

# Evaluación de la percepción espacial en ambientes virtuales

**Barria Chateau, Hernán;**  
**García Alvarado, Rodrigo;**  
**Lagos Vergara, Rodrigo;**  
**Parra Márquez, Juan Carlos.**

Proyecto DIPRODE 990801-3  
Depto. Diseño y Teoría de la Arquitectura,  
Universidad del Bío-Bío.  
Depto. Sistemas de Información,  
Universidad del Bío-Bío.  
Avda. Collao 1202, Concepción, Chile  
e-mail rgarcia@ubiobio.cl

## RESUMEN

LOS AMBIENTES 3D CREADOS POR COMPUTADOR PUEDEN SERVIR COMO UNA PODEROSA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN EN ARQUITECTURA, ESPECIALMENTE CON DISPOSITIVOS DE INMERSIÓN, PERO ES NECESARIO CONOCER CON PROPIEDAD SUS CARACTERÍSTICAS ESPACIALES PARA UTILIZARLOS DE MANERA EFECTIVA. ES IMPORTANTE CONSIDERAR TAMBIÉN SUS POSIBILIDADES EN LAS REDES DE COMUNICACIÓN Y SUS IMPLICANCIAS EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA.

POR ESTA RAZÓN, EL OBJETIVO DE ESTA INVESTIGACIÓN ES EVALUAR LA PERCEPCIÓN DEL ESPACIO ARQUITECTÓNICO VIRTUAL EN RELACIÓN CON LA PERCEPCIÓN DEL ESPACIO ARQUITECTÓNICO REAL. LA INVESTIGACIÓN SE BASA EN LA COMPARACIÓN DE EXPERIENCIAS DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS EN UN ESPACIO REAL (FACULTAD DE ECONOMÍA UBB) Y EN EL MISMO ESPACIO MODELADO POR COMPUTADOR. ESTA EVALUACIÓN CONSIDERA TESTS CON CASCOS ESTEREOSCÓPICOS Y NAVEGACIÓN INTERACTIVA, UTILIZANDO CUESTIONARIOS QUE CARACTERICEN LA SENSACIÓN DE DIMENSIÓN, RELACIONES ESPACIALES Y ACONTECER.

LA MEDICIÓN DE ESPACIOS REALES Y VIRTUALES ES HECHA A TRAVÉS DE REFERENCIAS (MOBILIARIO, TEXTURAS, ETC.) O POR RELACIONES DE PROPORCIÓN ENTRE ALTURA, ANCHO Y PROFUNDIDAD, EN DIFERENTES PATRONES. LAS EXPERIENCIAS TAMBIÉN REVELAN ESQUEMAS MENTALES PARA PERCIBIR LA DIMENSIÓN DEL ESPACIO ARQUITECTÓNICO Y LA ORIENTACIÓN EN AMBIENTES CONSTRUIDOS Y VIRTUALES. ADEMÁS, LA INVESTIGACIÓN PERMITE RELACIONAR LOS DISTINTOS NIVELES DE COMPLEJIDAD E INFORMACIÓN CON EL ENTENDIMIENTO DE ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS REALES Y ESPACIOS MODELADOS.

## ABSTRACT

### EVALUATION OF SPATIAL PERCEPTION IN VIRTUAL ENVIRONMENTS

THE 3D ENVIRONMENTS CREATED BY COMPUTERS CAN BE USED AS A POWERFUL SIMULATION TOOL FOR ARCHITECTURE, ESPECIALLY WITH IMMERSIVE DEVICES, BUT IT IS NECESSARY TO KNOW PROPERLY THEIR SPATIAL CHARACTERISTICS TO USE IT EFFECTIVELY. IT IS ALSO IMPORTANT TO CONSIDER THEIR POSSIBILITIES IN COMMUNICATION NETWORKS AND THEIR IMPLICATIONS IN CONTEMPORARY ARCHITECTURE.

FOR THIS REASON, THE GOAL OF THIS RESEARCH IS TO EVALUATE THE PERCEPTION OF VIRTUAL ARCHITECTONIC SPACES IN RELATION TO THE PERCEPTION OF REAL ARCHITECTONIC SPACES. THIS RESEARCH IS BASED ON THE COMPARISON OF EXPERIENCES OF UNIVERSITY STUDENTS IN A REAL SPACE (FACULTY OF ECONOMY UBB) AND IN THE SAME SPACE MODELED BY A COMPUTER. THE EVALUATION CONSIDERS TESTS WITH STEREOSCOPIC HELMETS AND INTERACTIVE NAVIGATION, MAKING QUESTIONNAIRES TO CHARACTERIZE THE SENSATION OF DIMENSIONS, RELATIONSHIPS AND TIME FOR AN SPECIFIC ACTIVITY.

THE MEASURING OF REAL AND VIRTUAL SPACES ARE MADE THROUGH REFERENCES (FURNITURE, TEXTURES, ETC.) OR BY PROPORTIONAL RELATIONS BETWEEN HEIGHT, WIDTH AND DEPTH, IN DIFFERENT PATTERNS. THE EXPERIENCE ALSO REVEALS MENTAL SCHEMES TO PERCEIVE THE DIMENSION OF ARCHITECTONIC SPACE AND THE ORIENTATION IN A REAL AND VIRTUAL ENVIRONMENT. BESIDES, THE RESEARCH ALLOWS TO RELATE THE DIFFERENT LEVELS OF COMPLEXITY AND INFORMATION WITH THE UNDERSTANDING OF REAL ARCHITECTONIC SPACE AND MODELED SPACE.

## I. INTRODUCCION.

Los modelos tridimensionales por computador pueden servir como una poderosa herramienta en arquitectura para simular el diseño y percibir los espacios proyectados, especialmente a través dispositivos de inmersión virtual, pero es necesario conocer con propiedad sus características espaciales para utilizarlos adecuadamente.

Por esta razón, el objetivo de esta investigación es evaluar la percepción espacial en los ambientes virtuales, en relación con la percepción de espacios arquitectónicos reales, para determinar su "efectividad" en la simulación de la experiencia arquitectónica. Esto permite esclarecer su capacidad específica como medio de trabajo y comunicación del proyecto arquitectónico, y conducir mas apropiadamente su desarrollo tecnológico y su utilización profesional.

Esta investigación también contribuye en definir las características espaciales propias de los ambientes virtuales. Con el fin de establecer pautas de diseño para ambientes que no están destinados a simular situaciones reales, sino a constituir entornos autónomos para servicios electrónicos (financieros, comerciales, informativos, educativos, etc.). Esta posibilidad es relevante debido el creciente desarrollo de medios de comunicación digital y redes globales como INTERNET, cuyos servicios complementan y en alguna medida sustituyen, deman-

da de edificación y ofrecen nuevas oportunidades de diseño tridimensional para ambientar actividades (conformando una "arquitectura virtual").

También este trabajo permite identificar propiedades de los sistemas electrónicos que impregnan crecientemente la cultura actual, ya que en algún sentido los ambientes virtuales constituyen la convergencia y culminación de los medios de comunicación (el cine, la radio, la TV, la telefonía, la multimedia e Internet han ido configurando progresivamente "ambientes virtuales"). De este modo se puede caracterizar la presencia de estas propiedades en obras de la arquitectura contemporánea como respuesta al desarrollo tecnológico de la sociedad, determinando la evolución de conceptos arquitectónicos.

## **2. LA EXPERIENCIA ESPACIAL ARQUITECTÓNICA.**

En primer lugar es indispensable aclarar la experiencia espacial arquitectónica como objetivo de la simulación virtual. A pesar de la extensa tradición cultural de la arquitectura, sólo en los años 50 se difundió el concepto del espacio como "protagonista de la arquitectura" [ZEVI, 1956]. De manera simultánea a las primeras aplicaciones de la semántica en la disciplina y al reconocimiento del proceso de percepción de la realidad.

La experiencia espacial en arquitectura no se ha caracterizado sustantivamente, se ha concentrado la atención fundamentalmente en las formas y dado por entendido la manera en que se percibe el espacio arquitectónico. Uno de los autores más distinguidos en el tema [ARHEIM, 1974] sólo menciona que la experiencia espacial es fragmentada en relación a la totalidad del edificio y que las distorsiones de la percepción visual afectan la lectura del espacio.

Un teórico renombrado [HESSELGREN, 1964], a partir de la psicología experimental, identifica el fenómeno arquitectónico y detalla la "experiencia del recinto" como una actividad holística (que involucra todos los sentidos). En que es primordial "desviar la atención" para captar el espacio, vinculando las características espaciales con la interpretación semántica.

Otro conocido autor [NORBERG-SCHULZ, 1975] caracteriza la experiencia arquitectónica según diversas percepciones espaciales (lógica, cognitiva, existencial, perceptiva y pragmática) y estructuras morfológicas (centro, lugar, borde, región, camino, orientación, umbral, etc.). Un estudio más particular [MEISNER, 1984] relaciona la experiencia arquitectónica con la configuración espacial, identificando cuatro cualidades: física (morfológica), perceptual (lectura visual), emocional (evocación de sentimientos) y significativa (interpretación semántica).

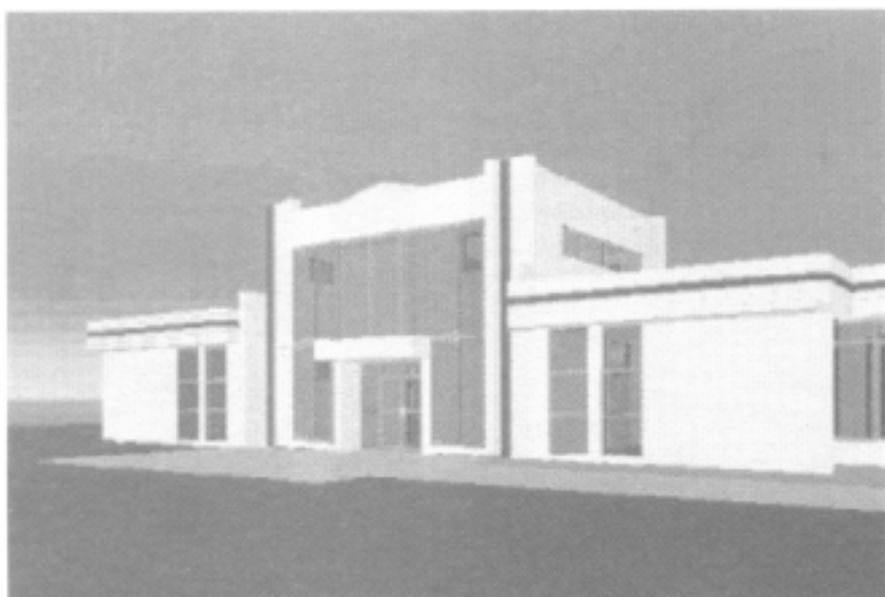
## **3. PERCEPCIÓN ESPACIAL EN AMBIENTES VIRTUALES.**

La efectividad de los ambientes virtuales se ha identificado recientemente con el concepto de "presencia", que se define como: "la experiencia subjetiva de estar en un lugar o ambiente, cuando se está físicamente situado en otro" [WITMER and SINGER: 98]. Hay que notar que esta definición no hace referencia a ambientes generados por computadora, con lo cual podría abarcar efectos logrados con cualquier medio (drogas, libros, cine, etc.). Sin embargo los mismos autores precisan que es un "fenómeno consciente que requiere atención directa y está basado en la interacción entre estímulos sensoriales y factores ambientales". Es decir que está integralmente configurado y adecuadamente "controlado" para llevar a cabo ciertas actividades, incluso de manera independiente a las características individuales.

Se concibe la percepción espacial como parte de los "factores humanos" que otorgan el sentido de "presencia" en ambientes virtuales [STANNEY et al: 98]. A través de ciertas capacidades que complementan la modelación tridimensional, principalmente: movimiento interactivo, campo de vista (FOV: field-of-view) y estereoscopia (con control interpupilar).

La percepción espacial de ambientes virtuales ha sido evaluada con fines arquitectónicos en diversos trabajos. El más difundido fue realizado en la U. de Washington [HENRY and FURNESS: 93] y pretendía medir las "características básicas de los espacios arquitectónicos" comparando ambientes reales y virtuales con uso de monitor, casco (HMD; head-mounted display), y casco con rastreo de movimiento (tracking), participando 24 estudiantes universitarios. Se consultó la dimensión de 6 recintos en una galería de arte, la orientación con respecto a ciertos objetos y la "sensación" de los espacios. Su resultado más concreto fue la determinación de un 20% de sub-estimación de las distancias en los ambientes virtuales, de manera incremental en los medios más inmersivos. Las "sensaciones" espaciales fueron similares entre los ambientes virtuales y reales, y la medición de orientación simplemente se corrompió por factores no especificados.

En el Centro Marshall de la NASA [HALE and DITMAR: 96] se efectuó una evaluación cruzada con 2 ambientes reales y 2 virtuales, involucrando 32 personas que estimaron las



distancia entre objetos dentro de los ambientes. Los resultados demostraron escasas diferencias, en particular la influencia del campo de vista en ambas situaciones, una reducción de las medidas y mayor tiempo en los ambientes virtuales.

También en la U. de Ohio se realizaron tres experiencias de evaluación [PINET: 97] con 60, 30 y 180 estudiantes, con distintas configuraciones de un sala de espera virtual, diferentes cantidades ocupantes y uso de estereoscopia. Midiendo las dimensiones, comportamiento, afectividad y magnitudes de ocupación (lo atestado) de los espacios. Los resultados eran similares a los referenciados para situaciones reales, lo que se consideró que respaldaba el realismo de los ambientes virtuales.

En la U. de Virginia [HCIL: 97] se evaluó la dimensión, orientación y tareas de representación en ambientes virtuales, con diversos

campos de vista, movimiento (momento virtual: VM) y niveles de dificultad. A través de 60 personas que recorrieron 8 recintos de un edificio de oficinas. Se determinó que el campo de vista óptimo eran 60° y que el movimiento mejora el cálculo de dimensiones y la orientación.

Finalmente, un trabajo reciente [RUDDLE et al:99] compara el uso de pantallas y cascos para navegar grandes ambientes virtuales, en ese caso un edificio de más de 70 recintos, midiendo particularmente la orientación y búsqueda de rutas (wayfinding). Sus resultados demostraron las ventajas en precisión y rapidez del uso de los cascos.

Se puede resumir que la mayoría de estas evaluaciones involucraron grupos de 30 a 60 personas, compararon ambientes reales y virtuales, el uso de monitores y cascos y midieron específicamente las dimensiones, orientación y sensación de los espacios. En sus resultados en general validaron la capacidad de simulación espacial de los

ambientes virtuales, identificaron una distorsión en la percepción de distancias, detectaron la influencia del campo de vista, pero no entregan mayores antecedentes sobre la orientación y sensaciones de los espacios.

#### 4. EXPERIENCIAS DE EVALUACION ARQUITECTONICA.

En relación a los trabajos precedentes, nuestra investigación pretende efectuar una evaluación más integral de la percepción espacial arquitectónica en ambientes virtuales, completando antecedentes de acuerdo a la caracterización de la experiencia arquitectónica que establecen autores en el tema. Por esta razón determinamos medir específicamente entre espacios arquitectónicos reales y virtuales: la percepción de la forma y dimensiones, esto último en una estimación general y cuantitativa, su organización, sensación emocional e interpretación semántica. Entendiendo que los espacios arquitectónicos están destinados a una cierta actividad dentro de un edificio en una localización específica.

De este modo seleccionamos como caso de evaluación el edificio de la Facultad de Ciencias Empresariales de nuestra Universidad emplazado en el campus universitario, en que disponemos una completa modelación virtual en Superscape VRT [REYES: 1997]. Este modelo abarca aprox. 25.000 polígonos incluyendo recintos, mobiliario, algunas texturas y comportamiento de elementos (puertas que se abren, iluminación, escaleras que se ascienden, etc.), incluyendo un entorno básico (pavimentos y árboles texturados). Con un rendimiento de aprox. 5 fps (imágenes por segundo) a tiempo real en un computador PC-Pentium II 400 Mhz. La visualización inmersiva se realizó con casco VXF-Forte con visión estereoscópica oclusiva en dos pantallas LCD de 320x200 pixels, audífonos con tarjeta de sonido de 64 bits y rastreador de orientación, además de apuntador Cyberpuck de 6DOF. También se efectuaron evaluaciones comparativas sobre monitor SVGA de 17".

El público estuvo compuesto de estudiantes universitarios que no conocían previamente el edificio, un grupo de control (aprox. 15) recorrió el edificio real y otro grupo experimen-

tal el modelo virtual en modalidades inmersivas y de pantalla (10 y 10). Ambos de manera independiente y con asistencia general, se les pedía buscar una oficina en el edificio y luego responder un cuestionario. Las consultas se referían a las variables mencionadas para dos recintos del edificio (el hall principal y una oficina), incluyendo la realización de un esquema gráfico para la organización espacial.

## 5. CONCLUSIONES

Aunque no se han completado la totalidad de las experiencias y resultados, la formulación y pruebas iniciales nos permiten extraer las siguientes conclusiones específicas;

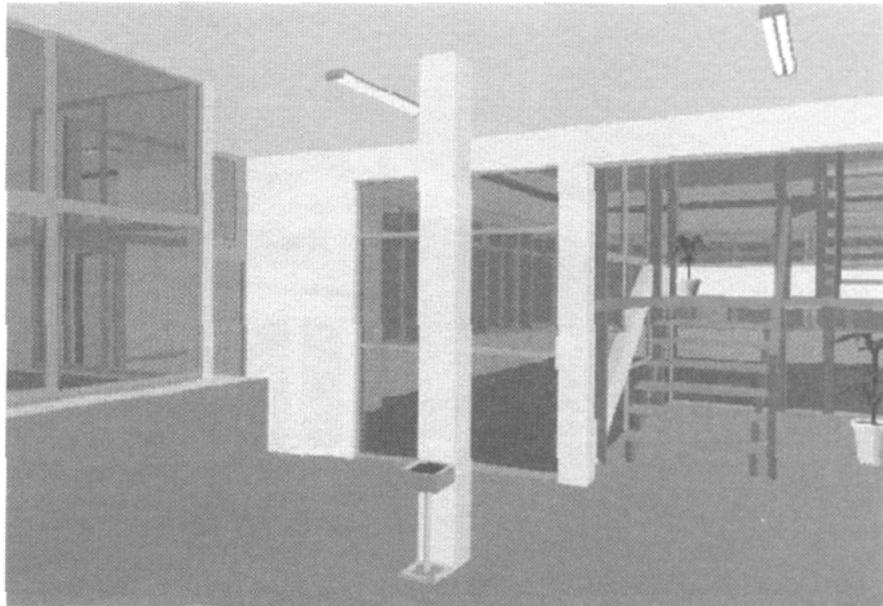
1) Las evaluaciones de ambientes virtuales para arquitectura se han concentrado en las dimensiones de los espacios, cuando la experiencia arquitectónica involucra una mayor diversidad de factores.

2) Las características de los ambientes virtuales dependen de la capacidad de los medios tecnológicos (en el nivel de detalle geométrico, apariencia, fluidez de navegación, etc.), por tanto la evaluación de efectividad es relativa a cierto nivel técnico.

3) El dimensionamiento de espacios virtuales se concentra en referencias (amoblamiento, texturas, etc) o en proporciones relativas entre el alto, ancho y profundidad, al contrario de los espacios reales que se dimensionan fundamentalmente por relación corporal y luego proporciones.

4) La percepción y orientación de los espacios arquitectónicos virtuales y reales se guía en gran medida por esquemas mentales precedentes, por sobre la información directa recibida.

5) Los niveles de complejidad e información de los espacios incide en la comprensión arquitectónica de los ambientes reales y virtuales.



## 6. BIBLIOGRAFIA

- ZEVÍ, Bruno "Saber ver la Arquitectura", Ed. Poseidón, B. Aires, 1956.
- ARHEIM, Rudolf; "La Forma Visual de la Arquitectura", Ed. G. Gili, Barcelona, 1978 trad. Ed. UCLA, Los Angeles, 1977.
- HESSELGREN, Sven; "Los Medios de Expresión de la Arquitectura", Ed. Universitaria, Buenos Aires, 1964. trad. Ed. Almqvist & Wiksell, Estocolmo, 1954.
- NORBERG-SCHULZ, Cristián; "Existencia, Espacio y Arquitectura", Ed. Blume, Barcelona, 1975, trad. Ed. Studio Vista, Londres, 1975.
- MEISSNER, Eduardo; "La Configuración Espacial"; Ed. U. Bío-Bío, Concepción, Chile, 1984.
- PINET, Celine; "Design Evaluation Based on Virtual Representation of Spaces"; "ACADIA'97, U. Cincinnati, 1997.
- HENRY, Daniel and FURNESS, Tom; "Spatial Perception in Virtual Environments: Evaluating and Architectural Application"; IEEE; 1993.
- HALE, Joseph and DITTMAR, Mary Lynne; "Virtual Reality as Human Factors; Design Analysis Tool for Architectural Spaces"; Report NASA/Marshall Space Flight Center; Alabama; 1996.
- STANNEY, Kay, MOURANT, Ronald and KENNEDY, Robert; "Human Factors Issues in Virtual Environments"; Presence Vol.7 N° 4, MIT-Press, 1998.
- RUDDLE, Roy, PAYNE, Stephen and JONES, Dylan; "Navigating Large-Scale Virtual Environments"; Presence Vol.8 N° 2, MIT-Press, 1999.
- WITMER, Bob and SINGER, Michael; "Measuring Presence in Virtual Environments"; Presence Vol.7 N° 3, MIT-Press, 1998.
- HCIL; "Spatial Perception in Perspective Displays", Report Human-Computer Interaction Lab, Virginia, 1997.
- REYES, Mauricio "Face", Memoria de Título para Ingeniería en Ejecución en Informática, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile, 1997.