

Consulte las discusiones, las estadísticas y los perfiles de los autores de esta publicación en: <https://www.researchgate.net/publication/389314632>

Dando forma al futuro de las herramientas de diseño arquitectónico a través del paradigma HCI y Inteligencia colectiva hombre-máquina

Ponencia de conferencia · Abril de 2025
DOI: 10.1145/3706599.3719720

CITAS
0

5 autores, entre ellos:



Yang Chen Lin

Universidad Nacional Tsing Hua

8 PUBLICACIONES 2 CITAS

VER PERFIL



Night-Chih tiene

Universidad Nacional Tsing Hua

61 PUBLICACIONES 847 CITAS

VER PERFIL

LECTURAS
169



Chien-Hui Su

Universidad Nacional Tsing Hua

3 PUBLICACIONES 0 CITAS

VER PERFIL

Dando forma al futuro de las herramientas de diseño arquitectónico a través de Paradigma HCI e inteligencia colectiva hombre-máquina

Yang Chen Lin
yangchenlin@nctu.edu.tw
Instituto de Sistemas de Información y
Aplicaciones
Universidad Nacional Tsing Hua
Hsinchu, Taiwán

Wen-Yen Chung
quex3201@gmail.com
Instituto de Sistemas de Información y
Aplicaciones
Universidad Nacional Tsing Hua
Hsinchu, Taiwán

Chen-Ying Chien
chenyingchien1021@gmail.com Instituto de
Sistemas de Información y Aplicaciones Universidad
Nacional Tsing Hua
Hsinchu, Taiwán

Chien-Hui Su
fabienne1023@gapp.nthu.edu.tw
Departamento de Ciencias de la
Computación Universidad Nacional
Tsing Hua Hsinchu, Taiwán

Montaña Po-Chih
kuopc@cs.nthu.edu.tw
Departamento de Ciencias de la
Computación Universidad Nacional
Tsing Hua Hsinchu, Taiwán

ABSTRACTO

Este artículo presenta el marco "Del Diseño a la Vivienda", un enfoque impulsado por la HCI para conectar las intenciones de diseño arquitectónico con las experiencias vividas. En el centro de este marco se encuentra el concepto del Modelo de Fundamentos de la Construcción Humana (HBFM), que sintetiza datos empíricos multimodales, incluyendo dimensiones visuales, lingüísticas y corporizadas, para fundamentar herramientas de diseño asistidas por IA optimizadas para el bienestar humano. Nuestro estudio preliminar analizó patrones de anotaciones humanas, características visuales generadas por máquinas y datos neuronales durante la navegación en primera persona de interiores residenciales virtuales a través de varios estilos de diseño. Los resultados demuestran una doble disociación en el procesamiento neuronal: el área de lugar parahipocampal (PPA) se correlaciona con características visuales objetivas, mientras que el complejo retrosplenial (RSC) se alinea con las experiencias espaciales subjetivas. Si bien el HBFM es actualmente conceptual, este trabajo proporciona una base empírica para su futura implementación. Este trabajo promueve tanto la HCI como el diseño arquitectónico al proporcionar metodologías empíricamente fundamentadas para el desarrollo de herramientas centradas en el usuario que conectan el conocimiento experto con la experiencia humana cuantificable dentro de los espacios arquitectónicos.

CONCEPTOS DE CCS

• Computación centrada en el ser humano → Teoría, conceptos y modelos de HCI ; • Metodologías informáticas → Ciencia cognitiva; • Computación aplicada → Diseño asistido por computadora.

PALABRAS CLAVE

Interacción humano-edificio, diseño asistido por IA, neuroarquitectura, Integración de datos multimodales, diseño centrado en el usuario

Estos autores contribuyeron igualmente a esta investigación.

Se concede permiso para realizar copias digitales o impresas de parte o la totalidad de esta obra para uso personal o académico sin costo alguno, siempre que no se realicen ni distribuyan con fines lucrativos ni comerciales, y que las copias incluyan este aviso y la cita completa en la primera página. Se deben respetar los derechos de autor de los componentes de terceros de esta obra.

Para cualquier otro uso, póngase en contacto con el propietario/autor(es).

CHI EA '25, 26 de abril - 1 de mayo de 2025, Yokohama, Japón © 2025

Copyright propiedad del propietario/autor(es).

ACM ISBN 979-8-4007-1395-8/2025/04 <https://doi.org/10.1145/3706599.3719720>

Formato de Referencia ACM:

Yang Chen Lin, Wen-Yen Chung, Chen-Ying Chien, Chien-Hui Su y Po-Chih Kuo. 2025. Modelando el futuro de las herramientas de diseño arquitectónico mediante el paradigma HCI y la inteligencia colectiva hombre-máquina. En los Resúmenes Extendidos de la Conferencia CHI sobre Factores Humanos en Sistemas Informáticos (CHI EA '25), del 26 de abril al 1 de mayo de 2025, Yokohama, Japón. ACM, Nueva York, EE. UU., 8 páginas. <https://doi.org/10.1145/3706599.3719720>

1 INTRODUCCIÓN

El proceso de diseño arquitectónico se ha basado tradicionalmente en la experiencia de los arquitectos que aplican el conocimiento profesional para crear entornos construidos. Sin embargo, a menudo existe una brecha entre las intenciones de diseño y las experiencias reales de los usuarios. Este desafío fundamental en la arquitectura ha llevado al surgimiento de la neuroarquitectura, un campo interdisciplinario que explora la relación entre los entornos construidos y la cognición, el comportamiento y el bienestar humanos. Al integrar los conocimientos de las ciencias cognitivas, la psicología, la neurociencia y la computación espacial, la neuroarquitectura busca comprender cómo el diseño moldea las experiencias humanas y la cognición espacial [17, 20, 37]. A pesar de su potencial para informar las prácticas de diseño basadas en la evidencia al examinar las respuestas neuronales, conductuales y psicológicas, la neuroarquitectura sigue teniendo el desafío de recopilar datos ecológicamente válidos, capturar la compleja interacción entre los entornos construidos y el comportamiento humano, y traducir los conocimientos científicos en principios y procesos de diseño procesables.

En este artículo, argumentamos que la Interacción Persona-Ordenador (HCI) ofrece un rico repositorio de marcos metodológicos y conceptos teóricos que pueden impulsar la investigación en (neuro)arquitectura [4, 28, 29, 39], a la vez que amplía su propio alcance teórico y crea nuevas oportunidades de investigación. Para abordar plenamente cómo la HCI puede abordar los desafíos de la neuroarquitectura, debemos expandirnos más allá de la HCI tradicional para abarcar la compleja interacción entre las personas, la tecnología, el espacio y la sociedad (sección 2.1).

Curiosamente, si miramos hacia atrás, la evolución de las herramientas de diseño arquitectónico desde el Diseño Arquitectónico Asistido por Computadora (CAAD) hasta el modelado paramétrico y el Modelado de Información de Construcción (BIM) ha introducido relaciones algorítmicas complejas y entornos colaborativos que ya abordan los tipos de problemas que las comunidades de HCI buscan abordar [10, 15, 26, 28, 29]. Más recientemente, la

Advenimiento de los sistemas de inteligencia artificial (IA) que ofrecen generación Las capacidades han influido aún más en la práctica arquitectónica [40, 42, 43]. A pesar de estos avances tecnológicos, los arquitectos a menudo siguen siendo... desconectados de las experiencias vividas de los usuarios, lo que resulta en diseños que no abordan plenamente las necesidades y comportamientos humanos reales.

Para abordar esta brecha, presentamos "Del Diseño a la Vivienda" - un marco de investigación y diseño (sección 2.2) que incorpora la Concepto del Modelo de Fundación de Construcción Humana (HBFM) que captura e integra tanto las experiencias del arquitecto como las del usuario Durante todo el proceso de diseño arquitectónico y la vida cotidiana. experiencias para unir las intenciones arquitectónicas y las experiencias del usuario. Utilizando datos ecológicos y multimodales (visuales, lingüísticos y corporales) para informar el desarrollo de arquitectura asistida por IA Herramientas de diseño optimizadas para entornos construidos que promueven el bienestar. En el En el presente estudio, construimos un conjunto de datos de video de recorrido por la casa (sección 3) con anotaciones subjetivas, psicofisiológicas y de comportamiento humano , lo que proporciona un recurso valioso para examinar cómo los individuos Interactuar con los interiores y percibirlos.

Nuestro marco destaca el papel fundamental de los datos empíricos en Permitir una colaboración significativa entre arquitectos y diseñadores herramientas, optimizando en última instancia el bienestar del usuario en los resultados arquitectónicos. Además, exploramos los posibles desafíos asociados. con la recopilación de datos, la representación del bienestar y el desarrollo de herramientas , aprovechando las ricas metodologías y conceptos teóricos de HCI. A través de este enfoque, nuestra investigación no solo contribuye al avance de la neuroarquitectura sino que también amplía la teo- límites teóricos y prácticos de la HCI.

2 ALCANCE, MARCO Y DESAFÍOS

2.1 Alcance fundamental

La trayectoria histórica de HCI está profundamente arraigada en la comprensión cómo los humanos interactúan con los sistemas computacionales, evolucionando desde un enfoque en la usabilidad individual para generar impactos colectivos y sociales. Proponemos un cambio paradigmático hacia el examen de la crítica intersección de las relaciones entre el ser humano, el espacio y la sociedad, haciendo especial hincapié en el papel de las experiencias arquitectónicas en la configuración del futuro. espacios habitables y herramientas de diseño computacional. Las experiencias arquitectónicas son inherentemente multisensoriales y corporizadas, y surgen de La interacción dinámica entre individuos, espacios y tecnologías . El alcance teórico de este artículo integra la cognición encarnada [19] y las teorías de la cognición fundamentada [6], postulando que el espacio Las experiencias surgen a través de interacciones dinámicas entre los individuos y sus contextos ambientales. Estas experiencias son moldeado por patrones sensoriomotores superpuestos y ambientales posibilidades durante la navegación y la interacción espacial [16, 18, 32]. Basándonos en la teoría del lenguaje espacial [30], nuestro alcance se centra en: Cómo las experiencias arquitectónicas trascienden el enfoque visual-espacial tradicional límites para incorporar modalidades lingüísticas y corporizadas. Esto La integración se manifiesta en la práctica profesional a través de sofisticados Patrones de comunicación multimodal: arquitectos y partes interesadas emplear representaciones híbridas que combinan elementos visuales con Descriptores lingüísticos para transmitir intenciones de diseño. Por ejemplo, Los arquitectos y los clientes a menudo utilizan una mezcla de imágenes y lenguaje para transmitir la esencia de un diseño, mientras que los usuarios potenciales lo expresan La sensación espacial durante actividades como la búsqueda de vivienda. Estas interacciones multimodales informan los procesos de diseño que conectan a los expertos.

conocimiento y experiencia vivida. Estas interacciones crean un puente entre los sistemas de conocimiento experto y la experiencia fenomenológica, facilitando resultados de diseño más matizados y centrados en el usuario. Este alcance teórico integrado proporciona una base sólida para desarrollar herramientas de diseño computacional de próxima generación que respondan a las necesidades espaciales individuales y colectivas, reconociendo al mismo tiempo la naturaleza compleja y encarnada de la experiencia arquitectónica. Al sintetizar perspectivas de la HCI, la ciencia cognitiva y la arquitectura , establecemos un marco integral para investigar y apoyar las interacciones entre el ser humano, el espacio y la sociedad.

2.2 Marco de investigación y diseño: desde Del diseño a la vivienda

Presentamos un marco de estudio teórico (Fig. 1) que se centra en tres componentes interconectados. La interacción humano-edificio [3] conecta las interacciones basadas en la experiencia de los usuarios con los edificios. entornos. El codiseño humano -IA permite a los arquitectos colaborar con herramientas asistidas por IA que generan opciones de diseño a través de Procesos basados en el conocimiento. Estas interacciones se basan en datos empíricos humanos : datos visuales, lingüísticos y corporales. a nivel conductual y neuronal, lo que alimenta el HBFM. integrando la experiencia y el conocimiento de expertos y legos, Este modelo facilita la generación de cualquiera a cualquiera (como de cerebro a video). y permite la evaluación comparativa entre diseños humanos y de IA, creando Un sistema integral para evaluar y mejorar la arquitectura. soluciones.

A partir de este marco, surgen tres desafíos principales, cada uno de ellos: ofreciendo oportunidades para contribuciones a HCI:

- (1) Recopilación de datos ecológicos y multimodales: ¿cómo podemos ¿Se pueden recopilar eficazmente datos ecológicos y multimodales? HCI Las metodologías pueden facilitar la captura e integración de datos multimodales en contextos "en la naturaleza" [12, 44], como el registro del lenguaje espacial y no espacial de diálogos y Diagramas dentro del proceso de diseño mediante muestreo de experiencias Método o dispositivos portátiles ubicuos combinados con Wi-Fi y los sensores LiDAR pueden rastrear los movimientos e interacciones del usuario (datos de incorporación) dentro de espacios arquitectónicos físicos/virtuales [36].
- (2) Definir y representar el bienestar: ¿Qué es exactamente? constituye una experiencia arquitectónica de "bienestar", y existe una ¿Una comprensión compartida entre usuarios, IA y diseñadores? HCI Los investigadores pueden utilizar métodos mixtos, como el análisis Entrevistas a usuarios y datos cuantitativos, para explorar y reflexionar sobre diversas perspectivas del bienestar, facilitando su integración en los procesos de diseño [8, 31]. Además, la visualización La investigación [38] puede permitir a las partes interesadas interpretar de forma colaborativa los datos de bienestar, transformando conocimientos complejos en Resultados viables para un diseño más eficaz e inclusivo prácticas [23, 24].
- (3) Diseño de herramientas asistidas por IA: ¿Cómo pueden las herramientas asistidas por IA apoyar eficazmente a los arquitectos en los procesos de codiseño, específicamente en términos de interpretación y representación de datos humanos dentro ¿Flujos de trabajo de diseño? Métodos de investigación a través del diseño, como como la evaluación formativa [7] puede desempeñar un papel fundamental en la orientación el desarrollo de herramientas asistidas por IA.

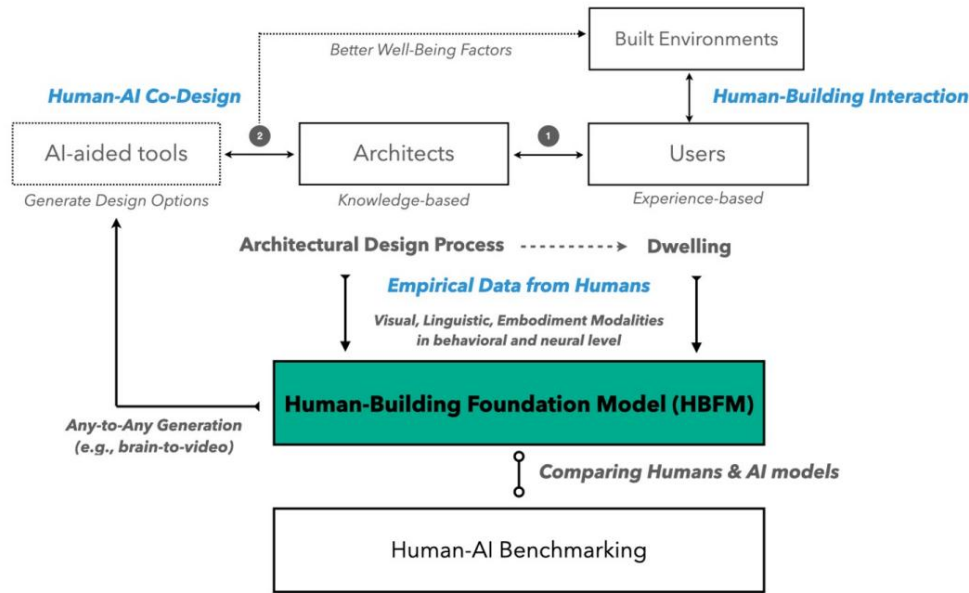


Figura 1: Nuestro marco de trabajo: del diseño a la vivienda. Este diagrama ilustra el proceso colaborativo y colectivo que implica arquitectos, sistemas de IA, usuarios y el entorno construido para dar forma al proceso de diseño arquitectónico y crear viviendas que mejoren el bienestar. Los arquitectos integran enfoques basados en el conocimiento al tiempo que interactúan con los usuarios, quienes brindan experiencias basadas en la experiencia. Perspectivas a través de sus interacciones con entornos construidos (Interacción Humano-Edificio). Estas interacciones, que abarcan "desde el diseño a la vivienda", generan datos empíricos de humanos, abarcando modalidades visuales, lingüísticas y de encarnación a ambos niveles. Niveles conductuales y neuronales. En el centro de este marco se encuentra el Modelo de Fundamentos de la Construcción Humana (HBFM), que se basa en... Mediante datos empíricos humanos para optimizar las herramientas de diseño asistidas por IA para el bienestar humano. Este marco también incorpora la IA humana. Evaluación comparativa, que facilita análisis comparativos de resultados humanos y generados por IA para evaluar la alineación entre los humanos. Cognición y modelos de IA. El HBFM contribuye al desarrollo de herramientas de diseño arquitectónico asistidas por IA, apoyando a los arquitectos. En la toma de decisiones con funciones como las capacidades generativas de "cualquiera a cualquier" (p. ej., cerebro a video). Etiqueta 1: Diseño tradicional. Proceso: Los arquitectos diseñan espacios basándose en su experiencia o en la opinión vaga de los usuarios. Etiqueta 2: Proceso de diseño con apoyo de IA. Los arquitectos aprovechan herramientas asistidas por IA para ayudar a generar y refinar diversas opciones de diseño.

Al abordar estos desafíos, los investigadores de HCI pueden expandir los límites teóricos y prácticos del campo, fomentando innovaciones interdisciplinarias que redefinen cómo los humanos y las máquinas colaboran en el diseño arquitectónico.

3 ESTUDIO ACTUAL: CONSTRUCCIÓN DE UNA CASA 3D

CONJUNTO DE DATOS DE VIDEO DE LA GIRA ALINEADO CON DATOS HUMANOS

Para operar nuestro marco, construimos un conjunto de datos multimodal. Captura de las reacciones humanas ante espacios arquitectónicos interiores. Vídeos de recorridos en primera persona (FPV) de renderizado virtual. [2, 25] Los interiores residenciales se crearon en cuatro estilos distintos: moderno, nórdico, wabi-sabi y MUJI y estuvieron acompañados de datos humanos complementarios, incluidas anotaciones subjetivas (percepción, sentimientos, descripción), seguimiento ocular y grabaciones de fMRI. Dos principales. Se llevaron a cabo experimentos utilizando estos estímulos: (1) Experimento de anotación subjetiva con seguimiento ocular (participantes actuales, N = 14)

y (2) Experimento fMRI (participantes actuales, N=8), para investigar Respuestas neuronales y conductuales al diseño de interiores. Los experimentos involucraron participantes con niveles normales o corregidos a la normalidad. visión, que representa una distribución uniforme de género y una edad definida. Rango. Detalles sobre la demografía de los participantes y los criterios de inclusión. se proporcionan en el material complementario.

3.1 Recopilación de diseño de interiores y recorrido por la casa

Creación de videos

3.1.1 Distribución de espacios arquitectónicos y estilos de diseño de interiores. El proceso de diseño involucró a cuatro arquitectos colegiados, cada uno de los cuales diseñó cuatro espacios únicos, dando como resultado un total de 16 distribuciones espaciales distintas (Fig. 2a). Cada espacio se adhirió a variables arquitectónicas predefinidas: conectividad espacial, relación ventana-pared (10-15% o 25-30%), altura del techo (<3,8 m o >3,8 m) y disposición geométrica (rectangular). o casa adosada alargada). Todos los espacios incluían áreas residenciales esenciales: dormitorio, baño, cocina y comedor, sala de estar.

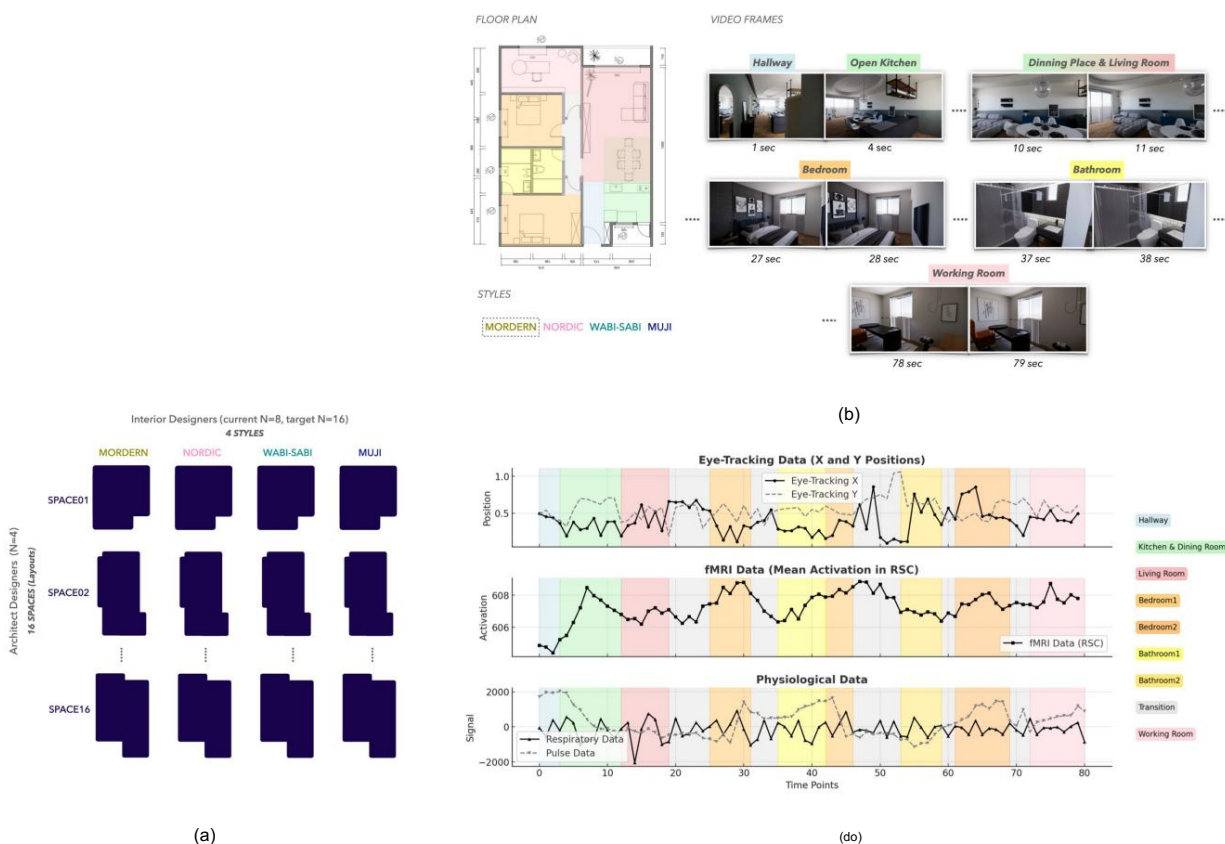


Figura 2: (a) El espacio de diseño comprende 16 distribuciones espaciales distintas (creadas por 4 arquitectos, cada uno diseñando 4 espacios únicos) combinadas con 4 estilos interiores diferentes (Moderno, Nórdico, Wabi-Sabi y MUJI) por distribución, lo que resulta en un total de 64 casas (16 distribuciones \times 4 estilos). (b) Cada espacio único se presenta a través de un video de recorrido por la casa de 80 segundos, ejemplificado por un interior residencial de estilo moderno que sigue una ruta de circulación prescrita. La progresión secuencial abarca distintas zonas funcionales: pasillo, cocina, comedor, sala de estar, dormitorio, baño y espacio de trabajo. (c) Integración de datos multimodales de un video de recorrido por la casa de un participante. Panel superior: Trayectorias del movimiento ocular (coordenadas X e Y) registradas durante tareas de anotación subjetiva. Panel central: Serie temporal de activación de RSC a partir de la adquisición de fMRI. Panel inferior: Mediciones fisiológicas concurrentes (patrones respiratorios y dinámica del pulso). Las regiones de fondo codificadas por colores delimitan zonas arquitectónicas distintas: pasillo (azul), cocina/comedor (verde), sala de estar (rosa), dormitorios (naranja), baños (amarillo), espacios de transición (gris) y área de trabajo (rojo).

Habitación, estudio y pasillos con balcones tanto paisajísticos como de servicio, dentro de una superficie construida de 115,7–132,2 m², orientada de norte a sur. Estos diseños están pensados para familias pequeñas y al mismo tiempo permiten flexibilidad en el estilo de vida y la comercialización.

El diseño de interiores estuvo a cargo de ocho diseñadores (objetivo: 16), cada uno aplicando uno de los cuatro estilos a cuatro espacios a la vez (Fig. 2a). El diseño moderno enfatizó líneas limpias, diseños funcionales y paletas neutras con materiales como vidrio y metal. El diseño nórdico se caracterizó por la simplicidad, materiales naturales y tonos suaves y acogedores. El Wabi-Sabi abrazó la imperfección y las texturas naturales, favoreciendo los tonos terrosos y un flujo orgánico. El diseño MUJI destacó el minimalismo y la practicidad, con colores neutros y espacios despejados. Los diseñadores proporcionaron anotaciones detalladas para el mobiliario, las texturas y los materiales para garantizar la coherencia estética en todos los estilos. Para garantizar

La calidad básica de estos diseños, cada diseño fue revisado por un diseñador de interiores profesional.

3.1.2 Video de recorrido por la casa renderizado en 3D con perspectiva en primera persona. Utilizando los modelos 3D, se renderizaron videos de recorrido FPV en Enscape 3D (versión 4.2) siguiendo el flujo espacial especificado. Los videos se renderizaron con los parámetros predeterminados, con la hora establecida en 14:00 y el campo de visión en 100. Estas opciones se tomaron para garantizar la coherencia. Condiciones de iluminación de la tienda y representación espacial en todos los videos. Basándose en las recomendaciones de diseñadores de interiores profesionales, se fijó la hora a las 14:00 para proporcionar una iluminación natural equilibrada, minimizando las sombras excesivas y la iluminación direccional intensa que podría afectar la percepción espacial. El campo de visión de 100 grados se seleccionó para ofrecer una perspectiva amplia pero natural, que imita fielmente...

visión humana mientras se evita la distorsión. Para mejorar la comparabilidad y el realismo en los entornos renderizados, tres investigadores validaron de forma cruzada las rutas de video cuadro por cuadro, mientras que otros tres revisores verificaron el resultado final. Cada video de recorrido se estandarizó para uso experimental. Los videos tenían una duración de 80 segundos, se grabaron a 30 cuadros por segundo y se prepararon en dos resoluciones: 1920 × 1080 píxeles para experimentos de anotación subjetiva en un monitor de 27 pulgadas y 800 × 600 píxeles para experimentos de fMRI, optimizados para gafas compatibles con MRI. La consistencia en los diseños espaciales y la iluminación controlada aseguraron que los estímulos fueran adecuados para investigar las respuestas a la estética arquitectónica en todas las modalidades. Para este documento, informamos los hallazgos de dieciséis videos como un conjunto de datos preliminar (Fig. 2b y 2c).

3.2 Recopilación de datos humanos: diseño experimental

3.2.1

Seguimiento ocular, evaluación del cuestionario y descripción de la escena

El experimento de anotación subjetiva examinó los patrones de atención visual y las respuestas subjetivas de los participantes a diferentes estilos y espacios interiores. Para gestionar la duración del experimento y la fatiga de los participantes, cada participante visualizó un subconjunto de ocho videos. Estos comprendían dos espacios seleccionados al azar, cada uno presentado en los cuatro estilos de diseño. Para cada video, se registraron continuamente los movimientos oculares durante la visualización mediante el rastreador ocular Tobii Pro Spark con una frecuencia de muestreo de 60 Hz. Tras visualizar cada video, los participantes describieron verbalmente sus impresiones y completaron cuestionarios estructurados sobre su conocimiento perceptual del espacio y sus evaluaciones perceptuales.

El experimento se realizó utilizando el software PsychoPy y constó de tres fases principales: configuración y calibración, una sesión de práctica y la fase experimental. Durante la fase de configuración y calibración, se explicaron los procedimientos y propósitos experimentales a cada participante, seguido de una calibración y validación de seguimiento ocular de cuatro puntos. Si la desviación del seguimiento ocular excedía 1 grado de ángulo visual, se repetía el proceso de calibración para asegurar la precisión de la medición. En la sesión de práctica, los participantes se familiarizaron con el procedimiento experimental viendo un estímulo de video seleccionado al azar y completando todas las tareas, incluyendo la observación de video con seguimiento ocular, descripción verbal y cuestionarios de evaluación perceptual (véanse las Tablas complementarias 1 y 2). La fase experimental implicó observar ocho estímulos de video, cada uno representando dos espacios seleccionados al azar presentados en cuatro estilos de diseño. La secuencia de presentación fue aleatoria para cada participante. Durante cada prueba, los participantes se sometieron al mismo procedimiento que en la sesión de práctica: un período de visualización de video de 80 segundos con seguimiento ocular simultáneo, seguido de una descripción verbal y la finalización de cuestionarios de evaluación perceptual. Las preguntas sobre las condiciones de luz en la evaluación del conocimiento perceptual se adaptaron de Chinazzo et al. [11], mientras que las preguntas sobre las cualidades espaciales en la evaluación perceptual se basaron en Coburn et al. [13]. Se registraron marcas de tiempo precisas durante todo el proceso para garantizar la sincronización precisa de los datos en todas las mediciones (Fig. 2c).

3.2.2 Experimento de resonancia magnética funcional. Los participantes completaron un cuestionario previo a la exploración para proporcionar información demográfica, detalles sobre la distribución de su vivienda y preferencias de diseño de interiores. A continuación, se realizó una breve sesión práctica, durante la cual visualizaron un videoclip de 10 segundos.

no relacionado con los estímulos experimentales principales. Durante el escaneo, los participantes usaron gafas compatibles con MRI para ver los estímulos de video del recorrido por la casa. Los escaneos funcionales consistieron en dos ejecuciones, cada una con ocho estímulos de video (16 en total). Cada ejecución se dividió en dos bloques, cada uno con cuatro diseños espaciales únicos dentro del mismo estilo de diseño de interiores. Los bloques se presentaron en un orden aleatorio a lo largo de las ejecuciones, lo que garantizaba que cada ejecución presentara dos estilos distintos. Dentro de cada bloque, todos los espacios del mismo estilo se mostraron consecutivamente. Cada ejecución comenzó con un escaneo ficticio de 10 segundos para la estabilización de la señal. Las pruebas incluyeron una pantalla instructiva ("Está a punto de ingresar a un espacio residencial"), una cruz de fijación de 2 segundos, un video de 80 segundos y un intervalo entre estímulos de 20 segundos. Se instruyó a los participantes para que permanecieran lo más quietos posible durante los escaneos, con un descanso entre ejecuciones para reducir la fatiga. Para obtener información detallada sobre la adquisición de datos de MRI, consulte el Material complementario.

3.3 Análisis de datos

3.3.1 Extracción de características de video. Utilizamos el modelo de preentrenamiento Temporalmente Sensible (TSP) [5], previamente entrenado, para extraer características espacio-temporales de nuestros estímulos de video. TSP emplea una estructura basada en ResNet para generar características locales, que luego se agregan mediante agrupamiento máximo temporal para obtener una representación de video global. Estas características extraídas se utilizaron posteriormente para el análisis (véase la sección 3.3.4) con el fin de investigar las representaciones computacionales subyacentes de nuestros espacios interiores.

3.3.2 Evaluación del cuestionario. Para los datos del cuestionario, analizamos las evaluaciones perceptuales de los participantes en dos partes. La primera parte evaluó el conocimiento perceptual de las condiciones de iluminación, incluyendo la comodidad de la iluminación y la percepción de la temperatura. La segunda parte evaluó los atributos perceptuales en tres categorías principales: atributos espaciales (complejidad, organización, naturalidad), cualidades estéticas (belleza, personalización, interés, modernidad) y respuestas emocionales (comodidad, relajación, vitalidad). Todas las dimensiones de la segunda parte utilizaron escalas de 7 puntos. Para controlar las tendencias de calificación individuales, las respuestas se normalizaron dentro de cada participante y dimensión de la pregunta, eliminando el sesgo potencial de los patrones de calificación inherentes de los participantes. Después de la normalización, calculamos las calificaciones medias y las desviaciones estándar para cada dimensión para evaluar la consistencia de la respuesta entre los participantes.

3.3.3 Análisis de la mirada. Para los datos del movimiento ocular, adoptamos las métricas predefinidas [9] para caracterizar el comportamiento de visualización de los participantes. Primero, se identificaron las fijaciones, que representan períodos de posición de la mirada estable, utilizando un umbral de 200 ms. A partir de estas fijaciones, calculamos tres medidas principales: recuento de fijaciones (número total de fijaciones por video), duración total de la fijación (en segundos) y duración media de la fijación (en segundos). Segundo, analizamos las sacadas, los movimientos oculares rápidos entre fijaciones, para comprender los patrones de exploración espacial a través de la amplitud sacádica total y media (en píxeles) y el recuento de sacadas. Tercero, examinamos las trayectorias de escaneo, la secuencia completa de fijaciones y sacadas, de la cual extrajimos la longitud de la trayectoria de escaneo (distancia total en píxeles), el área de la envoltura convexa (cobertura espacial en píxeles cuadrados) y el recuento de transiciones. Finalmente, definimos áreas de interés (AOI) dinámicas basadas en la segmentación semántica del contenido del video para analizar la distribución de la atención en diferentes regiones espaciales.

3.3.4 Análisis fMRI. Los datos fMRI se preprocesaron utilizando el Tuberia fMRIPrep [22]. Para conocer métodos de preprocesamiento detallados, consulte El Material Suplementario. Para el análisis de primer nivel, un General El modelo lineal (GLM) se implementó utilizando el modelo mínimo [?] de Nilearn. Enfoque de todos los cuadrados (LSA) [35], que incorpora condiciones específicas regresores para estímulos de video, parámetros de movimiento y polinomios términos de deriva. Esta completa canalización de preprocesamiento garantizó características óptimas de señal-ruido en los datos de neuroimagen, Estableciendo una base sólida para la representación posterior

Análisis de similitud (RSA). Se realizó con rsatoolbox [1]. Para explorar las relaciones entre las respuestas fMRI, las anotaciones subjetivas y las características del video, se extrajeron datos de series temporales fMRI. de cuatro regiones de interés (ROI): el lugar parahipocampal área (PPA), complejo retrosplenial (RSC), área del lugar occipital (OPA), y la corteza visual temprana (EVC), utilizando máscaras ROI de Julian et al.

[27]. Se construyeron matrices de disimilitud representacional (RDM) para cada tipo de datos (respuestas fMRI, anotaciones subjetivas, y funciones de video) calculando distancias euclidianas entre todos pares de estímulos de video (Fig. 3a). Los RDM resultantes fueron de dimensión (16, 16), lo que refleja el número de estímulos de video. Para probar el significancia estadística de las correlaciones entre RDM, empleamos

una prueba de permutación.

3.4 Resultados preliminares e implicaciones

Nuestros hallazgos revelan conocimientos complementarios sobre cómo la atención visual y las respuestas neuronales se relacionan con lo subjetivo y lo objetivo. Aspectos de la experiencia espacial. Datos de seguimiento ocular (Suplemento) La figura 1) destaca que la reducción del comportamiento de escaneo visual, como Menos recuentos de fijación y recuentos de sacadas se correlacionan con un mayor calificaciones de complejidad, mientras que el aumento de los recuentos de transición entre Las AOI se asocian con una disminución de la relajación. Una visión más amplia... La exploración, reflejada en el área del casco convexo, se alinea con las percepciones de iluminación más cálida. Estas métricas indican vínculos mensurables entre Patrones de mirada y evaluaciones subjetivas. De igual manera, los datos de fMRI (Fig. 3b) demostrar que las regiones sensoriales como la PPA, la OPA y Las EVC están más fuertemente correlacionadas con la visión objetiva y de bajo nivel. características derivadas de un modelo de codificador de video (máquina), lo que sugiere una dependencia del procesamiento ascendente. Por el contrario, el RSC muestra una alineación más fuerte con las anotaciones subjetivas (humanas), enfatizando su papel en la integración de conceptos y contextos de nivel superior información [21, 33]. En conjunto, estos resultados sugieren que la subjetividad Las evaluaciones espaciales surgen de una interacción entre la evaluación de abajo hacia arriba.

procesamiento impulsado por los sentidos e integración conceptual de arriba hacia abajo. Nuestros hallazgos demuestran la eficacia del programa "Del Diseño a la Marco de "vivienda" en el avance de los sistemas interactivos dentro de la HCI Paradigmas de investigación. La integración del marco de investigación multimodal Los datos humanos facilitan el desarrollo de sistemas que abordan simultáneamente procesos sensoriales de nivel inferior (mediados a través de vías neuronales PPA y OPA) y procesos conceptuales de nivel superior (activados a través de mecanismos RSC). Este procesamiento dual Este enfoque establece una base teórica para diseñar herramientas de interacción que armonicen el compromiso perceptivo con la interacción semántica. interpretación. Las aplicaciones prácticas del marco se manifiestan a través de dos canales complementarios: plataformas centradas en los sentidos aprovechando las capacidades de HBFM para simulaciones ambientales de alta fidelidad (por ejemplo, renderizado volumétrico, dinámica de iluminación ambiental),

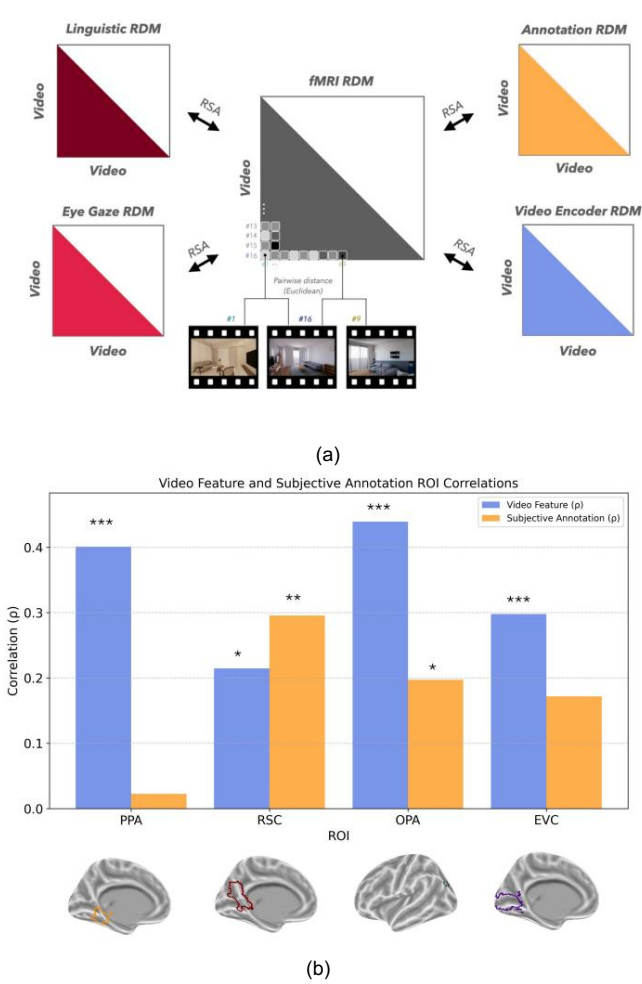


Figura 3: (a) Análisis de similitud representacional (RSA) Marco para datos de experiencia arquitectónica multimodal.

La implementación actual se centra en dos Matrices de Disimilitud Representacional (RDM) principales: parámetros experienciales subjetivos (naranja) y arquitecturas codificadas por video. características (azul), ambas analizadas a través de su relación con el RDM fMRI (gris). Cada RDM representa pares Distancias euclidianas entre condiciones de estímulo, lo que permite Comparaciones cuantitativas intermodales. La arquitectura del marco prevé una extensibilidad futura para incorporar patrones de respuesta lingüística (burdeos) y trayectorias de seguimiento ocular (rojo), estableciendo un proceso analítico integral. para investigar la cognición arquitectónica en múltiples dominios representacionales. (b) Comparación del codificador de video RDM y RDM de anotación con RDM de fMRI. Los gráficos de barras muestran Correlaciones de Spearman () entre los patrones de actividad del ROI y características del video (azul) o anotaciones subjetivas (naranja) en todo el video. Cuatro regiones selectivas de escena. Surgió una doble disociación. entre PPA y RSC: PPA mostró una fuerte correlación con características de video (≈ 0,40) pero mínimas con anotaciones subjetivas , mientras que RSC mostró el patrón opuesto (≈ 0,30 para anotaciones subjetivas). Las representaciones cerebrales a continuación muestran las ubicaciones anatómicas de cada ROI. (* p < 0,05, p<0,01, p<0,001)

Dando forma al futuro de las herramientas de diseño arquitectónico a través del paradigma HCI y la inteligencia colectiva hombre-máquina CHI EA '25, del 26 de abril al 1 de mayo de 2025, Yokohama, Japón

y sistemas orientados al contexto que utilizan la integración de datos empíricos para el análisis de la configuración espacial y taxonomías arquitectónicas comparativas . Si bien el HBFM sigue siendo un modelo conceptual, estos hallazgos validan su potencial como base para el desarrollo de herramientas que armonicen la interacción sensorial con la interpretación cognitiva.

4 CONSIDERACIONES FINALES PARA EL FUTURO INVESTIGACIÓN

Este documento establece metodologías fundamentales para el desarrollo de marcos computacionales avanzados que integran datos conductuales y neurofisiológicos en los procesos de diseño arquitectónico. Si bien HBFM existe actualmente como una construcción conceptual, su potencial para informar herramientas aumentadas por IA y paradigmas de diseño centrados en el usuario está implicado por hallazgos empíricos preliminares. La implementación propuesta de sistemas impulsados por IA podría facilitar la optimización del diseño basada en evidencia a través del modelado predictivo de las respuestas humanas a las configuraciones espaciales [34], lo que representa un avance significativo en las metodologías de diseño computacional. Al demostrar la aplicabilidad de HCI a los desafíos (neuro)arquitectónicos, este trabajo cataliza preguntas de investigación entre investigadores de HCI, arquitectos y científicos cognitivos, estableciendo futuras investigaciones en la intersección de la experiencia humana, el diseño computacional y los entornos construidos.

EXPRESIONES DE GRATITUD

Esta investigación está financiada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Taiwán (NSTC112-2628-E007-013-MY3). Agradecemos sinceramente a Chunfan Sun, Jihfu Yu, Chia Yin Kuo, Anya Liu y Yi Shiuan Chiang por sus contribuciones al diseño arquitectónico y de interiores . También expresamos nuestra gratitud a nuestros participantes por su participación en este trabajo.

REFERENCIAS

[1] Grupo de Desarrollo de RSAtoolbox. [sf]. Análisis de Similitud Representacional 3.0. <https://github.com/rsagroup/rsatoolbox>

[2] Claudia Ziegler Acemyan y Philip Kortum. 2018. ¿El tipo de medio de presentación impacta las evaluaciones del entorno construido? Un análisis de las calificaciones de usabilidad ambiental en tres modos de presentación. *Journal of Environmental Psychology* 56 (abril de 2018), 30–35. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2018.02.006>

[3] Hamed S Alavi, Elizabeth F Churchill, Mikael Wiberg, Denis Lalanne, Peter Dalsgaard, Ava Fatah gen Schieck e Yvonne Rogers. 2019. Introducción a la interacción humano-edificio (HBI) interconectando la HCI con la arquitectura y el diseño urbano . , 10 páginas.

[4] Hamed S. Alavi, Denis Lalanne, Julien Nembrini, Elizabeth Churchill, David Kirk y Wendy Moncur. 2016. Futuro de la interacción entre personas y edificios. En *Las Actas de la Conferencia CHI de 2016, Resúmenes Extendidos sobre Factores Humanos en Sistemas Informáticos*. ACM, San José, California, EE. UU., 3408–3414. <https://doi.org/10.1145/2851581.2856502>

[5] Humam Alwassel, Silvio Giancola y Bernard Ghanem. 2021. TSP: Preentrenamiento Temporalmente Sensible de Codificadores de Vídeo para Tareas de Localización. En *los Talleres de la Conferencia Internacional IEEE/CVF sobre Visión por Computador (ICCVW)* de 2021. IEEE, Montreal, BC, Canadá, 3166–3176. <https://doi.org/10.1109/ICCVW54120.2021.00356>

[6] Lawrence W. Barsalou. 2008. Cognición Fundamentada. *Revista Anual de Psicología* 59, 1 (enero de 2008), 617–645. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093639>

[7] Jesse Josua Benjamin, Joseph Lindley, Elizabeth Edwards, Elisa Rubegni, Tim Korjakow, David Grist y Rhianon Sharkey. 2024. Respondiendo a las tecnologías de IA generativa con investigación a través del diseño: el laboratorio de IA de Ryelands como estudio exploratorio. En *la conferencia Designing Interactive Systems*. ACM, Universidad de TI de Copenhague, Dinamarca, 1823-1841. <https://doi.org/10.1145/3643834.3660677> [8] Marit Bentvelzen, Pawel W Woźniak, Pia SF Herbes, Evropi Stefanidi y Jasmin Niess. 2022. Revisando la reflexión en HCI: Cuatro recursos de diseño para tecnologías que apoyan la reflexión. *Actas de la ACM sobre tecnologías interactivas, móviles, portátiles y ubicuas* 6, 1 (2022), 1-27.

[9] T. Blascheck, K. Kurzhals, M. Raschke, M. Burch, D. Weiskopf y T. Ertl. 2017. Visualización de datos de seguimiento ocular: Taxonomía y estudio. *Computer Graphics Forum* 36, 8 (diciembre de 2017), 260–284. <https://doi.org/10.1111/cgf.13079> [10] Lok Hang Cheung, Juan Carlos Dall'Asta, Giancarlo Di Marco y Asterios Agkathidis. 2024. Diseño arquitectónico en la pandemia de la IA actual: De la interacción persona-computadora (HCI) a la conversación persona-máquina (HMC).

En *Creatividad en la era de la reproducción digital*, Giancarlo Di Marco, Davide Lombardi y Mia Tedjosaputro (Eds.). Vol. 343. Springer Nature Singapore, Singapur, 9–17. https://doi.org/10.1007/978-981-97-0621-1_2 Título de la serie: Apuntes de clase en ingeniería civil.

[11] Giorgia Chinazzo, Kynthia Chamliothori, Jan Wienold y Marilyne Andersen. 2021. Interacción temperatura-color: percepción subjetiva del ambiente interior y respuestas fisiológicas en realidad virtual. *Factores humanos* 63 (2021), 474–502. <https://doi.org/10.1177/0018720819892383>

[12] Patrick Chwalek, Sailin Zhong, Nathan Perry, Tianqi Liu, Clayton Miller, Hamed Seied Alavi, Denis Lalanne y Joseph A. Paradiso. 2024. Un conjunto de datos que explora la comodidad urbana a través de nuevos dispositivos portátiles y estudios ambientales.

Datos científicos 11, 1 (diciembre de 2024), 1423. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-04279-9> [13] Alexander Coburn, Oshin Vartanian, Yoed N. Kenett, Marcos Nadal, Franziska Hartung, Gregor Hayn-Leichsenring, Gorka Navarrete, José L. González-Mora y Anjan Chatterjee. 2020. Respuestas psicológicas y neuronales a interiores arquitectónicos. *Cortex* 126 (mayo de 2020), 217–241. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2020.01.009>

[14] Nilearn Colaboradores de Nilearn. [nd]. nilearn. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8397156>

[15] Martyn Dade-Robertson. 2013. Interfaces de usuario arquitectónicas: Temas, tendencias y direcciones en la evolución del diseño arquitectónico y la interacción persona-computadora. *Revista Internacional de Computación Arquitectónica* 11, 1 (marzo de 2013), 1–19. <https://doi.org/10.1260/1478-0771.11.1.1>

[16] Zakaria Djebbara, Lars Brorson Fich, Laura Petrini y Klaus Gramann. 2019. La dinámica sensoriomotora del cerebro refleja posibilidades arquitectónicas. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias* 116, 29 (julio de 2019), 14769–14778 . <https://doi.org/10.1073/pnas.1900648116>

[17] Zakaria Djebbara, Ole B. Jensen, Francisco J. Parada y Klaus Gramann. 2022. Neurociencia y arquitectura: Modulación del comportamiento mediante respuestas sensoriomotoras al entorno construido. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 138 (julio de 2022), 104715. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104715> [18] Zakaria Djebbara, Thomas Parr y Karl Friston. 2020. Anticipación en la experiencia arquitectónica: ¿una neurofenomenología computacional para la arquitectura? <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2011.03852> Número de versión: 1.

[19] Paul Dourish. 2001. ¿Dónde está la acción: Los fundamentos de la interacción encarnada. The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/7221.001.0001> [20] John P. Eberhard. 2009. Paisaje cerebral: La coexistencia de la neurociencia y la arquitectura. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195331721.001.0001>

[21] Russell A Epstein y Chris I Baker. 2019. Percepción de escena en el cerebro humano. *Revisión anual de la ciencia de la visión* 5, 1 (2019), 373–397.

[22] Oscar Esteban, Christopher J. Markiewicz, Ross W. Blair, Craig A. Moodie, A. Ilkay Isik, Asier Erramuzpe, James D. Kent, Mathias Goncalves, Elizabeth DuPre, Madeleine Snyder, Hiroyuki Oya, Satrajit S. Ghosh, Jessey Wright, Joke Durnez, Russell A. Poldrack y Krzysztof J. Gogolewski. 2019. fMRIprep: una robusta secuencia de preprocesamiento para resonancia magnética funcional. *Nature Methods* 16, 1 (enero de 2019), 111–116. <https://doi.org/10.1038/s41592-018-0235-4>

[23] Michal Gath-Morad, Raphaël Baur y Christoph Hölscher. 2023. El kit de herramientas Design-Mind. Graz, Austria, 51–60. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2023.1.051>

[24] Michal Gath-Morad, Tyler Thrash, Julia Schicker, Christoph Hölscher, Dirk Helbing y Leonel Enrique Aguilar Melgar. 2021. La visibilidad es importante durante la señalización vertical. *Scientific Reports* 11, 1 (septiembre de 2021), 18980. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98439-1>

[25] Lara Gregorians, Pablo Fernández Velasco, Fiona Zisch, and Hugo J. Spiers. 2022. Experiencia arquitectónica: Aclaración de sus componentes centrales y su relación con el afecto central mediante un conjunto de vídeos en primera persona. *Journal of Environmental Psychology* 82 (agosto de 2022), 101841. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101841> [26] Harri Haapasalo. 2000. Diseño arquitectónico creativo asistido por computadora: un enfoque interno del proceso de diseño. Oulun Yliopisto, Oulu. OCLC: 890194490.

[27] JB Julian, Evelina Fedorenko, Jason Webster y Nancy Kanwisher. 2012. Un método algorítmico para la definición funcional de regiones de interés en la vía visual ventral . *NeuroImage* 60, 4 (mayo de 2012), 2357–2364. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.02.055> [28] David Kirsh. 2019. ¿Piensan los arquitectos y los diseñadores sobre la interactividad de manera diferente ? *ACM Transactions on Computer-Human Interaction* 26, 2 (abril de 2019), 1–43. <https://doi.org/10.1145/3301425> [29] Jakub Krukar, Ruth Conroy Dalton y Christoph Hölscher. 2016. Aplicación de métodos y conceptos de HCI al diseño arquitectónico (o por qué los arquitectos podrían usar HCI incluso si no lo saben). En *Arquitectura e interacción*, Nicholas S.

Dalton, Holger Schnädelbach, Mikael Wiberg y Tasos Varoudis (Eds.). Springer International Publishing, Cham, 17–35. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-30028-9>

CHI EA '25, del 26 de abril al 1 de mayo de 2025, Yokohama, Japón

Título de la serie 3_2 : Serie de interacción humano-computadora.

[30] Barbara Landau y Ray Jackendoff. 1993. «Qué» y «dónde» en el lenguaje espacial y la cognición espacial. Ciencias del Comportamiento y del Cerebro 16, 2 (junio de 1993), 217–238. <https://doi.org/10.1017/S0140525X00029733>

[31] Bokyung Lee, Michael Lee, Pan Zhang, Alexander Tessier, Daniel Saakes y Azam Khan. 2021. Confort socioespacial: Uso del análisis basado en la visión para fundamentar interacciones entre personas y edificios centradas en el usuario. Actas de la ACM sobre interacción persona- computadora 4, CSCW3 (enero de 2021), 1–33. <https://doi.org/10.1145/3432937> [32] Isabella Pasqualini, María Laura Blefari, Tej Tadi, Andrea Serino y Olaf Blanke. 2018. La experiencia arquitectónica del cuerpo y el espacio en interiores aumentados. Frontiers in Psychology 9 (abril de 2018), 375. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00375>

[33] Michael Peer, Iva K Brunec, Nora S Newcombe y Russell A Epstein. 2021. Estructuración del conocimiento con mapas y grafos cognitivos. Tendencias en ciencias cognitivas 25, 1 (2021), 37–54.

[34] Kai-Florian Richter, Ben Weber, Brett Bojduj y Sven Bertel. 2010. Apoyando las perspectivas del diseñador y del usuario en el diseño arquitectónico asistido por computadora. Informática de Ingeniería Avanzada 24, 2 (2010), 180–187.

[35] Jesse Rissman, Adam Gazzaley y Mark D'Esposito. 2004. Medición de la conectividad funcional durante las distintas etapas de una tarea cognitiva. Neurolmage 23, 2 (octubre de 2004), 752–763. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.06.035> . [36] Andrew J. Sonta, Perry E. Simmons y Rishree K. Jain. 2018. Comprensión de las actividades de los ocupantes de edificios a escala: Un enfoque integrado basado en el conocimiento y los datos . Advanced Engineering Informatics 37 (agosto de 2018), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2018.04.009> [37] Esther M. Sternberg y Matthew A. Wilson. 2006. Neurociencia y arquitectura: En busca de puntos en común. Cell 127, 2 (octubre de 2006), 239–242. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2006.10.012> [38]

Yang Chen Lin, Wen-Yen Chung, Chen-Ying Chien, Chien-Hui Su y Po-Chih Kuo

<https://doi.org/10.1016/j.cell.2006.10.012> [38]

Melanie Tory y Torsten Moller. 2004. Factores humanos en la investigación de visualización. Transacciones IEEE sobre visualización y gráficos por computadora 10, 1 (2004), 72–84.

[39] Himanshu Verma, Hamed S. Alavi y Denis Lalanne. 2017. Estudio del uso del espacio: Incorporación de herramientas HCI a proyectos arquitectónicos. En las actas de la Conferencia CHI de 2017 sobre Factores Humanos en Sistemas Informáticos. ACM, Denver, Colorado, EE. UU., 3856–3866. <https://doi.org/10.1145/3025453.3026055>

[40] Danding Wang, Qian Yang, Ashraf Abdul y Brian Y. Lim. 2019. Diseño de IA explicable, centrada en el usuario y basada en la teoría. En Actas de la Conferencia CHI de 2019 sobre Factores Humanos en Sistemas Informáticos. ACM, Glasgow, Escocia, Reino Unido, 1–15. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300831>

[41] Sheng Wang, Guilherme Sanches de Oliveira, Zakaria Djebbara y Klaus Gramann . 2022. La encarnación de la experiencia arquitectónica: una perspectiva metodológica sobre la neuroarquitectura. Fronteras en neurociencia humana 16 (2022), 833-528.

[42] Shun-Yu Wang, Wei-Chung Su, Serena Chen, Ching-Yi Tsai, Marta Misztal, Katherine M. Cheng, Alwena Lin, Yu Chen y Mike Y. Chen. 2024. RoomDreaming: Enfoque de IA generativa para facilitar la exploración iterativa y preliminar del diseño de interiores. En las Actas de la Conferencia CHI sobre Factores Humanos en Sistemas Informáticos. ACM, Honolulu, HI, EE. UU., 1–20. <https://doi.org/10.1145/3613904.3642901> [43] Yunkai Xu y TianTian Yu. 2022. Rendimiento visual de los factores psicológicos en el diseño de interiores bajo el contexto de la inteligencia artificial. Frontiers in Psychology 13 (julio de 2022), 941196. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.941196> [44] Cansu Çetin Er y Oguzhan Özcan. 2024. Aprendiendo de los usuarios: Interacciones lúdicas cotidianas para impulsar cambios espaciales arquitectónicos. Actas de la ACM sobre interacción persona-ordenador 8, CHI PLAY (octubre de 2024), 1–25. <https://doi.org/10.1145/3677085>