



VOLUME 3 ISSUE 1

Revista Internacional de
**Principios y Prácticas del
Diseño**

**Neuroarquitectura aplicada al proceso de
diseño**

ANA CRISTINA GARCÍA-LUNA ROMERO Y ARTHUR DIAS SILVEIRA

**REVISTA INTERNACIONAL DE
PRINCIPIOS Y PRÁCTICAS DEL DISEÑO**

<https://el-diseno.com/revista>

Primera edición Common Ground Research Networks 2021

University of Illinois Research Park

2001 South First Street, Suite 202

Champaign, IL 61820 USA

Ph: +1-217-328-0405

<http://cgespanol.org>

ISSN: 2689-3053 (versión impresa)

ISSN: 2689-3061 (versión electrónica)

© 2021 (artículos individuales), autor(es)

© 2021 (selección y contenido editorial),

Common Ground Research Networks

Todos los derechos reservados. Excepto propósitos de estudio, investigación, crítica o revisión permitidos bajo la legislación de derechos de autor, ninguna parte de este trabajo puede ser reproducida, en ningún formato, sin el consentimiento explícito por escrito del editor. Para otros tipos de permisos y dudas, por favor, escriba a: soporte@cgespanol.org.

Revista Internacional de Principios y Prácticas del Diseño
es una publicación académica arbitrada bajo el proceso de revisión por pares.

Neuroarquitectura aplicada al proceso de diseño

(Neuroarchitecture Applied to the Design Process)

Ana Cristina García-Luna Romero, Universidad de Monterrey, México
Arthur Dias Silveira, Pontificia Universidade Católica de Minas Gerais, Brazil

Resumen: Desde sus inicios, el diseño representa un medio de transmisión para la información, y es a través de él que se materializan todos los datos necesarios para lograr dotar de significado su interpretación. De esta forma, se reconoce como premisa que la gran mayoría de las decisiones se ven influenciadas a partir de factores emocionales, además de criterios lógicos. A pesar de ser un concepto reciente, los impactos de la neuroarquitectura en la mente humana se reconocen desde hace mucho tiempo, especialmente al abordar proyectos corporativos, educativos, o bien, hospitalarios. Este artículo demuestra la relación del diseño con la neuroplasticidad cerebral: cómo el entorno modifica su química y, por lo tanto, las emociones, pensamientos y comportamientos. Así, determinados entornos estimulan mecanismos hormonales en el cerebro que dan lugar a emociones y sensaciones. El objetivo es mostrar el abordaje del tema buscando el desarrollo de espacios más inteligentes y humanos. Debe-se realizar un análisis causal a partir de la composición de los entornos y su influencia en el comportamiento del ser humano para señalar su relevancia en la producción espacial. Como metodología de estudio, se realiza un análisis de textos, libros y periódicos en el área en cuestión con la intención de comprender cómo se puede aplicar este proceso en diferentes etapas de diseño.

Palabras clave: Neuroarquitectura, diseño de interiors, diseño, ciudades, biofilia, diseño ambiental

Abstract: From its beginnings, design represents a means of transmission for information, and it is through it that all the necessary data are materialized to achieve meaningful interpretation. In this way, it is recognized as a premise that the vast majority of decisions are influenced by emotional factors, in addition to logical criteria. Despite being a recent concept, the impacts of neuroarchitecture on the human mind have been recognized for a long time, especially when addressing corporate, educational, or hospital projects. This article demonstrates the relationship of design with brain neuroplasticity: how the environment modifies its chemistry and, therefore, emotions, thoughts and behaviors. Thus, certain environments stimulate hormonal mechanisms in the brain that give rise to emotions and sensations. The objective is to show the approach to the subject seeking the development of smarter and more humane spaces. A causal analysis should be carried out based on the composition of the environments and their influence on the behavior of the human being to indicate its relevance in spatial production. As a study methodology, an analysis of texts, books and newspapers is carried out in the area in question with the intention of understanding how this process can be applied at different stages of design.

Keywords: Neuroarchitecture, Interior Design, Design, Cities, Biophilia, Environmental design

Introducción

En la era digital, la evolución de la estética del diseño es notable, alcanzando formas y estructuras revolucionarias. Sin embargo, yendo más allá del proyecto y mirando al ser humano como único, buscar entender sus necesidades y estímulos causados por el entorno se vuelve cada vez más esencial. Permítanos ejemplificar con el concepto de Design Thinking, que es un enfoque más humanizado para la elaboración de proyectos, sea cual sea el área, que siempre toma al cliente como el principal punto de apoyo. De esta manera, todo el trabajo converge para satisfacer sus necesidades reales, poniendo a la persona primero. En pocas palabras, necesitamos una forma de pensamiento y diseño dedicada a la resolución de problemas y el desarrollo de productos y soluciones basados en metodologías y procesos cognitivos, que nos muestran de manera real el impacto y los cambios causados en la vida del usuario.

Los cambios en las sinapsis cerebrales son el foco principal cuando se trata de neurociencia aplicada a la arquitectura. El psicólogo Kurt Lewin (1890-1947) concluyó en su teoría del campo que el comportamiento de cada individuo depende de la interacción con el entorno físico y no solo de las características personales. Sin lugar a duda, reconocemos fácilmente espacios que, en el simple acto de entrar, transmiten sentimientos de bienestar o malestar. Incluso aquellos que no son expertos en el área pueden comprender la importancia de construir entornos armoniosos y, por lo tanto, los proyectos deben considerar la funcionalidad, la estética y los impactos generados en el inconsciente. Estos impactos pueden ser provocados directa o indirectamente por factores como la iluminación, que incluso sin darnos cuenta, nos afecta la luz artificial en todo momento. La iluminación natural es fundamental para la organización temporal de la fisiología de los organismos. Permite la sincronización del ritmo circadiano con los periodos diurnos y nocturnos del entorno. El ritmo circadiano (o ciclo circadiano) se llama reloj biológico. Abarca el período de un día (24 horas) en el que se completan las actividades del ciclo biológico de los seres vivos y regula los ritmos fisiológicos y psicológicos, con impactos directos sobre el estado de vigilia y sueño, sobre la secreción de hormonas, células, función y expresión génica, es decir, es a través de la luz que nuestro cerebro sincroniza gran parte de su funcionamiento con el mundo exterior.

El ciclo circadiano impregna la mayoría de los sistemas cerebrales responsables de controlar nuestro estado de ánimo, incluido el sistema límbico y el eje hipotalámico-pituitario. El sistema circadiano también regula la secreción de glucocorticoides (incluido el cortisol). Estas sustancias son importantes para el manejo del estrés y el sistema inmunológico. Además, la desregulación a largo plazo del sistema circadiano también conduce a cambios estructurales en el cerebro.

Además, los lugares de trabajo deben tener espacios humanizados que satisfagan las necesidades físicas y psicológicas de sus usuarios. Este problema influye directamente en la motivación y la productividad de los empleados, y también mejora la calidad de vida. Otra posibilidad sería aliviar los sentimientos de miedo frente a los tratamientos de salud, mejorar el rendimiento de recuperación de los pacientes, aumentar su compromiso con las actividades médicas y humanizar las clínicas y salas de atención, facilitando la interacción entre el profesional de la salud y el paciente.

En un contexto de abundante evolución tecnológica, surgen conceptos como la arquitectura paramétrica. La arquitectura paramétrica es una nueva idea en el campo de la construcción civil, donde el diseño del edificio u objeto se reemplaza por el diseño del proceso que genera el objeto, que se realiza mediante parámetros.

Algunos de estos parámetros son: la incidencia del sol, el área de las aberturas, los esfuerzos estructurales y los tipos de materiales. Una vez definidos los parámetros, se realiza un uso intensivo de infografías y análisis de los parámetros mediante algoritmos. En general, le corresponde al diseñador definir los parámetros y el algoritmo para generar la geometría, y desde el momento en que se definen y combinan con el conocimiento obtenido de los impactos de las construcciones en el cerebro, pueden resultar en proyectos mucho más completos.

Los softwares y los datos ofrecen innumerables posibilidades, lo que en consecuencia puede generar un gran aumento en el nivel del dominio del proyecto del autor, ayudando a los profesionales a tomar solo proyectos desafiantes del campo de las teorías como fue el caso del Centro Heydar Aliyev, que es un ejemplo famoso de un proyecto de Zaha Hadid Architects que utilizó arquitectura paramétrica. Otros arquitectos que han utilizado este método y herramientas son Norman Foster, Jean Nouvel, Frank Gehry, Jacques Herzog y Pierre de Meuron, Santiago Calatrava y Jürgen Mayer H. Si la evolución de estos softwares nos permite alcanzar resultados previamente inimaginables en el campo de la ejecución, ¿cuál sería la posibilidad de llevar esta evolución al campo cerebral de los usuarios? Hacer que el impacto de estos proyectos vaya más allá del entorno estético, causando sensaciones reales y cambios en la vida de las personas que viven, trabajan o simplemente están de paso por allí.

Es necesaria una reflexión sobre el papel de los arquitectos y neurocientíficos para cumplir el objetivo de diseñar espacios centrados en el funcionamiento del cerebro de quienes los ocupan y mostraremos cómo este concepto está presente en las diversas etapas del diseño, y cómo lo utilizamos desde la concepción para lograr el resultado esperado. Este trabajo busca presentar el concepto de neuroarquitectura con la intención de mostrar que un espacio realmente pensado y preparado, utilizando conceptos ya conocidos, puede lograr objetivos reales de sus usuarios y dar un uso mucho más saludable al entorno construido. Al tratarse de un tema extremadamente reciente, la cantidad de información directamente relacionada con él sigue siendo baja en comparación con otros temas. Por tanto, es necesario un análisis general de contextos y conceptos que relacionan la neurociencia con la arquitectura, aunque sea de forma indirecta. La metodología utilizada para desarrollar los objetivos de la investigación incluye un marco teórico que busca esclarecer la información necesaria para comprender y llevar a cabo un proyecto que aplique este concepto. Por ello, se desarrolló mediante revisión bibliográfica con consultas en libros, artículos, tesis, disertaciones e información de la *Academy of Neuroscience for Architecture* (ANFA), ubicada en San Diego - California (USA). La idea es desarrollar aún más teorías nuevas, además de plantear, reunir, evaluar críticamente y sintetizar los resultados de varios estudios primarios.

Smart cities, el desafío de la evolución

En las últimas décadas, cada día más personas se trasladan a los grandes centros urbanos. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) predice que en 2050 la población mundial alcanzará los 9 mil millones de habitantes, de los cuales el 70% vivirá en centros urbanos. Junto a este gran aumento de población, también van en aumento algunos de los grandes desafíos globales, como el aumento de la contaminación, la escasez de recursos, la gestión del agua o la eficiencia energética. En la Edad Media, la falta de conocimiento y planificación hizo que las áreas urbanas fueran conocidas como 'ciudades pestilentes'. Debido a los problemas que esto genera, como la peste y el cólera, se buscaron soluciones, como la creación de redes de alcantarillado y agua corriente. Podemos decir que hoy estamos atravesando una revolución similar. Cuando finalmente entendamos que nuestros edificios y ciudades, tal como están diseñados, contribuyen mucho al aumento de los problemas psicológicos y generan modelos de trabajo que estimulan patologías como la depresión y la ansiedad, finalmente buscaremos soluciones más humanas que puedan funcionar en armonía con los ecosistemas que habitan, y ahí es donde entra en juego la neuroarquitectura.

Entonces surge un nuevo concepto: *Smart Cities*, sistemas de personas que interactúan y utilizan energía, materiales y servicios de manera más inteligente para catalizar el desarrollo económico y mejorar la calidad de vida. Se consideran *smart* por hacer un uso estratégico de la infraestructura, los servicios, la información y las comunicaciones para responder a las necesidades sociales y económicas de la sociedad. Según el índice *Cities in Motion*, del IESE *Business School* en España, 10 dimensiones indican el nivel de inteligencia en una ciudad: gobernanza, administración pública, urbanismo, tecnología, medio ambiente, conexiones internacionales, cohesión social, capital humano y la economía.

A pesar de considerarse reciente, el término *Smart City* ya se ha consolidado como un tema ineludible en las discusiones globales sobre la evolución de la vida urbana. Otro cambio drástico en las últimas décadas ha sido el perfil de las enfermedades físicas y psicológicas. Con la mejora de la salud y las condiciones de vida, las enfermedades infecciosas y contagiosas han dado paso a una amplia gama de trastornos psíquicos, que a menudo están directamente relacionados con el caos de la vía urbana.

En la búsqueda de soluciones a este desafío, varias ciudades tienden a tener o implementar iniciativas para convertirse de facto en *Smart Cities* y poder promover una mejor calidad de vida con la optimización de procesos arquitectónicos y urbanísticos. Los ejemplos parecen lejanos y casi imposibles, pero ya forman parte del día a día de algunas ciudades del mundo. Algunas capitales se han convertido en un referente para la búsqueda de soluciones sostenibles y por el buen uso de la tecnología para ayudar a sus habitantes, como es el caso de Ámsterdam. Valorar la participación activa de los residentes es un paso importante en el desarrollo de una ciudad inteligente. Basándose en este principio, la capital holandesa desarrolló una iniciativa conocida como *Amsterdam Smart City*, una asociación entre el gobierno, el comercio, los estudiantes y los ciudadanos, que tiene como objetivo transformar la ciudad en un lugar mucho mejor para vivir. Las inversiones son variadas y tienen en cuenta proyectos de mejora de zonas habitacionales, espacios públicos, movilidad y eficiencia energética. También se valora la sostenibilidad, ya que esta iniciativa valora el consumo colaborativo, fomenta el uso de la bicicleta como uno de los principales medios de transporte y cuenta con proyectos para la implantación de estaciones de coches eléctricos en toda la ciudad. Ámsterdam también se destaca por fortalecer su marca y fomentar el sentimiento de pertenencia. Con el fin de generar mejoras en la imagen de la ciudad, en 2004 se creó la plataforma *Amsterdam Partners* y, a partir de ese momento, se comenzó a construir una nueva identidad con la participación de toda la población.

La complejidad de sus sistemas

Los sistemas que componen una ciudad se complementan y se dividen en dos capas principales: infraestructura y servicio. El principal punto que diferencia a una ciudad inteligente es la incorporación de una tercera capa, la capa digital o de datos. Esto, tiene su crecimiento combinado con un desarrollo tecnológico cada vez más acelerado en las ciudades, como sensores, cámaras, GPS, teléfonos inteligentes y muchos otros. Estos dispositivos de generación de datos se pueden encontrar a costos y tamaños cada vez más bajos, lo que hace que su uso sea muy conveniente. Otro factor importante es la cantidad de datos generados diariamente que tiene un crecimiento exponencial.

Este salto tecnológico en los sistemas urbanos es posible gracias a diferentes subsistemas. La capa de datos permite la transmisión y el almacenamiento físicos (cables y tarjetas) y la capa de red permite que todos los dispositivos estén conectados en línea. Finalmente, en la parte superior de esta pirámide, están los dispositivos individuales que generan y almacenan datos. Combinados, estos sistemas conforman el llamado Internet de las cosas (IoT): la conexión de diferentes dispositivos a través de Internet y la *World Wide Web*. La evolución de este fenómeno permite que los dispositivos se conecten de forma exponencial, además de un aumento significativo en la cantidad de datos generados y transmitidos cada vez más rápido, casi en tiempo real. Esta tecnología es capaz de recibir datos e información de la ciudad y transformarla en alternativas para sortear los principales problemas urbanos de cada localidad. Con eso, se puede decir que el Internet de las Cosas no es más que objetos cotidianos conectados de forma inteligente a través de Internet, y eso significa que podemos usar esta conexión para identificar problemas y lograr resultados mucho más rápido, además de ver parámetros sobre el razones por las que una ubicación de ciudad en particular no funciona o funciona de manera ineficiente.

La digitalización no es más que la combinación de todas las capas de evolución de las tecnologías de la información y la comunicación. A través del proceso, las cadenas de valor previamente exclusivamente físicas pueden visualizarse en una dimensión digital, lo que significa que los clientes pueden seguir e influir en esta cadena de valor. Además, la información obtenida ahora se puede utilizar para mejorar la cadena de valor o crear nuevos servicios y modelos de negocio que permitan a las empresas encontrar nuevas formas de

beneficiarse de ella. Esto afecta a muchos sectores, como las industrias que tienen una alta intensidad de información, como la salud, ya que ahora la información se puede recopilar, almacenar y analizar de manera más eficiente. Muchos de estos sectores conviven a nivel de ciudad, lo que demuestra que la digitalización tiene un fuerte impacto en la infraestructura urbana. Un mayor acceso a este tipo de información también permite buscar el número de edificios de acuerdo con un modelo de proyecto que no es beneficioso, por ejemplo, que puede ser utilizado como parámetro y soporte para el desarrollo de nuevos proyectos.

Desafíos de transición

Una ciudad inteligente puede verse en las mismas dimensiones que una ciudad tradicional, pero con diferentes implicaciones. El proceso de digitalización económica, por ejemplo, puede basarse en revitalizar y estimular este medio mediante los avances tecnológicos. Desde una perspectiva social, una ciudad inteligente es una forma de estimular las comunidades en línea y revitalizar la vida social.

Por otro lado, existen cuestiones políticas dentro de esta temática, donde el acceso más fácil a la información fomenta cada vez más la implicación y participación de los ciudadanos a través de los procesos de toma de decisiones aunque sea en línea. Finalmente, el punto de vista tecnológico nos muestra el alto rendimiento y desarrollo más eficiente en infraestructuras y servicios inteligentes. Cada vez es más habitual utilizar herramientas digitales para tareas anteriormente ocupadas por personas, como el cobro de peajes o los sistemas de seguridad.

Acerca de los principales retos en el desarrollo y transición a ciudades inteligentes incluyen la gestión del impacto social que estos grandes cambios provocan en la vida de los ciudadanos, para que podamos utilizar la tecnología de forma inteligente no sólo para optimizar el sistema productivo, sino también para comprender mejor los impactos que tales sistemas provocan en la calidad de vida y la salud de las personas, aunque sea de forma inconsciente, además de proponer mejores soluciones en base a estos nuevos datos obtenidos. Es de suma importancia analizar cómo se está desarrollando e implementando el concepto y la arquitectura de la ciudad inteligente. Por ejemplo, al pensar en una ciudad del futuro, se nos viene a la mente un espacio sostenible, con optimización de los recursos hídricos y energéticos y el uso de la tecnología para garantizar la eficiencia en los servicios. Pero eso no es todo. La presencia de áreas con vegetación es sumamente importante, es decir, espacios donde se establece una conexión con la naturaleza suele mejorar los niveles de bienestar en las actividades diarias. Esto se puede notar, por ejemplo, cuando la arquitectura lleva elementos naturales a lugares cerrados. Según Browning & Cooper (2015), un proyecto arquitectónico puede planificar un espacio a tal efecto, ya que la percepción de bienestar aumenta hasta en un 15% en espacios de trabajo con esta característica. Los beneficios se extienden a la productividad: las oficinas con plantas y luz natural tienen un 15% más de empleados creativos.

Desde el punto de vista de los proveedores, la adopción del concepto significa la oportunidad de monetizar estas tecnologías y servicios implementados a nivel urbano. Esta perspectiva básicamente ve a los usuarios de la ciudad como consumidores. La segunda perspectiva es de la ciudad o área metropolitana. Siguiendo esta idea de que los ciudadanos están ahí para consumir la evolución, la ciudad inteligente es un proceso que tiene como objetivo servir a los ciudadanos y a las empresas locales de la mejor forma posible. En esta perspectiva, los usuarios son vistos como ciudadanos y la influencia de este modelo de ciudad es mucho mayor que solo en la capa de servicios.

***Smart citizens* - ¿ciudades inteligentes para quién?**

La creación y desarrollo de este modelo de ciudad combinado con la evolución tecnológica que lo acompaña permite la creación de espacios sumamente atractivos y con buena infraestructura. De hecho, estos nuevos espacios nos permiten reflexionar sobre el modelo convencional de hacer ciudad y el derecho a la misma. El éxito de las iniciativas vinculadas al concepto será tanto mayor cuanto más comprometidas socialmente e “inteligentes” sean las personas que viven en estas ciudades, los residentes y visitantes, los llamados *Smart Citizens*. La practicidad que se ha convertido para el uso del transporte público, así como el uso de internet fuera del hogar con puntos wifi gratuitos, la revolución de todo un sistema que en poco tiempo hizo sus antecesores como el caso de Uber e incluso, evaluaciones públicas, brindan a los ciudadanos más seguridad, al alentarlos a explorar las ciudades de formas antes inimaginables.

Leonardo da Vinci, a finales del siglo XV, creía que la ciudad ideal sería vista como un organismo vivo, en el que la belleza arquitectónica y la funcionalidad se combinan con la satisfacción de las necesidades diarias de la población. Entonces, ¿cómo se delimitan los límites de estos desarrollos y experimentos? ¿Cuáles son los actores comprometidos? ¿Qué niveles de flexibilidad material e interpretativa estamos dispuestos a incorporar en el diseño y constitución de nuestros espacios? Este análisis se vuelve imposible sin considerar la pluralidad de puntos de vista de quienes sufrirán los impactos reales de estos cambios en el diseño de nuestras infraestructuras, permitiendo la exploración de nuevas aplicaciones y usos, de otros mundos posibles de composiciones socio materiales.

Neuroarquitectura, nueva forma de diseñar y sentir

Desde hace tiempo se sabe que los entornos tienen un impacto en el estilo de vida y salud de sus usuarios, donde es posible percibir la relación entre la arquitectura de un espacio y el cerebro humano, aunque sea de manera inconsciente, promoviendo sensaciones y estímulos que, si se piensan en la etapa de diseño, hacen del producto final algo muy particular y más cerca de las metas de quienes usarán el espacio. Y es aquí donde surge el concepto de neuroarquitectura, una disciplina que fue creada combinando los esfuerzos del neurocientífico Fred Gage y el arquitecto John P. Eberhard para comprender cómo el entorno físico influye en la estructura y el funcionamiento de nuestro cerebro. Fueron los fundadores de *The Academy of Neuroscience for Architecture*, un instituto de investigación centrado en el área, que promueve conferencias para la difusión de estudios y casos.

Si con los avances tecnológicos y el mayor acceso a la información, las nuevas construcciones logran resultados increíbles, en comparación con las últimas décadas, es fundamental reflexionar sobre los proyectos diseñados en todas sus etapas de concepción. Empresas de todo el mundo vienen invirtiendo en entornos que estimulan la creatividad y reducen el estrés de sus empleados. El número de personas que se han ausentado del trabajo debido al estrés aumenta cada día. El trabajo puede ser estresante debido a la presión constante bajo la que muchos trabajan. Este concepto comenzó a implementarse en oficinas como Google y Facebook, donde aparecieron las llamadas salas de descompresión. Ahora incluso es adoptado por empresas más pequeñas en busca de incrementar la calidad del trabajo de sus empleados y aliarse con la imagen de una empresa consciente. Generalmente, la arquitectura de estos espacios favorece un momento de tranquilidad y relajación para quienes allí laboran, mediante el uso de colores vibrantes y muebles asociados al confort, así como equipos destinados a la diversión. Pero la aplicabilidad de este concepto no se limita a eso. Si el desarrollo tecnológico y la facilidad de acceso a la información nos permitieron avanzar hasta ahora inimaginables en áreas como la neurociencia, ¿por qué no aplicar este aprendizaje para desarrollar espacios que aprovechen dichos conocimientos para resolver o al menos paliar algunos de los problemas que genera el modelo de vida actual? Edificios aún más eficientes, escuelas que estimulan el aprendizaje y hospitales que estimulan la recuperación de sus pacientes son la verdadera arquitectura del futuro.

Freud, el padre del psicoanálisis, abordó en sus primeras teorías el impacto del inconsciente en el comportamiento de los seres humanos, lo que nos ayuda a comprender el funcionamiento del cerebro humano. Hoy en día, a través de tecnologías como la resonancia magnética, es posible demostrar científicamente la estimulación de ciertos sistemas neuronales cuando se produce la exposición a determinadas situaciones. La relación de nuestro subconsciente con nuestra percepción y reacción no siempre ocurre de manera simultánea o perceptible. Por ejemplo, cuando tocamos una superficie a alta temperatura, la respuesta del cuerpo es alejarse lo más rápido posible, incluso si ni siquiera comprendemos la situación automáticamente.

La mejora de los estudios en esta área, con evidencia científica, permite a los arquitectos diseñar espacios con impactos aún más profundos. La comprensión de las reacciones fisiológicas y emocionales de quienes realmente buscan mejorar su calidad de vida, trabajo o actividades específicas en sus proyectos, convierte al diseñador en el actor principal en la búsqueda de una transformación real de conductas, lo que de ninguna manera limita la calidad estética de la obra.

Como se mencionó anteriormente, es un hecho que las personas que nacieron y se criaron en grandes centros urbanos son más propensas a sufrir trastornos mentales. Dada la aplicabilidad de los estudios de neurociencias en el diseño de espacios, la planificación y adaptación de las grandes ciudades puede tratarse de una forma más humana y real. Adentrando en las cuestiones monetarias de la ciudad, según Andreas Meyer-Lindenberg, director del Instituto Central de Salud Mental de Mannheim, el costo de las enfermedades mentales a menudo es estimulado por el caos en los centros urbanos, como la depresión y el trastorno de ansiedad, va más allá del presupuesto del fondo de rescate del euro, lo que nos muestra que la frecuencia y gravedad de estas enfermedades a menudo se subestima.

Otro índice por analizar es la relación entre los entornos creados y la delincuencia de una determinada región: “Si no se reparan las ventanas rotas de un edificio, la gente (...) admitirá que a nadie le importan sus actos de descortesía y seguirá rompiendo más ventanas y otras normas de convivencia” (Farias 2007, s.p). La ciudad de Nueva York durante la década de 1990 atravesaba un período oscuro, donde las altas tasas de violencia estaban extremadamente presentes en la ciudad. A través del ayuntamiento, hubo una discusión con representantes de aquellos usuarios que buscaban entender las verdaderas razones de este problema. Para sorpresa de algunos, hubo muchas quejas por espacios vacíos, degradados y sin iluminación, lo que hizo que la ciudad fuera aterradora. A partir de entonces, los urbanistas propusieron reformas e intervenciones en los espacios públicos: plazas, escuelas, nuevos usos de espacios previamente abandonados dieron un nuevo rostro a la ciudad. Como resultado, las tasas de violencia disminuyeron drásticamente en los barrios donde se aplicó esta metodología (Arruda 2007). Otro buen ejemplo es el conjunto residencial Pruitt-Igoe, en el estado de Missouri, Estados Unidos. El proyecto recibió varias críticas y acusaciones, siendo demolido en los años 70 con la justificación de que la distribución de los espacios vacíos entre las torres de construcción deterioraba el sentido de comunidad entre los vecinos, aumentando la criminalidad en la zona.

Este modelo de ciudad, que en la mayoría de los casos se desarrolla con base en el sistema de trabajo y transporte de la región, acaba trayendo aún más problemas a estos sectores. En el entorno empresarial, los investigadores han vuelto a debatir el concepto de oficina abierta. El caso es que, como en la mayoría de los sectores, el modelo de diseño ideal es algo sumamente particular, siendo prácticamente imposible crear una solución universal. Sin embargo, algunos elementos favorecen, a gran escala, los objetivos que persiguen estos espacios, como estimular la concentración y aumentar la productividad. Si se analiza el tema de la contaminación acústica en los entornos abiertos de oficinas (un modelo extremadamente común en las grandes ciudades), por ejemplo, la falta de muros favorece la propagación del ruido, dificultando la concentración y aumentando los niveles de estrés en las largas jornadas laborales.

En los últimos años, empresas de todo el mundo han comenzado a ofrecer a los empleados espacios para desconectar un poco del trabajo. Su principal objetivo es promover un momento de relajación, devolviéndoles a sus actividades energizadas. Si se analiza más a fondo, la implementación de este modelo se vuelve viable incluso en entornos escolares y universitarios. No tomar descansos frecuentes para desconectar por unos momentos y socializar con nuestros colegas puede reducir seriamente nuestra productividad. Las áreas de descanso son extremadamente importantes para controlar el estrés y el estado de ánimo y fomentar el espíritu de equipo.

No es nuevo que para la elaboración de un proyecto de calidad, conocer el perfil, las necesidades y los gustos del cliente es fundamental. La idea detrás del Design Thinking es que los profesionales deben pensar como un diseñador, enfocándose en la experiencia humana de interactuar con el servicio o producto a desarrollar o mejorar. Este enfoque resulta sumamente importante para generar innovaciones útiles y relevantes para los clientes. Para ello, el trabajo se realiza a través de un mayor contacto con el cliente, buscando identificar más fácilmente los problemas, probar soluciones y aprender continuamente de los errores generados en el proceso. En él, tenemos como punto de partida el entendimiento y el establecimiento de una relación con el público para el que desarrollamos un proyecto o producto.

Si bien la orientación al cliente ya debería ser algo común y una prioridad, en *Design Thinking* el enfoque de la empatía es un conocimiento más personal y profundo, que ayuda a entender a los clientes no solo como objetivos de prospección de ventas o datos e información demográfica, sino como personas plenamente seres, a partir de la encuesta de necesidades del consumidor, que genera soluciones mucho más precisas para resolver los problemas que presenta el cliente.

Acerca de la elaboración de proyectos residenciales y dejando de lado estas particularidades de cada cliente, algunos puntos de estudio sirven de base a objetivos "generales", como la necesidad de una sensación de descanso y calidez en un dormitorio, por ejemplo. En este caso, el uso eficiente de la iluminación (preferiblemente natural) es factible y necesario para que se cree un ambiente totalmente diferente al que muchas veces se relaciona con el estrés, como espacios de trabajo donde un largo período de tiempo está completamente expuesto a la luz artificial. Cabe recordar que cada espacio de una casa tiene su finalidad y función específica y, por tanto, la arquitectura de una forma más inteligente nos hace pensar en las sensaciones que queremos proponer para estos ambientes.

La misión de los arquitectos en algunos entornos puede convertirse en algo revolucionario pero a menudo conflictivo, como es el caso de los hospitales u otros entornos relacionados con la salud. Al mismo tiempo que se puede desarrollar un espacio para estimular la atención y concentración del médico, puede que no favorezca su objetivo principal que es el descanso y la recuperación de los pacientes. En los espacios de hostelería de los grandes hospitales es probable que las demandas sean diferentes de las oficinas, lo que requiere de distintas soluciones para estimular la recuperación e incluso la reducción del dolor en los pacientes. Otro caso clásico es el de las UCI neonatales. En el diseño de estos espacios, hasta hace poco, siempre se ha priorizado la labor de las enfermeras en el cuidado de los bebés, lo que hace que la iluminación, casi siempre, sea bastante eficiente para identificar rápidamente posibles cambios en nuevos pacientes. Estos pacientes, en cambio, podrían estar recibiendo estímulos adecuados para el desarrollo de los cuatro sentidos a través de este mismo trabajo con la iluminación. Estos estímulos, en la fase correcta, pueden desarrollar de manera exuberante habilidades sensoriales y cognitivas, además de ser un método más para analizar posibles malformaciones o enfermedades que no fueron previamente identificadas. Por tanto, en todos los casos mencionados se puede percibir que el principal desafío en el diseño de entornos a la hora de aplicar los preceptos de la neuroarquitectura es el equilibrio de esta ecuación que tiene numerosas variables, siempre teniendo en cuenta el conjunto de necesidades relacionadas con las personas que allí habitan y tránsito, con sus usos particulares del entorno construido.

El estudio de la neurociencia aplicada a la arquitectura puede y debe realizarse a diferentes niveles, desde el molecular y celular hasta el comportamiento expuesto por la liberación de sustancias como hormonas y neurotransmisores. La neurociencia es un campo asociado a la medicina que estudia el sistema nervioso humano y, según estudios, la capacidad de procesar información de manera consciente es menos del 1% de la capacidad de procesamiento inconsciente (Paiva, 2018). Aun así, según Paiva, la mayoría de los estímulos son subconscientes, por lo que las personas pueden verse afectadas y aún así no se darán cuenta. El entorno que nos rodea siempre impactará en nuestra percepción, ya sea de forma positiva o negativa y es capaz de moldear nuestro cerebro por su plasticidad, impactando nuestras elecciones y estados emocionales. Según Elali (2002), el medio ambiente es un factor de gran importancia en lo que respecta al proceso de desarrollo del ser humano.

Cuando miramos al medio ambiente como una herramienta en la posibilidad de promover la salud de los usuarios, podemos pensar en una escuela que valora la iluminación natural, y según un estudio presentado por Plympton (2000), los estudiantes que asistieron a escuelas con condiciones naturales adecuadas progresaron del 20% al 26% en varias disciplinas en comparación con otras escuelas con predominio de la iluminación artificial. En el ámbito hospitalario, un estudio muestra que las ventanas con miras a la naturaleza provocan una mejora significativa en los pacientes, como por ejemplo, la disminución de las quejas de dolor y una recuperación más rápida en comparación con quienes no tenían esta vista (Ulrich, 1984). También hay hospitales como "The Christ Hospital Joint and Spine Center" que hacen uso de los conocidos "jardines curativos" para conectarse con la naturaleza (donde hoy la neurociencia ya lo explica, a través del término "Diseño Biofilico"). Algunos de esos factores ambientales son indispensables para ser considerados en la etapa de diseño, tales como: color, luz, sonido, olores y biofilia.

Impactos de la luz en el cerebro

Considerando el gran desarrollo tecnológico combinado con la practicidad y posibilidad de hacer todo por computadora, el tiempo que las personas pasan en interiores con luces artificiales es cada vez mayor, lo que nos lleva a una mirada más certera de cómo la iluminación de estos espacios tiene un impacto en la vida diaria, ya que está directamente relacionado con la salud mental.

Los principios de la neuroarquitectura nos hacen buscar la relación entre el procesamiento de la información según el entorno en el que nos encontremos, donde las cálidas luces amarillas nos envían por la noche, lo que envía el mensaje de la necesidad de descanso al cerebro. Las luces blancas, en cambio, estimulan la concentración, lo que las hace habituales en entornos como hospitales, colegios y oficinas, sin embargo, aluden al sol del mediodía, que nos hace sentir despiertos.

No debemos olvidar que nuestro cuerpo se ve totalmente afectado por el impacto de la iluminación artificial, que muchas veces nos hace perder la noción del tiempo. Así, una oficina, por ejemplo, que mantiene artificialmente una iluminación similar a las 7am y 7pm aumenta la probabilidad de que los usuarios de ese espacio estén más cansados que los convencionales, además de favorecer el insomnio. Dicho esto, el uso inteligente de la iluminación natural nos aporta numerosos beneficios que van mucho más allá de las cuestiones económicas.

Biológicamente hablando, la iluminación natural se convierte en un factor esencial para la organización temporal del organismo en los seres vivos, ya que proporciona la sincronización del ritmo circadiano, también llamado reloj biológico, con el entorno. Este reloj considera las actividades del ciclo fisiológico, regulando la secreción de hormonas que afectan directamente

nuestro estado de ánimo y concentración, lo que confirma que el cerebro lo utiliza para sincronizarse con el mundo exterior.

En países como Rusia, el verano tiene días más largos y la duración de la luz varía mucho más que en otros países más cercanos al ecuador. Como factor que corrobora el impacto psicológico que provocan los altos períodos de exposición a la luz y en consecuencia la desregulación del ciclo circadiano, tenemos las altas tasas de suicidio durante el verano en países como Finlandia y Groenlandia.

El desarrollo de la tecnología LED ha provocado que varios dispositivos de uso común en la vida diaria tengan iluminación artificial, lo que hace que la luz natural en los grandes centros urbanos se atenúe cada vez más. Simplemente compare la visualización del cielo en áreas aisladas de la ciudad en relación con un área comercial, donde el número de estrellas parece ser absurdamente menor. Este concepto se denomina contaminación lumínica, que está cada vez más presente en las grandes ciudades.

Desde el desarrollo de la electricidad se han incrementado mucho las posibilidades de iluminación adaptada al proceso de producción que incita a las personas a estar cada vez más despiertas, alargando la duración de la jornada, lo que no significa que el cerebro se haya adaptado a esta nueva condición. Entre los diversos impactos que provoca la contaminación lumínica en el cuerpo humano, es muy común oír hablar del insomnio, ya que la exposición al exceso de luz estimula la inhibición de la secreción de melatonina, hormona que regula el sueño y aumenta el estado de alerta.

Cabe recordar que nuestro estado de ánimo también está controlado por sistemas cerebrales como el eje hipotalámico-pituitario y el sistema límbico, que se ven constantemente impactados por cambios en la exposición al exceso de luz, lo que genera cambios en el sistema inmunológico e incluso provoca cambios estructurales en el cerebro.

El desarrollo de un proyecto arquitectónico de calidad debe incluir, además del análisis de la carta solar, estudios con relación a la rutina y objetivos de los usuarios para cada espacio, donde se puedan realizar elecciones estratégicas de iluminación específica para estimular sensaciones necesarias en cada espacio, como el uso luces cálidas en los baños y luces más frescas en la cocina u oficina. En entornos de larga duración es sumamente necesario plantearse el mejor aprovechamiento posible de la luz natural, a fin de utilizar la luz artificial de forma inteligente, sin forzar necesariamente la vista ni provocar la desregulación de nuestro reloj biológico.

Los colores y sus estímulos

Primero nos ocupamos de los impactos que provoca la iluminación, ya que es necesario entender que los colores no existen sin ella. Son, científicamente hablando, una reproducción de la reacción de la luz bajo el sistema visual, provocando diferentes reacciones químicas y respuestas psicológicas.

Los estímulos provocados por el uso correcto y eficiente de los colores pueden ser conscientes o inconscientes y, como otros elementos arquitectónicos, influyen en la experiencia del usuario en el espacio. Como la mayoría de los objetos de estudio en el campo de la neuroarquitectura, es evidente la relación entre la percepción y el procesamiento del color en el cerebro humano con la memoria y el aprendizaje, además de los factores culturales. Según Hellen (2013), cada color tiene su significado y su efecto está determinado por el contexto, asociado a los sentimientos, a través de experiencias universales, que están profundamente arraigadas en el lenguaje y el pensamiento. También enfatiza que las influencias ambientales estimulan dones especiales y que un color aplicado con conocimiento genera beneficios. En la misma línea, Paiva, (2018) destaca que los exámenes de resonancia prueban que los colores están directamente vinculados a las áreas encargadas del procesamiento de las emociones y la memoria, por eso los pacientes con Alzheimer que cuentan con habitaciones privadas con

decoración personal y colores que referirse a “tu pasado” tienden a expresar un comportamiento mucho más tranquilo y menos agresivo. Este efecto resulta de un vínculo que se hace con las historias de este paciente, lo que lo lleva a recordar un ambiente familiar y hace que sus niveles de estrés disminuyan. Un buen ejemplo es el hecho de que los esquiamales pueden ver diferentes tonalidades de blanco, al compararlos con la población urbana, ya que la visión se adapta al contexto en el que se inserta. Las personas que trabajan con innumerables variaciones de color, como los artistas, pueden discriminar muchos más tonos que la gente común, por así decirlo. Además, si tenemos en cuenta los factores culturales, se nota su uso y análisis de manera diferente en diferentes períodos artísticos. Obras llamativas de Luis Barragán que mostraban los tonos vivos como una forma de jerarquizar algunos elementos irían en contrapunto al acromatismo de Álvaro Siza.

El principio fundamental analizado para el desarrollo de proyectos inteligentes basados en la Psicología de los Colores es establecer la relación entre el uso eficiente de este y otros recursos con el fin de aportar un conjunto de emociones, estímulos y efectos visuales, valorar un determinado volumen o detalle y ayudar en el objetivo de cada espacio. En los casos en los que es necesario reducir la sensación de techos altos, por ejemplo, se suelen utilizar colores oscuros porque establecen una relación de corta distancia con los ojos, así como la percepción de acortamiento o estiramiento espacial en diferentes usos.



Figura 1: Efectos visuales usando colores en ambientes

Fuente: Adaptación y traducción de material del sitio web PLANEJPB.

Según el libro "Psicología del color: Cómo actúan los colores sobre los sentimientos y la razón" (Heller, 2004), existe una relación psicológica que se puede establecer entre colores habitualmente utilizados en contextos actuales, como el uso de matices azules y verdes en espacios que buscan transmitir confianza, tranquilidad y lealtad, como en dormitorios y sucursales bancarias, además de calma, tranquilidad y bienestar en hospitales y centros quirúrgicos, por ejemplo. El amarillo despierta curiosidad y optimismo, ya que en nuestra cabeza se desarrolla una relación directa de este color con la luz, agudizando la atención del público objetivo y, por ello, es muy utilizado en señales de tráfico o avisos generales. El rojo, en

cambio, depende fuertemente de su uso, ya que al mismo tiempo puede estimular la excitación e impulso en espacios comerciales o *fast foods*, establece una extensa relación con la sangre, activando la amígdala cerebral y provocando sensaciones de ansiedad y peligro o incluso relacionarse culturalmente con la sexualidad o el amor. La combinación de colores primarios también genera resultados que se utilizan de forma interesante. Usamos el naranja como ejemplo, que estimula la creatividad y el entusiasmo por su viveza e intensidad y es muy utilizado en entornos escolares y corporativos.

En cuanto a la aplicabilidad de este estudio en contextos actuales, el uso de esta teoría está presente en las principales campañas de marketing del mercado, ya que el diseño del anuncio, además de la funcionalidad, busca despertar sentimientos en los espectadores. En los proyectos escolares, a lo largo de los años, el uso y la aplicación de conceptos de neuroarquitectura ha crecido considerablemente con el fin de desarrollar estímulos psíquicos sensoriales en los niños y ayudar a su desarrollo. Está comprobado que en proyectos hospitalarios la tasa de rehabilitación de los pacientes aumenta mucho si se utilizan los colores correctos en cada ambiente y en términos urbanos, usamos como ejemplo la obra Parque Superkilen de la oficina danesa BIG. En este proyecto se propone una intervención que utiliza colores específicos para aportar vivacidad, renovación y seguridad al lugar.



Figura 2: Superkilen - proyectado por BIG + Topotek1 + Superflex é Homenageado por AIA
Fuente: Archdaily, fotografía de Iwan Baan, febrero 2013.

Volviendo al proyecto arquitectónico, así como el uso en una pintura o publicidad suscita reacciones, los colores de un edificio o salón influyen directamente en las sensaciones que ese entorno busca transmitir. Pionero en la teoría de los colores, el alemán Johann Wolfgang Von Goethe demuestra que esta percepción de los tonos se da de forma individual, pudiendo ser diferente para cada persona, sin embargo, los factores que delimitan estas sensaciones se dan de forma similar dado el contexto. Por tanto, este es un estudio extenso y complejo, ya que depende de los diferentes efectos y contextos de cada matiz en el cerebro humano. Y esto se hace todo el tiempo sin que nadie se dé cuenta.

La contaminación acústica

Vivir cerca de los núcleos urbanos trae, junto con sus numerosas instalaciones, la mayor probabilidad de desarrollar enfermedades como la demencia debido al alto índice de

contaminación del aire y contaminación acústica que también puede conducir a un aumento de la incidencia de lesiones cerebrales. Desde hace mucho tiempo se escucha que la exposición prolongada al ruido es un factor agravante en lo que respecta al estrés, que conduce a cambios en el sistema nervioso autónomo y endocrino, aumentando el riesgo de patologías cardiovasculares y cerebrales. El sonido está presente en todas las actividades humanas, y actualmente es objeto de varias diferencias legales, debido a las consecuencias físicas y psicológicas que presentan en los hombres urbanos como estrés, fatiga, dolores de cabeza, enfermedades profesionales, hipoacusia, trastornos cardiovasculares, entre otros. En cuanto a los aspectos psicológicos, la exposición al ruido puede conllevar pérdida de concentración y reflejos, irritación permanente, alteraciones del sueño, sensación de inseguridad, entre otros (Souza, Almeida y Bragança 2006).

La calidad acústica interna depende de qué tan bien se controlen las fuentes de sonido. Los ruidos externos, internos, de impacto y de equipos se transmiten a través del aire o la textura del edificio. La forma en que el oído humano percibe el sonido depende directamente de los niveles de reverberación y absorción dentro de un entorno. El ruido excesivo, presente en la vida diaria de la gran mayoría de las personas en el siglo XXI, provoca impactos físicos y psicológicos, aunque de forma inconsciente. Es una de las causas del alto índice de pérdida de memoria en los adultos, además de impactar en el desarrollo cognitivo de los niños, quienes están crónicamente expuestos a estos ambientes, se ven afectados en la atención, motivación y comprensión. Conociendo los distintos problemas de tráfico, es posible establecer la conexión entre el exceso de ruido en este entorno y el comportamiento agresivo de algunos conductores, provocando intolerancia y reducción del espíritu de cooperación.

El caso es que en los ambientes de trabajo o estudio efectivamente existe la presencia de ruido, pero a niveles moderados y amortiguados, sin embargo, esto ocasiona problemas paulatinos, ya que muchos signos pasan desapercibidos para el individuo, provocando una acumulación de estrés y respuesta negativa por parte del individuo. Esta exposición, a menudo sin poder localizar la fuente real del problema. El sistema nervioso se activa en busca de un problema que no es visible, provocando que el cerebro y el corazón se aceleren como en situaciones de actividad física o peligro.

Incluso durante el sueño, nuestro oído externo, medio e interno reciben, transmiten y detectan sonido, respectivamente. Las presiones sonoras hacen que el tímpano vibre, estimulando los nervios del oído interno. El sonido se encarga de la interacción del cuerpo humano con los materiales que presentan sonido al tacto, siendo estos sonidos diferentes en cada uno de los materiales, como el sonido al tacto de la madera, del piso porcelánico, del plástico, entre otros, o incluso el sonido del agua procedente de una fuente. Así, el proyecto acústico se convierte en algo mucho más necesario que el privilegio mismo, como hace años, y al igual que la luz y el color, esta "variable" debe tratarse de manera diferente en cada proyecto, ya sea corporativo, residencial, hospitalario, educativo, etc. La relación entre el sonido y el entorno debe darse de forma armoniosa en los hogares según la finalidad de cada espacio. Sin embargo, dado el aumento de la contaminación acústica en las grandes ciudades, los muros, por ejemplo, necesitan contener mucha más reverberación sonora, evitando impactos interiores y exteriores, ya que las principales víctimas muchas veces ni siquiera son los residentes de la casa.

Así, como en el proyecto arquitectónico, donde el arquitecto recoge una serie de datos (uso del suelo, clima, topografía, legislación, entre otros), cuando se considera la acústica como un parámetro de diseño los principales factores que se tienen en cuenta son el ruido externo (acústica urbana) e interno (acústica interior) del proyecto, factores que en acústica arquitectónica se denominan control de ruido (Souza, Almeida y Bragança, 2006). Cuando se trata de proyectos que se dirigen a un gran número de personas, como restaurantes, escuelas,

consultorios médicos e incluso salas de conciertos, alinear correctamente la geometría y los materiales utilizados en el diseño del lugar promueven un mejor rendimiento acústico, que se puede mejorar aún más mediante presencia de vegetación que mejora aún más la calidad de la experiencia del usuario. Es necesaria una comprensión de los conceptos de la física, ya que el sonido está formado por ondas durante su transporte de un punto a otro, las cuales se ven afectadas por el entorno, en fenómenos como reflexión, refracción, reverberación, eco, resonancia y absorción. En este momento, los cálculos espaciales y el estudio de los materiales utilizados son fundamentales, donde en un aula, por ejemplo, las superficies porosas ayudan a absorber el sonido mejorando el resultado. Es de suma importancia comprender las necesidades específicas de cada proyecto para poder proponer soluciones que sean eficientes dado el uso y grado de privacidad que requerirá el proyecto.

Biofilia y contacto con la naturaleza

Es común ver la migración de personas de vacaciones al campo, en busca de escapar del estrés que brinda el entorno urbano. A lo largo de su período evolutivo, el cerebro humano, previamente programado para vivir en la naturaleza, se ha visto obligado a adaptarse a la vida en la ciudad, sin embargo, el entorno natural aún desarrolla una serie de percepciones que generan beneficios para nuestra salud.

Durante el surgimiento y desarrollo inicial del Homo Sapiens, hace más de 100.000 años, todavía no existía una organización espacial en los grupos que solo surgieron hace unos 12.000 años durante la Revolución Neolítica, con la estabilización de los antiguos nómadas y el desarrollo de agricultura. Así, antes de la creación de asentamientos estables, pasó un largo período de tiempo en el que el hombre se incorporó totalmente a la naturaleza, lo que demuestra que la vida urbana es relativamente reciente.

Dicho esto, es evidente que el entorno natural provoca estímulos y reacciones mucho más propicias para la adaptación del cerebro que lo que se crea. Los psicólogos y neurocientíficos demuestran a través de estudios e investigaciones los innumerables beneficios que nos brinda el contacto directo o indirecto con este medio, además de los problemas que pueden surgir con la privación de ese contacto. ¿Las enfermedades modernas como la depresión y el síndrome de pánico, mencionadas anteriormente, tendrán algo que ver con la ausencia del entorno natural durante la mayor parte de la vida de una persona? ¿Es el uso de sustancias como metilfenidato (Ritalin), fluoxetina (Prozac) y alprazolam (Frontal) la mejor manera de tratar estos problemas?

A medida que pasaban las revoluciones industriales, la presencia de elementos naturales en el paisaje se volvió cada vez más rara, reestructurando la forma en que los humanos interactúan con la naturaleza. El diseño biofílico renueva la idea de llevar el entorno en el que se adaptó nuestro cerebro al construido. Después de todo, pasamos alrededor del 90% del tiempo en interiores. Además del aumento de patologías psicológicas, el riesgo de diabetes, tasas reducidas de metabolismo y enfermedades cardíacas también es común en las personas que trabajan en oficinas. La aplicación de conceptos biofílicos en espacios modernos redundan en un aumento de la productividad y creatividad de los empleados ya que la biofilia consiste en la necesidad del contacto humano con la naturaleza, que genera salud y bienestar físico y psicológico (Wilson y Fonseca, 2009). La rigidez del entorno, la falta de recursos y posibilidades visuales (diseño biofílico) terminan limitando mucho a los trabajadores, generando sentimientos de indignidad, insatisfacción, descalificación e incluso depresión, lo que dificulta el desempeño y producción profesional y puede desencadenar estrés ocupacional, que es uno de los riesgos más graves para el bienestar del individuo (Elgaly y Mejia 2016). En otras palabras, cuanto más te alejas de la estructura convencional y monolítica de los entornos de trabajo convencional, mejores serán los resultados y productos generados en ese espacio. De la misma manera, estos principios también pueden alentar a los compradores a quedarse más tiempo y gastar más en entornos comerciales.

La aplicación de la naturaleza en el espacio trata desde su presencia directa, física y efímera hasta su simulación mediante materiales artificiales que establecen conexiones con estos elementos. Estas conexiones generan estímulos multisensoriales, que establecen una relación directa con situaciones de tranquilidad y relajación. Los ambientes diseñados de manera minimalista contrasta involuntariamente con los espacios naturales, donde texturas, formas, tamaños y colores se enriquecen con innumerables detalles. De ahí la importancia del análisis no solo estético a la hora de elegir materiales, analizar textura, olor, reverberación, etc.

La integración de la vegetación con la arquitectura es algo que indudablemente establece una conexión inmediata con lo natural. Aportan el verde (entre muchos otros colores vegetales) a los ambientes, purifican y aumentan la calidad del aire, mejoran la temperatura y la sensación de bienestar. La iluminación natural, como hemos visto, es otro factor clave para equilibrar los ritmos circadianos y aumentar la producción de melatonina, una hormona relajante. El uso de diferentes intensidades de luz y sombra que cambian con el tiempo crea condiciones similares a las que ocurren en la naturaleza. El incremento del uso de ventilación artificial es sumamente preocupante, tanto en materias nocivas para el medio ambiente como en materia auditable. Las aberturas de entrada y salida de la ventilación natural, además de prevenir la propagación de enfermedades mediante la circulación del aire interior, proporcionan estímulos sensoriales a través de la conexión con el clima. El canto de los pájaros, el ruido de la lluvia o el viento hace que el ambiente sea más liviano y acogedor, pero eso también depende de la regulación de la contaminación acústica presente en las ciudades. Los cambios sutiles en la temperatura del aire, la humedad relativa y las temperaturas de la superficie imitan los entornos naturales.

Los espacios cerrados ciertamente pueden darnos cierta seguridad, pero es de suma importancia que, a la hora de diseñar un ambiente o edificio, se tengan en cuenta las vistas exteriores. Establecen una conexión con el entorno externo, y la simple mirada al horizonte estimula la producción de serotonina, un neurotransmisor que actúa regulando el sueño, el apetito, la temperatura corporal, los movimientos y, sobre todo, coordinando funciones intelectuales fundamentales. Además, esta sustancia química es considerada por médicos y especialistas como un estabilizador natural del estado de ánimo.

El uso de materiales naturales como madera, piedra y bambú ofrece una variedad de texturas y patrones que reproducen la variación sensorial experimentada previamente en la naturaleza. Esto, combinado con la creación de formas orgánicas, establece una conexión profunda con la complejidad y belleza presente en áreas aisladas de la ciudad, como bosques y selvas, y puede ser utilizado de manera creativa y eficiente.

Otro concepto importante que se alía con la neuroarquitectura ayudando a comprender mejor el entorno natural y el diseño biofílico es la biomimética, que demuestra que, además de los paisajes deslumbrantes y la infinidad de recursos, la naturaleza tiene varias soluciones que pueden contribuir al desarrollo de la arquitectura sostenible, ayudando a crear proyectos duraderos. Cuando se combina con la ciencia, la biomimética contribuye a la calidad de vida de la sociedad en su conjunto. Por tanto, es una metodología constructiva, en la que los proyectos se desarrollan a partir del análisis de estructuras naturales. El uso estratégico del agua, como en fuentes, lagos artificiales y espejos de agua, aporta, además de relajación y reducción de la temperatura ambiente, estímulos sensoriales no rítmicos, que son conexiones que pueden analizarse estadísticamente, pero no pueden predecirse.

Finalmente, el principal objetivo del diseño biofílico es promover esta conexión entre los espacios proyectados y los espacios naturales, haciendo que nuestro cerebro establezca una relación con las sensaciones que se promueven en estos espacios. Esta conexión puede ser visual o no visual. Aunque no puedas ver los elementos utilizados, es de suma importancia que existan estímulos auditivos, hápticos, olfativos e incluso gustativos, generando una referencia positiva a los sistemas vivos.

Conclusión

En el siglo pasado, debido al acceso limitado a la información, el estímulo al desarrollo de las ciudades que contribuyó a la salud de la población fue lento, pero tenía que existir. Actualmente, se trata del surgimiento de una nueva cultura del diseño que preparará a los futuros diseñadores para responder preguntas relacionadas con los usuarios de una manera mucho más profunda, con el objetivo de llegar algún día a ciudades realmente saludables que marquen la diferencia de manera positiva en la vida de la población. Sin embargo, conceptos inapropiados socavan el contenido de las políticas públicas. La salud no significa apenas curar enfermedades, sino el bienestar físico, mental y social del individuo. Para que eso suceda, es importante evitar que las personas se enfermen y no simplemente curar a las personas enfermas. No solo a través de las vacunas disponibles contra algunas enfermedades infecciosas, sino, sobre todo, garantizando condiciones saludables al entorno en el que viven las personas. De hecho, las principales causas de los desafíos de salud pública en el nuevo siglo son los problemas ecológicos y psicológicos considerados efectos adversos de la revolución industrial.

Este estudio mostró que se debe abordar la Neuroarquitectura para ayudar a crear espacios más inteligentes, reuniendo nuevos materiales, tecnología y conocimientos para crear entornos más humanos. Como hemos mostrado, existen numerosos elementos del espacio físico que inciden directamente en la capacidad cognitiva, los niveles de atención, la creatividad y el aprendizaje. La combinación de estos elementos para crear el entorno ideal es un desafío y un aprendizaje constante que aún se desarrolla mucho a lo largo de los años, para que por fin podamos impactar realmente en la vida de las personas. De la misma manera que un arquitecto que ve el mundo que lo rodea de manera integral observa los aspectos cognitivos, emocionales y estéticos que afectan las experiencias humanas, el emprendedor necesita mirar su contexto con empatía para identificar los problemas a resolver, de esta manera cómo crear realmente respuestas innovadoras para ellos. Por tanto, este pensamiento se refiere a una forma de razonamiento no convencional. Es sumamente necesario formular preguntas como: ¿quién es realmente el foco del proyecto? ¿Cuáles son sus verdaderas metas y necesidades? Después de todo, la solución no deriva del problema; más bien, depende de él.

REFERENCIAS

- Figura 1: Casa sem rótulos (2018). Efeitos visuais usando cores no ambiente (traducida) [image]. Disponible en: <<https://www.planejpb.com.br/post/psicodascores>> Acceso 14 Octubre 2020.
- Figura 2: Jordana, S. (2021). Superkilen - diseñado por BIG, Topotek1, Superflex es honrado por AIA [image]. Disponible en: <<https://www.archdaily.com.br/br/01-97629/superkilen-projeado-por-big-plus-topotek1-plus-superflex-e-homenageado-por-ai>> ISSN 0719-8906> Acceso 13 Octubre 2020.
- Arruda, A. (2007). Violência e urbanismo: o que há em comum? Jornal Correio de Estado. Mato Grosso do Sul. Disponible en: <<https://oabms.jusbrasil.com.br/noticias/1641892/violencia-e-urbanismo-o-que-ha-em-comum>> Aceso em 11 febrero 2020.
- Browning, B., Cooper, C. (2015). Espaços humanos: O impacto global do design biofílico no ambiente de trabalho. Terrapin Bright Green LLC [online]. Disponible en: <<http://interfaceinc.scene7.com/is/content/InterfaceInc/Interface/Americas/WebsiteCo>>

- ntentAssets/Documents/Reports/Human%20Spaces/Global_Human_Spaces_Report_pt_BR.pdf>. Acceso 14 octubre 2020.
- Björkstén, K., Kripke, D. y Bjerregaard, P. (2009). Accentuation of suicides but not homicides with rising latitudes of Greenland in the sunny months. *BMC Psychiatry* [online]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/24408746_Accentuation_of_suicides_but_not_homicides_with_rising_latitudes_of_Greenland_in_the_sunny_months> Acceso 18 Octubre 2020.
- Cao, L. (2019). Como as cores influenciam a Arquitetura. *ArchDaily Brasil* [online]. Disponible en: <<https://www.archdaily.com.br/br/930326/como-as-cores-influenciam-a-arquitetura>> Acceso 10 Octubre 2020.
- Casas, M. y Chinoperekweyi, J. (2019). Color Psychology and Its Influence on Consumer Buying Behavior: A Case of Apparel Products. *Saudi Journal of Business and Management Studies* [online]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/333804804_Color_Psychology_and_Its_Influence_on_Consumer_Buying_Behavior_A_Case_of_Apparel_Products/citation/download> Acceso 14 Octubre 2020.
- Elali, G. V. M. A. (2002). Ambientes para educação infantil: um quebra-cabeça? Contribuição metodológica na avaliação pós-ocupação de edificações e na elaboração de diretrizes para projetos arquitetônicos na área. Tese de Doutorado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo. doi:10.11606/T.16.2002.tde-10032010-141853.
- Elgaly, Helen Karoline Pereira; MEJIA, Dayana Priscila Maia. Factores de riesgo para ocurrencia de enfermedades ocupacionales en la actividad de teleatención/telemarketing. 201
- Farias, P. (2007). Violência, Tolerância Zero e Urbanismo. *Jornal de Brasília*. Brasília. Disponible en: <<http://www.mpdft.mp.br/portal/index.php/comunicacao-menu/artigos-menu/224-violencia-tolerancia-zero-e-urbanismo>> Acceso 11 febrero 2020.
- FONSECA, P., WILSON, O. (2009) A criação. Um apelo para salvar a vida na terra. Traducción de Maria Adelaide Ferreira. *Biblos: Revista da FLUC*, [s.l.], v. 7, p.599-606. Coimbra University Press. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14195/0870-4112_7_29> Acceso: 29 septiembre 2020.
- Graham, S. and Marvin, S. (2005). *Telecommunications and the city*. 1st ed. London: Routledge.
- Guarany, C. (2019). O que é Neuroarquitetura e como afeta a qualidade dos ambientes? *Schneider Electric* [online]. Disponible en: <<https://blog.se.com.br/arquitetura/2019/01/23/o-que-e-neuroarquitetura-e-como-afeta-a-qualidade-dos-ambientes/>> Acceso 11 Octubre 2020.
- Harvard Health Center (2021). Blue light has a dark side. *Harvard Health* [online]. Disponible en: <<https://www.health.harvard.edu/staying-healthy/blue-light-has-a-dark-side>> Acceso 12 Noviembre 2020.
- HELLEN, E. (2013) A psicologia das cores: Como as cores afetam a emoção e a razão. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili, Sl. 541 p. Traducción: Maria Lúcia Lopes da Silva.
- HERTZBERGER, H. (1999). *Lições de Arquitetura*. São Paulo: Martins Fontes. 167p.
- IGLUS, E. (2020). IESE Cities in Motion Index 2019 - Smart Cities MOOC.
- Khabiri, E., Li, Y., Mazzoleni, P. y Vadgama, D. (2019). Cognitive color palette creation using client message and color psychology, *IBM Journal of Research and Development*, vol. 63, no. 1, pp. 4:1-4:10, Jan.-Feb. (2019). doi: 10.1147/JRD.2019.2893904.

- Kellert, S., Heerwagen J., Mado, M. (2013). Biophilic design: the theory, science and practice of bringing buildings to life. New York: Wiley.
- Kellert, S., Wilson, E. (1995). The biophilia hypothesis. New York: Shearwater Press.
- Kingsley, D. and Urry, J. (2009). After the car. 1st ed. Polity.
- Navara KJ, Nelson RJ. (2007). The dark side of light at night: physiological, epidemiological, and ecological consequences. *J Pineal Res.* Oct;43(3):215-24. doi: 10.1111/j.1600-079X.2007.00473.x. PMID: 17803517.
- NEWMAN, O. (1973). *Defensible space: Crime prevention through urban desing.* New York: Macmillan.
- Paiva, A. (2020). Neuroscience for architecture: How building design can influence behaviors and performance. *Journal of civil engineering and architecture*, febrero de 2018. Disponible en: <https://www.davidpublisher.org/Public/uploads/Contribute/5af0143f48634.pdf> Acceso 18 de octubre de 2020.
- Paiva, A. (2020). Princípios da NeuroArquitetura e do NeuroUrbanismo. *NEUROAU* [online]. Disponible en: <https://www.neuroau.com/post/principios> Acceso 9 Octubre 2020.
- Paiva, A. (2020). What is neuroarchitecture? *NEUROAU* [online]. Disponible en: <https://www.neuroau.com/post/what-is-neuroarchitecture> Acceso 9 Octubre 2020.
- Pedrosa, I. (2009). *Da cor à cor inexistente.* 1st ed. São Paulo: Senac.
- Pereira, M. (2018). O papel da cor na arquitetura. *Archdaily Brasil* [online]. Disponible en: <https://www.archdaily.com.br/br/894425/o-papel-da-cor-na-arquitetura> Acceso 12 Noviembre 2020.
- PLYMPTON, P. (2000). Daylighting in schools: Improving student performance and health at a price schools can afford (conference paper). Colorado: National Renewable Energy - U.S. Department of Energy.
- SOUZA, L., ALMEIDA, M., BRAGANÇA, L. (2006). *Bê-a-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a Arquitetura – São Carlos: EdUFSCar.* 149p.
- SQUADRA. (2017). Como funciona a psicologia das cores? [online]. Disponible en: <https://www.scuadra.com.br/blog/como-funciona-a-psicologia-das-cores>. Acceso 12 de octubre de 2020.
- Stouhi, D. (2021). Os benefícios da biofilia para a arquitetura e os espaços interiores. [online] *ArchDaily Brasil*. Disponible en: <https://www.archdaily.com.br/br/927908/os-beneficios-da-biofilia-para-a-arquitetura-e-os-espacos-interiores> Acceso 18 Octubre 2020.
- Tironi, M. (2020). Smart Cities ou Smart Citizens? Reflexões a partir de uma perspectiva sociotécnica. *ArchDaily Brasil* [online]. Disponible en: <https://www.archdaily.com.br/br/01-163101/smart-cities-ou-smart-citizens-reflexoes-a-partir-de-uma-perspectiva-sociotecnica> Acceso 12 Noviembre 2020.
- Ulrich, R. (1984). View Through a Window May Influence Recovery from Surgery. *Science* (New York, N.Y.). 224. 420-1. 10.1126/science.6143402.
- Welle, D. (2012). Médicos veem relação entre vida urbana e distúrbios mentais. *Carta Capital* [online]. Disponible en: <https://www.cartacapital.com.br/saude/medicos-veem-relacao-entre-vida-urbana-e-disturbios-mentais/> Acceso 10 Octubre 2020.

SOBRE LOS AUTORES

Ana Cristina García-Luna Romero: Doctoranda del Doctorado en Filosofía con Orientación en Arquitectura y Asuntos Urbanos, por la Universidad Autónoma de Nuevo León; profesora-investigadora adscrita a la Universidad de Monterrey. Ha dictado conferencias en distintas universidades de México y Centroamérica; email: anacristina.garcialuna@gmail.com.

Arthur Dias Silveira: Estudiante de licenciatura en el Departamento de Arquitectura y Urbanismo en la Pontificia Universidade Católica de Minas Gerais, en la ciudad de Belo Horizonte, en Brazil.

La *Revista Internacional de Principios y Prácticas del Diseño* es la revista académica que apoya la Red de Investigación de Principios y Prácticas del Diseño.

La *Revista Internacional de Principios y Prácticas del Diseño* pone a su disposición un foro donde se exploran los significados y objetivos connaturales al diseño. Partiendo desde planteamientos tanto profesionales como disciplinares, la red aborda una gran variedad de cuestiones; en aras de construir un diálogo, de naturaleza transdisciplinar, que abarque la amplia gama de paradigmas y prácticas inherentes al diseño.

La *Revista Internacional de Principios y Prácticas del Diseño* es una publicación académica revisada por pares.