

Carlos Quedas-Campoy

Doutor em Arquitetura y Urbanismo. Docente
permanente no Programa de Pós-Graduação Stricto
Sensu em Arquitetura e Urbanismo (PGAUR)
Universidade São Judas Tadeu
São Paulo, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-2692-6237>
arqcampoy77@gmail.com

Cleide Izidoro

Meste.
Doutoranda no Programa de Pós-Graduação
Stricto Sensu em Arquitetura e Urbanismo (PGAUR)
Universidade São Judas Tadeu
São Paulo, Brasil
<https://orcid.org/0009-0002-6089-8062>
cleide.izidoro@ulife.com.br

**ARQUITECTURA DEL MÉTODO EN
DISEÑO MEDIADO POR INTELIGENCIA
ARTIFICIAL, SÃO PAULO, BRASIL**

**METHODOLOGICAL ARCHITECTURE IN
ARTIFICIAL INTELLIGENCE-MEDIATED DESIGN,
SÃO PAULO, BRAZIL**

**ARQUITETURA DO MÉTODO EM PROJETOS
MEDIADOS POR INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, SÃO
PAULO, BRASIL**



Figura 0. Primeros resultados del
ejercicio. Fuente: Elaboración de los
autores.

RESUMEN

La incorporación de inteligencia artificial (IA) en el proyecto arquitectónico ha sido predominantemente instrumental y fragmentaria en América Latina, al carecer de marcos metodológicos explícitos que articulen decisiones proyectuales, responsabilidad disciplinar y mediación tecnológica. Este artículo propone y demuestra cualitativamente un marco metodológico constructivo para integrar la IA como componente estructural del razonamiento proyectual, organizado en tres niveles interdependientes: teórico, operacional y crítico/evaluativo. El núcleo del método consiste en una matriz y un protocolo de aplicación que relacionan las fases del proyecto, las tareas cognitivas y las categorías funcionales de IA, y exigen la declaración de insumos, criterios, operaciones y registros de traza en cada intersección. La demostración mediante un estudio piloto en un contexto académico evidenció mejoras consistentes en la trazabilidad del proceso y en la claridad procedimental, al fortalecer la capacidad de justificar, auditar y comunicar las decisiones, sin implicar una optimización formal automática. Los resultados indican que la principal transformación introducida por la IA no reside en la automatización de tareas, sino en la reconfiguración del poder cognitivo que organiza el espacio de posibilidades del diseño. Como aportación original, el estudio formula una arquitectura del método transferible que, mediante el pensamiento algorítmico de proyecto, gobierna la mediación algorítmica a partir de criterios explícitos, registros verificables y responsabilidad proyectual, desplazando la innovación desde la novedad técnica hacia la organización epistemológica del proceso. Se concluye que la integración crítica de la IA en la arquitectura depende de estructuras metodológicas trazables capaces de hacer visibles los límites, riesgos y zonas de opacidad, al constituir una condición interna de validez disciplinar, ética y científica del proyecto contemporáneo.

Palabras clave: BIM, gobernanza algorítmica, proceso de proyecto, toma de decisiones, trazabilidad

ABSTRACT

The incorporation of artificial intelligence (AI) into architectural design processes in Latin America has been predominantly instrumental and fragmented, lacking explicit methodological frameworks that articulate design decisions, disciplinary responsibility, and technological mediation. This paper proposes and qualitatively demonstrates a constructive methodological framework to integrate AI as a structural component of design reasoning, organized into three interdependent levels: theoretical, operational, and critical/evaluative. The core of the method is a matrix and an application protocol that relates project phases, cognitive tasks, and functional categories of AI, requiring the declaration of inputs, criteria, operations, and trace records at each intersection. A pilot study in an academic context revealed consistent improvements in process traceability and procedural clarity, strengthening the capacity to justify, audit, and communicate decisions without implying automatic formal optimization. Results indicate that the primary transformation introduced by AI lies not in task automation, but in the reconfiguration of the cognitive power that structures the space of design possibilities. As an original contribution, the study formulates a transferable methodological architecture that, through algorithmic design thinking, governs algorithmic mediation through explicit criteria, verifiable records, and design responsibility, shifting innovation from technical novelty toward the epistemological organization of the process. It concludes that the critical integration of AI in architecture depends on traceable methodological structures capable of making limits, risks, and zones of opacity visible, constituting an internal condition of disciplinary, ethical and scientific validity in contemporary design practice.

Keywords: BIM, algorithmic governance, design process, decision-making, traceability

RESUMO

A incorporação da inteligência artificial (IA) ao projeto arquitetônico tem sido predominantemente instrumental e fragmentária na América Latina devido à ausência de referenciais metodológicos explícitos que articulem decisões projetuais, responsabilidade disciplinar e mediação tecnológica. Este artigo propõe e demonstra, qualitativamente, um referencial metodológico construtivo para integrar a IA como componente estrutural do raciocínio projetual, organizado em três níveis interdependentes: teórico, operacional e crítico-avaliativo. O núcleo do método consiste em uma matriz e um protocolo de aplicação que relacionam as fases do projeto, as tarefas cognitivas e as categorias funcionais da IA, e exigem a declaração de insumos, critérios, operações e registros de rastreamento em cada interseção. A demonstração, por meio de um estudo piloto em contexto acadêmico, evidenciou melhorias consistentes na rastreabilidade do processo e na clareza procedimental, ao fortalecer a capacidade de justificar, auditar e comunicar decisões, sem implicar otimização formal automática. Os resultados indicam que a principal transformação introduzida pela IA não reside na automação de tarefas, mas na reconfiguração do poder cognitivo que organiza o espaço de possibilidades do projeto. Como contribuição original, o estudo formula uma arquitetura do método transferível que, por meio do pensamento algorítmico de projeto, rege a mediação algorítmica com base em critérios explícitos, registros verificáveis e responsabilidade projetual, deslocando a inovação da novidade técnica para a organização epistemológica do processo. Conclui-se que a integração crítica da IA na arquitetura depende de estruturas metodológicas rastreáveis, capazes de tornar visíveis os limites, os riscos e as zonas de opacidade, uma vez que constituem uma condição interna de validade disciplinar, ética e científica do projeto contemporâneo.

Palavras-chave: BIM, governança algorítmica, processo de projeto, tomada de decisão, rastreabilidade

INTRODUCCIÓN

La incorporación de herramientas basadas en inteligencia artificial (IA) puede reconfigurar las formas de concebir, organizar y evaluar el proyecto arquitectónico en contextos profesionales y académicos (Bernstein, 2025; Coeckelbergh, 2024; Leach, 2025).

Desde una perspectiva teórica, conceptual y práctica digital —sin pretensión exhaustiva, pero orientada al alcance del interés de este artículo—, se propone entender el proyecto arquitectónico como un proceso representacional de intenciones espaciales en estructuras informacionales paramétricas y complejas. A diferencia de estudios que tratan la IA como un conjunto de herramientas o como un problema estrictamente técnico, aquí se asume como una mediación metodológica que reconfigura el ciclo de retroalimentación entre datos, decisiones y forma, así como estimula el desarrollo de un pensamiento algorítmico de proyecto.

La literatura reciente ha abordado la IA en arquitectura mediante enfoques históricos, informacionales, taxonómicos y técnico-operativos, centrados en datos, fabricación digital, automatización, BIM o clasificación de procesos proyectuales, especialmente en el eje Estados Unidos-Europa (Bernstein, 2025; Chaillou, 2022; Leach, 2025).

Sin embargo, en América Latina, este proceso se ha desarrollado —de forma inferencial y ante la ausencia de evidencia estadística sistemática— de manera dificultosa, fragmentada y predominantemente experimental. Las evidencias dispersas indican que la aproximación tecnológica ha sido promovida, en gran medida, por entornos académicos y redes de investigación antes que por la práctica profesional consolidada. En términos prácticos, esta dinámica latinoamericana ha generado algunas conductas proyectuales locales, pero con una limitada sistematización metodológica y escasa transferencia estructurada y ampliada hacia el ejercicio cotidiano del proyecto arquitectónico (Britto, Pereira, & Checcucci, 2025; Donoso, Pardo, & Cabrera Arias, 2025; Felipe y Nome, 2025; Nunes y Tramontano, 2025; Quedas Campoy, 2025; Santos Fischer y Leoni Schmid, 2024).

En estos casos, la IA se emplea como generadora de alternativas formales básicas, como asistente de visualización o como organizadora de información preliminar, sin una articulación clara con las fases cognitivas, decisionales y éticas del proceso de diseño. Se deja en segundo plano, o con margen para una ampliación, la formulación explícita de marcos metodológicos que integren la IA como parte constitutiva del razonamiento proyectual —en cierto sentido, como un enfoque epistemológico.

Investigaciones en el campo de la metodología aplicada han señalado que, sin marcos operativos y epistemológicos, las herramientas digitales tienden a reforzar prácticas dependientes de lógicas técnicas externas y de criterios implícitos no controlados por el proyectista, lo que limita su valor profesional (Bonilla-Vallejo y Tramontano, 2024; Jones, Gold, & Claxton, 2023; Kasanen, Lukka, & Siitonen, 1993; Nunes y Tramontano, 2025; Sarzosa Soto, 2025). En este contexto, la IA corre el riesgo de permanecer como una caja negra operativa o como flujos de trabajo

opacos, más que como un medio reflexivo para la producción de conocimiento proyectual.

El problema central que aborda esta investigación reside en la ausencia de estructuras metodológicas explícitas, en conjunto con marcos tecnológicos (en esta clave de entendimiento: parámetros, decisiones y representaciones), dentro del contexto latinoamericano, que permitan entender y operar la IA como un instrumento proyectual integrado y como una plataforma epistemológica (cognitiva y ética).

El objetivo es proponer y demostrar cualitativamente un marco metodológico latinoamericano, en forma de matriz y de protocolo de aplicación, para integrar IA en el proceso de proyecto, dirigido a las comunidades académica y profesional, articulado epistemológicamente en tres dimensiones: teórica, operativa y crítica/evaluativa —que se detallarán más adelante en este artículo.

Ya en enfoques pioneros de modelación informacional, el proceso proyectual se entendía como construcción de modelos simbólicos que integran forma, función y comportamiento en una misma lógica, que desplaza el énfasis del objeto final hacia el proceso como sistema de decisiones interdependientes (Mitchell, 2009).

El incremento de la informatización del diseño supone una transformación de la formalización digital del razonamiento proyectual en estructuras informacionales explícitas. Entornos digitales, bases de datos y sistemas paramétricos amplían la operación simultánea sobre múltiples capas. Operan como entramado de metadatos, reglas y relaciones que organizan el tránsito entre programa, forma, materialidad y desempeño, particularmente en *Building Information Modeling* (BIM) y modelación paramétrica, donde cada decisión formal se asocia a atributos informacionales y dependencias internas (Bonilla-Vallejo y Tramontano, 2024; Eastman et al., 2008; Nunes y Tramontano, 2025).

Así, el proyecto arquitectónico no se limita a la representación gráfica como producto final, sino que incluye principalmente los procesos de decisiones conceptuales, parámetros técnicos, relaciones lógicas y revisiones sistemáticas (Bernstein, 2025; Coeckelbergh, 2024; Leach, 2025). Proyectar, en este marco, es estructurar información: declarar, organizar y transformar datos en configuraciones espaciales coherentes.

La IA se incorpora como una nueva mediación, especialmente interesante para el arquitecto no especialista en ciencias de la computación: no solo genera alternativas fácilmente —desde interfaces amigables—, sino que procesa, correlaciona y reorganiza grandes volúmenes de datos, que intensifican el carácter informacional del proyecto, sin sustituir el razonamiento arquitectónico (Bernstein, 2025; Bonilla-Vallejo y Tramontano, 2024; Coeckelbergh, 2024; Leach, 2025).

Desde el pensamiento complejo (Castro, 2025; Morin, 2005), el proyecto se configura como red de interdependencias técnicas, cognitivas y sociales,

MARCO TEÓRICO

irreductible a variables previsibles, atravesada por incertidumbre y causalidades múltiples. En este sentido, la IA constituye un espacio activo multidimensional para las condiciones de posibilidad del diseño.

Los sistemas algorítmicos, basados en modelos estadísticos y estructuras de datos no siempre transparentes (Bernstein, 2025; Coeckelbergh, 2024; Leach, 2025), introducen procesos de mediación técnica, correlación y predicción. La IA (algorítmica y paramétrica) opera como un socio activo del sistema complejo de diseño —no como un sujeto autónomo—, al participar en ciclos de retroalimentación entre datos, decisiones y resultados formales; acelera la generación, amplía la exploración, pero puede reducir la capacidad crítica si no se integra en un marco metodológico explícito (Bonilla-Vallejo y Tramontano, 2024).

En este marco, América Latina constituye una oportunidad teórica y metodológica: tradición académica, redes regionales y experiencia en contextos de recursos limitados que favorecen enfoques críticos sobre tecnología, al incorporar la IA como objeto de reflexión proyectual metodológica y pedagógica (Britto et al., 2025; Donoso et al., 2025; Felipe y Nome, 2025; Santos Fischer y Leoni Schmid, 2024).

La incorporación estructurada de IA —tal como fue presentada hasta aquí desde las dimensiones teórica y operativa— puede reconfigurar la distribución del poder cognitivo en el diseño, por lo que la discusión metodológica debe incluir gobernanza algorítmica (Coeckelbergh, 2024).

Por lo tanto, y en consonancia con el objetivo del artículo, la estructura metodológica de la dimensión crítica/evaluativa se organiza en: criterios de verificación; registros de traza; reglas éticas de uso; y revisión crítica y auditoría. Se busca coherencia normativa y cualitativa, consistencia tectónica y adecuación contextual.

En síntesis, integrar IA en arquitectura exige pasar de un paradigma de adopción instrumental —obedeciendo infraestructuras técnicas opacas, correlaciones estadísticas y patrones normativos externos como autoridad implícita—, o de una simple delimitación de tareas, a uno de responsabilidad procedimental: la innovación depende menos de automatizar más que de construir arquitecturas metodológicas que hagan rastreable la relación entre datos, criterios y decisiones.

Por ello, la cuestión metodológica central es cómo se integra la IA en la red compleja de decisiones del proceso. La relevancia científica radica en la arquitectura del método, así como en la importancia de desarrollar el pensamiento algorítmico de proyecto.

METODOLOGÍA

La investigación es aplicada y de naturaleza metodológica, fundamentada en la tradición de la investigación constructiva —donde el artefacto (métodos, modelos o estructuras) constituyen un resultado científico sujeto a desarrollo, demostración y evaluación sistemática por su coherencia interna (Jones et

al., 2023; Kasanen et al., 1993)— y articulada mediante generalización analítica (Yin, 2015). Su aplicabilidad radica en su capacidad de generar conocimiento transferible.

Para garantizar la evaluabilidad, el estudio se presenta inicialmente en tres preguntas: (i) en qué medida la matriz fases–tareas–IA incrementa la trazabilidad de las decisiones frente a flujos convencionales; (ii) si el marco mejora la claridad procedimental mediante la explicitación de acciones, criterios y justificaciones; y (iii) qué límites y riesgos emergen al integrar la IA como mediación metodológica.

El artefacto metodológico (matriz y protocolo) se organiza en tres dimensiones interdependientes. La teórica fundamenta el proyecto como estructura informacional y proceso complejo, que incorpora nociones de retroalimentación y mediación técnica. La operacional traduce estos principios en procedimientos, que relaciona fases del proyecto, tareas cognitivas y categorías funcionales de IA. Estas dos dimensiones constituyen el núcleo de la matriz. La dimensión crítica/evaluativa, que actúa como un córtex sobre las demás, define criterios cualitativos que permiten valorar y auditar el proceso —una relación de gobernanza algorítmica.

Desde esta organización, la matriz deja de operar solo como instrumento de ejecución para asumir una condición epistemológica y estratégica dentro del proceso de proyecto. El artefacto no se limita a sistematizar operaciones, sino que establece un soporte estructurante para el razonamiento proyectual mediado por datos y algoritmos.

La demostración del marco se realizó mediante un estudio piloto ampliado en contexto académico, desarrollado en asignaturas de Trabajo Final de Graduación (TFG) en la Universidade São Judas Tadeu, ubicada en la ciudad de São Paulo, Brasil, a lo largo de cuatro semestres consecutivos entre los años 2024 y 2025. Participaron cuarenta y seis estudiantes organizados en seis equipos, que trabajaron con tres tipologías residenciales de pequeña y mediana escala, que incluyó una vivienda unifamiliar compacta, vivienda colectiva de baja altura y conjunto habitacional de interés social. En todos los casos, los proyectos se desarrollaron únicamente dentro del alcance del Estudio Preliminar, al abarcar contexto y normativa, definición del programa de necesidades, exploración volumétrica y organización preliminar (ambientes, circulaciones y accesos), definición inicial del sistema estructural, cerramientos y carpinterías básicas, y evaluaciones ambientales iniciales, sin avanzar a proyecto ejecutivo, documentación técnica ni compatibilización interdisciplinaria completa.

El estudio se concibió como una demostración metodológica cualitativa orientada a observar la operatividad del marco en distintos momentos formativos, la capacidad de registro sistemático de decisiones, la coherencia entre intención proyectual, procedimiento y resultado, y la identificación explícita de límites y riesgos. Estos procesos serán analizados por transferencia analógica al ámbito profesional. Los estudios de arquitectura de pequeño y mediano tamaño tienden a trabajar más con estas tipologías residenciales que con escalas mayores. Además, enfrentan condiciones comparables al contexto académico en términos

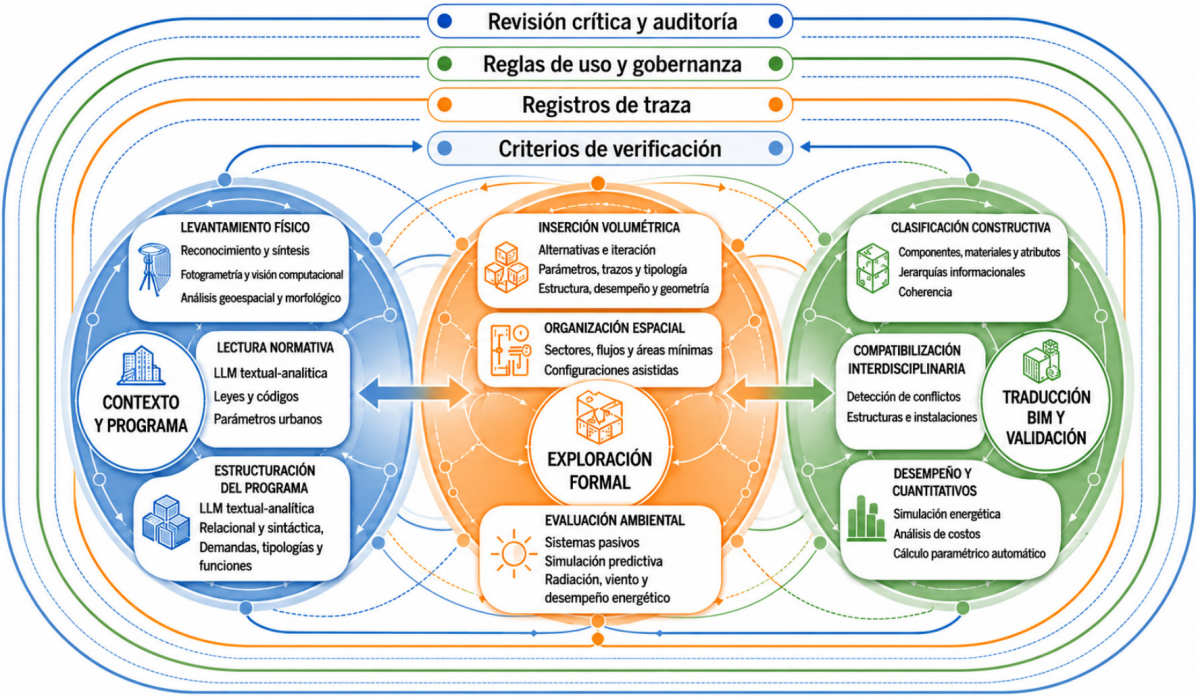


Figura 1. Matriz. Fuente:
Elaboración de los autores.

de fragmentación de herramientas, limitaciones temporales y necesidad de continuidad entre fases. La matriz puede actuar como mecanismo de reducción de dispersión operativa y como soporte estratégico para la documentación de decisiones frente a equipos, clientes y marcos regulatorios.

El protocolo se organizó en cinco pasos: presentación de la matriz y de sus criterios; aplicación por fase proyectual; registro de insumos, *prompts*, parámetros, versiones y decisiones; comparación cualitativa con ejercicios equivalentes sin uso estructurado de la matriz; y revisión docente mediante rúbricas derivadas del marco. Este último procedimiento es fundamental dentro de las validaciones e incorporó la experiencia práctica de los docentes involucrados, pero estuvo especialmente amparado en las referencias metodológicas, teóricas y conceptuales del proceso de diseño arquitectónico desarrollado por composición/modularidad (Bernstein, 2025; Chaillou, 2022). El análisis se realizó por codificación dirigida, y consideró cuatro criterios cualitativos: claridad procedimental de las decisiones, consistencia proyectual, identificación de riesgos/opacidades y viabilidad pedagógica. Las evidencias fueron trianguladas entre bitácoras, matrices, diagramas de decisión, entregas finales y reflexiones críticas. La validación, por tanto, se entiende como demostración analítica de coherencia interna y aplicabilidad situada, no como extrapolación estadística.

DESARROLLO

En esta sección, se procede a la configuración de la matriz y a la definición del protocolo de aplicación. Hasta este punto, se han presentado las configuraciones de las tres dimensiones del artefacto metodológico propuesto. La crítica/evaluativa, periférica (córtex), está formada por cuatro capas.

Aunque es extremadamente relevante, su organización gráfica se facilita en la matriz. Por otro lado, las dimensiones teórica y operacional, que forman el núcleo de la matriz, poseen muchos elementos internos, lo que tiende a dificultar la organización gráfica. Por lo tanto, se deben relacionar con las tareas cognitivas y proyectuales del Estudio Preliminar orientado por la tipología trabajada. Así, el núcleo teórico y operacional se subdivide en tres fases principales, cada una con tareas cognitivas específicas, conectadas en una red compleja: Contexto y Programa (Levantamiento Físico; Lectura Normativa; Estructuración del Programa); Exploración Formal (Inserción Volumétrica; Organización Espacial; Evaluación Ambiental); y Traducción BIM y Validación (Clasificación Constructiva; Compatibilización Interdisciplinaria; Desempeño y Cuantitativos). Sus respectivos elementos internos se reorganizan siguiendo este enfoque de diseño. La matriz se presenta a continuación (Figura 1):

Se inicia el protocolo de aplicación. En la fase Contexto y Programa, específicamente en la tarea cognitiva de Levantamiento Físico, la inteligencia artificial opera como mediación cognitiva de reconocimiento y síntesis. Sistemas de fotogrametría, visión computacional y análisis geoespacial reconstruyen la condición material del lugar a partir de topografía, entorno e imágenes. La operación consiste en producir modelos espaciales verificables y lecturas morfológicas comparables. En la Lectura Normativa, modelos de IA lingüísticos —de tipo *Large Language Model* (LLM)— extraen, clasifican y sintetizan reglas provenientes de leyes, códigos y parámetros urbanos. La operación es textual-analítica. En la Estructuración del Programa, la IA, también LLM textual-analítica, organiza demandas, referencias tipológicas y relaciones funcionales. La operación es relacional y sintética —orientada por criterios estipulados por los clientes, usuarios o el título del ejercicio académico, en este caso.

La fase de Exploración Formal se asocia a la ampliación controlada del espacio de posibilidades del proyecto. La IA opera como sistema de generación regulada, comparación sistemática y simulación analítica, sin determinar la forma final. A partir de este enfoque, interesan menos sus funcionalidades operacionales específicas y más su condición de mediación en la toma de decisión arquitectónica. En la tarea cognitiva de Inserción Volumétrica, sin presuponer una secuencia lineal única, modelos paramétricos y sistemas generativos producen alternativas a partir de parámetros legales, programáticos, límites del terreno y criterios tipológicos —que dependerían de la finalización de la etapa anterior, pero que no concluyen ahí, ya que también pueden desarrollarse a partir de parámetros estructurales, ambientales o de desempeño, así como de lógicas geométricas, mediante operaciones iterativas de variación y ajuste. En la Organización Espacial, herramientas generativas distribuyen sectores, flujos y áreas mínimas a través de configuraciones asistidas. En la Evaluación Ambiental, sistemas analíticos simulan radiación solar, viento y desempeño energético mediante operaciones predictivas.

La fase de Traducción BIM y Validación integra momentos de formalización informacional y control auditable del proyecto, cuando el arquitecto adopta una secuencia lineal posterior a las fases previamente descritas. Sin embargo, si el proceso proyectual se inicia en la propia plataforma BIM y en los entornos de validación, no se configura una traducción, sino el comienzo de un pensamiento algorítmico-paramétrico basado en atributos geométricos vinculados a la industria de la construcción y a los sistemas de simulación computacional. Es totalmente plausible, especialmente con el apoyo de la inteligencia artificial y la parametrización, comenzar un proyecto a partir

de un estudio formal o incluso desde una evaluación de desempeño del sistema dentro de la plataforma BIM. En cualquiera de estos escenarios, la IA y los sistemas asociados operan como una estructura semántica algorítmico-paramétrica, un mecanismo de detección de inconsistencias y un soporte de cálculo automatizado verificable.

Es importante destacar que las herramientas de inteligencia artificial pertinentes a la fase Exploración Formal poseen aplicaciones y extensiones intercambiables con la plataforma BIM. Así, resulta innecesaria la transición instrumental entre los dos últimos campos mencionados.

En la tarea cognitiva de clasificación constructiva, entornos BIM asistidos por IA organizan operacionalmente componentes, materiales y atributos en jerarquías informacionales coherentes. En la compatibilización interdisciplinaria, algoritmos de detección de conflictos comparan modelos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones mediante operaciones de validación sistémica. En la verificación de desempeño y cuantitativos, los sistemas de simulación energética y análisis de costos se procesan en el modelo BIM mediante el cálculo automático con base paramétrica.

A continuación, se pasa a organizar el protocolo pertinente a la dimensión crítica/evaluativa. Los criterios de verificación constituyen la primera capa interna del córtex de control crítico de la IA en el Estudio Preliminar Arquitectónico. Articulan precisión geométrica, coherencia con la realidad levantada y consistencia de los datos en cuanto a la conformidad normativa, legal y programática. La IA auxilia la verificación de relaciones espaciales, funcionales, circulatorias y proporcionales, pero también apoya la evaluación de la pertinencia contextual, del confort, de la eficiencia y de la viabilidad técnica y económica. Se trata de una instancia de filtrado cualificado de las alternativas, orientada por documentación normativa, parámetros de ocupación y criterios de adecuación proyectual.

Los registros de traza corresponden a la capa documental que vuelve el proceso rastreable, comparable y auditable. Se inscriben nubes de puntos, mapas analíticos, versiones formales documentadas, históricos de cambios, matrices programáticas, informes métricos, informes de colisión de geometrías, diagramas comparativos y series de alternativas. Estos registros permiten reconstruir la trayectoria de las decisiones, explicitar ciclos iterativos de revisión y preservar la memoria de los parámetros, consultas, simulaciones y elecciones realizadas. La IA deja de operar como instancia opaca de generación y pasa a integrar un sistema de documentación crítica de las transformaciones del proyecto.

Las reglas éticas de uso definen los límites epistemológicos de la mediación algorítmica en el Estudio Preliminar. Exigen transparencia de fuentes, control de confiabilidad, estandarización informacional, claridad metodológica en las simulaciones y explicitación de los parámetros movilizados. Delimitan el alcance de la generación automática, reafirman que la interpretación algorítmica debe ser usada críticamente y subordinada al juicio proyectual humano. Se preservan la autoría, la responsabilidad decisoria y la responsabilidad técnica del arquitecto, sobre todo ante implicaciones socioambientales, legales y contextuales.



Figura 2. Primeros resultados del ejercicio. Fuente: Elaboración de los autores.

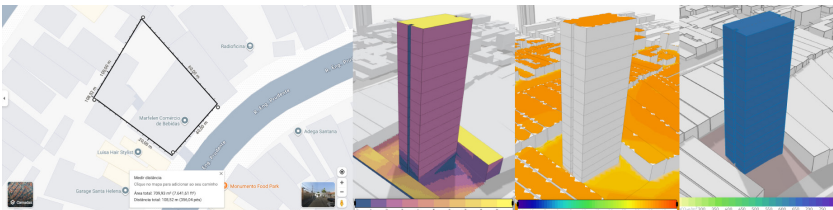


Figura 3. Resultados del ejercicio con la matriz y el protocolo. Fuente: Elaboración de los autores.



La revisión crítica y auditoría compone la capa de validación reflexiva de los resultados mediados por IA. Su función es verificar la consistencia del levantamiento, la integridad semántica del modelo, la validez jurídica de las soluciones, las condiciones de cálculo y la correspondencia entre parámetros iniciales y resultados alcanzados. Esta revisión debe ser argumentada por el arquitecto, abierta al contraste con clientes, usuarios o instancias académicas, y complementada por evaluación multidisciplinaria. Con esto, la auditoría no se reduce a la comprobación automática de desempeño, sino que opera como instancia cualitativa de juicio, validación cruzada y responsabilización proyectual.

Estudio piloto como demostración cualitativa

La primera ronda de ejercicios se realizó sin la matriz y el protocolo. Se solicitó a los alumnos que desarrollaran las tipologías para un terreno localizado en el barrio de Cambuci, en la ciudad de São Paulo, Brasil, así como su marco legal y normativo. Los resultados se presentan a continuación (Figura 2):

Posteriormente, se introdujeron la matriz y el protocolo. Los resultados presentados a continuación (Figura 3), fueron desarrollados bajo las mismas

condiciones, pero con una arquitectura del método más robusta y desde un pensamiento algorítmico de proyecto.

DISCUSIÓN

Los resultados gráficos son importantes, pero en la evaluación, no se buscó medir productividad, desempeño técnico, superioridad formal ni impacto constructivo, sino verificar si la matriz y el protocolo permitían explicitar con mayor precisión la relación entre insumos, operaciones, criterios y decisiones.

En la Figura 2, se puede verificar que las disposiciones espaciales no son adecuadas para garantizar el desarrollo de las actividades y la circulación. Ciertas cuestiones legales y normativas no fueron atendidas. No se incluye el dimensionamiento de sistemas estructurales. En los edificios (vivienda colectiva de baja altura y conjunto habitacional de interés social), algunos accesos a las unidades habitacionales ocurrirían equivocadamente por los baños; en algunas ocasiones, el acceso es imposible. El estudio bioclimático en todas las opciones es deficiente, lo que condena, en las tres tipologías, a que una fachada quede enteramente orientada hacia el sur es decir, sin incidencia solar durante todo el año para ambientes de larga permanencia.

La Figura 3 muestra, en la parte superior y de izquierda a derecha, el mapa de localización y tres estudios: solar, de microclima y de carbono incorporado; en el centro de la imagen, el modelado en la interfaz BIM, en el que se verificaron los datos de los estudios; y abajo, las plantas de las tres tipologías. A partir de los resultados, se observa que los problemas anteriores fueron resueltos. Los estudios permitieron optimizar la estructura desde la perspectiva de la economía de medios, lo que tiene reflejos directos en el impacto de la huella de carbono y en la relación costo-beneficio. Además, en la vivienda colectiva de baja altura se incluyó un área de depósito en la planta baja; y en el conjunto social, se dispusieron *shafts* para el paso de montantes que revelan atención a las instalaciones. Por lo tanto, no hubo solamente resolución de problemas, sino el avance del pensamiento de proyecto.

El piloto permitió identificar cuatro patrones recurrentes, importantes para la verificación interna de los protocolos de la investigación:

- P1. Formalización temprana de restricciones: las restricciones normativas, ambientales y programáticas se declaran desde los distintos puntos de inicio y reaparecen como criterios tectónicos de selección y descarte en otras instancias del proceso.
- P2. Estabilización de parámetros e iteraciones: induce una lógica de iteración registrada (propósito del cambio, parámetro ajustado y criterio de verificación), evitándose modificaciones *ad hoc*.
- P3. Explicitación del juicio proyectual: la selección de alternativas se apoya en criterios declarados (funcionales, ambientales, compositivos y contextuales), que hacen revisable la decisión.
- P4. Visibilización de opacidad y dependencias: el método exige declarar qué se delega a la IA, qué se corrige manualmente y qué se rechaza por sesgo o desajuste contextual.

Dimensión observada	Flujo sin matriz (uso instrumental de IA)	Flujo con matriz (uso metodológico de IA)	Evidencia registrada en el piloto
Declaración de insumos	Insumos dispersos; restricciones normativas y ambientales aparecen tardíamente o de forma parcial	Insumos declarados al inicio por fase; restricciones explicitadas y priorizadas	Bitácoras y matrices completadas con lista de insumos, restricciones y fuentes
Parámetros de generación/ análisis	Prompts y configuraciones poco estables; cambios no justificados	Parámetros declarados; cambios registrados como iteraciones con finalidad explícita	Registro de iteraciones (versión, parámetro, propósito de cambio)
Criterios de selección	Selección basada en preferencias implícitas o mejor apariencia	Selección basada en criterios declarados (funcionales, ambientales, compositivos, normativos)	Cuadros comparativos y anotaciones de descarte/ aceptación por criterio
Continuidad entre fases	Salto entre lectura contextual, anteproyecto y consolidación técnica	Continuidad reforzada por trazas: decisiones iniciales reaparecen como restricciones y atributos	Diagramas de decisión y enlaces entre fases en matrices
Verificación/ control	Verificación ad hoc; escasa revisión crítica de sesgos o adecuación local	Verificación explícita: chequeos de coherencia contextual y normativa; identificación de sesgos	Reflexiones críticas y listas de riesgos/zonas de opacidad por fase
Opacidad algorítmica	Opacidad no tematizada; resultados tratados como sugerencias neutrales	Opacidad registrada: qué se delega, qué se corrige manualmente, qué se rechaza	Secciones de caja negra y dependencias en bitácoras; justificaciones
Documentación para comunicación	Narrativa posterior reconstruida; difícil explicar por qué se eligió una alternativa	Narrativa derivada de trazas; decisiones comunicables a docente, equipo y cliente	Presentaciones y entregas con secuencia de decisiones sustentada por traza

La Tabla 1 amplía la explicación de las diferencias observadas entre flujos de trabajo sin uso estructurado de la matriz y aquellos con uso metodológico del marco, a partir de las evidencias registradas en el estudio piloto. De estas diferencias se sintetizan los patrones previamente descritos.

Tabla 1. Evidencias del estudio piloto: comparación cualitativa sin matriz y con matriz. Fuente: Elaboración de los autores.

Los resultados permiten sostener una tesis central: la inteligencia artificial no transforma el proyecto arquitectónico por la automatización de tareas, sino por la reconfiguración del poder cognitivo que organiza el espacio de posibilidades del diseño. La contribución científica del estudio se sitúa en la arquitectura del método conjuntamente con el pensamiento algorítmico de proyecto, y no en la novedad instrumental.

Desde la investigación constructiva, se propuso y se demostró una estructura que hace observable, discutible y governable la mediación algorítmica —entre intención, mediación técnica y forma—, como una dimensión activa dentro del proceso proyectual con capacidad de producir conocimiento transferible, puesto que la propuesta y la validación radican en el campo epistemológico, no en un ambiente específico. Esta condición quedó

CONCLUSIONES

en evidencia, a través de los cuatro patrones identificados, aun cuando no representen una muestra estadística ni puedan ponderarse directamente en el campo profesional.

La evidencia cualitativa del estudio piloto indica mejoras consistentes en la claridad procedimental y en la explicitación de criterios de selección, al fortalecer la capacidad argumentativa frente a sistemas algorítmico-paramétricos sin implicar superioridad formal automática. En este punto, el valor del marco se mide por la trazabilidad y auditabilidad del razonamiento proyectual.

En el contexto latinoamericano, dada las características comunes mencionadas, la matriz y el protocolo operan como dispositivo de desnaturalización metodológica al exigir la declaración explícita de contexto, norma, criterio tectónico y justificación decisional en cada fase, al desplazar la discusión desde la eficiencia técnica hacia la responsabilidad epistemológica, incluso ética, del proyecto. En este último sentido, la mediación algorítmica influye en la definición de lo proyectualmente posible, al determina qué alternativas procedimentales emergen como viables y cuáles permanecen invisibles, al permitir que el arquitecto asuma responsabilidad explícita sobre los criterios que orientan la delegación de decisiones a sistemas automatizados.

En términos concretos, la matriz exige, por ejemplo, que una alternativa volumétrica generada por IA indique qué restricciones urbanísticas fueron usadas, qué parámetros ambientales orientaron la selección, qué opción fue descartada y por qué. Del mismo modo, en un programa residencial, obliga a registrar si la IA apenas reorganizó demandas, si sugirió relaciones funcionales o si produjo soluciones incompatibles con normas, contexto o intención proyectual. Así, se pasa de operar solamente con conceptos abstractos a operar mediante procedimientos verificables de documentación, comparación y descarte.

Desde una perspectiva pedagógica, la estructura propuesta refuerza la comprensión del proyecto como proceso cognitivo-decisional. La explicitación de trazas permite reflexionar críticamente sobre sesgos, límites y zonas de opacidad de la IA. De este modo, la tecnología deja de operar como recurso aparentemente neutro y pasa a constituirse como objeto generativo y de análisis dentro del propio proceso formativo.

Las limitaciones del estudio derivan de su carácter cualitativo, académico y demostrativo. El estudio piloto dependió de validaciones internas docentes. La replicabilidad externa requiere pruebas en otros cursos, oficinas profesionales, escalas edilicias y etapas posteriores del proyecto y de la construcción. También demanda métricas comparables, como tiempo de decisión, número de iteraciones justificadas, consistencia normativa, estabilidad de parámetros y calidad de documentación. En los estudios aquí realizados, las decisiones se desarrollaron dentro de un semestre lectivo, el cual se extiende entre cuatro y cinco meses. El número medio de interacciones justificadas para alcanzar los requisitos normativos, paramétricos y de documentación mencionados,

correspondió aproximadamente a la cantidad de semanas del periodo: cerca de dieciocho. Comparar estas variables constituye la agenda futura del marco.

En continuidad con este último sentido, los desarrollos futuros se orientan hacia su articulación con entornos de modelación patrimonial, urbanismo digital y plataformas educativas avanzadas, que amplían la escala de aplicación desde el edificio hacia sistemas territoriales y culturales más complejos. En el ámbito pedagógico, el método puede constituirse como base para estructuras curriculares que integren pensamiento crítico, mediación tecnológica y práctica proyectual desde etapas tempranas de formación, al favorecer una alfabetización algorítmica situada y responsable.

Desde el punto de vista disciplinar, el aporte del estudio tiende a reconfigurar la relación entre forma, norma, contexto y decisión en el proyecto arquitectónico contemporáneo, desplazándose el foco desde la producción formal hacia la dimensión metodológica del proceso, mediada por el pensamiento algorítmico de proyecto. En síntesis, la innovación propuesta depende de la construcción de arquitecturas metodológicas transferibles capaces de gobernar la mediación tecnológica con transparencia y responsabilidad proyectual.

Conceptualización, C.Q.C., C.I.; Curación de datos, C.Q.C., C.I.; Análisis formal, C.Q.C.; Adquisición de financiación; Investigación, C.Q.C.; Metodología, C.Q.C.; Administración de proyecto, C.Q.C.; Recursos, C.I.; Software, C.I.; Supervisión, C.Q.C.; Validación, C.Q.C.; Visualización, C.I.; Escritura – borrador original, C.I.; Escritura – revisión y edición, C.I.

Bernstein, P. (2025). *Machine learning: Architecture in the age of artificial intelligence*. RIBA Publishing.

Bonilla-Vallejo, M. D., & Tramontano, M. (2024). Articulación de procesos de diseño, computación, cibernética y BIM: una retrospectiva. *Arquitecturas del Sur*, 42(66), 94-115. <https://doi.org/10.22320/07196466.2024.42.066.06>

Britto, J. M. A., Pereira, A. P. C., & Checcucci, E. de S. (2025). Inteligência artificial e novos fluxos de trabalho para desenvolvimento e representação de projetos na disciplina de Tecnologias Digitais I. *Encontro Nacional Sobre o Ensino De BIM*, 6(00). <https://doi.org/10.46421/enebim.v6i00.7621>

Castro, U. (2025). Ordem, desordem e organização: o paradigma da complexidade de Edgar Morin aplicado à arquitetura. *Arq.Urb.*, (40), 1–13. <https://doi.org/10.37916/arq.urb.vi40.716>

Chaillou, S. (2022) *Artificial intelligence and architecture: from research to practice*. Birkhäuser Verlag GmbH.

Coeckelbergh, M. (2024). *Ética na inteligência artificial*. Ubu Editora.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES CRediT

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Donoso, L. F., Pardo, E., & Cabrera Arias, M. (2025). Aplicación de herramientas de inteligencia artificial en el diseño arquitectónico por estudiantes y profesionales en Panamá. *SusBCity*, 7(1), 51–59. <https://doi.org/10.48204/2710-7426.6855>

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston K. (2008). *BIM Handbook: a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. Wiley.

Felipe, R., & Nome, C. (2025). Taxonomía para la fabricación digital para la arquitectura. *Arquitecturas del Sur*, 43(68), 46–65. <https://doi.org/10.22320/07196466.2025.43.068.03>

Jones, O., Gold, J., & Claxton, J. (2023). An exposition of the constructive research approach: a tactical treatise for addressing methodological and practical issues in organisational research. *International Journal of Organizational Analysis*, 31(7), 3051–3069. <https://doi.org/10.1108/IJOA-03-2022-3212>

Kasanen, E., Lukka, K., & Siitonen, A. (1993). The constructive approach in management accounting research. *Journal of Management Accounting Research*, 5, 243-264. <https://research.aalto.fi/en/publications/the-constructive-approach-in-management-accounting-research/>

Leach, N. (2025). *Architecture in the age of artificial intelligence: an introduction to AI for architects*. Bloomsbury Visual Arts

Mitchell, W. J. (2009). *A lógica da arquitetura: projeto, computação e cognição*. Editora Unicamp.

Morin, E. (2005). *Introdução ao pensamento complexo*. Meridional / Sulina.

Nunes, C., & Tramontano, M. (2025). Arquitectura efímera como instrumento de transformación urbana: un análisis sistémico. *Arquitecturas del Sur*, 43(68), 10-29. <https://doi.org/10.22320/07196466.2025.43.068.01>

Quedas Campoy, C. (2025). Inteligencia artificial, colaboración y BIM en el proceso metodológico de diseño arquitectónico: uso de la herramienta Architectures. *Limaq*, 015, 105-124. <https://doi.org/10.26439/limaq2025.n015.7093>

Santos Fischer, R., & Leoni Schmid, A. (2024). Projeto de experiências arquitetônicas e inteligência artificial: desenvolvimento de uma ferramenta para auxiliar estudantes. *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 20(1). <https://doi.org/10.46421/entac.v20i1.5785>

Sarzosa Soto, R. E. (2025). Automatización y creatividad en tiempos de inteligencia artificial: impactos en el desarrollo de proyectos de investigación en arquitectura y diseño. *Polo del Conocimiento*, 10(1), 2518-2537. <https://doi.org/10.23857/pc.v10i1.9039>

Yin, R. K. (2015). *Qualitative research from start to finish* (Second Edition). Guilford Press.

