

Enseñanza-Aprendizaje En El Diseño Arquitectónico: Explorando La Forma Con Algoritmos De Búsqueda

Teaching And Learning In Architectural Design: Exploring Form With Search Algorithms



Guadalupe Salazar González
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México

salazarg@fh.uaslp.mx
ORCID: 0000-0003-3285-4978

Ricardo Alonso Rivera
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México

alonsor@fh.uaslp.mx
ORCID: 0009-0003-2424-1159

David Campos Delgado
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México

david.campos@uaslp.mx
ORCID: 0000-0002-6958-0088

Recibido: 11/09/2024
Aceptado: 11/11/2024

Resumen

Dado el impacto de las tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) y su protagonismo como valiosas herramientas de diseño, este estudio parte de la inminente necesidad de integrar la IA con la pedagogía y las metodologías que conforman el campo de enseñanza de la arquitectura. Este artículo de investigación describe la incorporación de algoritmos de búsqueda visoespacial en el contexto pedagógico de estudiantes de primer año en un programa de Arquitectura. El propósito de esta investigación es presentar los resultados obtenidos al exponer a estudiantes a la experiencia de integrar herramientas algorítmicas de búsqueda con metodologías de aprendizaje de diseño del siglo XX basadas en el modelo Bauhaus. La exploración de la forma arquitectónica se presenta como una herramienta útil para aprovechar la gran cantidad de información visual proporcionada por los motores de búsqueda y el enfoque manual e intuitivo del aprendizaje del diseño. Los hallazgos muestran que los estudiantes obtienen ventajas pedagógicas al estar expuestos a una gran cantidad de información visoespacial, ya que los estudiantes que fueron capaces de analizar una gran cantidad de referencias visuales producen mayor riqueza formal-espacial en sus propuestas de diseño y pueden iniciar muy rápidamente resultados creativos de manera autónoma, a comparación de aquellos que no fueron expuestos al acervo visoespacial que enriquece la experiencia de conocimiento. Esto les permite realizar interpretaciones o diseño inverso propios.

Palabras clave: algoritmos de búsqueda, forma arquitectónica, pedagogía del diseño, inteligencia artificial.

Abstract

Given the existing impact of Artificial Intelligence (AI) technologies and their protagonist role as a powerful design tool, this study departs from the imperative need to integrate AI with existing architecture pedagogy and teaching methodologies. This research article describes the incorporation of a visuospatial search algorithm in the pedagogical context of first-year students in the Architecture program. This research aims to present the results obtained by exposing students to the experience of integrating algorithm search tools and twentieth-century design learning methodologies based on the Bauhaus model. Architectural form exploration is presented as a useful tool to take advantage of the wealth of visuospatial information provided by search engines and the manual and intuitive approach to design learning. The findings show that students gain pedagogical advantages when exposed to significant visuospatial information. Students who were able to analyze many visual references produce greater formal-spatial richness in their design proposals and can independently achieve creative outcomes much more quickly than those not exposed to the visuospatial repository that enriches the learning experience. This exposure enables them to carry out their interpretations or reverse design processes.

Keywords: search algorithms, architectural form, design pedagogy, artificial intelligence.

Introducción

La arquitectura está ligada y regida por la forma tridimensional de un edificio. Sin embargo, los profesionales de la disciplina tienden a proyectar y manipular el espacio arquitectónico al utilizar planos bidimensionales en lugar de volúmenes o formas tridimensionales. Asimismo, muchas de las estrategias académicas existentes, incluso durante la etapa de conceptualización de un proyecto, colocan los planos arquitectónicos en el centro de sus estrategias pedagógicas, a pesar de la naturaleza tridimensional del diseño arquitectónico.

Por tanto, es necesaria una educación espacial correcta y sin fragmentaciones (que significa descomponer la representación del espacio en plantas, cortes y alzados), con una pedagogía que enseñe a los estudiantes a generar diseño a través de la manipulación de formas arquitectónicas tridimensionales. Bajo esta lógica, los planos bidimensionales deben entenderse como la representación de algo que puede materializarse a través del diseño o que ha sido construido y existe en el mundo físico, pero parcialmente útil para la enseñanza inicial de un estudiante.

La mayoría de los estudiantes comienzan sus estudios de arquitectura sin conocimientos previos y con poca conciencia de experiencias espaciales o arquitectónicas. Por tanto, la primera dificultad en el proceso de diseño es establecer ideas de diseño o conceptos de diseño; es decir, dar forma a la solución que responda a un problema de diseño arquitectónico.

La etapa conceptual en la formación de un arquitecto es crucial. Apoyar la creación y control de la forma y el volumen representa un desafío pedagógico para los docentes, ya que desarrollar esta habilidad implica, a su vez, habilitar a un alumno para dar forma a los espacios y sus límites tridimensionales. Se propone como referencia teórica para el acto creativo la dialéctica entre el conocimiento convergente y divergente; es decir, entre el abstraer (conocer) y el interpretar conceptos (crear). Esto implica que nada es nuevo, todo tiene un antecedente como referencia.

El conocimiento divergente es una herramienta esencial en el proceso creativo. En esta etapa, eso supone contar con un gran acervo de ejemplos de arquitectura y experiencias espaciales. Este acervo es una herramienta para comprender la geometría que genera la forma, para después, como extensión, interpretar-la y aplicar sus principios a un proyecto propio.

Con la idea de potenciar la abundancia de referencias visoespaciales del estudiante, en esta etapa se propone el uso supervisado de Pinterest. En un primer paso, la plataforma Pinterest permite almacenar y organizar imágenes que el estudiante selecciona en su interfaz. En un segundo paso, la aplicación ofrece ampliar o extender la búsqueda con ejemplos similares o con variaciones sutiles. Mediante un nivel básico de Inteligencia Artificial (IA), el algoritmo de búsqueda de Pinterest reconoce la calidad gráfica (visual) y la relevancia de las imágenes ya fijadas (seleccionadas) para ofrecer nuevas sugerencias, lo que aumenta la cantidad de material visoespacial a la que está expuesto el estudiante.

Actualmente, la pedagogía arquitectónica se enfrenta al desafío de cómo gestionar y emplear de forma inteligente los recursos de IA generativa y guiar las exploraciones que llevan a cabo los estudiantes. El desafío es particularmente relevante de cara a los inadecuados mecanismos de cómo los procesos pedagógicos de enseñanza arquitectónica introdujeron el dibujo digital asistido por computadora (CAD) al diseño y la conceptualización.

En este texto, se formulan preguntas acerca de la morfología de los espacios-forma y la necesidad de utilizar geometría para concebirlos durante el diseño de un proyecto arquitectónico. Así, se busca responder: ¿a qué responde la forma en arquitectura? ¿qué la genera? ¿cómo definirla (crearla) a partir de sistemas digitales?

Estos son cuestionamientos que se desarrollan teóricamente para encontrar respuestas. Estas respuestas, a su vez, permiten formular la hipótesis siguiente:

H1: Los estudiantes, al tener mayor bagaje formal-espacial como referencias, podrán diseñar diversidad de propuestas originales, creativas, plásticas y funcionales.

El sustento de esto está en que aprender de lo conocido (conocimiento convergente del "estado del arte") es la base para, a partir de eso conocido, interpretar con pensamiento divergente en nuevas soluciones y diseños.¹

Para ello, se propuso un modo de utilizar la IA Generativa como auxiliar para proporcionar ese bagaje de generación de espacios-forma y como mecanismo de experimentación formal que apoye el pensamiento convergente y divergente.

Con el objetivo de proporcionar bases teóricas para la comprensión de la plataforma Pinterest y su utilidad en la creación de la forma arquitectónica, se exploraron elementos teóricos sobre la geometría como herramienta generadora de forma-espacio y la inteligencia artificial como recurso digital. Para aproximarse a la teoría sobre la concepción de la forma, se utilizan diversos autores y escuelas: Bauhaus, Alexander, Adorno y Luhmann, así como la teoría de la Gestalt. Mientras tanto, la geometría se abordará desde el punto de vista de la geometría euclidiana y no euclidiana.

Antecedentes Históricos y Contexto Actual

La representación gráfica bidimensional de un edificio mediante dibujos lógicos (plantas, cortes, fachadas y perspectivas) ha prevalecido, a pesar de la implementación y popularización del dibujo asistido por computadora (CAD). Es común ver a los estudiantes intentar conceptualizar y diseñar directamente en software CAD, lo que les hace perder la habilidad de la conceptualización tridimensional. En estos casos, los poliedros rectangulares son subproductos de la extrusión vertical de las plantas que crea geometrías planas y paralelas, la más simple de las configuraciones geométricas.

Es decir, las herramientas digitales no se utilizan para explotar su potencial de generar geometrías complejas ni espacios arquitectónicos versátiles y plásticamente interesantes en tres

dimensiones. Esto no significa que los dibujos lógicos sean innecesarios; sin duda tienen sentido para comunicar un proyecto y para los constructores a la hora de materializar y gestionar la fase de su construcción.

La creación de la forma tridimensional en la arquitectura ha girado en torno a principios estructurales, su geometría y los materiales que lo permiten.

Viollet-le-Duc (1863) insistía en que una edificación sólo es verdadera por la congruencia entre el programa arquitectónico y la lógica de los sistemas constructivos. Distintos momentos a lo largo de la historia han creado ejemplos significativos de arquitectura alimentados por el conocimiento de la estática, las cargas y los nuevos materiales que permitieron experimentar con construcciones innovadoras y manipulación formal.

¹ Cabe precisar que otros mecanismos que apoyan el pensamiento convergente, que se basa en tener referencias, en este caso de diseño arquitectónico, también lo son: las experiencias espaciales, las discusiones con diseñadores, dibujar los espacios que se observan o se han recorrido, comparar edificaciones, lecturas de otras disciplinas que caracterizan y dan elementos que expliquen los espacios y edificaciones. Por ejemplo: Ver a G. Salazar.

La geometría sigue reglas independientes de su entorno cultural. La elección de la geometría y la disposición volumétrica responde a su funcionalidad compositiva, no a una cualidad ornamental; da soporte y define la forma. Elegir una geometría es una elección técnica y cultural que establece una especie de *fórmula espacial* que da origen al objeto arquitectónico. Esta fórmula organiza las relaciones espaciales o genera conflictos entre los elementos que la componen.

Las primeras reglas geométricas aparecen con Euclides en su texto *Elementos*, donde el punto, la recta y la superficie son sus componentes básicos y definen los límites. Su regla más conocida es que dos rectas paralelas nunca se cortan; esto, de hecho, dejó de ser cierto gracias a la teoría de la relatividad y a la concepción del espacio curvo, que, a su vez, dio origen a las geometrías no euclidianas.

En la Antigua Grecia, prevaleció la geometría óptica y en el Renacimiento apareció la *perspectiva artificialis*, que ofrecía un sistema de reglas como proceso generativo para producir un objeto genérico. Este sistema se basa en una pirámide de visión constituida por líneas que atraviesan la retina del observador desde cada vértice del objeto. Este artificio permite ver ilusoriamente tres dimensiones a través de la representación bidimensional. La ilusión y la intuición espacial se desarrollaron aún más con la incorporación de herramientas geométricas extendidas: ópticas, proyectivas y paralelas.

Durante la Ilustración, la geometría proyectiva fue la base de un lenguaje matemático; sin embargo, en mayor medida, la geometría descriptiva se basó en un lenguaje gráfico en sus variantes de perspectiva gráfica (proyección ortográfica; axonometría isométrica, dimétrica y trimétrica; perspectiva caballeresca, militar, de gabinete, con dos o tres puntos de fuga). Históricamente, la perspectiva apoyó la evolución metodológica de la etapa constructiva del proyecto, es decir, la fase ejecutiva y operativa; mientras que las representaciones gráficas permitieron separar y avanzar metodológicamente la fase de proyección y conceptualización del

diseño. Actualmente, el diseño paramétrico pretende fusionar ambas bajo un sistema que reúne todas las etapas del proceso en una metodología integral de conceptualización, diseño, ejecución y operación.

El alarde de geometría compleja producido desde los años 1990 frente a formas regulares ortogonales y con ángulos rectos obedece a deseos caprichosos o a manierismos geométricos. También, responde adecuadamente a la lógica funcional y contextual del problema arquitectónico. En cualquiera de los dos casos, esto sólo se pudo conseguir con el apoyo de los primeros programas informáticos de geometría estructural, como el utilizado para el Museo Guggenheim de Bilbao.

La aparición de software que originalmente obligaba a conceptualizar en tres dimensiones, como *FormZ* o *SketchUp*, ha permitido apoyar una agenda estética o funcional y resolver las dificultades mencionadas anteriormente. Ejemplos de programación geométrica que definen procedimientos declarativos para manipular la forma son, por ejemplo: *Digital Project* en CATIA, *Grasshopper* en *Rhino-ceros*, *Generative Components* en *Microstation*. *Revit* e *Inventor* de *Autodesk* y *Dynamo Studio*. Estas se basan en una interfaz de programación gráfica.

Un ejemplo de interfaz de código abierto con algoritmos gráficos es VPL (lenguaje de programación visual) de *Revit*. *Blender* también es de código abierto. *SketchUp* ofrece una versión descargable gratuita de software de modelado de superficies, mientras que *VizPro* mejora los límites de su programación básica mediante un complemento de modelado paramétrico. *Fusion*, de *Autodesk*, ofrece una transición fluida entre el diseño CAD y la fabricación.

Las transformaciones topológicas, dimensionales y geométricas se suman como variaciones en el diseño de geometrías complejas. Estas herramientas permiten tomar decisiones precisas y efectivas que responden a requerimientos funcionales, lo que, a su vez, enriquece la manipulación de la forma y la composición.

Algunas opciones de transformación son: plegado orgánico y de origami, fragmentación o perforación de volúmenes, superposición o inserciones, torsión (helicoides, deformaciones, inclinaciones anti gravitacionales); cuadrículas o mallas versus jerarquías organizadoras; maclado de cristales² y las operaciones que generan deconstrucción.³ Todas ellas conducen a la desaparición de elementos portantes y soportados y obvian lo cartesiano, lo racional y lo ortogonal; en cambio, lo ambiguo y lo contradictorio son protagonistas, como decía Venturi.

Con la intención de encontrar alternativas a la geometría cartesiana y euclidiana, un nuevo abanico de vocabularios formales cobra protagonismo: lo agudo y anguloso, sin ángulos útiles y con simetría expulsada, que expresa a veces caos en lugar de orden, lo indeterminado, impredecible y aleatorio o lo fragmentado y no jerárquico; geometrías que promueven la pérdida del centro o eje; o lo rizomático, fragmentos autónomos que, según Tschumi (1988): "pueden ser recombinados a través de una serie de permutaciones cuyas reglas no tienen que ver con las del clasicismo o las del movimiento moderno" (p. 51).

De esta manera, las geometrías no euclidianas y fractales adquieren mayor protagonismo en las sensibilidades contemporáneas. En parte, estas sensibilidades, su intersección con la tecnología del diseño y la Inteligencia Artificial y la forma en que estas impactan en la práctica arquitectónica y la pedagogía arquitectónica ya están siendo investigadas por académicos como Carpo (2023) y Leach (2021).

Teorías en Relación a la Forma

"Diseñar es el método de poner la forma y el contenido juntos"

(Traducción de los autores- Rand, como se citó en Chimero, 2012, p. 47)

La palabra "forma" proviene del latín forma, en el sentido de figura o imagen; quizá también de firmus, que es firme, fuerte; o de fere, como en orden, enteramente. También podría provenir de ferme, que es el superlativo de fere. Estas raíces latinas, juntas, hacen referencia a una figura fuerte y altamente ordenada.

El arquitecto estadounidense Sullivan (1896) creó una de las reglas de la modernidad en el siglo XX al acuñar la frase "la forma sigue la función" (p. 408); al mismo tiempo, jerarquizó la función por encima de la forma. Ese principio ha sido cuestionado desde los años 1960 por nuevos movimientos de vanguardia (metabolistas, brutalistas y neo futuristas como Archigram y Archizoom) y en los años 1980, por el posmodernismo y el deconstructivismo. Esto se hizo con giros irónicos al dictado original, como en: "la forma sigue al fiasco" de Peter Blake, "la forma sigue a la ficción" de Bernard Tschumi o "la forma sigue a la deformación" de Mark Wigley.

² Una macla es un aglomerado de cristales simétricos. Si la simetría respecto del plano del aglomerado es a 60°, 90°, 120° o 180°, se llama especular; o son de *contacto*, cuando las partes se unen en un plano; o se llama de *compenetración*, si se cruzan entre sí.

³ Hay que recordar la relación de la arquitectura deconstructivista con la filosofía en palabras de Lyotard, Derrida, Guattari, Deleuze y sus conceptos de pliegue y rizoma; incluso Foucault está presente y el Aleph de Borges, un cuento de fisuras en la lógica de la realidad y expone la irrealidad oculta y la totalidad diversa; además de la geometría de Mandelbrot; o al lingüista Chomsky; relaciones que aquí no se abordarán. Aunque se puede mencionar algunos arquitectos representantes de esas ideas y que entienden la deconstrucción en el sentido de des-estructuración, según Derrida, con el fin de deshacer etapas estructurales y rígidas de un sistema, como: Zaha Hadid, Daniel Libeskind, Bernard Tschumi, Frank Gehry, Peter Eisenman, Rem Koolhaas y OMA, Coop Himmelblau con Wolf D. Prix y Helmut Swiczinsky, entre otros.

Otros autores hacen referencia a la función a través de aforismos, pero van un paso más allá. Moneo (como se citó en Martin, 1997, p. 187) dijo que “la forma implica función”; así también, Eisenman (1997, p. 25) señaló que “si la forma sigue a la función, entonces la forma ya tiene un significado [...] y la forma arquitectónica se convierte en posibilidades a través de la ocupación de la forma por el hombre”:

La arquitectura, si es algo, siempre ha estado subordinada y legitimada por leyes de semejanza y utilidad, como en sentencias de tipo la forma sigue a la función. Si la forma sigue a la función, entonces la forma tiene ya un significado, pero también y de manera extraña, tiene una prioridad sobre el espacio, y cuando la forma sigue a la función, la forma está ya subordinada a las leyes de la semejanza y la utilidad. (Eisenman, como se citó en Maderuelo, 1990, p. 36)

Por su parte, la Bauhaus, con el precedente del *Deutscher Werkbund*, se basó en un modelo educativo dual. En referencia a este, Gropius (como se citó en Droste, 1991) afirmó

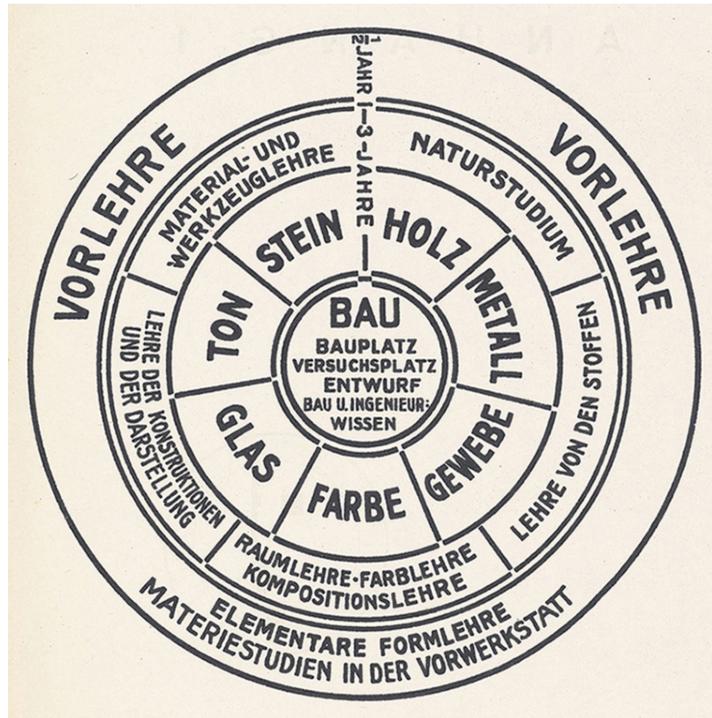
Era necesario trabajar bajo dos profesores distintos [formal y artesanal], pues no había técnicos con suficiente imaginación para dominar los problemas artísticos, ni artistas con suficientes conocimientos técnicos para dirigir un taller, primero había que educar a una generación que fuera capaz de unir ambas características. (p. 34)

Por Gropius, la Bauhaus, en 1922, en sus estatutos formuló la estructura de la enseñanza y se propuso crear nuevas formas que respondieran a los materiales y procesos de producción demandados por las necesidades de su época. Su curso preliminar de medio año, el *vorlehre* (pre-aprendizaje), incluyó temas centrados en la exploración de la forma, el espacio y su geometría: *elementare formlehre* (teoría de la forma elemental) y *materiestudien in der vorwerkstatt* (estudios de la materia previos al taller de diseño) (ver Figura 1). En el *vorlehre*, la forma era abstracta, desvinculada del contenido y centrada en un enfoque plástico experimental. Los siguientes ejercicios de composición incorporaban consideraciones como el color, la fabricación, la representación, la teoría del espacio y los estudios de la naturaleza con la intención de vincular la forma con la materialidad y el uso. Esa primera etapa formalista con énfasis en la modelación geométrica se basa en lineamientos curriculares claros: Esta primera etapa formalista, con énfasis en el modelado geométrico, se basa en lineamientos curriculares claros; en específico, consiste en:

Los estudios prácticos y teóricos se llevan a cabo simultáneamente para liberar los poderes creativos del estudiante, ayudarlo a comprender la naturaleza física de los materiales y las leyes básicas del diseño. Obviamente, se evita concentrarse en cualquier movimiento estilístico particular. La observación y la representación -con la intención de mostrar la deseada identidad de Forma y Contenido- definen los límites del curso preliminar. (Bayer, 1938, p. 26)

Figura 1

Diagrama del plan de estudios de la Bauhaus. Walter Gropius



Nota. Modelo de la escuela Bauhaus, tomado de Bauhaus. 1919-1933 (35) por M. Droste, 1991, Taschen.

Christopher Alexander, en su libro *Ensayo sobre la síntesis de la forma*, enfatiza que el objetivo final del diseño es la forma. Se centra en el problema de la concepción arquitectónica al señalar que:

Todo problema de diseño inicia con el esfuerzo para lograr la adecuación de dos entidades: la forma en cuestión y su contexto. La forma es la solución al problema; el contexto define el problema. En otras palabras, cuando se habla de diseño, el verdadero objetivo de la discusión no es la forma sola, sino el conjunto que comprende la forma y su contexto. (Alexander, 1973, p. 15)

En cualquier caso, la arquitectura del siglo XX osciló entre el formalismo y el funcionalismo; uno y otro hacían énfasis en un aspecto aislado y, por consecuencia, descuidaban el otro aspecto. Sin embargo, es evidente la necesidad de tener en

cuenta que tanto la función como la forma implican espacio y que no existe jerarquía entre ellas. Existe una relación dialógica de dependencia mutua entre las tres: forma, espacio y función.

La expresión plástica de la forma y la proliferación de la geometría curvilínea en el siglo XXI se han visto exacerbadas por las posibilidades que ofrecen la tecnología, los nuevos materiales y aplicaciones CAD. La forma arquitectónica ha generado una nueva estética que enfatiza su poder de comunicación como ícono cultural en el paisaje urbano y como elemento provocador de atracción perceptiva.

Al respecto Frank Gehry dice: "como arquitecto puedes hacer formas maravillosas, pero luego tienes que perforarlas en función de su uso interior. Hay algo muy determinante en la cualidad de los edificios como recintos, como contenedores de un

programa" (Zaera-Polo, 1995, p. 11). Abordar esta noción es lo que diferencia a la arquitectura de la escultura. La arquitectura crea espacios habitables, donde tiene lugar lo cotidiano, lo casual en la vida de las personas y las comunidades.

Dentro de lo que podría llamarse la Teoría de la Forma, la teoría de la Gestalt indicó que una *buena forma* tiende a ser regular, simple, simétrica, ordenada, fácilmente reconocida y recordada visualmente por su pregnancia y por transmitir un mensaje casi instantáneamente. Esto es contrario a cuando la forma es compleja por diversas transformaciones (inclinada, torcida, abigarrada, entre otros). Los principios que permiten la percepción Gestalt son cuatro: proximidad, similitud, cierre y continuidad. Estos han permitido mantener una conexión con el enfoque clásico de la arquitectura, asociado a la economía en la construcción. En los últimos tiempos, en el apogeo de la arquitectura deconstructiva y la arquitectura icónica, estos principios han sido minimizados por las fuerzas de la mercadotecnia cultural.

Adorno (2004) define la forma como un conjunto de momentos de logicidad y afirma que la dificultad de captarla es el entrelazamiento de la forma estética con el contenido, lo que evitaría la abstracción. Observa también que las obras modernas tienden a disociar su unidad, a través de la búsqueda de expresión o, como crítica de afirmación, en claro contraste con las expresiones clásicas. Es así que la forma es esencial pero mediada por el contenido; el formalismo *per se* elimina la posibilidad de la forma poética. La forma no se puede reducir a relaciones matemáticas, aunque funciona en los procedimientos operativos de objetivar lo estético o por ideas místicas como las proporciones clásicas. Además, la forma siempre limita lo que se forma; la propia forma que se opone al contenido es contenido sedimentado (Adorno, 2004).

Luhmann argumentó que la forma arquitectónica puede entenderse como una forma que surge y es procesada por el entorno de un sistema social para proyectar un tipo de comunicación. La forma logra esto al aprovechar su capacidad de

generar percepción e imaginación, que a su vez se basa en su capacidad de proporcionar tipos específicos de cualidades propias. Estas cualidades pueden ser, entre otras, de índole estético, plástico o espacial. Esta comunicación apela a lo ya comunicado, en el sentido de algo repetible, recursividad a través de la autorreferencia o autopoiesis que se construye a partir de un mismo tipo, lo que genera variaciones de una misma tipología o forma como posible canal de comunicación.

Según Luhmann, la forma se define al distinguir entre lo finito-infinito; ya no sigue los principios de la Gestalt que permiten percibir instantáneamente la forma como una unidad, sin análisis (Luhmann, 2005). En cambio, la diferencia es su principal fuente de percepción. Este concepto se alinea con el enfoque de Kandinsky (como se citó en Luhmann, 2005): "La forma, en sentido estrecho, no es otra cosa que delimitación frente a lo otro: denominación hacia afuera. Pero dado que lo externo oculta necesariamente lo interno (fuerte o débilmente conforme a su apariencia), así toda forma tiene contenido interno" (p. 54). Bajo esta lógica, la forma es una externalización del contenido interno. La forma es diferencia compuesta de dos lados: el interno y el externo. Por lo tanto, la forma es límite, que a su vez tiene forma; la forma se sustenta en su geometría estructural.

En resumen, la forma como manifestación significativa identifica algo. Como figura, fuerte y muy ordenada, define límites entre el exterior y el interior, entre su contenido (espacio-tiempo, función y programa) y el entorno o contexto, ya que la forma externaliza el contenido interno. Expresa la coherencia y el sentido que procesa la sociedad y a partir de los cuales puede producirse recursión, al permitir la replicación o variaciones de forma.

Puede ser discernible o no, perceptible o no, simétrica o no, compleja o simple; todo ello dependerá de la intención compositiva y de la estructuración de la forma.

Geometría y Forma

La estructura de la forma, en particular de la forma arquitectónica, se apoya en la geometría, una disciplina enmarcada en las matemáticas que estudia la forma en el espacio y las superficies. Históricamente, la arquitectura pasó de las formas euclidianas armónicas a interpretar la irregularidad de la naturaleza y la complejidad mediante la aplicación de teorías matemáticas no euclidianas.

Euclides de Alejandría (siglo III a.C.) sistematizó las bases de la geometría mediante un método axiomático con cinco principios: 1) Una y sólo una recta pasa por dos puntos diferentes; 2) Una recta puede extenderse indefinidamente por ambos lados; 3) Se puede trazar un círculo con cualquier centro o punto y de cualquier radio. 4) Todos los ángulos rectos son iguales. 5) Si una recta es interseca y las otras dos rectas se posicionan de modo que los ángulos internos del mismo lado sumen menos que dos ángulos rectos, entonces las dos rectas se intersectan en ese lado. Es decir, nunca dos rectas paralelas se intersectan en el infinito.

A lo largo de la historia del diseño, se han utilizado formas euclidianas para crear armonía y sentido estético clásico; esta concepción se relaciona con un sistema estructural y material específico que incluye el uso de materiales pétreos, madera y metal sometidos a compresión como resultado de la gravedad. Esto rompe la inercia de esta fuerza y tiende a retener los elementos estructurales dentro de la colocación proyectada. Sin embargo, alrededor de la segunda mitad del siglo XIX, matemáticos como Riemann, Bochyai y Lobachevsky realizaron estudios hacia otro tipo de geometrías, hoy conocidas como no euclidianas, que se basan principalmente en la no aceptación del quinto postulado de Euclides. Algunas de estas geometrías son: proyectiva, afín, topológica, hiperbólica y elíptica.

Para diferenciarlas de la euclidiana, que tiene curvatura cero, a continuación, se describirán brevemente las características de cada una: la *geometría hiperbólica* sólo cumple con los primeros cuatro principios y tiene curvatura negativa, donde

las dos curvas se alejan una de la otra; la *geometría elíptica* también cumple con los primeros cuatro principios, pero con curvatura positiva, de modo que las dos curvas tienden a encontrarse e intersecarse; la *geometría proyectiva* no considera la dimensión y se basa en la teoría proyectiva que matematiza la geometría descriptiva para la perspectiva; la *geometría afín* estudia las propiedades geométricas inmutables sujetas a transformaciones afines, lo cual no tiene en cuenta ni el tercer ni el cuarto principio de Euclides, con lo que el ángulo es indiferente y las distancias no se pueden comparar; la *geometría topológica* es abstracta, no considera ni distancias, ni ángulos ni elementos, sólo la posición y la relación entre ellos, por lo que las transformaciones topológicas, cuando se aplican, no modifican las posiciones, aunque su interpretación pueda tomar otra forma.

A principios del siglo XX, se empezaron a estudiar ciertos objetos geométricos que fueron denominados, hasta 1975 por el matemático Benoît Mandelbrot, como *geometrías fractales*. Estas han permitido realizar analogías descriptivas de fenómenos naturales complejos y simular estos procesos en medios digitales. Fractal, del latín *fractus*, significa irregular o interrumpido y está relacionado con la Teoría del Caos. Esta geometría emplea formas angulares o irregulares, construidas mediante procedimientos simples y repetitivos, como giros y cambios de tamaño que alteran la forma en cada acción de este proceso, hasta producir nuevamente la misma forma. Las herramientas digitales han facilitado la creación de geometrías fractales, las cuales son ampliamente utilizadas en los procesos de diseño actuales.

Metodología

El procedimiento seguido para posteriormente realizar este texto fue pedir anuencia a los dos grupos de estudiantes (experimental y de control) de su participación y empleo de los datos, resultados y su publicación, sin indicarles a qué grupo pertenecen. Los grupos de Taller de diseño

tienen, anticipadamente por la Institución, una composición de quince estudiantes, por lo que se trabajó con esa cantidad por grupo, para no alterar su composición ni dinámica de trabajo. Los datos fueron recolectados con fotografías del procedimiento y los resultados, así como el llenado de los tableros en la plataforma Pinterest.

La estrategia de apoyarse en la plataforma Pinterest como recurso para obtener referencias visoespaciales detonadoras para el inicio de aprendizaje de proceso de diseño arquitectónico se aplicó a grupos del taller de proyectos de los primeros semestres de su carrera, a quienes se les formuló un problema de diseño y se les pidió realizar un concepto arquitectónico de solución de modo individual, a realizarse en un mes. Como paso previo, se explicó el objetivo del semestre y del ejercicio, así como la estrategia didáctica.

Se estableció un programa básico arquitectónico, para posteriormente exponer a los miembros a una plataforma de búsqueda: Pinterest, con el fin de que adquiriera y crearan un acervo (tablero) de ideas visoespaciales (pins) que les permitiera experimentación formal-espacial y la interpretación en un proyecto propio. El grupo pudo compartir lo que cada estudiante consiguió crear, así como los profesores enriquecieron los tableros con pins de arquitectos.

Con su tablero, cada estudiante analizó la geometría de la forma, su estructura, las características espaciales y la pertinencia con el programa arquitectónico de los pins; lo mismo se pudo hacer con los tableros compartidos. En términos didácticos, es importante mencionar que, en este primer nivel de modelado geométrico de la forma, el objetivo es que el estudiante comprenda los elementos y las relaciones espaciales de una composición, lo que incluye proporción y escala. A partir de esta etapa, los estudiantes propusieron opciones de solución al problema de diseño y, en este segundo nivel de especificación, se introdujo una representación cualitativa del espacio y sus significados. Después, en grupo, se hizo la evaluación de las propuestas y se indicaron los beneficios del ejercicio propuesto.

Se seleccionó un grupo diferente, a modo de grupo de control, para comparar el desempeño de los estudiantes que no fueron expuestos a esta experiencia didáctica.

Todo esto pasó por el análisis formas-espacial-funcional de las propuestas y su comparación con el grupo de control en cuanto a las propuestas expresadas en maquetas como en su resolución espacial-funcional en los planos esquemáticos que representan la tridimensionalidad de las propuestas. Este aspecto se considera clave en la formación del arquitecto.

Pinterest, Inteligencia Artificial y CAD

Antes de presentar el funcionamiento de la plataforma y el ejercicio, conviene esbozar una condición sustantiva del proceso de diseño, cuyo fin último es la forma. Esta, implícitamente, incluye el espacio y su materialidad. Para diseñar, es necesario contar con un amplio bagaje de ejemplos de diseños anteriores, tanto históricos como contemporáneos; también es necesario contar con referentes literarios y, en el caso del diseñador arquitectónico, tener diversas experiencias espaciales (Salazar, 2006).

Esto se menciona en el entendido de que no hay nada nuevo, siempre hay un referente en el mundo, ya sea natural o de producción humana, y es obligación conocerlo para conceptualizarlo (conocimiento convergente) e interpretarlo (conocimiento divergente). Al inicio del proceso de diseño, es importante recopilar y almacenar información sobre proyectos y propuestas existentes para analizarlos y abstraer su concepto. Tradicionalmente, esta información se obtiene de libros y revistas o, desafortunadamente con menor frecuencia, de visitas de sitio. El material se fotocopia, escanea, fotografía o dibuja y se adjunta a un archivo físico o digital de ejemplos similares al problema de diseño en cuestión.

El *moodboard*, o tablero de inspiración, es una estrategia útil para presentar varias posibilidades de una idea, tema o pensamiento a través de

imágenes o ilustraciones (dibujos, maquetas, fotos, con o sin texto) colocadas en un collage o insertadas en una retícula ordenada. Estos tableros pueden ser análogos o digitales. Los *moodboards* sirven como inspiración y pueden compartirse con miembros de un equipo o profesores para discutir opciones de diseño. Es una herramienta práctica de comunicación gráfica y puede complementarse con paletas de colores, texturas y tipografías. Además, es posible modificarla y enriquecerla continuamente con más material gráfico. Hoy en día, es posible recurrir a la web, donde, a lo largo de las décadas, se ha acumulado una enorme cantidad de información gráfica y escrita. También se cuenta con buscadores que sirven como una gran herramienta auxiliar para ampliar los resultados de búsqueda y obtener más referencias. Es el caso de la plataforma Pinterest, que ofrece la posibilidad sistematizada de disponer de un catálogo visual de ejemplos, a través de una IA de reconocimiento de imágenes u objetos visuales (como la base de datos *ImageNet*, que cuenta con 14.197.122 imágenes con 20.000 categorías), que se suman a los de creación propia que se incorporan a Pinterest como medio de difusión.

Pinterest es una red social que funciona como un buscador de elementos visuales o imágenes. Su algoritmo de búsqueda ordena, clasifica y etiqueta las imágenes en categorías específicas; localiza imágenes que comparten las propiedades solicitadas e incluso interpreta y registra los gustos del usuario, lo que ofrece resultados personalizados en función de sus intereses o temas preferidos. En el caso de verse como apoyo para el diseño, es para obtener opciones y variaciones formales-espaciales con base en una idea inicial. Cada archivo digital se llama tablero y contiene imágenes guardadas llamadas *pins*; cada *pin* mantiene la referencia de su origen; es decir, si fue creado por el usuario o sugerido por la plataforma según intereses personales. Además, al ser una red social, ofrece la posibilidad de que otros usuarios puedan realizar opiniones o sugerencias, así como conocer estadísticas de las visitas obtenidas en los foros que contienen tus *pins* guardados.

Es decir, Pinterest hace lo que comúnmente realiza un diseñador. Como toda Inteligencia Artificial Generativa, emula los procedimientos cognitivos humanos; en este caso, forma un bagaje de ejemplos y sus variaciones. La diferencia entre Pinterest y el humano es que es más veloz y recupera exhaustivamente las imágenes existentes en la web, lo que puede permitir mayor riqueza de ideas y opciones. Aunque hay que poner atención, pues el riesgo es que también arroje "basura", pues en la web hay de todo. Es ahí donde debe prevalecer el criterio del diseñador y el tomar decisiones correctas.

Los algoritmos de IA funcionan tanto con texto como con imágenes. Están diseñados para encontrar patrones en la web y proponer soluciones basadas en las indicaciones solicitadas o *prompts*; por eso, es clave formularlos con fundamentos, creatividad y hacerlos interesantes. Al fin y al cabo, si basura entra al sistema, basura saldrá.

Las propuestas pueden ser imágenes preexistentes o estandarizadas o variaciones de las existentes, ya que trabajan con el acervo con el que se ha alimentado previamente la IA. Sus algoritmos de búsqueda reconocen imágenes similares en términos de la geometría deseada, ya sea euclidiana o no. Pinterest, aunque no genera nuevas imágenes por sí mismo, como las nuevas IA Generativas, utiliza un algoritmo similar a estas. La ventaja es que, en el caso de Pinterest, la plataforma es abastecida por los propios usuarios, muchos de ellos dedicados al diseño, por lo que la mayoría de los ejemplos ofrecidos están enfocados específicamente a este ámbito.

Además, la posibilidad de que los tableros de Pinterest sean compartidos en un proceso de trabajo colaborativo por personas con los mismos objetivos e intereses aumenta el acervo de imágenes, en este caso centrado en la forma-espacio. Es por esto que los estudiantes multiplican los resultados de su exploración y reducen el tiempo generalmente dedicado a ella. Además, es una herramienta conveniente para los docentes, para que puedan construir tableros orientados a la exploración y experimentación formal como recurso didáctico.

La propuesta es que el uso de Pinterest se aplique durante la etapa de formación en la exploración formal sin contenidos arquitectónicos ni especificaciones. La herramienta es útil para guiar a los estudiantes de arquitectura en las primeras etapas de su formación en diseño, donde el objetivo es únicamente explorar la geometría volumétrica de la forma-espacio. Esto implica acompañar a los estudiantes en el entendimiento y diferenciación entre formas ortogonales contra orgánicas, elementos curvos contra rectos, espacio centripeto o centrífugo, abierto-cerrado, cubierto-descubierto; alturas dobles o triples, superficies, proporción, color. Asimismo, permite explorar con otras geometrías no euclidianas, al aplicar transformaciones topológicas, politopos, entre otras posibilidades.

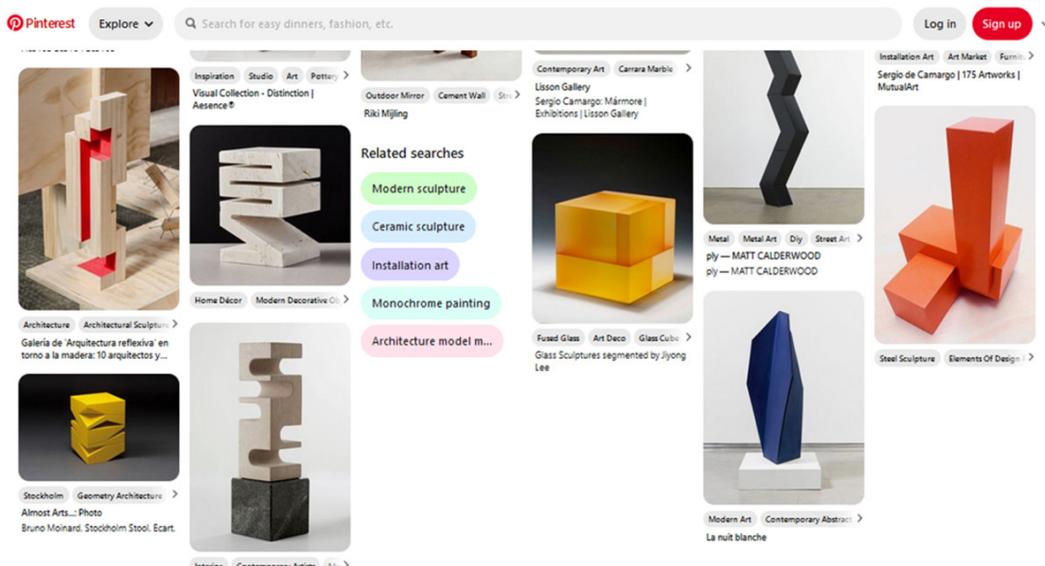
Incluso es útil en el desarrollo de la intuición sobre cómo constituir la estructura física de los volúmenes. Esto hace que la propuesta pedagógica

sea similar a la propuesta de la Bauhaus para la etapa *vorlehre*. Se le pide al estudiante que explore y estudie varias opciones formales y luego, en una fase posterior, diseñar ejercicios que consideren el contenido (función espacial) y el contexto.

Para este segundo nivel, se ha considerado conveniente promover el uso de la plataforma después de que los estudiantes desarrollen una idea básica del programa arquitectónico. La intención es hacerles explorar las posibilidades de la forma en relación a las actividades programáticas para que tengan una primera noción geométrica, sin aludir a una referencia estética o estilo. Cabe señalar que para esta segunda etapa es posible, e incluso promovido, el uso de aplicaciones digitales como las mencionadas anteriormente (*FormZ*, *Sketchup* y similares u otras aplicaciones de diseño paramétrico).

Figura 2

Tablero de Pinterest. Ejemplos de imágenes escogidas por los instructores como guía inicial



Nota. Ejemplos de formas que se puso a disposición de los alumnos por los profesores para tener referencia para su análisis e interpretación para sus proyectos. Tomado de la plataforma Pinterest por R. Alonso, 2024a, Pinterest en <https://pin.it/6ZWNidqAv>.

A continuación, se describe un ejercicio donde se aplicó la estrategia a un grupo de estudiantes de la carrera de Licenciatura en Arquitectura de la UASLP, en el contexto de los Talleres de Diseño. El ejercicio comenzó al mostrar un tablero de Pinterest (ver Figura 2) a un grupo de 15 estudiantes de primer año. Este tablero contenía imágenes seleccionadas de diferentes formas abstractas pertenecientes a una tipología específica, para que pudieran analizar sus atributos formales-espaciales y su geometría. Posteriormente, se les pidió que generaran al menos dos propuestas, donde interpretaran lo que veían en el tablero, para que pudieran utilizar esa información abstracta para ofrecer una solución a un problema de diseño sencillo: una casa de campo. Estas primeras propuestas de

geometría conceptual fueron luego analizadas en consideración de la función de los espacios en relación a las características de su forma, y finalmente modificadas o manipuladas, si es que era necesario corregirlas o si era posible mejorar la relación función-forma. De esta manera, se evitó promover un enfoque exclusivamente formalista. Posteriormente, se creó otro tablero que recogió las propuestas de todos los estudiantes (ver Figura 3), para que pudieran volver a analizarlas en su conjunto. Además de esto, se constituyó un grupo de control con estudiantes pertenecientes a la misma generación de primer año, quienes resolvieron el mismo problema de diseño, pero sin utilizar ninguno de los dos tableros.

Figura 3

Ejemplos de creaciones de los estudiantes después de los ejercicios



Nota. Se muestran varios ejemplos de las interpretaciones que hicieron los estudiantes a partir de los ejemplos ofrecidos por los profesores (Figura 2), los cuales son evaluados por instructores antes de ser subidos al Tablero Pinterest con resultados ejemplares.

Resultados y Discusión

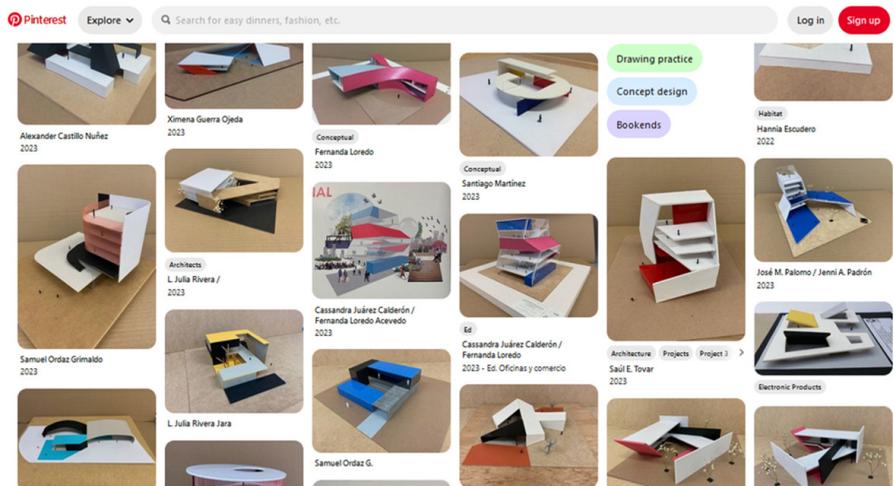
Los quince estudiantes pertenecientes al grupo donde se aplicó este ejercicio (100% de la población) (ver Figura 4) demostraron un aumento sustancial en su respuesta creativa en comparación con el grupo de control, que no estuvo expuesto al mismo (ver Figura 5). Esto resulta evidente al comparar los resultados de la Figura 4 y la Figura 5. Las propuestas desarrolladas por todos los estudiantes del grupo experimental tienen mayor diversidad y complejidad espacio-formal en comparación con las del grupo de control, lo que demuestra la importancia y necesidad de contar con un bagaje de referencias arquitectónicas históricas y contemporáneas (que es lo que todo arquitecto va desarrollando a lo largo de su formación académica y vida profesional). Asimismo, se ven ejemplos abstractos de composiciones formal-plásticas para poder conceptualizarlas e interpretarlas en propuestas arquitectónicas y espaciales. Esto, a su vez, implica conocimiento geométrico de la forma-espacio y la aplicación de transformaciones geométricas que exploran otras geometrías no euclidianas, lo que

más tarde permitirá la conceptualización material de la estructura física de las propuestas. En las figuras 3 y 4, a pesar del límite del empleo solamente de cartón, se observa la diversidad formal-espacial: menos ortogonalidad; "juego" de volumetría con intersecciones, extrusiones, horadación y cortes de volúmenes; despliegue de superficies en diversos niveles con continuidad espacial; diversidad entre el espacio interior y exterior y lo abierto y lo cerrado de los recintos; además, mayor dominio de la escala y la proporción y del empleo del color; así como de su composición en el campo visual o terreno.

En suma, se observa una mayor capacidad en el manejo de la forma y del espacio tridimensional, un dominio más amplio de las tipologías formales posibles y sus combinaciones para generar composiciones de mucho mayor calidad de diseño y de mucha mayor diversidad e innovación formal-espacial en las propuestas. Esto, a su vez, amplía las posibilidades (además de estéticas y compositivas) de las cualidades espaciales de su forma en relación a las condiciones requeridas por las funciones principales del sistema arquitectónico de que se trate.

Figura 4

Resultados del Grupo Experimental del 1er Semestre de 2024 en los que se aplicó la estrategia didáctica



Nota. Ejemplos de diseño de los estudiantes después de los ejercicios realizados. Tomado de R. Alonso, 2024b. Pinterest en <https://www.pinterest.com.mx/alonso0920/forma-arq-a-nivel-conceptual-fac-del-habitat>.

No contar con referentes visoespaciales dificulta que los estudiantes obtengan resultados geométricos interesantes y favorables, ya que no cuentan con modelos o puntos de partida para interpretar, aunque sean variaciones del original. Lo que hay que cuidar es el riesgo del formalismo, lo cual se evita con el análisis formal-espacial que involucra y su congruencia con lo que sucede al interior y exterior. En este contexto pedagógico, la plataforma Pinterest ha sido un recurso que facilita la creación de catálogos visuales ordenados por tipología arquitectónica, géneros edilicios, tipo geométrico. Además, podría ya construirse con relación a la formulación teórica y por arquitectos; su proceso de sistematización agiliza la recolección de

referencias al alimentarlas con más datos, cada vez que se agrega un *pin*. Además, el número de pines en cada tablero puede aumentar a través de las selecciones hechas por el mismo usuario o a través de las sugerencias hechas por Pinterest.

En contraste, los ejemplos de la Figura 5 del grupo de control muestran formas convencionales, desarrolladas en un solo nivel y monocromáticas, donde prevalecen los espacios interiores y recintos cerrados, menor exploración y atrevimiento innovador en la forma-espacio. Aunque hay formas con curvas, estas no tienen estructura orgánica y su tratamiento es euclidiano.

Figura 5

Ejemplos de resultados del Grupo de Control del Primer Semestre 2024



Nota. Ejemplos realizados por los alumnos del grupo de control que no fueron sometidos a los ejercicios empleando los tableros de Pinterest.

Se considera que este tipo de soporte digital es apropiado en este nivel básico de diseño, debido a que permite a los estudiantes continuar desarrollando herramientas cognitivas útiles en el proceso creativo de conceptualizar, analizar, identificar similitudes e interpretar. Esto está en comparación con otras aplicaciones que usan Inteligencia Artificial Generativa, como Chat GPT, que inhibe

los procesos que se quiere desarrollar, como se ha expuesto, y provoca una gran falta de control sobre la actividad de diseño. En esa IA, los *prompts*, como instrucción o pregunta o palabra clave, tienen que ser creativos, precisos y claros, con fundamentos y contextualizados (hasta incluir ejemplo), para evitar que el sistema arroje errores, horrores o combinaciones absurdas.

Conclusión

La forma es la base de cualquier proyecto arquitectónico. Aprender a desarrollarla es fundamental en el proceso de formación de los arquitectos. Las herramientas digitales ofrecen una gran ayuda, especialmente para realizar algunos procesos de forma más ágil y exhaustiva.

La Inteligencia Artificial Generativa, como Chat GPT (que produce textos e imágenes a partir de texto), DALL-E, *Midjourney* (que produce imágenes a partir de texto), *Stable Diffusion* y Sora (que produce vídeo a partir de indicaciones textuales o lenguaje coloquial), en este momento ofrecen resultados que sugieren, de cierta manera, que los diseñadores pueden ser reemplazados. Sin embargo, lo que se ha propuesto aquí es que los diseñadores, al usar sus procesos cognitivos, como la conceptualización y la interpretación, usan habilidades que no pueden eliminarse o reemplazarse del acto creativo, pero pueden mejorarse mediante un uso analítico, reflexivo y crítico de las herramientas digitales.

Se ha comprobado la eficacia y rapidez del uso de recursos digitales, al facilitar la capacidad de los estudiantes para concentrar un amplio acervo de imágenes visoespaciales, que además implícitamente muestran la geometría y estructura espacial. Esto es importante dado el papel esencial que desempeñan las referencias visoespaciales en el proceso de conceptualización y desarrollo de soluciones formales.

El algoritmo de búsqueda de Pinterest funciona con un principio básico de IA. En este caso, la interacción entre el usuario y la IA es la que consigue un alto grado de eficiencia y resultados destacables en el reconocimiento de imágenes similares. La integración de este nivel básico de IA en el proceso creativo del estudiante desencadena una mayor habilidad para interpretar y procesar referencias visuales y, a su vez, iterarlas y crear nuevas variantes a partir de estas. En un futuro previsible, con base en esas primeras ideas de diseño, el estudiante podrá confiar en el apoyo del diseño paramétrico para pasar al segundo (especificación arquitectónica) y al tercer nivel de diseño (material y especificación estructural). Futuras investigaciones podrían enfocarse en complementar las primeras etapas de conceptualización con etapas posteriores de especificación arquitectónica, material y estructural.

Ciertamente, la plataforma Pinterest no se propuso como herramienta de diseño sino para compartir imágenes, sistematizarlas por semejanzas y eso es lo que se ha propuesto al aprovechar el medio. Tampoco posee herramientas que ayuden al estudiante en la transición al segundo nivel de diseño. En ese nivel, ya sea planos arquitectónicos o modelos digitales, permitiría tener control sobre el conjunto de elementos que definen la arquitectura: espacio, funcionamiento, dimensionamiento, estructura topológica y física, características espacio-formales y materiales, entre otros. Pinterest también tiene un alcance limitado, pues no es su fin, para impulsar puntos de vista teóricos o críticos. Estas son cualidades necesarias para formar arquitectos capaces de desarrollar propuestas disruptivas y significativas, por lo que eso se ha complementado en las sesiones del taller de proyectos.

Sin embargo, la plataforma Pinterest ofrece la ventaja de llevar al usuario a la fuente original donde está publicada la imagen, que suele provenir de artículos de revistas o sitios web especializados donde se muestra una descripción y análisis más amplio del proyecto correspondiente. Estas fuentes suelen mostrar más imágenes, los correspondientes planos arquitectónicos y textos descriptivos o críticos. Los pins seleccionados podrían potencialmente abrir una puerta que lleve al usuario a descubrir un proyecto preferido con mayor profundidad.

Pinterest ha sido útil para aquellas etapas exploratorias preliminares que apoyan el acercamiento de los estudiantes a la forma arquitectónica. Ha mejorado sustancialmente las respuestas de los estudiantes en comparación con aquellos que no tenían este tipo de ejercicios.

También son destacables las contribuciones que ofrece a los docentes, al nutrir su propio bagaje de posibilidades pedagógicas. Como docentes, este proceso también desarrolla capacidades más amplias que favorecen sus procesos de enseñanza. Sin lugar a duda, la mejoría en los procesos pedagógicos de los docentes tiene un impacto directo en los resultados de aprendizaje mostrados por sus estudiantes.

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Declaración de contribución de los autores: A continuación, se menciona la contribución de cada autor, en correspondencia con su participación, utilizando la Taxonomía Crédit:

- Guadalupe Salazar González: Administración del proyecto, Conceptualización, Curaduría de datos, Investigación, Metodología, Redacción-borrador original, Validación.
- Ricardo Alonso Rivera: Análisis formal, Investigación, Metodología, Recursos, Redacción-borrador original, Validación.
- David Leonardo Campos Delgado: Investigación, Redacción-revisión y edición, Software, Supervisión, Validación, Visualización.

Referencias

- Adorno, Th. (2004 [1970]). *Teoría estética*. Akal.
- Alexander, Ch. (1973 [1964]). *Notes on the Synthesis of Form*. Harvard University Press.
- Alonso, R. (2024a) en <https://pin.it/6ZWnidqAv>
- Alonso, R. (2024b) en <https://www.pinterest.com.mx/alonso0920/forma-arq-a-nivel-conceptual-fac-del-habitat>
- Bayer, H. (1938). *Bauhaus, 1919-1928*. The Museum of Modern Art.
- Carpo, M. (2023). *Beyond Digital: Design and Automation at the End of Modernity*. The MIT Press.
- Chimero, F. (2012). *The shape in design*. Creative Common.
- Droste, M. (1991). *Bauhaus. 1919-1933*. Taschen.
- Eisenman, P. (1997). Procesos de lo intersticial. Notas sobre lo maquínico de Zaera-Polo. *El Croquis*, 83, 21-35.
- Leach, N. (2021). *Architecture in the Age of Artificial Intelligence*. Bloomsbury Publishing.
- Luhmann, N. (2005). *El arte de la Sociedad*. Herder/Universidad Iberoamericana.
- Maderuelo, J. (1990). *El espacio raptado*. Interferencias entre arquitectura y escultura. Mondadori.
- Martin, M. J. (1997). *La invención de la arquitectura*. Celeste.

- Salazar, G. (2006). Barragán y Le Corbusier, dos caminos y lugares de encuentro. En A. Dallal (Ed.), *El proceso creativo* (47-89). UNAM-IIE.
- Sullivan, L. (1896). The Tall Office Building Artistically Considered. *The April Number of Lippincott's Magazine*. Philadelphia, s. e., 403-409.
- Tschumi, B. (1988). Locura y combinatoria. *Arquitectura*, 270, 24-51.
- Viollet-le-Duc, E. (1863). *Entretiens sur l'architecture*. A. Morel et Cie Editeurs.
- Zaera-Polo, A. (1995). Conversaciones con Frank Gehry. *El Croquis*. 74-75, 6-36.