

Aplicación de herramientas de inteligencia artificial en el diseño arquitectónico por estudiantes y profesionales en Panamá

Application of artificial intelligence tools in architectural design by students and professionals in Panama

^{1a}Luis Felipe Donoso, ^{1b}Esmeralda Pardo, ^{1c}Magela Cabrera Arias

^{1a}Universidad de Panamá, Facultad de Arquitectura y Diseño, Panamá

^{1b} Universidad de Panamá, Facultad de Arquitectura y Diseño, Panamá

^{1c} Universidad de Panamá, Facultad de Arquitectura y Diseño, Panamá

^{1a}luis.donoso@up.ac.pa, ^{1b}esmeralda.pardo@up.ac.pa, ^{1c}magela.cabrera@up.ac.pa

^{1a}<https://orcid.org/0009-0006-5711-6225>, ^{1b}<https://orcid.org/0009-0004-4097-2127>, ^{1c}<https://orcid.org/0009-0003-3510-4555>

Fecha de recepción: 05 de diciembre de 2024

Fecha de aceptación: 10 de enero de 2025

DOI <https://doi.org/10.48204/2710-7426.6855>



RESUMEN Las herramientas basadas en inteligencia artificial (IA) están revolucionando la industria de Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AIC) a nivel mundial al automatizar tareas repetitivas, generar múltiples alternativas, y optimizar el uso de recursos enriqueciendo y mejorando enormemente el proceso de diseño. Este artículo expone los resultados de una investigación con base en un muestreo de conveniencia realizado el día 12 al día 23 de julio del año 2024 entre estudiantes y profesionales de la Arquitectura en Panamá. El propósito del mencionado muestreo de conveniencia fue estar al corriente sobre el conocimiento, aplicación y desarrollo de herramientas de inteligencia artificial en Panamá. Además, se realizó un análisis de la literatura relacionada al uso de la IA en la industria AIC en Panamá. Los resultados muestran un uso incipiente de las herramientas de inteligencia artificial evidenciando un vacío crítico en los procesos de preparación académica de profesionales actuales y futuros –situación esencial para alcanzar avances significativos en la industria AIC panameña. Por otra parte, se incluye -a manera de demostración- la aplicación de una herramienta IA -Stable Diffusion- orientada al desarrollo de alternativas de materiales del concepto arquitectónico de un proyecto y sus beneficios en los procesos de diseño arquitectónico.

PALABRAS CLAVE Arquitectura, Ingeniería y Construcción, BIM, inteligencia artificial, concepto arquitectónico, instrucciones IA.

ABSTRACT Artificial Intelligence-based (AI) tools are revolutionizing the Architecture, Engineering, and Construction (AEC) industry worldwide by automating repetitive tasks, generating multiple alternatives, and optimizing the use of resources, greatly enriching and improving the design process. This article presents the results of a convenience sampling-based research conducted between July 12 and July 23, 2024 among Architecture students and professionals in Panama. The purpose of the aforementioned convenience sampling was to be aware of the knowledge, application, and development of Artificial Intelligence tools in Panama. In addition, a literature analysis was carried out regarding the use of AI in the AIC industry in Panama. The results show an incipient use of artificial intelligence tools, evidencing a critical gap in the academic preparation processes of current and future professionals - an essential situation to achieve significant advances in the Panamanian AIC industry. On the other hand, it includes -as a demonstration- the application of an AI tool -Stable Diffusion- aimed at developing material alternatives of the architectural concept of a project and its benefits in architectural design processes.

KEYWORDS AEC, BIM, artificial intelligence, architectural concept, AI prompt.

1. INTRODUCCIÓN

En Panamá, actualmente el diseño de proyectos en el sector Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AIC) realizado en universidades públicas y empresas privadas se ejecuta utilizando la metodología CAD (*Computer Aided Design* o Dibujo Asistido por Computadora), la reciente metodología BIM (*Building Information Modelling* o Modelado de Información de Construcción) o una amalgama de ambas. Los procesos de diseño usando estas metodologías, en especial la metodología CAD, implica que el usuario realiza varias tareas manualmente [1].

La existencia de herramientas basadas en Inteligencia Artificial (IA) ha provocado disrupción en diversas industrias, particularmente las del sector AIC. Este tipo de herramientas generan resultados de forma muy veloz simplificando muchos pasos en el proceso de diseño [2].

Recientemente, las herramientas de la inteligencia artificial y su aplicación en diversas industrias han ganado relevancia particularmente desde el surgimiento de la IA generativa (IAG) (o *GenAI* por sus siglas en inglés) tales como: *ChatGPT* y *Midjourney* que se basan en el desarrollo de modelos de aprendizaje automático o *machine learning (ML)*. Esta categoría de inteligencia artificial consiste en el reconocimiento de patrones y la repetición de estos con base en algoritmos [3].

El alcance de las herramientas de inteligencia artificial es bastante amplio; las más relevantes para la arquitectura abarcan desde complementos o *plugins* integrados a programas como el complemento *Veras* para el programa de modelado BIM *Revit*, hasta programas y software completo como la plataforma de automatización de diseño *ARCHITECHTURES* [4].

En esta investigación, se plantea la siguiente interrogante: ¿Cómo valoran o perciben los estudiantes y profesionales de arquitectura en Panamá la integración y funcionalidad de herramientas de inteligencia artificial (IA) en el proceso de diseño arquitectónico?

Los objetivos establecidos fueron los siguientes:

- Objetivo N°1: Determinar la intensidad de uso de herramientas de IA para el diseño arquitectónico, por estudiantes y profesionales de la arquitectura en Panamá.
- Objetivo N°2: Evaluar las ventajas del uso de herramientas de IA generativa para el diseño arquitectónico.

Con esto, se define que está es una investigación cualitativa que posee un enfoque exploratorio (objetivo N°1) con un elemento descriptivo (objetivo N°2) para comprender mejor como se percibe la integración de herramientas IA para el diseño arquitectónico en Panamá (un fenómeno poco estudiado, como se verá a continuación), y como se aplica para evidenciar su funcionalidad.

1.1 Clasificación de herramientas de Inteligencia Artificial

Según Des Fagan, director de Arquitectura en la Universidad de Lancaster, las cuatro categorías más populares de herramientas IA en el diseño arquitectónico, en el Reino Unido son [5]:

- **Generación de ideas:** Herramientas que permiten la visualización rápida de ideas generatrices de diseño.
- **Conceptualización de diseños:** Herramientas que posibilitan el cambio de estilo de modelos de proyecto variando materiales e interacciones.
- **Generación de textos:** Herramientas que automatizan y permiten el inicio de la investigación al responder a peticiones de sus usuarios.
- **Registro del estilo de estudios de arquitectura:** Estudios de arquitectura con departamentos de I+D entrenan a sus propios motores de inteligencia artificial para que reproduzcan sus corrientes, estilos y procesos de diseño para nuevos proyectos.

Para complementar y ampliar la explicación anterior, en donde las herramientas se usan en la fase conceptual de diseño; a continuación se presenta una clasificación de herramientas IA que abarca otras fases en la tabla 1 [6], [7].

Tabla 1.

Clasificación de herramientas de IA relevantes a cada fase del diseño arquitectónico.

Fases del diseño arquitectónico de un anteproyecto de Arquitectura	Categorías de herramientas IA aplicables	Herramientas IA
Pre-Diseño (Análisis de sitio, normativas, programa, etc.)	Plataformas de análisis de datos de ubicación, chatbots y generadores de texto.	Aino, ChatGPT
Diseño conceptual (bocetos, volumetría, etc.)	Generadores de imagen y visualización	Midjourney, DALL-E, Stable Diffusion
Desarrollo del diseño (plantas, elevaciones, modelado 3D)	Plataformas de automatización de diseño para edificios	Hypar, ARCHITECHTURES
Documentación (detalles y planos de construcción)	Extractores de datos y generadores de planos	SWAPP, Blueprints AI, CADDIE

1.2 Uso de la inteligencia artificial en el sector AIC de Panamá

El uso de herramientas IA en el sector AIC en Panamá es escaso en comparación con los países anglosajones. De hecho, es posible afirmar que aún se está desarrollando la ejecución de técnicas y herramientas digitales precursoras a la IA como la metodología BIM; documentos afirman que recién en el año 2006 empezó a usarse por algunas firmas arquitectónicas en Panamá [1].

No fue sino hasta el año 2016 que se reconoció en el país a la metodología BIM como un recurso valioso para optimizar el desarrollo de proyectos arquitectónicos, lo que llevó a la creación del BIM Fórum Panamá [8].

No obstante, de alguna manera ha estado presente un discurso sobre la aplicación de las herramientas IA; así lo evidencia, por ejemplo, un anteproyecto de ley presentado en el año 2023 para normar el uso de la inteligencia artificial en Panamá [9].

De hecho, desde ese mismo año han aparecido artículos sobre las herramientas IA en arquitectura en sitios web de empresas [10], y se debate sobre el tema en conferencias académicas verbigracia la ofrecida en la Universidad Católica Santa María La Antigua (USMA) sobre la aplicación de la IA en la arquitectura y el diseño, entre otras [11].

1.3 Ventajas del uso de herramientas IA en la rama de Arquitectura del sector AIC panameño

La implementación de herramientas IA en el diseño arquitectónico ofrece conveniencias extraordinarias: genera múltiples alternativas de diseño, automatiza tareas repetitivas, posibilita tomar decisiones veloz e inteligentemente, reduce errores y optimiza recursos. A continuación, se listan los beneficios más relevantes [2].

- Asistencia para el diseño: las herramientas IA pueden generar opciones de diseño basadas en criterios específicos, tales como exigencias del cliente, condiciones del sitio y restricciones presupuestarias, entre otras; lo que acorta el tiempo de exploración del diseño y brinda opciones más creativas y basadas en datos relevantes.
- Experiencia de usuario y diseño centrado en las personas: la IA ayuda a analizar el comportamiento y las preferencias de los usuarios promoviendo decisiones de diseño orientadas primordialmente en las necesidades y expectativas de las personas; esto posibilita proyectar espacios que promueven el bienestar y la productividad.
- Análisis de rendimiento: la IA puede analizar datos de rendimiento de edificios tales como el uso de energía, vida útil, confort térmico, iluminación natural, etc., ayudando a los profesionales de la arquitectura a optimizar los diseños en cuanto a eficiencia energética y sostenibilidad.
- Selección de materiales: la IA puede ayudar a los profesionales de la arquitectura a seleccionar materiales de construcción con base a criterios seleccionados; por ejemplo, impacto ambiental, durabilidad y costo. Además, las herramientas IA generativas posibilitan la visualización inmediata de la selección de materialidad escogida para un proyecto arquitectónico.
- Diseño y visualización virtuales: la realidad virtual (VR por sus siglas en inglés) asistida por IA y las

herramientas de realidad aumentada permitir a los profesionales de la arquitectura visualizar y experimentar sus diseños de manera realista (inmersiva); aumentando así la comunicación sobre el propósito del diseño con colaboradores y clientes, optimizando el proceso general de revisión del diseño.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la construcción del marco teórico se llevó a cabo una búsqueda sistemática de la literatura científica relativa a la aplicación de herramientas de inteligencia artificial en el diseño arquitectónico para conocer el estado de su aplicación y desarrollo en el escenario mundial y regional. Para la búsqueda de información se usaron plataformas académicas como *ScienceDirect.com* y *Researchgate.com*, junto a motores de búsqueda *Google Scholar* y el chatbot *ChatGPT* mediante una variante académica llamada *ScholarGPT* (del cuál se validaron las fuentes empleadas con *Google Scholar*).

Posteriormente se analizaron informes y artículos científicos para determinar estadísticas y otros datos que evidencien el uso y la tendencia del uso de las herramientas tecnológicas usadas en la industria AIC en Panamá.

A continuación, se diseñó un cuestionario con base en las preguntas diseñadas por el RIBA (*Royal Institute of British Architects*) en el *2024 AI Report*, en Gran Bretaña; para un muestreo no probabilístico de conveniencia que se aplicó durante el periodo entre el 12 y el 23 de julio del año 2024 y que se distribuyó de forma digital a través de redes sociales. Ello posibilitó cuantificar la intensidad de uso de las herramientas IA por profesionales y estudiantes universitarios de arquitectura en Panamá [12].

Se optó por implementar este tipo de muestreo debido a que facilita el análisis de datos sin aplicar operaciones estadísticas aunque posee la desventaja de que no se pueden generalizar los resultados [12] [13].

Finalmente, para cumplir con nuestro segundo objetivo de investigación, y a manera de ejemplo de una de las aplicaciones directas en el diseño arquitectónico, exploramos la herramienta de IA generativa llamada *Stable Diffusion*, para generar distintas opciones de diseño a partir de un boceto a mano alzada.

2.1 Muestreo de conveniencia para evaluar la intensidad de uso de herramientas de inteligencia artificial (IA) en el diseño arquitectónico en Panamá

El propósito fue indagar la percepción de estudiantes y profesionales de arquitectura en Panamá sobre las herramientas de inteligencia artificial (IA) en el proceso de diseño arquitectónico en Panamá.

Se confeccionó un cuestionario digital con 12 preguntas, con varias similares a las aplicadas por el RIBA (*Royal Institute of British Architects*) *2024 AI Report* a sus miembros orientado

a esclarecer el uso actual y futuro de la IA en la arquitectura en Gran Bretaña [14].

El cuestionario tiene 12 preguntas cerradas de elección múltiple, divididas en tres secciones:

- Sección I, datos generales: provincia donde trabajan, organización a la que pertenecen, nivel de experiencia y herramientas de diseño arquitectónico utilizadas (incluyendo métodos manuales como el dibujo técnico, y programas computacionales de modelado y dibujo CAD ó BIM).
- Sección II, uso de herramientas IA (programas, complementos, etc.): Esta sección a su vez está dividida en dos subsecciones; la primera analiza si utiliza herramientas IA, dos preguntas sobre el nivel de destreza o conocimiento en el uso de tales herramientas y la frecuencia de uso. La segunda parte está dirigida únicamente a quienes usan herramientas IA, e indaga sobre cuales herramientas usan en los procesos de diseño arquitectónico y sobre el nivel de aplicación (frecuencia de uso).
- Sección III, pronósticos y aseveraciones sobre la aplicación de herramientas IA en el campo de la arquitectura en Panamá: aquí se incluyen enunciados y aseveraciones sobre el futuro y las consecuencias de la aplicación de herramientas IA para la industria de la arquitectura en el país.

El cuestionario se elaboró con la herramienta digital *Google Forms* que posibilita la generación de gráficos de barras y circulares. Se difundió a través de las redes sociales entre el 12 y el 23 de julio del 2024; y se divulgó un enlace directo al cuestionario en mensajes de texto, carteles, publicaciones e historias de *Instagram*, *WhatsApp* y *LinkedIn*, con una breve descripción del propósito del muestreo.

2.2 Aplicación de la herramienta IA generativa– Stable Diffusion orientada al desarrollo del concepto de un proyecto arquitectónico

Para evidenciar las ventajas de usar herramientas de Inteligencia artificial (IA) generativa en arquitectura, se usó un programa para desarrollar la materialidad (selección de los materiales) de un proyecto, luego de idear el concepto arquitectónico. Se entiende por concepto arquitectónico la o las ideas abstractas iniciales que encauzan y determinan un diseño arquitectónico y las características deseadas para el objeto arquitectónico tales como como: funcionalidad, plástica, estilo, mensaje, etc., y, en este caso materialidad [15].

Tradicionalmente el concepto arquitectónico se presenta con un boceto dibujado a mano alzada luego de definir objetivos, considerar normas, contexto urbano y cultural y explorar enfoques y soluciones diversas de acuerdo con las expectativas y deseos del cliente.

El nivel de detalle que se requiere desarrollar en un breve periodo de tiempo para lograr acuerdos con el cliente y otros profesionales involucrados, pueden resolverse

extraordinariamente bien aplicando una herramienta IA generadora de imágenes.

Tal como se explica en la tabla 1, existen diversas alternativas para generar imágenes, siendo algunas *Midjourney*, *DALL-E* y *Stable Diffusion*. Estas herramientas sirven para generar piezas gráficas de cualquier tipo utilizando algoritmos y ML para recrear todo tipo de ilustraciones, ya sean objetos, animales, paisajes, humanos, etc [16]. A continuación, se describen algunas de las funciones disponibles en generadores de imágenes a base de IA [16] [17]:

- **Txt-to-image:** Generación de imágenes mediante instrucciones textuales o *prompts*.
- **Image-to-image:** Generación de imágenes a partir de una imagen existente. Está también se puede detallar más con el uso de *prompts*.
- **Inpainting:** Edición de imágenes a partir de la regeneración parcial de ellas utilizando *prompts*.
- **Outpainting:** Expansión de los límites de una imagen existente al generar contenido adicional.
- **Upscaling:** Aumento del tamaño sin pérdida de detalles de una imagen existente.
- **ControlNet:** Extensión que permite definir la composición de una imagen generada a partir de una imagen de referencia. Este proceso es similar pero más preciso que el *image-to-image*.

La mayoría de las herramientas de IA generativa requieren de una instrucción (*prompt*) para generar una o varias imágenes a petición del usuario. La instrucción (*prompt*) debe incluir palabras clave que describan las cualidades deseadas en las imágenes que se generaran; a esto se le conoce como instrucción positiva (*positive prompt*). Además de la instrucción positiva (*positive prompt*) se le puede añadir una instrucción negativa (*negative prompt*) también con palabras clave que describen características que se desea excluir o evitar en las imágenes generadas [16].

La generación de imágenes se aplica en diversos campos, siendo los más comunes para la publicidad, el arte y la producción cinematográfica; puesto que permite la producción instantánea de recursos gráficos [18]. Un ejemplo de esto es en la campaña publicitaria de arte digital de BMW, en la que se generaron imágenes IA con base a 50 000 obras de arte para colocar diferentes patrones en un modelo digital del automóvil *8 Series Gran Coupé* [19].

En el caso de la visualización y representación arquitectónica, su introducción se ejemplifica en el aumento de calidad para lograr renderizaciones realistas de proyectos arquitectónicos y en la generación imágenes que representan magníficamente las ideas conceptuales de anteproyectos arquitectónicos [20].

La gran mayoría de estas herramientas son accesibles desde plataformas en la web que forman parte de una aplicación de terceros, como en el caso de *Midjourney*, que se utiliza dentro de la aplicación de comunicación *Discord* (para utilizar el editor de imágenes en su sitio web oficial, se requiere generar

10 imágenes en *Discord*), y *DALL-E* se accede desde *Chat-GPT* (ambos son productos de la empresa *OpenAI*). En el caso de *Stable Diffusion*, se puede acceder desde diferentes plataformas de interfaz de usuario gráficas o *GUIs* (Graphical User Interface) [16] [21] [22].

El ejercicio consistió en utilizar *Stable Diffusion* para desarrollar alternativas para la materialidad de un edificio de oficinas cuyo concepto arquitectónico incluye el uso de materiales y elementos constructivos como ladrillo, muros cortinas y concreto para comunicar cualidades sensibles como elegancia y firmeza.

La versión de *Stable Diffusion* utilizada fue a partir de la plataforma *GUI* denominada *Automatic1111*, disponible gratuitamente y se instala en un ordenador que debe tener ya instalados el programa *GitHub* y un instalador del código fuente para utilizar el lenguaje de programación *Python* que permita el funcionamiento de los algoritmos y códigos de la inteligencia artificial en el ordenador [23].

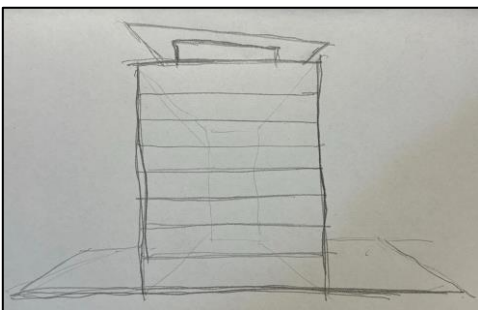
Se seleccionó *Stable Diffusion* por sus características de fácil acceso (ya que *Midjourney* y *DALL-E* necesitan suscripciones pagas para acceder a ellas) y por poseer todas las funciones generales de IA generativa de imágenes anteriormente descritas.

El proceso se desarrolla de la siguiente manera:

1. Se dibuja con lápiz y sobre un papel, un boceto a mano alzada del edificio. Este boceto será lineal (lo que significa que su nivel de detalle será simple).
2. Se toma una fotografía digital del boceto y se importa el archivo en formato PNG (se permiten otros formatos) a *Stable Diffusion* utilizando la función de *ControlNet*. El boceto de referencia se visualiza en la figura 1.
3. Se redacta la instrucción positiva (*positive prompt*) para definir la materialidad deseada para el boceto del edificio, mediante palabras clave como “muro cortina” y “ladrillos”, entre otras. Es de notar que utilizar instrucciones negativas no es obligatorio para la generación de imágenes en *Stable Diffusion* [16].
4. El programa genera cuatro imágenes diferentes que ilustran diferentes alternativas creadas con base en la fotografía del boceto.

Figura 1.

Boceto lineal base para la generación de imagen IA



La instrucción (*prompt*) debe redactarse en idioma inglés; la que se utilizó es así: “(architecture:1.4), (EXTERIOR shot:1.6), 8-stories contemporary office tower on a city, (masterpiece:1.4), (best quality:1.4), high quality, 8k, 16k, (detailed:1.3), hyper detail, intricate details, curtain walls, clear blue sky, red bricks, and concrete, add trees, photorealistic, cinematic lighting, centered, cinematic, epic, dramatic”. Se utilizan paréntesis y números decimales para determinar la influencia que las palabras clave tendrán sobre las imágenes finales [16].

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados del muestreo de conveniencia

Ochenta y dos (82) personas contestaron el cuestionario. Sin embargo, algunos de ellos no respondieron la totalidad de las preguntas; particularmente las incluidas en la sección sobre el uso de herramientas IA en el diseño arquitectónico (sección dirigida exclusivamente a los usuarios de herramientas IA).

A continuación, se presentan únicamente los resultados de las preguntas más relevantes.

3.1.1 Organización a la que pertenece

Los 82 participantes respondieron esta pregunta que indaga sobre el sector laboral: universidad, empresa privada, entidad pública, o independiente. Un 85.4% pertenecen a universidades, seguidos por un 9.8% de empresas privadas, un 1.2% a entidades públicas, y, el restante 3.7% son independientes.

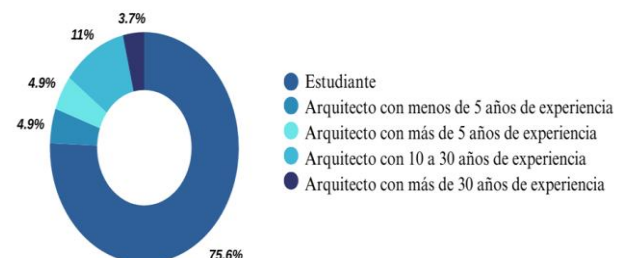
3.1.2 Experiencia en el sector de la Arquitectura

Los 82 participantes respondieron esta pregunta. Se evaluaron 5 categorías, como se muestra en la figura 2. De estos, 75.6% son estudiantes, 11% tienen de 10 a 30 años de experiencia, 4.9% son arquitectos con menos de 5 años de experiencia, 4.9% con más de 5 años de experiencia, y un 3.7% poseen más de 30 años de experiencia.

Se puede apreciar que la mayoría de los participantes son estudiantes universitarios (75.6%), no obstante, un porcentaje significativo son arquitectos con 5 años de experiencia en adelante.

Figura 2.

Gráfico circular sobre el nivel de experiencia profesional de los participantes.



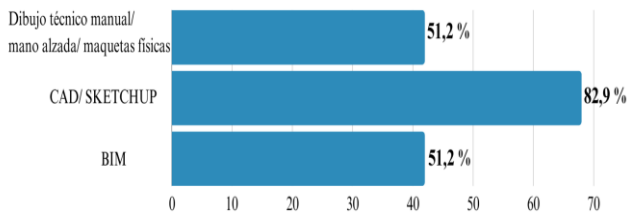
3.1.3 ¿Cuál de estas herramientas usa durante su proceso de diseño arquitectónico?

Esta pregunta fue respondida por los 82 participantes (el 100%) quienes tuvieron la oportunidad de señalar varias opciones simultaneas. Se incluyó: Dibujo Técnico Manual/Mano Alzada/Maqueta Física; CAD/Sketchup; y BIM (ver figura 3).

Los resultados mostraron que el 82.9% usan programas CAD y *SketchUp*; otro 51.2% (42 personas) usan dibujo técnico/mano alzada y maquetas físicas; y otro 51.2% (42 personas) usan BIM; lo que confirmó la idea de que la metodología BIM se halla en un proceso de introducción incompleto [1].

Figura 3.

Gráfico de barras sobre las herramientas que utilizan en sus procesos de diseño arquitectónico

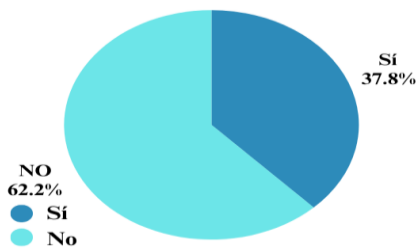


3.1.4 ¿Utiliza herramientas IA en su proceso de diseño?

Los 82 participantes respondieron esta pregunta. Se evaluó el porcentaje de los participantes que utilizan herramientas IA en su proceso de diseño (figura 4). La mayoría no utiliza herramientas IA, lo que representa un 62.2%, mientras que el 37.8% si las utiliza. Esto comprueba la hipótesis planteada.

Figura 4.

Gráfico circular sobre los participantes que utilizan o no herramientas IA.

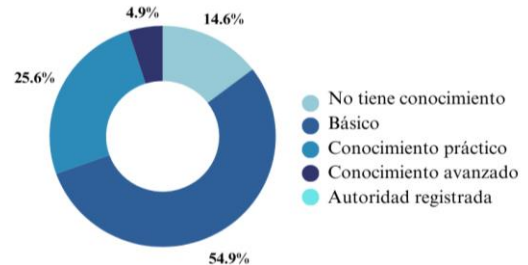


3.1.5 Conocimiento personal sobre herramientas IA

Los 82 participantes respondieron esta pregunta. Se evaluaron 5 categorías (figura 5). El 59.4% tiene conocimiento básico, 25.6% tiene conocimiento práctico, 14.6% no tiene conocimiento, 4.9% tiene conocimiento avanzado. Ningún participante afirma ser una autoridad registrada.

Figura 5.

Gráfico circular que muestra el nivel de conocimiento personal de los participantes sobre las herramientas IA.



3.1.6 Frecuencia de uso de herramientas IA en proyectos arquitectónicos

Los 82 participantes respondieron esta pregunta. Se evaluaron 5 categorías: en todos los proyectos, en la mayoría de los proyectos, para algunos proyectos, ocasionalmente, y nunca. El 37.8% las usa ocasionalmente, 35.4% nunca las usa, 19.5% para algunos proyectos, 6.1% mayoría de proyectos, y 1.2% en todos los proyectos. Este resultado también evidencia de la escasa implementación de herramientas IA en el área de la Arquitectura, por estudiantes y profesionales del área.

3.1.7 Herramientas IA que utiliza actualmente:

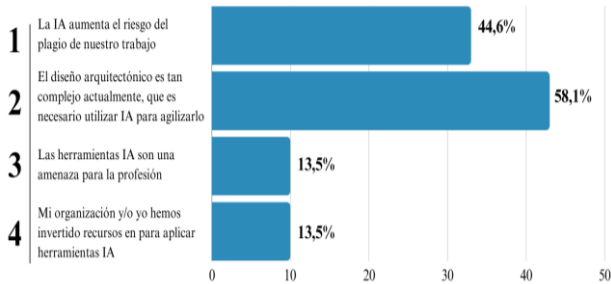
Solo 78 participantes respondieron esta pregunta. Se evaluaron 7 categorías: generación de texto, generación de imágenes/videos, generación de plantas arquitectónicas y documentación, *plugins* de IA generativa para programas BIM, ninguna y otras: El 57.7% usa generación de texto, 32.1% generación de imágenes, 25.6% no utiliza herramientas IA, 9% utiliza herramientas de generación de volumetría/modelado 3D, 2.6% utiliza generación de dibujos arquitectónicos y documentación, 2.6% usa *plugins* para programas BIM, y 6.4% utiliza otras.

3.1.8 Valoraciones sobre las herramientas IA aplicadas a la arquitectura:

Solo 74 participantes respondieron esta pregunta, los cuáles podían elegir varias respuestas. Se evaluaron 4 categorías (figura 6). Unos 43 participantes (58.1%) están de acuerdo en utilizar IA para agilizar el diseño arquitectónico, seguido de 33 participantes (44.6%) que cree que la IA aumenta el riesgo de plagio, otros 10 participantes (13.5%) creen que son una amenaza para la profesión de arquitectura, y otros 10 participantes (13.5%) aseguran que su organización y/o ellos han invertido recursos en aplicar herramientas IA en el trabajo.

Figura 6.

Gráfico de barras que muestra diversas perspectivas sobre el uso de la IA para la arquitectura en Panamá.



Aquí se evidencian opiniones contrapuestas sobre las posibles consecuencias de la implementación de la IA en la arquitectura. Una mayoría -un 58.1%- está de acuerdo en que los procesos del diseño arquitectónico se beneficien con el uso de estas herramientas. Otro porcentaje significativo (44.6%) opina que el plagio y la reproducción sin límites de su trabajo crecerá exponencialmente. Esto último indica que es prioritario aprobar leyes que lo eviten.

3.1.9 Discusión de los resultados del muestreo de conveniencia:

Aunque el cuestionario se distribuyó entre 82 participantes, la participación fue desigual: la gran mayoría fueron estudiantes (85.4% de respuestas) y una minoría profesionales de arquitectura en Panamá.

Esto presenta un obstáculo a la hora de analizar los datos adquiridos, sin embargo, esto es de esperar en el desarrollo de un muestreo no probabilístico por conveniencia, donde el control de la población a estudiar es limitado por su selección arbitraria [12].

A pesar de ello, podemos afirmar que es escaso el uso de herramientas IA para el diseño arquitectónico por estudiantes y profesionales de la arquitectura en Panamá.

Resaltamos que los resultados de algunas preguntas son similares al Reporte IA del *Royal Institute of British Architects*. Tal es el caso de la pregunta del conocimiento personal sobre herramientas IA, donde la mayor diferencia es que en el reporte del RIBA, el 2% de participantes eran una autoridad registrada, mientras que en este muestreo, 0%, o nadie, es una autoridad registrada.

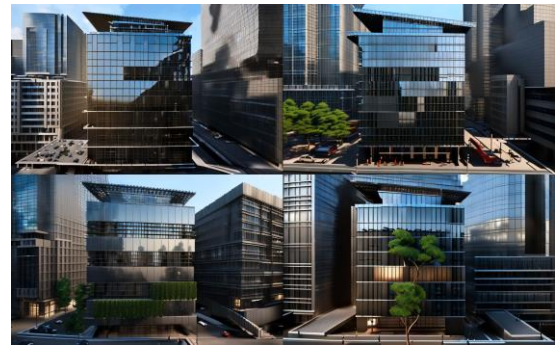
3.2 Resultados del desarrollo de la idea de materialidad del concepto arquitectónico mediante Stable Diffusion

Luego de escribir la instrucción (*prompt*) y subir la imagen del boceto base se generaron cuatro alternativas de materialidad para el concepto arquitectónico solicitado al programa. Las imágenes son bastante fieles a las instrucciones

provistas, pero es normal que, por no utilizar instrucciones negativas (*negative prompts*), ocurran errores como, por ejemplo, que la opción inferior derecha tenga arboles flotando. Esto se puede solucionar añadiendo instrucciones como “objetos deformados”, entre otras dependiendo de la situación [16]. (Ver figura 9).

Figura 9.

Distintas alternativas de materialidad generadas por el programa Stable Diffusion



La generación de imágenes únicamente requirió de 2 minutos y 45 segundos. El tiempo de generación de imágenes mediante *Stable Diffusion* puede variar dependiendo de los pasos que el usuario del programa desee. Si se quiere un resultado más veloz, este puede disminuirse incluso a apenas 30 segundos.

3.2.1 Discusión de los resultados de la aplicación de la herramienta IA generativa:

Se concluye que se obtuvo del programa un resultado con gran detalle en un tiempo reducido, si lo comparamos con la producción de imágenes a través de programas de renderizado 3D o habilidades artísticas manuales [20].

Tal como es descrito por el estudio de representación arquitectónica Design Piet, el renderizado 3D computarizado consume varias horas ya que se ajustan detalles de representación como luces, sombras y texturas que necesitan manipulación directa del usuario.

Con dibujo manual, el proceso es menos flexible y se precisan diversas herramientas físicas para definir estos detalles; además de que para modificarlas se requiere que la imagen se produzca desde su inicio cero en ciertos casos [20].

En contraste, la producción de cuatro imágenes diferentes a través de *Stable Diffusion* requirió muy poco tiempo y su capacidad para la modificación mediante funciones como el *inpainting* si el resultado no es el deseado lo hace una alternativa competitiva. Como ya fue explicado, podría producir errores al compararlo con el renderizado 3D; sin

embargo, su ventaja es que consigue gran detalle en un tiempo reducido.

Además, el programa *Stable Diffusion* genera una amplia diversidad de posibilidades para seleccionar materiales y elementos constructivos que cumplan mejor con los deseos y expectativas del diseñador arquitectónico.

4. CONCLUSIONES

El impacto de la aplicación de herramientas de inteligencia artificial ha ganado relevancia debido a su comprobada eficacia para agilizar el proceso del diseño arquitectónico y en las demás fases del ciclo de vida útil de las edificaciones, siendo el mayor ejemplo Inglaterra, evidenciado por el reporte del RIBA [2], [14].

Los resultados de la investigación permiten afirmar que el conocimiento y el uso de herramientas IA para el proceso de diseño arquitectónico en Panamá es escaso. A pesar de que los participantes del muestreo reconocen la importancia de conocer y desarrollar habilidades para aplicar herramientas IA y colocarse así en la vanguardia de las disciplinas AIC; no han tomado acciones decisivas para hacerlo.

Por lo tanto, se genera la siguiente especulación: los estudiantes y profesionales de arquitectura en Panamá no han desarrollado estrategias para incluir de forma intensiva herramientas de inteligencia artificial (IA) en sus procesos de diseño arquitectónico; y apenas están en una etapa incipiente de integración de la metodología BIM [1].

Se recomienda realizar más estudios para conocer la forma en que estudiantes y profesionales de la Arquitectura en Panamá perciben las consecuencias de la existencia de las IA generativas en el diseño arquitectónico, y las razones de su implementación o no. Asimismo, se recomienda realizar estudios similares para evaluar el estado del arte en las áreas de Ingeniería y Construcción en el sector AIC, y regular el uso de la IA en todo este sector industrial.

A su vez, es evidente el beneficio de aplicar herramientas IA (como *Stable Diffusion*) para el proceso de diseño arquitectónico para generar imágenes de forma veloz y con múltiples alternativas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Asociación estudiantil de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Panamá, *Conciencia Renovadora*, por su apoyo en la difusión del muestreo por conveniencia; así como a los participantes que lo circularon.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores y el presente artículo declaran que no poseen conflicto de intereses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R., Cuan, “Guía para la aplicación de la metodología BIM en el diseño y gestión de proyectos de construcción en Panamá”. Tesis de grado, Fac. de Arq. y Dis., Univ. de Panamá., Panamá, Panamá, 2023.
- [2] H.N. Rafsanjani, A.H. Nabizadeh, “Towards human-centered artificial intelligence (AI) in architecture, engineering, and construction (AEC) industry”. *Computers in Human Behavior Reports*, 2023, p. 100319. DOI. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2023.100319>
- [3] F., Guerrero-Solé; C., Ballester. “El impacto de la Inteligencia Artificial Generativa en la disciplina de la comunicación”. *Hipertext.net*, 2023, n.º 26, pp. 1-9. DOI. [Online]. Available: <https://doi.org/10.31009/hipertext.net.2023.i26.01>
- [4] J. Vargas y E. Cueva, “Uso de la inteligencia artificial en la arquitectura con el soporte de los softwares arquitectónicos”, *ResearchGate, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann*, abril de 2024. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/379832318_Uso_de_la_inteligencia_artificial_en_la_Arquitectura_con_el_soporte_de_los_Softwares_Arquitectonicos_Use_of_artificial_intelligence_in_Architecture_and_the_benefits_of_Software_in_Architectural_design
- [5] N. Morris y Royal Institute of British Architects, “Artificial Intelligence: how are architects using AI right now and what are they using it for?”, *RIBA Architecture.com*, 29 de febrero de 2024. [Online]. Available: <https://www.architecture.com/knowledge-and-resources/knowledge-landing-page/artificial-intelligence-in-architecture>
- [6] A. M., Soliman, “Appropriate teaching and learning strategies for the architectural design process in pedagogic design studios”. *Frontiers of Architectural Research*, 2017, 6(2), 204–217. DOI. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.foar.2017.03.002>
- [7] R.T., Coolidge, “The Architectural Process”. *Robert Coolidge.com*. 2013. [Online]. Available: <http://www.robertcoolidge.com/process-1.html>
- [8] BIM Forum Panamá, “El BIM será implementado en Panamá”. *BIMForumPanama.org*. 30 de noviembre de 2017. [Online]. Available: <https://www.bimforumpanama.org/event0/bim-sera-implementado-laconstruccion-panama/>
- [9] Asamblea Nacional. Trámite Legislativo 2023-2024. 6 de julio de 2023. Anteproyecto de Ley N°14. “*Que regula la inteligencia artificial en la república.*”. [Online]. Available: https://alertas.directoriolegislativo.org/wp-content/uploads/2023/07/2023_A_014.pdf
- [10] E. Mejías, “Inteligencia artificial aplicada a la arquitectura”, *Grupo Ideas Panamá*, 25 de junio de 2023. [Online]. Available: <https://www.grupoideaspanama.com/post/inteligencia-artificial-aplicada-a-la-arquitectura>
- [11] N. S. Tapia, “Inteligencia Artificial aplicada en la arquitectura y diseño”, 14 de abril de 2023. [Online]. Available: <https://info.usma.ac.pa/inteligencia-artificial-aplicada-en-la-arquitectura-y-diseno/>

- [12] O. H. González. “Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen”. *Rev Cubana Med Gen Integr.*, 2021, vol.37, n.3. [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252021000300002&lng=es&nrm=iso . Epub 01-Sep-2021. ISSN 1561-3038
- [13] R. H. Sampieri, C. F. Collado, and P. B. Lucio, *Metodología de la investigación*, 6th ed. Spain: McGraw Hill España, 2014. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>
- [14] Royal Institute of British Architects, “RIBA 2024 AI Report”, 2024. [Online]. Available: <https://www.architecture.com/knowledge-and-resources/resources-landing-page/riba-ai-report-2024>
- [15] C. G., Buelvas, “La importancia del concepto y su argumentación en el diseño arquitectónico”, *Procesos Urbanos*, vol. 1, n.º 1, pp. 35-46, ene. 2014. DOI. [Online]. Available: <https://doi.org/10.21892/2422085X.16>
- [16] Stable Diffusion Art, A., “Stable Diffusion prompt: a definitive guide”, *Stable Diffusion Art*, 4 de enero de 2024. [Online]. Available: <https://stable-diffusion-art.com/prompt-guide/>
- [17] R. Eloy, “How AI rendering is revolutionizing architecture design,” *Chaos*, 7 de noviembre 2024. [Online]. Available: <https://www.chaos.com/blog/how-ai-rendering-is-revolutionizing-architecture-design?srsrtid=AfmBOora6g504MgT7ubyw0Hg1unFXFG530CRwVHLrLZ5t6QtVpeffEtw>
- [18] P. M., “10 ejemplos alucinantes de arte generado por IA,” *ClickUp*, 22 de agosto de 2024. [Online]. Available: <https://clickup.com/es-ES/blog/202822/ejemplos-de-arte-ai>
- [19] R. Agarwal, “21 Examples of AI in Marketing and Advertising,” *LinkedIn*, 27 de agosto de 2024. [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/real-life-use-cases-generative-ai-marketing-rahul-agarwal-cwx5c/>
- [20] Design Piet Estudio, “La Evolución del Render Arquitectónico: De Dibujos Manuales a IA y Realidad Virtual,” *DP Renders*, 14 de agosto de 2024. [Online]. Available: <https://www.dprenders.com/l/evolucion-render-arquitectonico-historia-tecnologia/>
- [21] C. McKay, “Midjourney launches new web editor, improving workflow for creators,” *Maginative*, 16 de agosto de 2024. [Online]. Available: <https://www.maginative.com/article/midjourney-launches-new-web-editor-improving-workflow-for-creators/>
- [22] OpenAI, “DALL·E 3 is now available in ChatGPT Plus and Enterprise,” *OpenAI*, 19 de octubre de 2023. [Online]. Available: <https://openai.com/index/dall-e-3-is-now-available-in-chatgpt-plus-and-enterprise/>
- [23] S. Kamph, “How to Install Stable Diffusion - automatic1111,” *YouTube*. 28 de mayo de 2023. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=kqXpAKVQDNU>