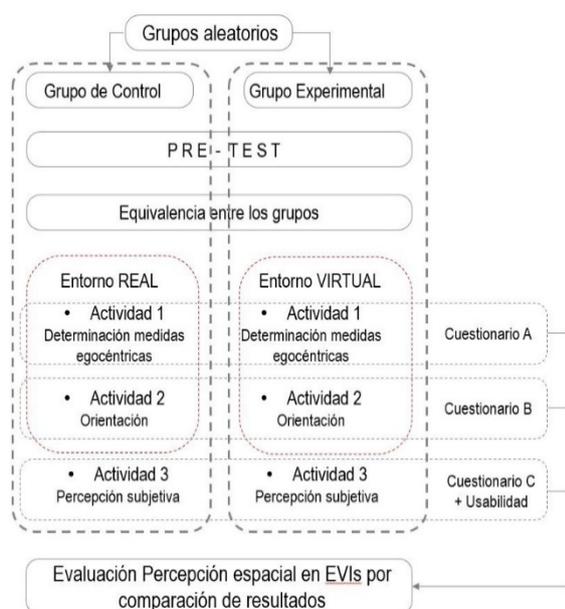


Figura 3 Esquema metodológico propuesto

4. Conclusiones

Los resultados de las tres pruebas descritas deberían servir de base para comparar un espacio existente con entorno inmersivo realista simulado digitalmente. Una alta correlación entre los resultados de las pruebas debería indicar que estos interfaces virtuales son herramientas precisas de representación de entornos reales, concluyendo que podrían utilizarse como herramientas de simulación arquitectónica. En caso contrario, los resultados podrían ayudar a detectar ciertas carencias y campos de mejora en la tecnología de RV.

Referencias

- Albaret, J. M. and Aubert, E. (1996) 'Étalonnage 15-19 ans du test de rotation mentale de Vandenberg', *Evolutions Psychomotrices*, 8(34), pp. 206–215. Available at: <http://www.psychomot.ups-tlse.fr/albaret34.pdf>.
- Andrus, S. M., Gaylor, G. and Bodenheimer, B. (2014) 'Distance estimation in virtual environments using different HMDs', in *Proceedings of the ACM Symposium on Applied Perception - SAP '14*. New York, New York, USA: ACM Press, pp. 130–130. doi: 10.1145/2628257.2628359.
- Buck, L. E., Young, M. K. and Bodenheimer, B. (2018) 'A Comparison of Distance Estimation in HMD-Based Virtual Environments with Different HMD-Based Conditions', *ACM Transactions on Applied Perception*, 15(3), pp. 1–15. doi: 10.1145/3196885.
- Carrasco, M. (2018) 'How visual spatial attention alters perception', *Cognitive Processing*, 19(S1), pp. 77–88. doi: 10.1007/s10339-018-0883-4.
- Craik, K. H. (1968) 'The Comprehension of The Everyday Physical Environment', *Journal of the American Institute of Planners*, 34(1), pp. 29–37. doi: 10.1080/01944366808977216.
- Creem-Regehr, S. H., Stefanucci, J. K. and Thompson, W. B. (2015) 'Perceiving Absolute Scale in Virtual Environments: How Theory and Application Have Mutually Informed the Role of Body-Based Perception', in pp. 195–224. doi: 10.1016/bs.plm.2014.09.006.
- Eimer, M. (2004) 'Multisensory Integration: How Visual Experience Shapes Spatial Perception', *Current Biology*, 14(3), pp. R115–R117. doi: 10.1016/j.cub.2004.01.018.
- Henry, D. and Furness, T. (1993) 'Spatial perception in virtual environments: Evaluating an architectural application', in *Proceedings of IEEE Virtual Reality Annual International Symposium*, pp. 33–40. doi: 10.1109/VRAIS.1993.380801.
- Hill, G. M. and Valdez-García, A. (2020) 'Perceptions of Physical Education Teachers Regarding the Use of Technology in Their Classrooms', *The Physical Educator*, 77(1), pp. 29–41. doi: 10.18666/TPE-2020-V77-I1-9148.
- Kurki, I. and Saarinen, J. (2004) 'Shape perception in human vision: specialized detectors for concentric spatial structures?', *Neuroscience Letters*, 360(1–2), pp. 100–102. doi: 10.1016/j.neulet.2004.01.053.

Langbehn, E. *et al.* (2016) 'Visual blur in immersive virtual environments', in *Proceedings of the 22nd ACM Conference on Virtual Reality Software and Technology*. New York, NY, USA: ACM, pp. 241–250. doi: 10.1145/2993369.2993379.

Ng, A. K. T., Chan, L. K. Y. and Lau, H. Y. K. (2016) 'Depth Perception in Virtual Environment: The Effects of Immersive System and Freedom of Movement', in, pp. 173–183. doi: 10.1007/978-3-319-39907-2_17.

Pedersen, D. M. (1978) 'Dimensions of environmental perception', *Multivariate Experimental Clinical Research*, 3(5), pp. 209–218.

Pirker, J. and Dengel, A. (2021) 'The Potential of 360-Degree Virtual Reality Videos and Real VR for Education - A Literature Review', *IEEE Computer Graphics and Applications*, pp. 1–1. doi: 10.1109/MCG.2021.3067999.

Rashid, T. and Asghar, H. M. (2016) 'Technology use, self-directed learning, student engagement and academic performance: Examining the interrelations', *Computers in Human Behavior*, 63, pp. 604–612. doi: 10.1016/j.chb.2016.05.084.

Renner, R. S., Velichkovsky, B. M. and Helmer, J. R. (2013) 'The perception of egocentric distances in virtual environments - A review', *ACM Computing Surveys*, 46(2), pp. 1–40. doi: 10.1145/2543581.2543590.

Sadalla, E. K. and Oxley, D. (1984) 'The Perception of Room Size', *Environment and Behavior*, 16(3), pp. 394–405. doi: 10.1177/0013916584163005.

Sahm, C. S. *et al.* (2005) 'Throwing versus walking as indicators of distance perception in similar real and virtual environments', *ACM Transactions on Applied Perception*, 2(1), pp. 35–45. doi: 10.1145/1048687.1048690.

Saorín, J. L. *et al.* (2003) 'Las habilidades espaciales y el programa de expresión gráfica en las carreras de ingeniería', in *Encuentro Internacional de Enseñanza de la Ingeniería Civil*. Ciudad Real. Available at: <http://www.regeo.uji.es/publicaciones/SNMC05.pdf>.

Simmons, A. (2003) 'Spatial Perception from a Cartesian Point of View', *Philosophical Topics*, 31(1), pp. 395–423. doi: 10.5840/philtopics2003311/22.

Witmer, B. G. and Sadowski, W. J. (1998) 'Nonvisually Guided Locomotion to a Previously Viewed Target in Real and Virtual Environments', *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 40(3), pp. 478–488. doi: 10.1518/001872098779591340.

Young, M. K. *et al.* (2014) 'A comparison of two cost-differentiated virtual reality systems for perception and action tasks', in *Proceedings of the ACM Symposium on Applied Perception - SAP '14*. New York, New York, USA: ACM Press, pp. 83–90. doi: 10.1145/2628257.2628261.

Datos biográficos de los autores

Albert Sánchez Riera

Profesor lector del Departamento de Representación Arquitectónica (RA) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). Doctor Arquitecto por la UPC. Miembro del grupo de investigación ADR&M

(Arquitectura, Diseño, Representación y Modelado). Corresponsable del centro de investigación ARC-UPC (*Architectural Representation Center*), centro de investigación para el impulso de la transferencia de tecnología en proyectos del área de conocimiento del departamento. Líneas de investigación actuales: uso de las TICs para la evaluación de la percepción espacial; técnicas de reconstrucción virtual y difusión del patrimonio descontextualizado.

Isidro Navarro Delgado

Profesor lector del Departamento de Representación Arquitectónica (RA) de la UPC. Doctor Arquitecto por la URL. Miembro del grupo de investigación ADR&M (Arquitectura, Diseño, Representación y Modelado). Corresponsable del centro de investigación ARC-UPC (*Architectural Representation Center*), centro de investigación para el impulso de la transferencia de tecnología en proyectos del área de conocimiento del departamento. Líneas de investigación actuales: uso de herramientas virtuales para el trabajo colaborativo.

Ana Maria Lacasta

Catedrática de Universidad del departamento de Tecnología de la Arquitectura de la UPC. Doctora en ciencias físicas por la UB. Responsable del grupo de investigación GICITED (grupo interdisciplinar de ciencia y tecnología en la edificación) y de la Red LIGNOMAD, desde su creación hasta la actualidad. Responsable del Laboratorio de Fuego de la EPSEB-UPC, del 2009 al 2021. Responsable del Laboratorio de Acústica y Ahorro de Energía de la EPSEB-UPC desde el 2021. Líneas de investigación actuales: soluciones bio-sostenibles para la mejora acústica y al fuego de envolventes de edificios; laboratorios virtuales para la evaluación de entornos de madera sostenibles

Ernest Redondo

Profesor Titular del departamento de Representación Arquitectónica de la UPC. Doctor en Arquitectura por la UPC, acreditado favorablemente como Catedrático de Universidad por ANECA en 2019. Tercer sexenio concedido en 2017. Subdirector de Postgrados de la ETSAB (2011-2017). Director del grupo de investigación ADR&M, Arquitectura Representación y Modelización, e investigador principal de tres proyectos competitivos de ámbito autonómico (2014 MOOC 00019) y estatal, (EDUC/2012-37247/EDUC y BIA2016-77464-C2-1-R).

Investigador desde 2018 en el proyecto: 586437-EPP-1-2017-1-AT-EPPKA2-CBHE-JP, European Commission -Erasmus+, como responsable del ámbito de Representación Gráfica Arquitectónica. Líneas de investigación actuales: investigación educativa sobre el uso de las TICs aplicadas al ámbito de la arquitectura