



EL ESPACIO DIGITAL: COMPARATIVA DE LAS ÚLTIMAS TÉCNICAS DE VISUALIZACIÓN ARQUITECTÓNICA

DIGITAL SPACE: COMPARATIVE EVALUATION OF THE LATEST ARCHITECTURAL TECHNIQUES

*Juan Luis Higuera Trujillo, Juan López-Tarruella Maldonado,
Carmen Llinares Millán, Susana Iñarra Abad*

doi: 10.4995/ega.2017.4234

La gran evolución tecnológica en los medios de representación arquitectónica durante las últimas décadas, ha abierto un nuevo abanico de posibilidades digitales para visualizar el espacio no construido.

Los sistemas de inmersión espacial, desarrollados inicialmente por la industria del videojuego, han ido adentrándose en el escéptico ámbito de la representación arquitectónica, ofreciendo una serie de innegables ventajas, entre ellas facilitar la comprensión de los espacios al no especializado. Con el objeto de estudiar las bondades de estas nuevas herramientas virtuales, se llevó a

cabo un estudio experimental que compara la respuesta del usuario ante distintos soportes gráficos y tecnológicos.

Con una muestra de 84 participantes, los datos obtenidos revelan importantes diferencias en la percepción del espacio en función del formato y soporte empleado para su representación. Los resultados de este trabajo permiten reflexionar en torno a los nuevos medios de representar la arquitectura, en el ámbito profesional y el docente.

PALABRAS CLAVE: VISUALIZACIÓN ARQUITECTÓNICA. ARQUITECTURA VIRTUAL. REALIDAD VIRTUAL. PERCEPCIÓN. DISEÑO ARQUITECTÓNICO. SIMULACIÓN

The great technological evolution of architectural rendering resources over the last few decades has opened up a new range of possibilities to visualise the non-built space.

The spatial immersion systems, developed by the videogame industry, have entered in the sceptical area of architectural rendering, offering a series of undeniable advantages including enhancing the understanding of spaces to inexperienced people.

In order to study the benefits of these new virtual tools, an experimental study was carried out so as to compare the user response to technological and graphic supports. With a sample of 84 individuals, the obtained data reveal significant differences in the space perception depending on the format and support used to their representation. The results of this study allow us to reflect on new means of architectural rendering in the professional and teaching field.

KEYWORDS: ARCHITECTURAL VISUALIZATION. VIRTUAL ARCHITECTURE. VIRTUAL REALITY. PERCEPTION. ARCHITECTURAL DESIGN. SIMULATION



1. Realidad Virtual Inmersiva.

Proyecto: Carratalá arquitectos. Imagen: bgstudio

2. Visualización Estereoscópica Inmersiva.

Proyecto: "River House. An Exploration of Using Virtual Reality to present an Architectural Project". Imagen: cedida por Thomas Walker

1. Immersive Virtual Reality.

Proyect: Carratalá arquitectos. Picture: bgstudio

2. Stereoscopic Immersive Visualization. Project: "River House. An Exploration of Using Virtual Reality to present an Architectural Project". Picture: courtesy of Thomas Walker

Debido a su inherente dependencia espacial (Bollnow & D'Ors, 1969), el ser humano siempre ha tenido la necesidad de representar su entorno (Rohrmann & Bishop, 2002) mediante simulaciones ambientales lo más exactas posible atendiendo a su finalidad (de Kort, Ijsselsteijn, Kooijman, & Schuurmans, 2003). En el caso de la arquitectura, se convierten en parte fundamental de su lenguaje (Sainz, 2005) profesional y pedagógico (Fig. 1).

Para generar las simulaciones arquitectónicas se dispone de multitud de medios, que han ido incorporándose y reciclándose a medida que la tecnología lo posibilitado. Desde los tradicionales dibujos y maquetas, hasta la fotografía, el vídeo, o los montajes. Actualmente, las constantes innovaciones en la informática aplicada a la simulación mediante modelos tridimensionales están convirtiendo la "Realidad Virtual",

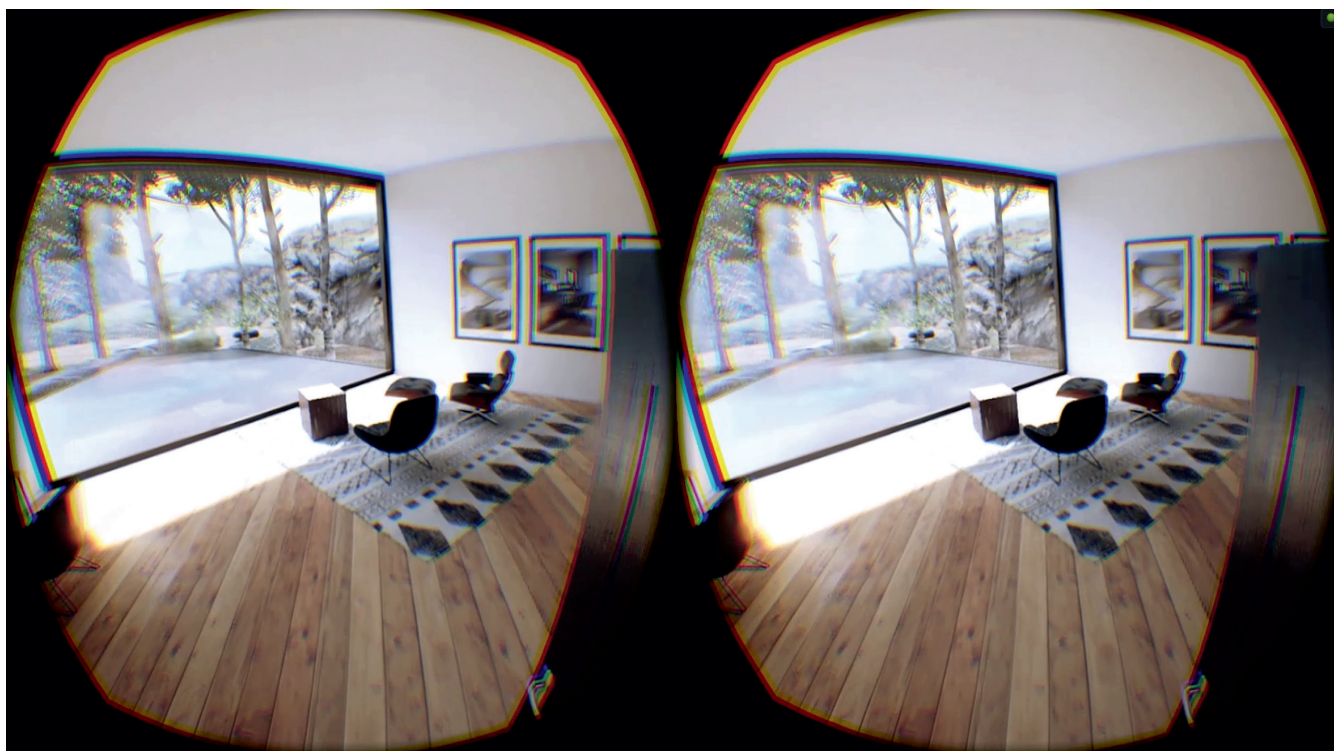
otrora una tecnología inabordable, en una herramienta habitual que según ciertos autores (Ackerman, 2002) implicará una revolución comparable a la que tuvo la introducción del papel (Fig. 2).

La Realidad Virtual ofrece la posibilidad de generar representaciones arquitectónicas que generan la sensación de "estar ahí" (Steuer, 1992). Para ello se utilizan conjuntamente dispositivos de presentación, como puedan ser monitores o Head-Mounted-Display (cascos de Realidad Virtual), y de interacción, como teclados y joysticks (de Kort et al., 2003). Si bien su capacidad de generar simulaciones realistas es cada día mayor (Rohrmann & Bishop, 2002), la Realidad Virtual aún presenta algunas limitaciones (para una revisión ver: de Kort et al. 2003). Sin embargo, aunque una simulación nunca igualará a la realidad, el avance que supone en el

Owing to their inherent spatial dependence (Bollnow & D'Ors, 1969), human beings have always needed to represent their surroundings (Rohrmann & Bishop, 2002) through environmental simulations as accurate as possible according to their purpose (de Kort, Ijsselsteijn, Kooijman, & Schuurmans, 2003). In the case of architecture, they come to play a pivotal role in its language (Sainz, 2005), either professional or pedagogical (Fig. 1).

In order to generate architectural simulations, there are a multitude of available tools which have been included and recycled to the extent that technology has enabled it. From traditional drawings and scale models to photography, video and montages. Nowadays, constant innovations in computing applied to simulation by tridimensional models are transforming "Virtual Reality", quondam unapproachable technology, into a common tool which, according to some authors (Ackerman, 2002), will imply a revolution comparable to that one which meant the paper introduction (Fig. 2).

Virtual Reality offers the possibility of creating architectural renderings which generate the sensation of "being there"





(Steuer, 1992). In order to do it, presentation devices are jointly used such as monitors or Head-Mounted-Display ("Virtual-Reality" headsets), and interaction devices such as keyboards and joysticks (de Kort et al., 2003). In spite of the fact that its capability to generate realistic simulations is increasing (Rohrmann & Bishop, 2002), Virtual Reality still has some limitations (for a review see: de Kort et al. 2003).

Nevertheless, although a simulation will never equal to reality, the progress which it constitutes in language (Pietsch, 2000) and the architectural fact are undeniable. Technology and its applications are immerse in profound changes, being considered as a paradigm shift (de Kort et al., 2003). On the one hand, we find the rapid development of new formats and supports and, on the other hand, the increase in their use and standardisation in the professional sector (Bishop & Rohr Mann, 2003). As a consequence, despite lots of studies having been conducted on the simulation of surroundings, the previous investigations are now insufficient (Stamps, 1990). Thus, it is crucial to update them in order to include technological advances.

One of the main issues in the simulation field is the study of its function depending on the context in which it is used (Kalawsky, 2000). In the same manner as a drawing with a low level of detail may contain the most valuable information, an environmental representation may be useful without being particularly realistic. In this sense, it is important to specify that environmental simulation has two main functions: to study human perception and to represent design aspects. The first one has found affinity in environmental psychology and the second one has found it in design in general and to architecture in particular. Therefore, it is an essential tool whose utility must be studied appropriately. The study of the utility of simulations is linked to the concept of 'credibility' (Buller & Burgoon, 1996). Ever since the work of Appleyard (1977) determined the aspects involved in the credibility of representations, these have been redefined (Sheppard, 1989) and condensed (Pietsch, 2000; Radford et al., 1997): 'precision', accuracy which permits to acquire knowledge similar to unlimited observation; 'realism', generation



3a

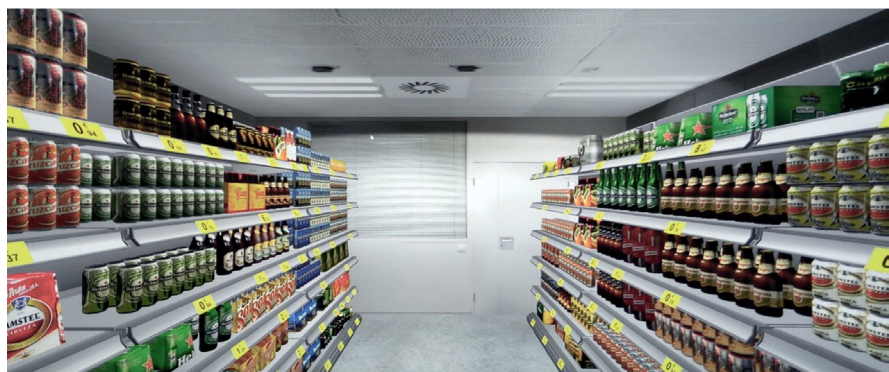
lenguaje (Pietsch, 2000) y el hecho arquitectónico resulta innegable.

La tecnología y su aplicación se encuentran bajo profundos cambios, considerándose un cambio de paradigma (de Kort et al., 2003). Por un lado encontramos la proliferación de nuevos formatos y soportes, y por otro el aumento de su uso y estandarización en el sector profesional (Bishop & Rohrmann 2003). Por ello, a pesar de que se han desarrollado muchos estudios sobre la simulación de entornos, las investigaciones anteriores son ahora insuficientes (Stamps, 1990). De esta forma, actualizarlas para incorporar los avances tecnológicos resulta esencial.

Una de las principales cuestiones en el ámbito de la simulación es el estudio de su función dependiendo del contexto en que se utilice (Kalawsky 2000). De igual forma que un dibujo con poco nivel de detalle puede contener la información más importante, una representación ambiental puede ser útil sin ser espe-

cialmente realista. En este sentido, es importante precisar que la simulación ambiental tiene dos funciones principales: investigar la percepción humana y expresar aspectos de diseño. La primera ha encontrado afinidad en la psicología ambiental, y la segunda en el diseño en general y a la arquitectura en particular. Por ello, resulta una herramienta indispensable cuya utilidad debe estudiarse adecuadamente.

El estudio de la utilidad de las simulaciones se ha vinculado al concepto de "credibilidad" (Buller & Burgoon, 1996). Desde que el trabajo de Appleyard (1977) determinase los aspectos involucrados en la credibilidad de las representaciones, éstos han sido redefinidos (Sheppard, 1989) y condensados (Pietsch, 2000; Radford et al., 1997): "precisión", exactitud que permite adquirir conocimiento similar al de la observación ilimitada; "realismo", generación de una experiencia similar a la real (Hall, 1990), y "abstracción", relacionada con



3b



3. Fotografía Tradicional (arriba) y Entorno Virtual (abajo) del espacio evaluado

el nivel de detalle (Bates-Brkljac, 2009). Ampliamente estudiada en representaciones tradicionales y escuetamente en las representaciones arquitectónicas generadas con nuevos medios como los renders (Otxotorena 2007) o la Realidad Virtual (Bates-Brkljac, 2009), constituye una aproximación transversal válida para estudiar y comparar la utilidad del amplio abanico de formatos-soportes del que dispone la expresión gráfica arquitectónica.

Sin embargo, aunque la información técnica es amplia, no encontramos muchos estudios sobre el efecto pormenorizado y combinado de los nuevos formatos y soportes en la simulación arquitectónica, ni su comparación con otros más tradicionales. Y, cuando los encontramos, el ritmo con que evoluciona la tecnología los ha dejado desfasados. ¿Suponen los nuevos medios una ventaja en la validez de la representación o una ayuda en el diseño? ¿Cuáles son los más apropiados? Sin una evaluación actualizada, la elección recae directamente en la intuición del profesional o docente, con las limitaciones que esto implica.

De esta forma, nuestro objetivo es estudiar la adecuación de los principales formatos y soportes empleados actualmente en la arquitectura. Siguiendo las tendencias en investigación, mercado tecnológico y producción arquitectónica, se tomaron como formatos la “Fotografía Tradicional”, la “Fotografía Panorámica 360°”, y la “Realidad Virtual”; y como soportes el “Monitor” y “Head-Mounted-Display”. Durante el estudio se evaluaron mediante semántica diferencial representaciones arquitectónicas de un mismo entorno generadas por la combinación de los anteriores

3. Traditional Photograph (above) and Virtual Environment (below) of the evaluated space

formatos y soportes. Para hacerlo rigurosamente de acuerdo a la teoría de la expresión gráfica arquitectónica, fueron igualadas en cuanto a “uso”, “modo de presentación” y “técnica gráfica” (Sierra, 1997). Estableciendo así una comparativa útil al investigador, docente, y profesional de la arquitectura.

Material y métodos

Con objeto de contar con un espacio en condiciones controladas de laboratorio donde efectuar el experimento, el espacio a visualizar fue una sala tematizada como zona de venta de bebidas ubicada en el Laboratorio de Neurotecnologías Inmersivas (LENI) de la Universidad Politécnica de Valencia.

Formatos: los formatos seleccionados fueron los siguientes (Fig. 3):

- Fotografía tomada con cámara GoPro Hero3+Silver. Atendiendo a la limitación inherente a este formato para captar todo el ambiente, se seleccionó el punto de vista más representativo (Hetherington, Daniel, & Brown, 1993).
- Fotografía panorámica 360°x180° generada a partir de 6 fotografías.
- Entorno Virtual estereoscópico interactivo visualizable en primera persona.

Soportes: los soportes de visualización seleccionados fueron los siguientes:

- Ordenador portátil con pantalla de 15,6 pulgadas y resolución de 1280x720 píxeles.
- Head-Mounted-Display Samsung Gear VR con pantalla estereoscópica de 1280x1440 píxeles por ojo, tracking de posición de la cabeza y navegación mediante joystick inalámbrico.

of an experience similar to the real one (Hall, 1990), and ‘abstraction’, related to the level of detail (Bates-Brkljac, 2009). Being thoroughly studied in traditional representations and briefly in architectural renderings created with new means such as renders (Otxotorena 2007) or Virtual Reality (Bates-Brkljac, 2009), it constitutes a transversal approximation which is acceptable to study and to compare the utility of a wide range of available formats-supports in architectural graphic expression. However, despite technical information is comprehensive, we do not find many studies regarding the detailed and combined effect of new formats and supports on architectural simulation, not even their comparison with more traditional ones. And, when we find them, the rate with which technology evolves leaves them outdated. Are new means an advantage in the validity of a representation or a design aid? Which are the most appropriate? Without an updated assessment, the choice falls squarely on the intuition of a professional or a teacher, with the limitations which this implies.

Thus, our aim is to study the adequacy of the main formats and supports currently used in architecture. Following trends in research in the technological market and in architectural production, “Traditional Photography”, “Panoramic Photography” and “Virtual Reality” were considered as formats, and “Monitor” and “Head-Mounted-Display” as supports. During the study, architectural renderings of a same environment created by a combination of the aforementioned formats and supports were assessed with differential semantics. In order to do it rigorously according to the theory of architectural graphic expression, they were equalled with regard to “use”, “display model” and “graphic technique” (Sierra, 1997), thereby making a useful comparison for researchers, teachers and architecture professionals.

Material And Methods

In order to have a space with controlled laboratory conditions to carry out the experiment, the space to visualise was a room themed as a drinks selling zone located in the Laboratory of Immersive Neurotechnologies (LENI) at Universidad Politécnica de Valencia.



formato

	Fotografía	Fotografía 360°	Escenario Virtual (sin desplazamiento)	Escenario Virtual (con desplazamiento)
Ordenador Portátil	●			●
Samsung Gear VR	●	●	● (estereoscópico)	● (estereoscópico)

T. 1

Formats: the following formats were selected (Fig. 3):

- Photograph taken with GoPro Hero3+Silver camera. Taking into account the inherent limitation of this format to capture the entire environment, the most representative point of view was selected (Hetherington, Daniel, & Brown, 1993).
- 360°x180° panoramic photograph generated on the basis of 6 photographs.
- Stereoscopic and interactive Virtual Environment viewable in first person.

Supports: the following visualization supports were selected:

- Laptop with a 15.6-inch screen and 1280x720 resolution.
- Head-Mounted-Display Samsung Gear VR with stereoscopic screen of 1280x1440 resolution per eye, head position tracking and navigation through a wireless joystick.

The evaluated combinations were those ones which are included in Table 1.

Questionnaire: to collect the user response, a questionnaire of space assessment was designed using 7-point Likert scales, being 1 the minimum score and 7 the maximum score for the concepts:

- Abstraction.
- Precision.
- Realism.
- "It may orient me easily".
- "It would help me make decisions on interior design".

Sample: the total studied sample was 84 individuals. Figure 4 shows the sample structure by age and gender. The sample size was calculated considering a confidence level of 95 per cent, a variance of 2.5 (according to similar studies) and an error margin of 1, resulting in a minimum N of 10 individuals per stimulus.

Development of the experience: the experimental phase was conducted in the laboratory, in the same room for all

Las combinaciones evaluadas fueron las indicadas en la Tabla 1.

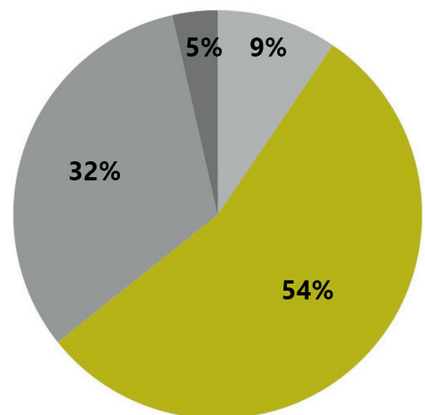
Cuestionario: para recoger la respuesta del usuario se diseñó un cuestionario de valoración del espacio mediante escalas tipo Likert de siete puntos (siendo 1 la valoración mínima y 7 la máxima para los conceptos:

- Abstracción.
- Precisión.
- Realismo.
- "Podría orientarme fácilmente".
- "Me ayudaría a tomar decisiones de diseño de interior".

Muestra: la muestra total estudiada fue de 84 participantes. La Figura 4 muestra la estructura por edad y sexo de la muestra. El tamaño muestral se calculó considerando un nivel de confianza del 95%, una varianza de 2,5 (según estudios similares) y un margen de error de 1, resultando una N mínima de 10 sujetos por estímulo.

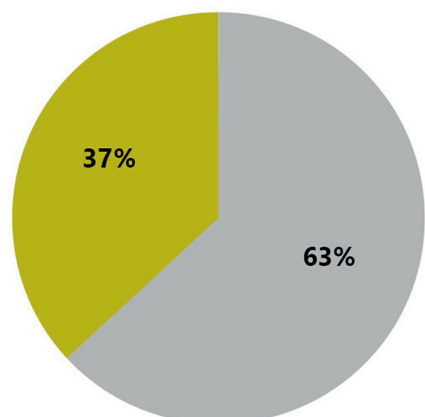
Desarrollo de la experiencia: el pase experimental fue desarrollado en laboratorio, en una misma sala para todas las experiencias (Fig. 5). Al comienzo de cada sesión el sujeto recibía información sobre el experimento y firmaba el formulario de consentimiento. A continuación se le explicaban las instrucciones, y para iniciar el experimento en las mismas circunstancias se le disponía sentado en posición cómoda oyendo un audio de relajación con los ojos cerrados durante dos minutos. Seguidamente un estímulo aleatorizado durante diez minutos, y se le pasaba el cuestionario. Los estímulos mostrados fueron aleatorizados según se indica en la Tabla 2.

Tratamiento de datos: los datos obtenidos fueron tratados estadísticamente utilizando el software estadístico SPSS 22.0. En primer lugar se realizó un análisis descriptivo para detectar tendencias en los resultados.



■ 18 a 25 ■ 26 a 35 ■ 36 a 45 ■ 46 o más

edad



■ hombre ■ mujer

sexo

Tabla 1. Combinaciones de formatos y soportes evaluados

4. Muestra estudiada y descomposición demográfica

Tabla 2. Frecuencia de visualización de las diferentes combinaciones de formatos y soportes

5. Fotografías tomadas durante los pases experimentales

Table 1. Combinations of evaluated formats and supports

4. Studied sample and demographic structure

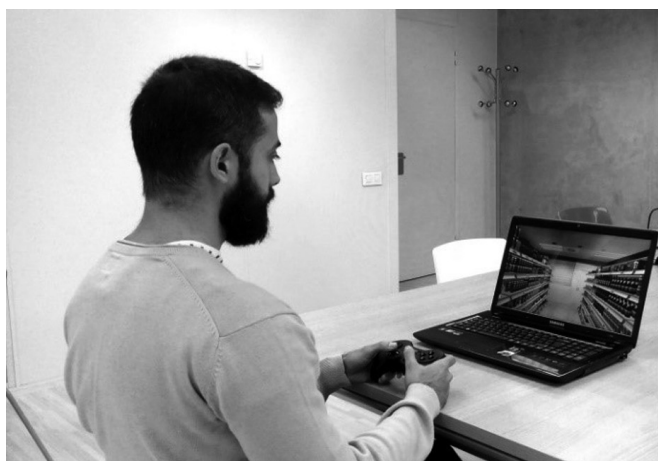
Table 2. Visualisation frequency of different combinations of formats and supports

5. Photographs taken during the experimental passes

frecuencia

estímulo	Fotografía / Ordenador Portátil	14
	Fotografía / Samsung Gear VR	11
	Fotografía 360° / Samsung Gear VR	10
	E. Virtual (sin movimiento) / Samsung Gear VR	11
	E. Virtual (con movimiento) / Samsung Gear VR	13
	E. Virtual (con movimiento) / Ordenador Portátil	15

T. 2



5

A continuación se agruparon los estímulos. Por un lado, en tres formatos según la libertad de visión permitida: imagen con punto de vista estático (estímulos 1 y 2), imagen con ángulo de visión libre (estímulos 3 y 4) y Entorno Virtual con libre movimiento (estímulos 5 y 6). Por otro lado, en los dos soportes de presentación: ordenador portátil (estímulos 1 y 6) y Head-Mounted-Display (estímulos 2, 4 y 5).

Posteriormente se buscaron correlaciones estadísticamente significativas entre conceptos, formatos y soportes. Se utilizó el coeficiente de correlación no-paramétrico Rho de Spearman al no ajustar las muestras a una distribución normal en el Test de Shapiro-Wilk.

Por último, se buscaron diferencias estadísticamente significativas entre formatos y soportes en rela-

ción a los conceptos evaluados. Se utilizaron los tests no-paramétricos de Kruskal-Wallis (formatos) y U de Mann-Whitney (soportes) definiendo un nivel de significación del 5% y un intervalo de confianza del 95%.

Resultados

Las medias estandarizadas-z muestran una clara división entre fotografías y Entornos Virtuales en relación a los conceptos *abstracción*, *precisión* y *realismo*. Igualmente, se aprecian diferencias entre la fotografía tradicional y los formatos, con mayor grado de inmersión en relación a los conceptos *facilidad de orientación* y *ayuda al diseño* (Tabla 3, valores negativos en rojo y positivos en verde). Las medias agrupadas por formato y soporte enfatizan estos resultados.

experiences (Fig. 5). At the beginning of each session, the subject received information on the experiment and the consent form. Then, the instructions were explained to the subject and, so as to start the experiment under the same circumstances, they were sitting in a comfortable position, listening to a relaxing audio with their eyes closed for two minutes and next, a randomized stimulus for ten minutes and the questionnaire was given to each one. The shown stimuli were randomized as indicated in Table 2.

Data processing: collected data were statistically processed by the statistical software SPSS 22.0. Firstly, a descriptive analysis was carried out to identify tendencies in the results.

Then, stimuli were grouped. On the one hand, into three formats depending on the freedom of vision permitted: image with static point of view (stimuli 1 and 2), image with free viewing angle (stimuli 3 y 4) y Virtual Environment with free movement (stimuli 5 and 6). On the other hand, into two display



estímulo

	Abstraccion	Precision	Realismo	Orientacion	Ayuda al diseño
Fotografía / Ordenador Portátil	-0,36	0,444	0,345	-0,446	-0,868
Fotografía / Samsung Gear VR	-0,112	0,087	0,345	-0,404	-0,488
Fotografía 360° / Samsung Gear VR	-0,223	0,475	0,345	0,47	0,577
E. Virtual (sin movimiento) / Samsung Gear VR	0,137	-0,307	0,204	0,012	0,642
E. Virtual (con movimiento) / Samsung Gear VR	0,218	-0,454	-0,606	0,012	0,331
E. Virtual (con movimiento) / Ordenador Portátil	0,278	-0,176	-0,428	0,379	0,025

soporte formato

Imagen estática	-0,251	0,287	0,345	-0,427	-0,7
Imagen 360°	-0,035	0,065	0,271	0,23	0,611
Entorno Virtual	0,25	-0,305	-0,511	0,209	0,167
Ordenador personal	-0,03	0,123	-0,055	-0,019	-0,406
Cascos de RV	0,089	-0,238	-0,053	-0,118	0,171

T.3

supports: laptop (stimuli 1 and 6) and Head-Mounted-Display (stimuli 2, 4 and 5). Subsequently, statistically significant correlations were sought among concepts, formats and supports. The non-parametric Spearman's Rho correlation coefficient was used since the samples did not follow a normal distribution in the Shapiro-Wilk Test. Finally, statistically significant differences were sought between formats and supports according to the assessed concepts. The non-parametric tests of Kruskal-Wallis (formats) and of Mann-Whitney U (supports) were used, defining a 5% significance level and a 95% confidence interval.

Results

The standardized z-scores show a clear division between the photographs and the Virtual Environments in relation to the *abstraction*, *precision*, and *realism* concepts. Equally, differences between the traditional photography and the formats are appreciated, with a higher degree of immersion in relation to the *easiness of orientation* and *design aid* concepts (Table 3, negative values in red and positive ones in green). The pooled means by format and support emphasize these results. The Spearman test shows a series of statistically significant relationships between concepts, formats and supports (Table 4). Figure 6 schematize these relationships. Regarding the concepts, firstly, *abstraction*, *precision* and *realism* show strong links between them. Secondly, *precision* and *realism* are linked with the easiness of orientation.

La prueba de Spearman muestra una serie de relaciones estadísticamente significativas entre conceptos, formatos y soportes (Tabla 4). La Figura 6 esquematiza estas relaciones.

En cuanto a conceptos, en primer lugar, *abstracción*, *precisión* y *realismo* presentan fuertes vínculos entre sí. En segundo lugar, *precisión* y *realismo* se vinculan con la facilidad de orientación. Por último, la facilidad de orientación se vincula directamente con la ayuda en decisiones de diseño.

En cuanto a formatos, la imagen 360° y la imagen tradicional se relacionan respectivamente positiva y negativamente con la capacidad de *ayuda al diseño*.

En cuanto a soportes, los Head-Mounted-Display y la pantalla tradicional se relacionan respectivamente positiva y negativamente con la capacidad de *ayuda al diseño*.

Por último, los tests no-paramétricos muestran diferencias estadísticamente significativas en relación al concepto *ayuda al diseño*.

Entre formatos, la fotografía tradicional presenta una peor valoración (nivel de significación de 0,000) frente sus dos competidores más inmersivos.

Entre los dos soportes evaluados también aparecen diferencias (nivel de significación de 0,01) siendo superiores las valoraciones de los Head-Mounted-Display.

Conclusiones

En primer lugar se ha comprobado que la terna de aspectos "*precisión-abstracción-realismo*" se interrelacionan íntimamente, como era de prever al ser distintos componentes de un mismo concepto subyacente. Al respecto, el presente trabajo supone además una incipiente contribución a la aplicación de este marco teórico en nuevos formatos y soportes. Así, aunque en este respecto debería desarrollarse una investigación *ad hoc*, puede adelantarse que en el ámbito de la arquitectura resulta válido para el estudio de la credibilidad de nuevas formas de representación gráfica y su comparación con las tradicionales.

En segundo lugar, los nuevos formatos y soportes de representación de espacios producen mejores puntuaciones como herramientas de "*ayuda al diseño*".

En cuanto a formatos, la imagen panorámica presenta las mayores

Tabla 3. Medias normalizadas de las variables, segmentadas por formato y soporte
 Tabla 4. Correlaciones significativas entre soportes, formatos y conceptos
 6. Esquema de relaciones entre formatos y conceptos

Table 3. Pooled means of the variables segmented by format and support
 Table 4. Significant correlations between supports, formats and concepts
 6. Relations scheme between formats and concepts

		Abstracción	Precisión	realismo	Orientación	Ayuda al diseño
formato	Abstracción	<i>Coef.</i>		-,427**	-,262*	-,176
		<i>Sig.</i>		,000	,024	,133
	Precisión	<i>Coef.</i>	-,427**		,493**	,425**
		<i>Sig.</i>	,000		,000	,000
	realismo	<i>Coef.</i>	-,262*	,493**		,305**
		<i>Sig.</i>	,024	,000		,008
	Orientación	<i>Coef.</i>	-,176	,425**	,305**	
		<i>Sig.</i>	,133	,000	,008	
	Ayuda al diseño	<i>Coef.</i>	,007	,167	,191	,418**
		<i>Sig.</i>	,950	,156	,103	,000
soporte	imagen estática	<i>Coef.</i>	-,195	,211	,242*	-,248*
		<i>Sig.</i>	,095	,072	,038	,033
	imagen 360°	<i>Coef.</i>	,028	,059	,159	,137
		<i>Sig.</i>	,816	,616	,176	,243
	Entorno Virtual	<i>Coef.</i>	,165	-,260*	-,383**	,115
		<i>Sig.</i>	,160	,025	,001	,331
	Ordenador personal	<i>Coef.</i>	-,124	,204	-,009	,068
		<i>Sig.</i>	,330	,106	,945	,594
	Cascos de RV	<i>Coef.</i>	,124	-,204	,009	-,068
		<i>Sig.</i>	,330	,106	,945	,594

** La correlación es significativa en el nivel 0,01. * La correlación es significativa en el nivel 0,05.

T. 4





Finally, the easiness of orientation is directly linked with the design decisions aid.

As far as the formats are concerned, the 360° image and the traditional image are related respectively positively and negatively with the ability of *design aid*.

In respect of the supports, the Head-Mounted Display and the traditional screen are related respectively positively and negatively with the ability of *design aid*.

Finally, non-parametric tests show the statistically significant differences in relation to the *design aid* concept.

Among formats, traditional photography shows a worse score (level of significance of 0.000) than its two more immersive competitors.

Within the assessed supports there are also differences (level of significance of 0.01), being higher the score of the Head-Mounted Display.

Conclusions

Firstly, it has been proved that the slate of aspects '*precision-abstraction-realism*' are closely interrelated, as could be foreseen given that they are different components of the same underlying concept. Thereon the present work also involves an emerging contribution to the implementation of this theoretical framework on new formats and supports. Thus, despite in this respect an *ad hoc* research should be carried out, it can be advanced that in the field of architecture it is valid for the study of the credibility of new ways of graphic representation and their comparison to the traditional ones.

Secondly, the new formats and supports for the representation of spaces produce higher scores as '*design aid*' tools.

Regarding formats, panoramic image presents the highest scores in its photorealistic version (360° x 180°) as well as in its virtual one (stereoscopic Virtual Environment without movement), followed by the Virtual Environments with free movement. In respect of the supports, the visualization by means of Head-Mounted Display shows higher scores for photography as well as for Virtual Environments.

The classification of the different formats and supports according the concept '*design aid*' shown in Figure 7, allows us to reflect on the

valoraciones tanto en su versión fotorealista (fotografía 360°x180°) como virtual (Entorno Virtual estereoscópico sin movimiento), seguida por los Entornos Virtuales con libre movimiento. En cuanto a soportes, la visualización mediante Head-Mounted-Display revela valores superiores tanto para fotografía como para Entornos Virtuales.

La clasificación de los diferentes formatos y soportes según el concepto "ayuda al diseño" mostrada en la Figura 7, permite reflexionar sobre la dirección que estas nuevas herramientas visuales deben tomar en el ámbito docente y profesional.

Entendiendo el diseño como el proceso creativo en el que se formaliza la propuesta arquitectónica, este estudio experimental nos muestra que el amplio abanico de herramientas digitales en la actualidad, pueden ser de gran utilidad para el arquitecto en cada una de las fases del proceso, desde el análisis hasta su comunicación visual. ■

Referencias

- ACKERMAN, J., 2002. *Origins, imitation, conventions: Representation in the visual arts*, Cambridge, USA: MIT Press.
- APPELYARD, D., 1977. *Understanding Professional Media*, USA: Springer.
- BATES-BRKLJAC, N., 2009. Assessing perceived credibility of traditional and computer generated architectural representations. *Design Studies*, 30(4), pp.415-437.
- BISHOP, I.D. y ROHRMANN, B., 2003. Subjective responses to simulated and real environments: a comparison. *Landscape and urban planning*, 65(4), pp.261-277.
- BOLLNOW, O. y D'ORS, V., 1969. *Hombre y Espacio*, Barcelona: Labor.
- BULLER, D.B. y BURGOON, J.K., 1996. Interpersonal deception theory. *Communication theory*, 6(3), pp.203-242.
- HALL, R., 1990. Algorithms for realistic image synthesis. In D. F. Rogers & R. A. Earnshaw, eds. *Computer graphics techniques: Theory and practice*. New York: Springer, pp. 189-231.
- HETHERINGTON, J., DANIEL, T.C. y BROWN, T.C., 1993. Is motion more im-

portant than it sounds?: The medium of presentation in environment perception research. *Journal of environmental psychology*, 13(4), pp.283-291.

- KALAWSKY, R.S., 2000. The validity of presence as a reliable human performance metric in immersive environments. In *Presence 2000, 3rd International workshop on presence*. Delft, The Netherlands.
- de KORT, Y. A. W., IJSSELSTEIJN, W. A., KOOIJMAN, J., y SCHUURMANS, Y., 2003. Virtual laboratories: Comparability of real and virtual environments for environmental psychology. *Presence: Teleoperators and virtual environments*, 12(4), pp.360-373.
- LORENZO, A. y LÓPEZ, F., 2015. El dibujante digital. Dibujo a manoalzada sobre tabletas digitales. *EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica*, 20(25), pp.108-119.
- OTXOTORENA, J.M., 2007. Dibujo y proyecto en el panorama de la arquitectura contemporánea: impacto e influjo de los nuevos procedimientos gráficos. *EGA: revista de expresión gráfica arquitectónica*, 12, pp.60-73.
- PIETSCH, S.M., 2000. Computer visualisation in the design control of urban environments: a literature review. *Environment and Planning B*, 27(4), pp.521-536.
- RADFORD, A., WOODBURY, R., BRAITHWAITE, G., KIRKBY, S., SWEETING, R., HUANG, E., 1997. Issues of abstraction, accuracy and realism in large scale computer urban models. In *CAAD futures 1997*. Netherlands: Springer, pp. 679-690.
- ROHRMANN, B. y BISHOP, I., 2002. Subjective responses to computer simulations of urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 22(4), pp. 319-331.
- SAINZ, J., 2005. *El dibujo de arquitectura: teoría e historia de un lenguaje gráfico*, Barcelona: Reverté.
- SHEPPARD, S., 1989. *Visual simulation: a user guide for architects, engineers and planners*. V. N. Reinhold, ed., New York, USA.
- SIERRA, J.R., 1997. *Manual de Dibujo de la Arquitectura*, etc. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- STAMPS, A.E., 1990. Use of photographs to simulate environments: A meta-analysis. *Perceptual and Motor Skills*, 71(3), pp.907-913.
- STEUER, J., 1992. Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence. *Journal of Communication*, 42(4), pp.73-93.

Agradecimientos

Este trabajo de investigación ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España (proyecto TIN2013-45736-R).

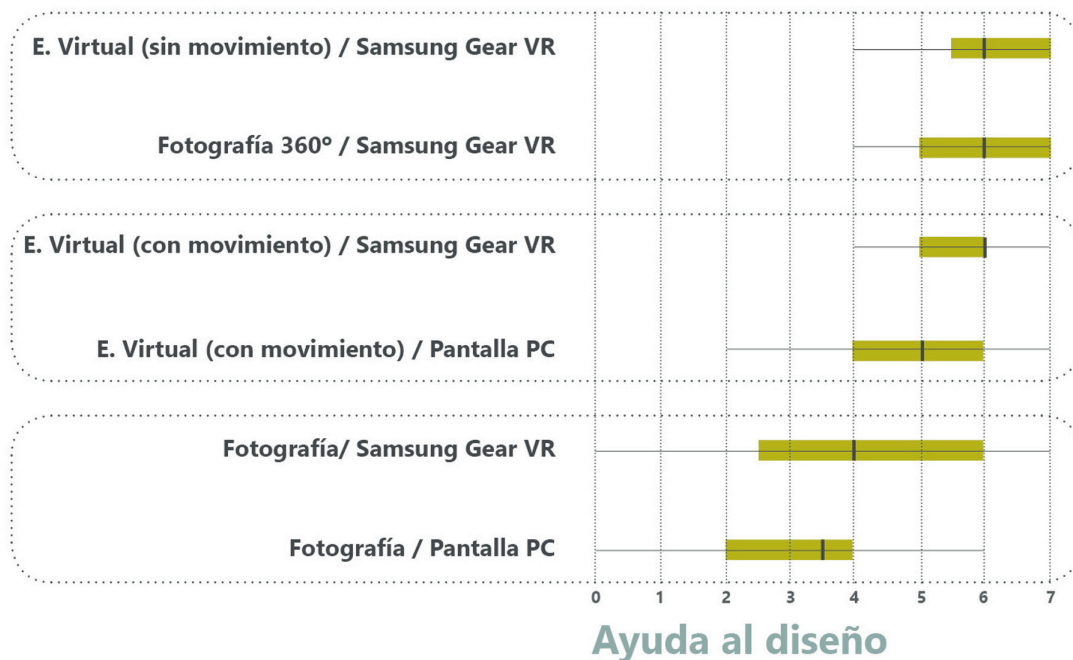
7. Diagramas de cajas de la valoración “ayuda al diseño”

7. Box diagrams of the ‘design aid’ rating

imagen con ángulo de visión libre

imagen con movimiento libre

imagen estática



7

direction that these new visual tools must take in the teaching and professional field. Understanding design as the creative process in which the architectural proposal is formalized, this experimental study shows us that the current wide range of digital tools can be extremely useful for the architect during each of the phases of the project, from the analysis to the visual communication. ■

References

- ACKERMAN, J., 2002. *Origins, imitation, conventions: Representation in the visual arts*, Cambridge, USA: MIT Press.
- APPEYARD, D., 1977. *Understanding Professional Media*, USA: Springer.
- BATES-BRKLJAC, N., 2009. Assessing perceived credibility of traditional and computer generated architectural representations. *Design Studies*, 30(4), pp.415–437.
- BISHOP, I.D. & ROHRMANN, B., 2003. Subjective responses to simulated and real environments: a comparison. *Landscape and urban planning*, 65(4), pp.261–277.
- BOLLNOW, O. & D’ORS, V., 1969. *Hombre y Espacio*, Barcelona: Labor.
- BULLER, D.B. & BURGOON, J.K., 1996. Interpersonal deception theory. *Communication theory*, 6(3), pp.203–242.
- HALL, R., 1990. Algorithms for realistic image synthesis. In D. F. Rogers & R. A. Earnshaw, eds. *Computer graphics techniques: Theory and practice*. New York: Springer, pp. 189–231.
- HETHERINGTON, J., DANIEL, T.C. & BROWN, T.C., 1993. Is motion more important than it sounds?: The medium of presentation in environment perception research. *Journal of environmental psychology*, 13(4), pp.283–291.
- KALAWSKY, R.S., 2000. The validity of presence as a reliable human performance metric in immersive environments. In *Presence 2000, 3rd International workshop on presence*. Delft, The Netherlands.
- de KORT, Y. A. W., IJSELSTEIJN, W. A., KOOIJMAN, J., & SCHUURMANS, Y., 2003. *Virtual laboratories: Comparability of real and virtual environments for environmental psychology*. *Presence: Teleoperators and virtual environments*, 12(4), pp.360–373.
- LORENZO, A. & LÓPEZ, F., 2015. El dibujante digital. Dibujo a mano alzada sobre tabletas digitales. *EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica*, 20(25), pp.108–119.
- OTXOTORENA, J.M., 2007. Dibujo y proyecto en el panorama de la arquitectura contemporánea: impacto e influjo de los nuevos procedimientos gráficos. *EGA: revista de expresión gráfica arquitectónica*, 12, pp.60–73.
- PIETSCH, S.M., 2000. Computer visualisation in the design control of urban environments: a literature review. *Environment and Planning B*, 27(4), pp.521–536.
- RADFORD, A., WOODBURY, R., BRAITHWAITE, G., Kirkby, S., SWEETING, R., HUANG, E., 1997. Issues of abstraction, accuracy and realism in large scale computer urban models. In *CAAD futures 1997*. Netherlands: Springer, pp. 679–690.
- ROHRMANN, B. & BISHOP, I., 2002. Subjective responses to computer simulations of urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 22(4), pp. 319–331.
- SAINZ, J., 2005. *El dibujo de arquitectura: teoría e historia de un lenguaje gráfico*, Barcelona: Reverté.
- SHEPPARD, S., 1989. *Visual simulation: a user guide for architects, engineers and planners*. V. N. Reinhold, ed., New York, USA.
- SIERRA, J.R., 1997. *Manual de Dibujo de la Arquitectura*, etc. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- STAMPS, A.E., 1990. Use of photographs to simulate environments: A meta-analysis. *Perceptual and Motor Skills*, 71(3), pp.907–913.
- STEUER, J., 1992. Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence. *Journal of Communication*, 42(4), pp.73–93.

Acknowledgements

The present research has been financed by the Spanish Ministry of Economy and Competitiveness (Project TIN2013-45736-R).