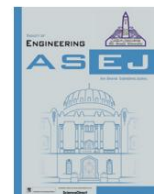




Listas de contenidos disponibles en ScienceDirect

Revista de ingeniería Ain Shams

página de inicio de la revista: www.sciencedirect.com

Explorando los poderes del diseño arquitectónico con la ayuda de la neurociencia (La aventura del pequeño arquitecto)

Dina Ezzat Ahmed Shaaban, Shaimaa Kamel, Laila Khodeir

Departamento de Arquitectura, Universidad Ain Shams, El Cairo, Egipto



información del artículo

Historial del artículo:

Recibido el 12 de octubre de 2022

Revisado el 16 de diciembre de 2022

Aceptado el 27 de diciembre de 2022

Disponible en línea el 13 de enero de 2023

Palabras clave:

Neurociencia

Entorno construido

desarrollo del cerebro

Experiencia de aprendizaje

Neuroarquitectura

Bienestar individual

abstracto

La neurociencia, con la ayuda de las nuevas tecnologías, está abriendo puertas apasionantes a la esencia del cerebro, mostrando que el entorno construido juega un papel importante en la salud física y emocional de sus usuarios. Ampliando para que los niños afecten sus procesos de aprendizaje y desarrollo. Esta investigación buscó dar arquitectos una exploración de los poderes latentes del diseño arquitectónico, a través de un experimento auténtico, Se llevó a cabo para evaluar el efecto que las diferentes decisiones de diseño tienen en los estados fisiológicos y psicológicos de los niños, y por tanto en el desarrollo de su cerebro.

En consecuencia, el propósito principal de las ciudades inteligentes es garantizar la creación de entornos inclusivos que garanticen el bienestar de las personas. La investigación logró avances al reflexionar sobre una muestra de niños que examinan diferentes alternativas arquitectónicas a través de la realidad virtual, mientras que sus fisiológicos y Se monitorearon los estados emocionales. Esta investigación arrojó luz sobre los potenciales encontrados en la participación de las medidas fisiológicas y psicológicas en ayuda del diseño arquitectónico.

2023 LOS AUTORES. Publicado por Elsevier BV en nombre de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Ain Shams. Este artículo es de acceso abierto bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

La neuroarquitectura es un campo emergente interdisciplinario, resultado de la integración de la neurología, la psicología y la arquitectura; que estudia las funciones efectivas, sensibles, reconocibles y afectivas.

reacciones a los estímulos ambientales. Esta reciente alineación de la 3 campos ha reformulado nuestra comprensión de cómo la arquitectura El diseño influye en el estado mental de las personas [3].

El propósito de este enfoque interdisciplinario es fomentar la creación de entornos que contribuyan al bienestar de las personas floreciente en términos de comportamiento, salud y bienestar.

De hecho, los neurocientíficos pueden ayudar a los arquitectos a comprender científicamente lo que históricamente ha sido intuitivo, a través de nuevos descubrimientos de la neurociencia que nos están ayudando a cerrar la brecha que existe entre el entorno físico construido y la percepción y el comportamiento humanos. Según Paiva, está comprobado que la superficie

El redondeo del entorno construido podría tener un impacto directo en la forma La mente inconsciente funciona y, a nivel consciente, gran parte de dicho impacto pasará desapercibido [4]. Sin embargo, los dos sistemas cerebrales, consciente e inconsciente, son responsables juntos de...

la forma en que percibimos nuestro entorno y, por lo tanto, cómo nos comportamos y reaccionamos ante él. Además, descubrimientos recientes En las complejidades del cerebro y los sistemas neuronales se enfatiza la naturaleza innatamente multisensorial de nuestras experiencias arquitectónicas.

El objetivo de esta investigación fue examinar la neurociencia

Asistencia a la investigación en la exploración del diseño arquitectónico impacta en sus usuarios; a través de la aplicación de los hallazgos de la neuroarquitectura, en particular, en la percepción de los niños de sus edificios. medio ambiente. Como resultado del hecho de decir que los niños son los individuos más susceptibles a los estímulos externos [5], como entornos arquitectónicos, por su mente absorbente; lo cual significa que los períodos críticos de su desarrollo cerebral, y Su absorción del conocimiento ocurre en su primera infancia. [6]. Además, según Dunn (2012), está comprobado que la Los efectos de los elementos ambientales tienen un impacto más amplio en los niños a partir de los 3 años, debido a la expansión de su área de distribución geográfica [7].

Además, los espacios de aprendizaje se han elegido como un tipo de edificio específico para su aplicación, apoyándose en los descubrimientos que prueban que Los elementos arquitectónicos pueden hacer que determinadas áreas del cerebro sean más receptivos al aprendizaje y afectan la forma en que se retiene la información.

Autor correspondiente.

Direcciones de correo electrónico: dina.ezzat@eng.asu.edu.eg (DE Ahmed Shaaban), shaimaa_kamel@eng.asu.edu.eg (S. Kamel), laila.mohammed@eng.asu.edu.eg (L. Khodeir).

Revisión por pares bajo responsabilidad de la Universidad Ain Shams.



Producción y alojamiento por Elsevier

<https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.102107>

2090-4479/ 2023 LOS AUTORES. Publicado por Elsevier BV en nombre de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Ain Shams.

Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

2. Métodos

El experimento se basa en dos componentes: una actividad individual interactiva y un taller colaborativo. Inicialmente, el primero El componente comienza con una experiencia de realidad virtual, permitiendo a los niños Experimentar múltiples escenarios de su entorno real de aprendizaje diario, donde los elementos arquitectónicos varían en cada alternativa; simultáneamente, esta actividad se realiza en paralelo con la Fase de extracción de información, para explorar con las herramientas disponibles los efectos precisos de esos elementos arquitectónicos variables en los niños, siguiendo el plan que se menciona a continuación:

Con la ayuda de un reloj inteligente, usado por el niño durante su experiencia de realidad virtual de las múltiples alternativas, el corazón La frecuencia cardíaca se mide como una variable fisiológica principal, afectada por El estado mental, que a su vez se ve afectado por la construcción ambiente. Con la ayuda de un conjunto de herramientas de evaluación cuidadosamente diseñado, que Simplificar las emociones humanas universales en expresiones comunes. pegatinas, se miden los cambios en las emociones; en forma de Una tabla de sentimientos con pegatinas de personajes para ayudar a los niños a practicar la autoexpresión de sus emociones. Dado que las emociones generadas... en el cerebro, son experimentados por todo el cuerpo y de acuerdo Para Ekman (2011), las emociones, que se expresan a través de la Las expresiones faciales, el lenguaje corporal y las actitudes desencadenan cambios en el comportamiento y el bienestar [8].

A continuación, el segundo componente del taller requiere trabajar con los niños como un solo grupo para crear ideas de ensueño sobre sus vidas. espacio de aprendizaje utilizando dibujos, colores, collage; después de refrescar sus mentes con selecciones de lluvia de ideas, intercaladas con una discusión fructífera. Este paso es motivar a los niños a... expresar sus pensamientos individuales sobre el diseño de sus espacios, desde su propia perspectiva y de acuerdo a sus características distintivas necesidades.

Mientras tanto, la simulación de realidad virtual se considera una herramienta muy útil en neuroarquitectura; ya que permite a los usuarios Experimente múltiples espacios al mismo tiempo, sin grandes finanzas, lo que permite a los investigadores estudiar de inmediato las influencias de los diferentes espacios en los usuarios [9]. Simultáneamente, para crear La experiencia virtual más cercana al entorno de la vida real y para traer Su idea de funcionamiento más cercana a las mentes de estos niños pequeños, la La primera alternativa que se les muestra en la caja de VR es su entorno de aprendizaje real, construido como una simulación virtual típica de la realidad; ser seguido por las alternativas virtuales preparadas de lo estudiado elementos arquitectónicos.

2.1. La configuración

El estudio se realizó bajo el nombre de 'Pequeño arquitecto'. taller de "aventura", en una guardería y preescolar Montessori en la ciudad de El-Rehab, Egipto, llamada "Guardería Burbuja". Después de un desafiante proceso de filtración entre un número limitado de guarderías, debido a la Condiciones del covid-19 y momento de la solicitud durante las vacaciones de verano.

El espacio seleccionado "Junior Class A", (Fig. 1), fue elegido debido a La familiaridad de los niños, de diferentes grupos de edad, con él. Fue Modelado típicamente tal como se construyó utilizando el software 3Ds Max, imitando cada detalle para crear una copia idéntica, para luego renderizarla esféricamente en 360°, implementada en una aplicación de visualización de fotos de 360° 'VR' Sync', que junto con una caja VR, transforma la imagen renderizada en mundo de realidad virtual. Y luego, 10 alternativas diferentes de la El entorno interior existente real se diseñó siguiendo los mismos pasos, midiendo cinco elementos de la siguiente manera:



Fig. 1. El aula real de la Clase A. Fuente: Autor.

Intensidad de la iluminación

Se prepararon dos alternativas, donde la variable cambiante La intensidad de la unidad de iluminación era entre intensidad muy débil y brillante y fuerte.

Temperatura de los colores

De igual forma, se diseñaron dos alternativas con dos paletas de colores, cálido y frío, según las agrupaciones de temperatura de los colores, para ser aplicados en cada detalle del espacio con exageración. Potenciar las diferentes experiencias de los niños.

Formas y figuras

Este elemento fue un poco complicado, debido al espacio y al área. limitaciones; en la opción de líneas suaves, el diseño terminó cambiando únicamente las conexiones de los bordes y los contornos de las paredes, las aberturas, tableros colgados, papel tapiz y unidades de almacenamiento; junto con el sustitución de la alfombra y los muebles por opciones más curvas; Mientras que la opción de líneas nítidas tuvo cambios menores en el mobiliario. Selecciones con opciones más audaces.

Altura del techo

Teniendo en cuenta el espacio existente que ya tenía una altura de techo relativamente elevada: 4 m de altura libre, la variación de este elemento oscilante en ambas alternativas entre 4,5 m de altura y 2,7 m de altura; señalando que no fue posible crear alternativas

que se distingan más del existente, para respetar la lógica de las proporciones volumétricas.

Integración con la naturaleza

El objetivo principal de esta variación de elementos era estimular múltiples sentidos mediante el uso de elementos naturales. La alternativa, que integraba más elementos naturales, debía crear una experiencia multisensorial más amplia, maximizando el acceso visual a un paisaje abierto y expandido con plantas de exterior, algunas plantas de interior, texturas naturales accesibles al tacto y también actividades más relacionadas con la naturaleza, como el cultivo de plantas propias. A diferencia de la otra alternativa, que incluso ocultaba el acceso visual a los elementos naturales ya presentes en el entorno existente.

Simultáneamente, se preparó una plantilla similar a un juego (Fig. 2) para las alternativas de cada elemento, que se presentó a cada niño tras sumergirse virtualmente en ellas. La plantilla consistía en una imagen guía en 2D de cada alternativa y un conjunto de emociones, con temas de personajes, que se adaptaban únicamente al elemento examinado y a su gama esperada de sentimientos y reacciones; considerando las habilidades expresivas emocionales incipientes de los niños y respetando su sistema de neuronas espejo en desarrollo[3].

Finalmente, se empleó un conjunto de ejemplos innovadores en la lluvia de ideas que tuvo lugar inmediatamente después. Este consistió en 16 espacios de aprendizaje diferentes de distintos proyectos, lo que brindó la oportunidad de monitorear la retroalimentación honesta de los niños sobre dichos enfoques de diseño, en un lenguaje arquitectónico simplificado. Esta fase ayudó a abrir el horizonte para que los niños expresaran sus necesidades y preferencias en su entorno construido, lo que se llevó a cabo en el siguiente paso, donde se les pidió que explicaran mediante dibujos el diseño óptimo de su espacio ideal.

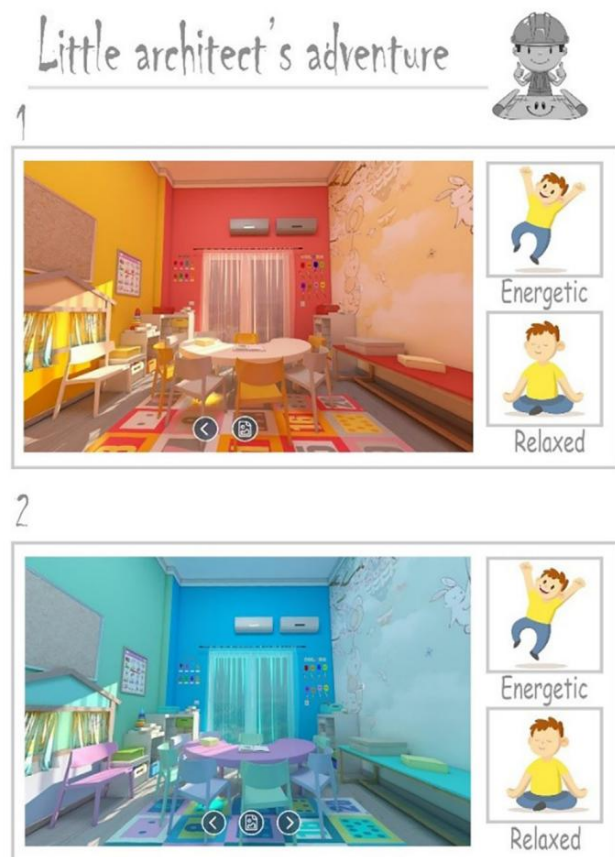


Fig. 2. Plantilla de emociones de juego (versión en colores). Fuente: Autor.

2.2. La muestra

La muestra del estudio se dividió en diferentes categorías según: yendo a 2 grupos de edad diferentes:

La primera muestra estuvo compuesta por niños pequeños de entre 3 y 4 años (Fig. 3), su experimento fue preparado para permitirles experimentar solo la primera fase, la actividad individual, debido a su corta edad y ventana de atención limitada [10].

La segunda muestra estuvo compuesta por niños en edad escolar (campamento de verano), de entre 5 y 7 años. El experimento de esta muestra se preparó para que pudieran experimentarlo en su totalidad, dado que su rango de edad garantizaba una mayor madurez mental y una expresión más sencilla de emociones y pensamientos [7].

La muestra de niños en edad escolar mostró un potencial interesante en la segunda fase. Durante la lluvia de ideas, se documentaron sus comentarios mediante notas escritas, fotos y retroalimentación grabada, junto con la observación de sus reacciones momentáneas a los elementos que les llamaron la atención, ya sean positivos o negativos (Fig. 4). Además, se les dio la oportunidad de expresar sus ideas y necesidades desde su perspectiva, utilizando sus habilidades de dibujo, junto con la presentación individual en forma de explicación verbal de lo que cada uno quería presentar.

3. Teoría

En primer lugar, el objetivo principal de esta investigación se centró en la investigación del impacto sustancial que el entorno construido, con sus diversos elementos, tiene en el comportamiento y el rendimiento de los niños, especialmente en los entornos de aprendizaje. Esto se hace con el fin de proporcionar a los arquitectos el nuevo arsenal científico, capaz de dotar a sus decisiones de diseño de una dimensión de impacto muy diferente, pero a la vez tan ventajosa.

Básicamente, el efecto del entorno construido en las personas varía entre efectos aparentes visibles, que podrían estudiarse mediante documentación, y efectos más complejos, que requieren un estudio profundo para extraer el impacto indirecto en la mente humana (el inconsciente) y los efectos derivados en el comportamiento, la salud mental y física [11]. Por esta razón, fue importante establecer múltiples decisiones cruciales en la investigación previa al experimento, de acuerdo con la información científica de la literatura, para poder validar los resultados de toda la investigación. Comenzando con el tipo de exposición que se eligió para experimentar en la aplicación;



Fig. 3. Un niño pequeño experimentando la realidad virtual. Fuente: Autor.



Fig. 4. Los niños expresando sus ideas sobre el espacio de aprendizaje de sus sueños. Fuente: Autor.

Según Paiva (2019) los niveles de efecto del tiempo y frecuencia de exposición al entorno construido en la conformación de su impacto en los individuos, se clasifican de la siguiente manera [11]:

- Exposición a corto plazo – efecto de corta duración
- Exposición a largo plazo – efecto de larga duración
- Exposición a corto plazo – Efecto de larga duración

Por lo tanto, la exposición a corto plazo resultó ser el escenario más adecuado para lo que esta investigación experimental necesita para examinar con precisión la validez del conocimiento teórico. Esto se debe a diversas razones, entre ellas, la "reacción inmediata" que produce la exposición a corto plazo, lo que facilita la extracción de las reacciones y emociones reales in situ. Este impacto inmediato no requiere interacción física con el entorno, sino solo un momento de exposición al estímulo arquitectónico, percibido a través de los sentidos.

La capacidad de procesar información conscientemente es inferior al 1 % de la capacidad de procesamiento inconsciente. – Eagleman (2011) [12]

En consecuencia, dado que el estímulo ambiental afecta a los individuos a un nivel subconsciente [13], era importante considerar todas las posibles variaciones que ocurren debido a la exposición a corto plazo, sin percepción consciente de los usuarios, representadas en los cambios fisiológicos, como las mediciones de la frecuencia cardíaca.

3.1. Los elementos arquitectónicos

Un aspecto fundamental fue determinar las características arquitectónicas que pueden afectar a los usuarios a corto plazo y que, en su mayoría, configuran el carácter del entorno construido. Por lo tanto, analizar estos elementos con referencia a la arquitectura reciente impulsada por la neurociencia.

Investigación. Según Paiva (2019), los elementos más importantes que afectan a los individuos en un nivel de exposición a corto plazo se analizan de la siguiente manera [11]:

- Luz
- Color
- Formas y figuras
- Altura del techo
- Integración con la naturaleza

3.2. Los efectos que afectan a los niños

Generalmente, el entorno construido circundante produce múltiples efectos fisiológicos y psicológicos, medidos mediante el análisis de múltiples parámetros, que se explican a continuación.

3.2.1. Las respuestas emocionales producidas por los procesos cerebrales

Según el libro «Descubriendo la Psicología» de Hockenbury, las emociones son estados psicológicos complejos de base biológica que se generan en el cerebro y se experimentan en todo el cuerpo. Su función es ayudar al cuerpo humano a adaptarse al entorno [14]. De igual manera, los elementos arquitectónicos pueden, individualmente o en conjunto, inducir al cerebro a reaccionar, generando un estado emocional específico.

Según Hockenbury, la respuesta emocional implica tres componentes distintivos, como son los siguientes [14]:

- La experiencia subjetiva
- La respuesta fisiológica
- La respuesta conductual

3.2.2. Los signos vitales

Los cambios fisiológicos que ocurren en los sistemas nerviosos autónomo y somático, como resultado de la exposición al entorno construido son muchos, pero específicamente, la frecuencia cardíaca es una de las variables que miden momento a momento los cambios en cualquier actividad vascular producida por el sistema nervioso bajo cualquier condición de estrés psicológico o alivio [15]; y con la ayuda de los dispositivos personales avanzados, como los relojes inteligentes, podría ser fácilmente monitoreada y documentada.

4. Resultados

Principalmente, la investigación profundizó en los principios de la neuroarquitectura, argumentados desde una perspectiva arquitectónica absoluta, con la intención de crear un diagrama integrado de los elementos arquitectónicos, incluyendo sus variaciones y el posible impacto de cada uno de ellos (Fig. 5). Simultáneamente, se analizaron los datos resultantes de las mediciones de signos vitales bajo la supervisión de la referencia médica, fruto de la valiosa colaboración con el Dr. Sammer Magdy, especialista en medicina familiar y pediátrica de la beca egipcia de medicina familiar.

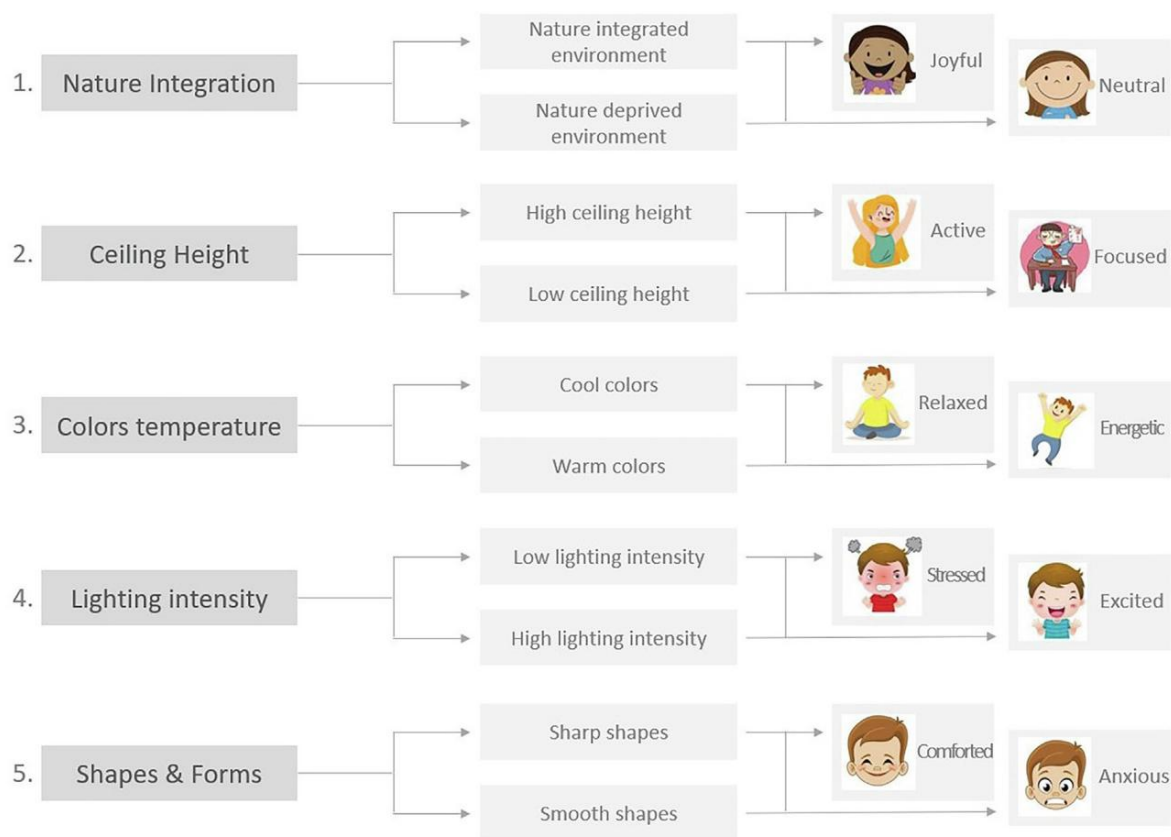


Fig. 5. Diagrama integrado de elementos arquitectónicos y sus emociones equivalentes. Fuente: Autor.

quien afirmó brevemente que el sistema nervioso autónomo humano es responsable de la traducción de la respuesta del cuerpo al estímulo ambiental circundante en reacciones físicas reales, incluidas las variaciones de la frecuencia cardíaca.

Lo que significa que cuando el cuerpo humano está expuesto a una respuesta emocional intensa a su entorno, traduce esta energía en un aumento del ritmo cardíaco debido a la activación del sistema simpático, y viceversa.

4.1. Indicaciones de la respuesta fisiológica

A continuación se presenta una explicación detallada y combinada de la medición de la frecuencia cardíaca de los niños mientras experimentaban diversos escenarios, sus reacciones espontáneas y también su discusión sobre sus sentimientos y evaluaciones personales; comenzando con la calificación estadística de las frecuencias cardíacas medias más altas de la muestra de mayor edad (5-7 años) de la siguiente manera (Fig. 6):

4.1.1. Integración con la naturaleza.

De acuerdo con los registros de frecuencia cardíaca, los niños mostraron mayor excitación, activación y estimulación sensorial al ser ubicados en un espacio con características naturales y con luz natural. Cabe mencionar que la alteración de la excitación de los niños se monitoreó fácilmente a través de sus expresiones verbales entusiastas, sus reacciones corporales a los hipermovimientos e incluso al intentar tocar elementos dentro de la realidad virtual, lo cual coincidió perfectamente con los datos científicos presentados en investigaciones previas [16].

4.1.2. La altura del techo

De acuerdo con los registros de frecuencia cardíaca, las alternativas de techo más alto tuvieron un papel en la creación de personas más emocionadas y enérgicas.

Comportamiento consistente con los datos estudiados, y además, se añade una prueba del papel de los techos altos en la creación de un comportamiento más excitado y enérgico, en comparación con los techos bajos [17]. Al cambiar a la alternativa de techo bajo, la mayoría de los niños expresaron una fuerte percepción de la diferencia, notándola como si el espacio se hubiera reducido.

4.1.3. La temperatura del color

Se ha observado que la mayoría de los niños presentan una frecuencia cardíaca más alta al exponerse a la alternativa de colores cálidos, en comparación con la de colores fríos, lo que confirma el papel estudiado de los colores cálidos en la creación de una fuerte estimulación y el aumento de la liberación de adrenalina en el cerebro [18]. Cabe destacar que el elemento de colores, con sus dos alternativas, fue el más interesante para los niños, según su descripción verbal de cada detalle que veían con su color y cómo lo evaluaban, e incluso su solicitud de navegar dentro de él. Esto significa que la atención prestada a la selección del color, durante el proceso de diseño, es un factor decisivo, especialmente al diseñar espacios para niños.

4.1.4. La intensidad de la luz.

Al experimentar las dos alternativas de la variable de intensidad de la iluminación, la mayoría de los niños mostraron una gran excitación y un cambio intenso en las reacciones faciales, cuando se les cambió a la intensidad de luz alta justo después de experimentar la de baja intensidad, también en consistencia con los registros de sus frecuencias cardíacas, que aumentaron en consecuencia en la opción de alta intensidad.

4.1.5. Las formas y figuras

Los registros de frecuencia cardíaca respaldaron los múltiples estudios que se preocuparon por el efecto de las líneas suaves y curvas para impulsar una mayor actividad en algunas áreas específicas del cerebro, lo que a su vez activa

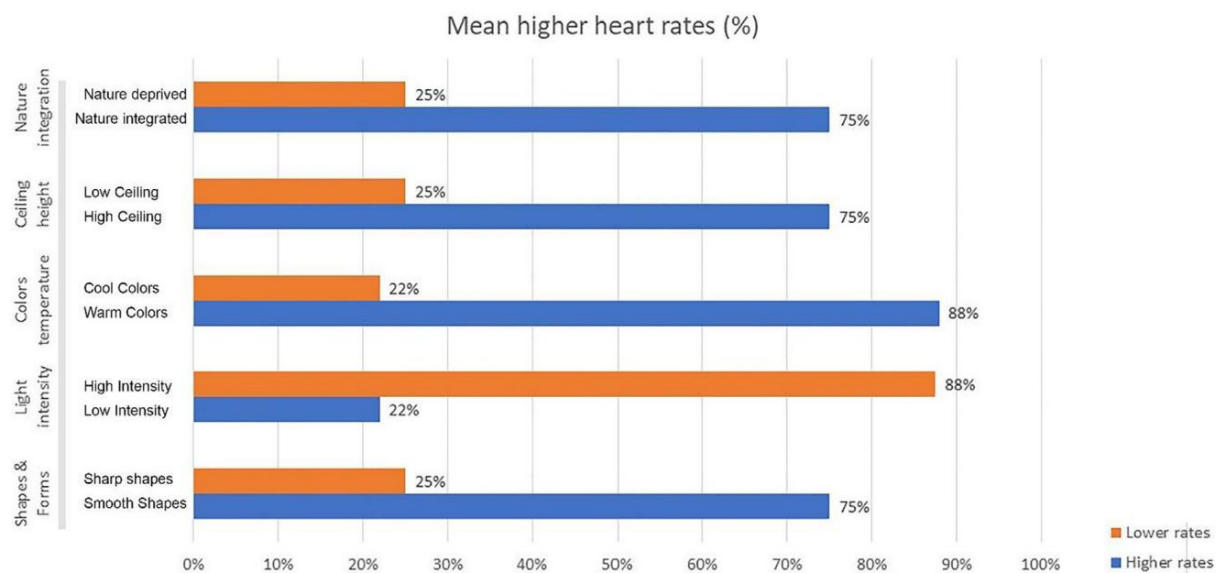


Fig. 6. Gráfico de frecuencias cardíacas combinadas en las alternativas de cada elemento arquitectónico. Fuente: Autor.

El sistema simpático del cuerpo y provoca un aumento de la frecuencia cardíaca [19]. Además, los niños mencionaron la "comodidad" como descripción de su sensación dentro de la alternativa suave; además, muchos reconocieron que esta alternativa les resultaba emocionante y relajante, lo que despertó su curiosidad por explorar sus características.

4.2. Las indicaciones de la respuesta emocional

La respuesta emocional de los niños se documentó en un gráfico combinado como se muestra en la (Fig. 7), que coincidió perfectamente con los resultados hipotéticos teóricos sobre las variaciones de la respuesta emocional, lo que demuestra que las características arquitectónicas son realmente cruciales.

cial en el proceso de diseño. Una justificación de la idea, distraídamente empoderadora, del impacto del espacio construido en el estado mental y la generación de emociones, y, por consiguiente, su efecto directo en la creatividad, la atención, la memoria, el aprendizaje y el bienestar [20].

4.3. La aportación de los niños a los principios de diseño

Esta parte, correspondiente a la segunda fase del taller, arrojó fuertes preferencias determinadas por parte de los niños, las cuales fueron analizadas, junto con sus ideas dibujadas (Fig. 8), y luego documentadas en forma de sugerencias de diseño actualizadas, asistidas por su participación de la siguiente manera:

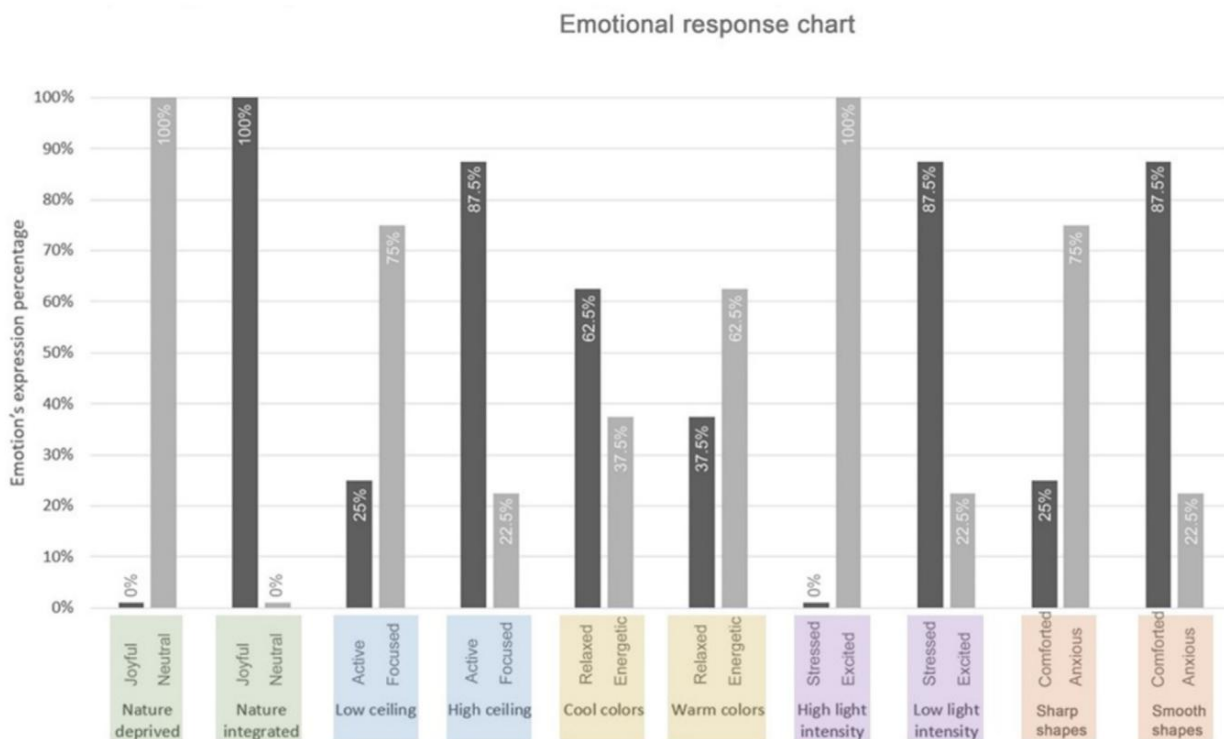


Figura 7. Resultados del gráfico de respuesta emocional combinada. Fuente: Autor.

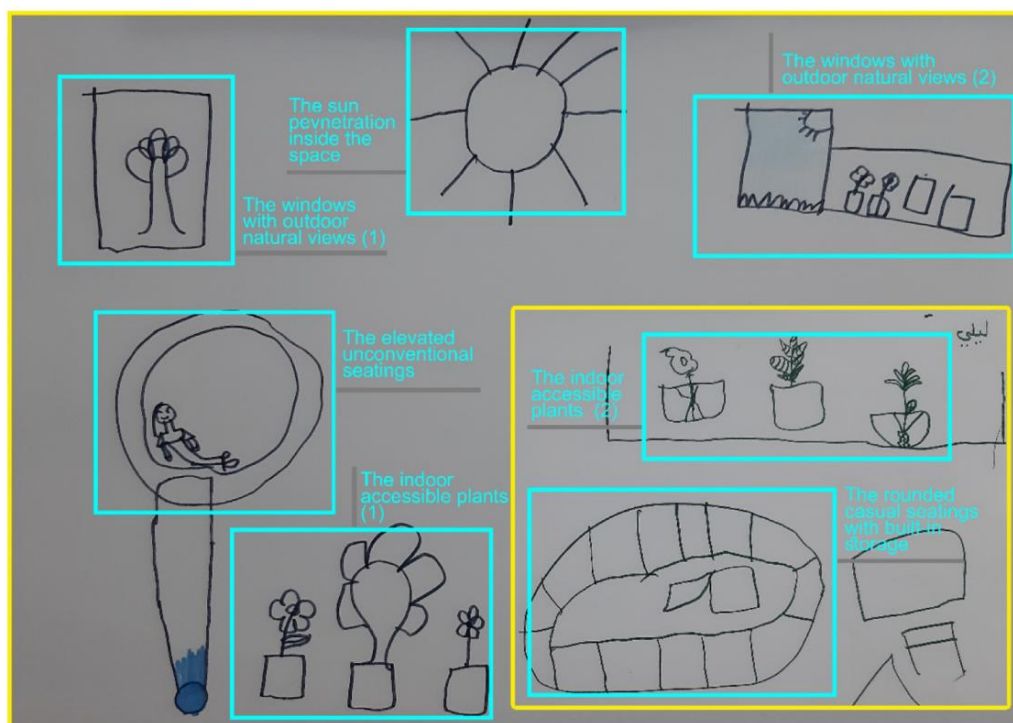


Fig. 8. Resultados de los dibujos de los niños – Segunda fase del taller. Fuente: Autor.

Materiales de acabado naturales, ya sea en el suelo, el techo o incluso las lamas verticales.

Varias opciones de asientos flexibles en el mismo espacio de aprendizaje, brindando una sensación de independencia dentro del orden planificado previamente, por ejemplo, asientos casuales y cómodos en el piso.

Los espacios de varios niveles brindan a los niños la flexibilidad que necesitan con un destello de curiosidad. Los

recintos de cualquier tipo, ya sea que se realicen con diferentes niveles, diferentes pisos o rodeados de muebles, brindan a los niños sentimientos más seguros.

La sabia elección de elegir siempre elementos de curvas suaves partiendo de una disposición circular del espacio, si es posible.

Al contrario de lo que suele suceder, la existencia de una amplia superficie sobre la que se puede dibujar resulta un tanto confusa para los niños, quienes encuentran difícil mantener la concentración.

Integración de la naturaleza, considerando una experiencia multisensorial de los elementos naturales, no sólo la accesibilidad visual.

Muebles y unidades de almacenamiento a medida para niños, que brindan a los niños una sensación de autonomía inmediata.

4.4. Contribución significativa

Como resultado fructífero de la explotación experimental de la investigación, que ya produjo hallazgos compatibles con los supuestos teóricos, se elaboró una guía sobre el impacto del diseño. Pionera en este tipo, la neuroarquitectura creó un ensayo para empoderar al arquitecto con estos datos reveladores. En él, cada elemento arquitectónico se analiza de la siguiente manera:

Las áreas específicas del cerebro que afecta

El papel que desempeña esta área del cerebro en los resultados conductuales cotidianos

Las posibles variables de este elemento arquitectónico y sus características contradictorias (si las hay)

Aunque, por supuesto, se basa en los elementos arquitectónicos limitados que ya han sido experimentados en la muestra de estudio.

En consecuencia, la guía de impacto del diseño formó una relación (Fig. 9) entre cada elemento arquitectónico estudiado, junto con sus posibles variables y las áreas del cerebro que podría afectar, así como los resultados conductuales diarios afectados por esas áreas cerebrales específicas (Fig. 10).

Aunque este resultado de investigación se ha experimentado en el nivel de (exposición a corto plazo - efecto a corto plazo), se cree que la exposición más prolongada supone de hecho crear un efecto a largo plazo, pero también se espera que fluya en la misma dirección, lo que hace que estos hallazgos sigan siendo un hito importante, pero al mismo tiempo no niega la importancia de futuras investigaciones y un trabajo experimental más profundo.

4.5 Limitaciones de la investigación

En realidad, esta investigación enfrentó múltiples limitaciones desafiantes, debido a su naturaleza, que requirió el uso de tecnologías recientes; nombradas brevemente a continuación:

Debido a las limitadas herramientas existentes, la investigación se vio obligada a crear alternativas innovadoras, encabezadas por el kit de herramientas de evaluación. Este incluía múltiples funciones, adaptadas a los recursos disponibles: - Realidad virtual - Medición de

constantes vitales

mediante relojes inteligentes - Plantillas para la medición de la respuesta emocional

Las condiciones de pandemia que dificultaron la aplicación de la aplicación en una muestra amplia de experimentadores.

La limitada ventana atencional de la muestra de niños pequeños provocó que cada niño experimentara un número variable de alternativas, lo que generó cierta inconsistencia en sus resultados. Por ello, los hallazgos finales interpretados se centraron principalmente en los resultados estadísticos de la muestra de mayores.



Fig. 9. Sistema de funcionamiento de la guía de impacto de diseño. Fuente: Autor.

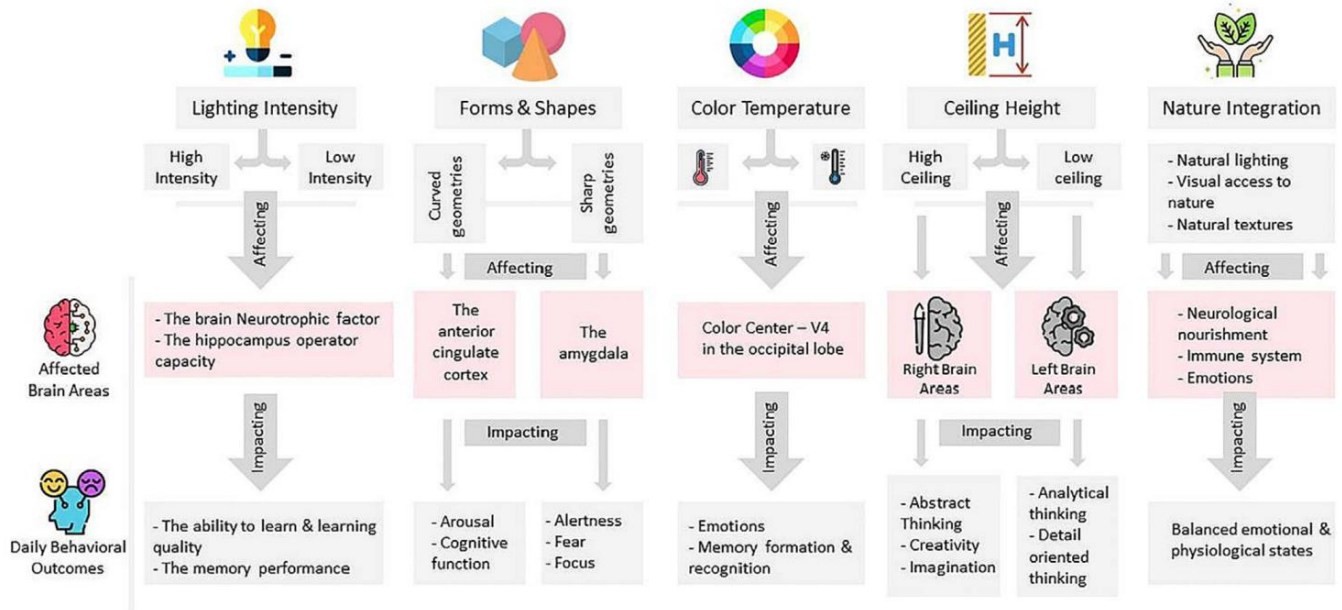


Fig. 10. Principales aspectos destacados de la guía de impacto del diseño. Fuente: Autor.

Finalmente, las limitaciones de la investigación redujeron ligeramente el porcentaje de validez de sus hallazgos debido a sus condiciones especiales. Sin embargo, se cree que impulsaron la investigación hacia una vía más creativa para alcanzar su objetivo.

5. Discusión

En primer lugar, a la luz de este objetivo de investigación, se creó un experimento práctico basado en la práctica real, con el fin de evaluar la credibilidad de los principios y directrices de diseño establecidos inicialmente en el campo. Obviamente, la configuración inicial del experimento se enfrentó a múltiples limitaciones y dificultades, entre ellas la complejidad de las herramientas necesarias y las dificultades encontradas al tratar con niños de tan corta edad.

Sin embargo, este experimento de investigación, a pesar de que ha sido simplificado y especialmente compuesto para adaptarse a los recursos y condiciones disponibles, produjo muchos recursos fructíferos, que realmente excedieron lo que se esperaba de él, y también arrojó luz sobre los potenciales reales encontrados en la participación de las medidas fisiológicas en los procesos de investigación de diseño, que cumplieron de manera impresionante con los hallazgos teóricos de la investigación neurocientífica, hasta ahora.

Por lo tanto, esta fase de investigación práctica se considera un hito importante. Acreditó una amplia base de información para facilitar el diseño de entornos de aprendizaje infantiles, basándose en mediciones científicas arquitectónicas, observaciones exhaustivas y, sobre todo, en la participación de los niños para configurar sus necesidades y preferencias precisas, lo que implica poner a los arquitectos en su lugar para comprender su perspectiva sobre la percepción del entorno.

6. Conclusiones

La visión de esta investigación fue profundizar en el prometedor campo emergente de la neuroarquitectura, explorando las capacidades del diseño arquitectónico para impactar el comportamiento y el bienestar de las personas. Entre los múltiples resultados, la guía de impacto del diseño, creada a lo largo de esta investigación, se desarrolló para contribuir eficazmente a la larga trayectoria de investigación de este prometedor campo, especialmente en relación con el diseño de edificios específicos para entornos de aprendizaje infantil. Además, dado que la neuroarquitectura como enfoque ha establecido que no existe una receta a seguir al diseñar con respecto a sus directrices esenciales, su prometedor progreso investigativo busca únicamente producir un conocimiento orientador organizado, que se tenga en cuenta en las fases de diseño arquitectónico, junto con el respeto a la singularidad de cada proyecto, que incluye a los usuarios, su contexto cultural y las funciones y condiciones especiales del entorno. Este dilema específico es precisamente lo que impulsó la creación de la guía de impacto del diseño validada. Esta guía, que combinó algunas de las conclusiones más importantes de los hallazgos de la investigación neurocientífica relacionados con la arquitectura, junto con los hallazgos de la aplicación de esta investigación específica; en busca de la mayor validación posible de la compleja correlación entre la arquitectura y su impacto científico en el bienestar de los individuos.

En conclusión, los recientes hallazgos de la investigación neurocientífica han demostrado la necesidad indispensable de un vínculo armonioso y sencillo entre el arquitecto habitual, dispuesto a aplicar la neuroarquitectura, y los densos datos y hallazgos neurocientíficos, que no debería verse obligado a estudiar en profundidad. Para empoderarlo...

de aprovechar eficientemente todo el potencial esencial de las decisiones de diseño, brindándole la oportunidad de expresar claramente el resultado que desea del entorno que crea y la ejecución de estas declaraciones. Esta nueva y prometedora dirección apoyaría las metodologías de diseño convencionales que, en su mayoría, predeterminan las decisiones de diseño según la estética visual favorable, las preferencias personales del cliente o incluso del propio arquitecto.

Finalmente, la actualidad asiste a un cambio radical en la investigación y la práctica arquitectónica, donde la era de la neuroarquitectura comienza a cristalizar; donde las personas, y no los edificios, son el epicentro. Y dado que el concepto de las ciudades inteligentes gira en torno al ciudadano como centro de atención, el bienestar de las personas se beneficiaría enormemente del emergente enfoque interdisciplinario de la neuroarquitectura.

Según Vartanian, la visión de la neuroarquitectura es la creación de un marco empírico para crear entornos que puedan optimizar el comportamiento humano, la salud y el bienestar.

Lo más interesante es que la aplicación de los conocimientos de la neurociencia a la investigación arquitectónica, hasta la fecha, ha sido de gran alcance. Promete la creación de entornos construidos que promuevan de forma medible actividades más efectivas y saludables, mediante el control del impacto preciso en la dinámica cerebral, la respuesta del organismo a estos entornos e incluso el desarrollo continuo de algunas partes del cerebro.

7. Recomendaciones

Sin duda, el campo de la neuroarquitectura representa un terreno fértil para la investigación, con una continua publicación de hallazgos neurocientíficos, muy atractivos para su integración en el mundo de la arquitectura. A la larga, el desarrollo de la investigación dio lugar a sugerencias para futuros estudios, muy interesantes de explorar, entre ellos:

El campo de investigación específico, relacionado con el diseño de entornos de aprendizaje, todavía necesita más investigación y condiciones experimentales más amplias para producir hallazgos más sólidos, lo suficientemente confiables como para ser aplicados en la práctica futura. Para un trabajo de investigación más integrado, la colaboración entre investigadores de ambos campos, arquitectura y neurociencia, superaría múltiples limitaciones y produciría resultados prometedores.

Este campo en general tiene muchos ámbitos de investigación aún sin explorar, que se centrarían más bien en los diferentes tipos de edificios y los diferentes antecedentes de los usuarios.

Disponibilidad de datos

Los conjuntos de datos utilizados y/o analizados durante el presente estudio están disponibles a pedido razonable del autor correspondiente.

Declaración de intereses en conflicto

Los autores declaran que no tienen ningún interés financiero competitivo conocido ni relaciones personales que pudieran haber parecido influir en el trabajo presentado en este artículo.

Referencias

- [3] Maleki MR, Bayzidi Q. Aplicación de la neurociencia a la arquitectura: el surgimiento de una nueva tendencia en neuroarquitectura. *Kurdistan J Appl Res* 2018;3 (1). doi: <https://doi.org/10.24017/science.2018.1.62> [4] de Paiva A. Neurociencia aplicada a la arquitectura: cómo el diseño de edificios puede influir en el comportamiento y el rendimiento. *J Civ Eng Architect* 2018;12(2). doi: 10.17265/1934-7359/2018.02.007.
- [5] Matthews E, Lippman PC. El entorno físico de los centros de primera infancia: un estudio de caso sobre el uso de espacios de descanso; 2016.
- [6] Censo australiano de desarrollo temprano. Nuestros niños, nuestras comunidades, nuestros futuro; 2019.
- [7] Dunn JR. Niveles de influencia del entorno construido en la promoción del desarrollo infantil saludable; 2012.
- [8] Ekman P, Cordaro D. ¿Qué significa llamar a las emociones básicas? *Emot Rev* 2011;3(4):364–70. doi: <https://doi.org/10.1177/1754073911410740>
- [9] Chiamulera C et al. Realidad virtual para neuroarquitectura: reactividad de señales en espacios construidos. *Front Psychol* 2017;8. Frontiers Research Foundation, 13 de febrero. doi: 10.3389/fpsyg.2017.00185.
- [10] Oficina de Educación y Cultura de la Organización de los Estados Americanos (OEA/SEDI/DHDEC/OEC). Primera infancia: una mirada desde la perspectiva de la neuroeducación; 2010. [En línea]. Disponible en: <http://www.oas.org>. [11] de Paiva A, Jedon R. Efectos a corto y largo plazo de la arquitectura en el cerebro: hacia la formalización teórica. *Front Architect Res* 2019;8(4):564–71. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.07.004>.
- [12] Eagleman D. *Incógnito: las vidas secretas del cerebro*. Nueva York: Pantheon; 2011.
- [13] Holmes T. La neurociencia de las aulas; 2016.
- [14] Hockenbury S, Nolan S, Hockenbury D. Descubriendo la psicología; 2016. [15] van den Berg MMHE et al. Respuestas del sistema nervioso autónomo a la observación de entornos verdes y edificadas: diferenciación entre actividad simpática y parasimpática. *Int J Environ Res Public Health* 2015;12(12):15860–74. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph121215026>.
- [16] Martínez-Soto J, Gonzales-Santos L, Pasaye E, Barrios F. Exploración de correlatos neuronales de la exposición a entornos restauradores mediante resonancia magnética funcional. *Intell Build Int* 2013;5(sup1): Artículos Seleccionados del Primer Congreso de la ANFA, septiembre de 2012.
- [17] Vartanian O et al. Diseño arquitectónico y el cerebro: efectos de la altura del techo y la percepción del espacio cerrado en los juicios de belleza y las decisiones de aproximación-evitación. *J Environ Psychol* 2015;41. ISSN 0272-4944. doi: 10.1016/j.jenvp.2014.11.006.
- [18] Elliot AJ. Color y funcionamiento psicológico: una revisión de trabajos teóricos y empíricos. *Front Psychol* 2015;6. Frontiers Media SA doi: 10.3389/fpsyg.2015.00368.
- [19] Banaei M, Hatami J, Yazdanfar A, Gramann K. Caminar por espacios arquitectónicos: el impacto de las formas interiores en la dinámica cerebral humana. *Front Hum Neurosci* 2017;11. doi: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00477>.
- [20] Paiva A. Neuroarquitectura y el papel de las emociones | Percepción + Espacio | Universidad de Salford; 11 de junio de 2021. <https://hub.salford.ac.uk/perception-space/2021/06/11/neuroarchitecture-and-the-role-of-emotions/> (consultado el 3 de octubre de 2022).

Lectura adicional

- [1] Maha Mahmoud Ibrahim A. La integración del diseño de interiores y la neurociencia: hacia una metodología para aplicar la neurociencia al diseño de interiores; *Revista de Artes y Arquitectura*, 2019. doi: <https://doi.org/10.12816/espacios.14.mjaf.2019.25813>.
- [2] Samarzija H. Implicaciones epistemológicas de la neuroarquitectura palabras clave neuroarquitectura epistemología cognición mente-cerebro identidad filosofía de la mente; 2018.



La arqueóloga Dina Ezzat, profesora asistente en la Universidad Ain Shams, se graduó de la Universidad Ain Shams en 2017 y obtuvo su maestría en 2022. Su maestría se centró en «Arquitectura impulsada por la neurociencia», concretamente en «Ajustar la neuroarquitectura al diseño de instalaciones educativas».



Shaimaa Mohammad Kamel es profesora del Departamento de Ingeniería Arquitectónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Ain Shams, donde ha sido jefa de departamento durante cuatro años. Actualmente es profesora a tiempo parcial en la Universidad Americana de El Cairo.

Desde 1992, ha impartido numerosos cursos, desarrollado programas de estudio y dirigido tesis de posgrado. Durante su trayectoria, ha publicado artículos de investigación y participado en la organización de congresos internacionales. Es miembro del comité de excelencia en Arquitectura del Consejo Superior de Cultura.

Además, la Dra. Shaimaa forma parte de la asamblea general de la Autoridad General de Edificios Educativos. Profesionalmente, ha diseñado varios edificios en empresas privadas. Es doctora en Arquitectura por la Universidad Ain Shams.



Dra. Laila Khodeir, Profesora de Gestión de Proyectos y Desarrollo Sostenible en la Universidad Ain Shams. Profesional certificada en Gestión de Proyectos (PMP) por el PMI, Profesional de Aula Verde por la asociación LEED e Investigadora Principal del Centro Interactivo para el Desarrollo Infantil Sostenible (ISCDC).

Proyecto de investigación. Graduada de la Universidad Ain Shams en 2002. Su maestría en 2005 se centró en "Sostenibilidad social", a saber, "El impacto de las comunidades locales en los criterios de diseño de ecoalbergues". Mientras que su doctorado en 2010 se centró en una disciplina emergente en Egipto en ese momento, que es "Gestión de instalaciones". Desde entonces, el trabajo de investigación de la Dra. Laila se ha centrado generalmente en la gestión de instalaciones, la gestión de proyectos de construcción y la aplicación de la gestión como un término amplio en la enseñanza de la arquitectura. Hasta la fecha, ha publicado más de 60 artículos en revistas revisadas por pares o en conferencias internacionales. Además de publicar tres capítulos de libros y actuar como revisora en varias revistas nacionales e internacionales, JOC Journal of Construction, Sudáfrica y Ain Shams Engineering Journal, Elsevier, Science Direct.