

PROGRAMACIÓN VISUAL COMO HERRAMIENTA PARA EL CÁLCULO DE GEOMETRÍAS INSPIRADAS EN EL FLORISMO PARA EL DISEÑO DE STANDS DE EXPOSICIÓN

Recibido 04/08/2025
Aceptado 27/10/2025

VISUAL PROGRAMMING AS A TOOL TO COMPUTE FLORISM-INSPIRED GEOMETRIES FOR THE DESIGN OF EXHIBITION BOOTHS

PROGRAMAÇÃO VISUAL COMO FERRAMENTA DE CÁLCULO DE GEOMETRIAS INSPIRADAS NA ARTE FLORÍSTICA PARA O DESIGN DE ESTANDES DE EXPOSIÇÃO

Mohafiz Riyaz

Master in Architecture
Associate Professor, School of Architecture
Vellore Institute of Technology
Vellore, India
<https://orcid.org/0000-0002-4512-2672>
mohafizriaz@vit.ac.in

Madhumathi Anbu

Doctor in Sustainable Architecture
Professor, School of Architecture
Vellore Institute of Technology
Vellore, India
<https://orcid.org/0000-0002-7478-1183>
madhumathi.a@vit.ac.in



RESUMEN

De forma similar a la introducción de los computadores en el campo del diseño, el uso del pensamiento computacional como herramienta cognitiva está generando un cambio de paradigma en la resolución de problemas arquitectónicos. Las técnicas y tecnologías de modelado computacional requieren no solo experiencia tecnológica, sino también nuevas formas de ideación que permitan el pensamiento computacional y niveles de cognición aún más profundos. Ante la demanda actual de soluciones sostenibles en el campo del diseño, los enfoques biomiméticos, que van más allá de la mera metáfora, se vuelven imperativos. Además de ofrecer una visión general del pensamiento computacional (PC), este artículo analiza diversas contrapartes asociadas al PC, como la descomposición, el reconocimiento de patrones, la abstracción y la algoritmia. En esta experimentación, se utiliza Grasshopper, como herramienta de programación visual, para la visualización de datos de diseño. El objetivo de este artículo es revisar el marco de las habilidades de pensamiento computacional implicadas en la traducción de ideas de diseño de la naturaleza, como las formaciones florales, a una geometría de pabellón de muestra compatible con el diseño de stands en ferias comerciales. En esta investigación se examinarán el proceso y el marco de estas habilidades para extraer referencias de diseño geométrico de pabellones a partir de la morfología floral. Con el fin de modelar conceptos de diseño a partir de principios biomiméticos mediante el pensamiento computacional, empleando algoritmos visuales, este trabajo ofrecería un esquema de diseño estructurado.

Palabras clave

biomimesis, stand de exposición, pensamiento computacional, abstracción de diseño

ABSTRACT

Akin to the introduction of computers into the design field, the use of computational thinking as a cognitive tool is driving a paradigm shift in terms of how we approach problem-solving in architecture. Computational modeling techniques and technologies require not only technological expertise but also new ways of ideation, which allow both computational thinking and even deeper levels of cognition. In the current demand for sustainable solutions in the design field, Biomimetic approaches, which go beyond a mere metaphor, are becoming imperative. Beyond providing an overview of computational thinking (CT) in general, this paper discusses various counterparts associated with CT, including decomposition, pattern recognition, abstraction, and algorithms. Grasshopper, as a Visual programming tool, is used in this experimentation to visualize design data. The aim of this paper is to revisit the framework of computational thinking skills involved in translating design ideas from nature, such as floral formations, into a sample pavilion geometry compatible with booth designs at trade fairs. This research will examine the process and framework for these abilities to extract pavilion-geometry design references from floral morphology. As a result, this work would provide a structured design outline for modeling design concepts derived from Biomimetic principles using computational thinking and visual algorithms.

Keywords

biomimicry, exhibition booths, computational thinking, design abstraction

RESUMO

À semelhança da introdução dos computadores no campo do design, o uso do pensamento computacional como ferramenta cognitiva está provocando uma mudança de paradigma na forma como abordamos a resolução de problemas na arquitetura. As técnicas e tecnologias de modelagem computacional exigem não apenas conhecimento tecnológico, mas também novas formas de ideação, que permitem tanto o pensamento computacional quanto níveis ainda mais profundos de cognição. Com a atual demanda por soluções sustentáveis na área do design, as abordagens biomiméticas, que vão além de uma mera metáfora, estão se tornando imperativas. Além de fornecer uma visão geral do pensamento computacional (PC), este artigo discute vários aspectos associados ao PC, como a decomposição, o reconhecimento de padrões, a abstração e os algoritmos. O Grasshopper, como ferramenta de programação visual, é utilizado nesta experiência para a visualização de dados de projeto. O objetivo deste artigo é revisar a estrutura das habilidades de pensamento computacional envolvidas na tradução de ideias de design da natureza, como formações florais, em uma geometria de pavilhão compatível com projetos de estandes em feiras comerciais. Esta pesquisa examinará o processo e a estrutura dessas habilidades para extrair referências de design geométrico de pavilhões a partir da morfologia floral. Como resultado, este trabalho forneceria um esboço de design estruturado para modelar conceitos de design extraídos dos princípios biomiméticos, utilizando pensamento computacional e algoritmos visuais.

Palavras-chave

biomimética, estandes de exposição, pensamento computacional, abstração de projeto

INTRODUCCIÓN

La percepción y actualización de la forma, el espacio y la estructura arquitectónicas están significativamente influenciados por la computación. Como resultado de décadas de avances científicos, tecnológicos y culturales, la perspectiva computacional ha surgido en la intersección de diversas formas de pensar. En pocas palabras, el pensamiento computacional en arquitectura es una habilidad cognitiva respaldada por varias etapas en el proceso que preceden al diseño computacional, que incluyen, entre otras, la forma, la creación, la optimización, la automatización de tareas, la evaluación y la expresión estética (Kelly y Gero, 2021). El pensamiento computacional tiene cuatro partes importantes: descomposición, abstracción, reconocimiento de patrones y diseño de algoritmos (Öksüz y Çağdaş, 2020). Un volumen espacial se considera tradicionalmente una envolvente definida por la composición de un conjunto de superficies planas, cada una con características exclusivas del piso, las paredes y el cielo del espacio. Esto se hace con el fin de desarrollar ideas para el diseño arquitectónico. Este método ha reducido el espacio para la experimentación al permitir a los arquitectos diseñar únicamente con soluciones probadas y verificadas, preconcebidas y sistemas tectónicos. Por el contrario, los diseñadores ahora pueden pensar en el espacio como una colección de características controladas por algoritmos, entre ellas coordenadas, distancias, superficies y ecuaciones geométricas. Las iteraciones de diseño en el pensamiento computacional (PC) se han automatizado hasta el punto de que los arquitectos pueden visualizar posibilidades de diseño al modificar un parámetro algorítmico. La Figura 1 muestra una infografía comparativa entre el pensamiento convencional y el pensamiento computacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología de este estudio comienza con la comprensión del proceso de pensamiento computacional involucrado en la traducción de ideas de diseño a partir de información biomimética. Por ejemplo, en noviembre de 2012, el Instituto de Diseño y Construcción Computacional (ICD) y el Instituto de Estructuras de Edificios y Diseño Estructural (ITKE) de la Universidad de Stuttgart adoptaron el exoesqueleto de una langosta (la cutícula) como modelo biológico a seguir para su proyecto de pabellón para crear la arquitectura y la estrategia estructural. Aunque un exoesqueleto proporciona múltiples capas de complejidad biológica, como la anisotropía del material y la morfología funcional de los artrópodos, se aplicó una abstracción reflexiva para convertir la geometría morfológica en principios de diseño viables (Knippers et al., 2015). Antes de seleccionar el modelo apropiado para el estudio, se compiló una colección de recursos en línea sobre flores para evaluar la morfología floral de los pétalos, que sirvió como objeto de origen en este estudio. Finalmente, después de abstraer el objeto fuente, se realizaron la descomposición y el reconocimiento de patrones de geometría floral

para ajustarse al diseño deseado, lo que condujo a la configuración del algoritmo. La competencia requerida para el modelado computacional se desarrolló utilizando la herramienta Grasshopper, en un proceso que permite codificar el carácter geométrico del diseño biomimético. El modelado computacional, como proceso creativo integrado con el diseño, da como resultado la generación de un modelo deseado. La metodología adoptada en este estudio se presenta visualmente en la Figura 2.

PENSAMIENTO COMPUTACIONAL EN ARQUITECTURA

En la era de la computación, el pensamiento para la artesanía y el diseño se puede clasificar en dos enfoques principales: orientado a resultados y orientado a procesos. En un enfoque orientado a los resultados, los diseñadores pueden tener una imagen del producto que se va modificando y tomando forma a lo largo del proceso. En este último, los diseñadores se enfocan en improvisar el proceso estableciendo reglas interpretadas a partir de la naturaleza o de cualquier otro objeto fuente que determine el resultado (Yabanigül, 2025). Por ejemplo, Jalali y Charkhab (2020) discuten un enfoque orientado al proceso al determinar un conjunto de reglas abstraídas de la cristalización, mientras que Walczak (2017) ha desarrollado algoritmos para adaptarse a la imagen del diseño del pabellón que tenía en mente.

Pioneros en el diseño arquitectónico, como Gaudí, Isler, Otto y Musmeci, a fines del siglo XIX, emplearon nuevas técnicas de búsqueda de formas que desafiaron la sabiduría convencional al examinarlas a través de interdependencias paramétricas entre materiales, formas y estructuras. En estos estudios se utilizaron dispositivos analógicos, como películas de jabón, telas colgadas y cadenas, durante la era anterior al computador para la simulación de catenaria. Esta optimización estructural basada en el modelado físico es comparable al cálculo manual que utiliza formas, restricciones de diseño, materiales y la gravedad para imitar las fuerzas naturales. Como resultado, este método basado en la gravedad es limitado y monoparamétrico (Boller y Schwartz, 2020). El diseño multiparamétrico, que incorporó datos heterogéneos, como geometría, fuerzas múltiples, entorno, materialidad, datos sociales, etc., depende en gran medida de los computadores, lo que marca una trayectoria hacia el pensamiento computacional. En muchos contextos, el pensamiento computacional (PC) suele malinterpretarse como el proceso de diseño mediante algoritmos. Aunque el diseño algorítmico juega un papel fundamental en el PC, no se puede negar la base de otras habilidades, como la abstracción, la descomposición y el reconocimiento de patrones, que preceden al algoritmo (Cansu y Cansu, 2019). Por lo tanto, el modelado computacional se ha convertido en un medio viable para experimentar, explorar y aprender sobre diferentes niveles de complejidad y dimensiones. Cambiar un parámetro simboliza el proceso de diseño de búsqueda de formas, ya que los parámetros se utilizan para caracterizar el modelo.

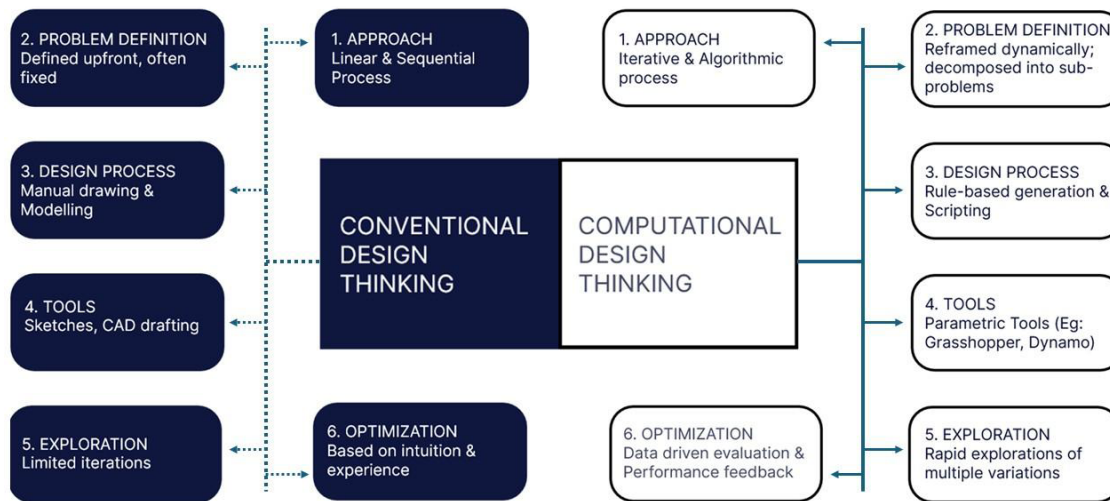


Figura 1. Pensamiento de diseño convencional versus computacional. Fuente: Preparado por los autores.

ABSTRACCIÓN

El concepto de abstracción es una de las habilidades esenciales que ayudan a abordar de manera más simple diferentes formas de problemas complejos. Generaliza los problemas, identificando los detalles requeridos y eliminando la información irrelevante. Goldschmidt (2011) sostiene que, en el campo de la ciencia del diseño, la abstracción exitosa de fuentes externas ayuda al pensamiento creativo, que transfiere únicamente los vínculos esenciales entre la fuente y el diseño. En una obsesión reciente con los fenómenos bioinspirados para soluciones sostenibles en el arte, la ingeniería, la medicina y la arquitectura, entre otros, el pensamiento computacional se ha convertido en una estrategia imperativa para el modelado y la simulación, con el fin de lograr resultados más rápidos, mayor precisión e integración de datos en tiempo real (Sorguç y Selçuk , 2013).

Se requiere una abstracción estructurada para traducir fenómenos naturales, como las formaciones coralinas, la topología de los crustáceos y la cristalización, en una estrategia de diseño. En la mayoría de los casos, las formas naturales producen una geometría altamente sofisticada, lo que impulsa a los arquitectos y diseñadores a confiar en el pensamiento computacional y algorítmico para avanzar. Dada la ausencia de una comprensión sintetizada, la abstracción resulta muy elusiva. Para superar la brecha en la abstracción, se conceptualiza un marco de abstracción sintetizada que agiliza el proceso cognitivo. Las etapas del marco son: filtrar la información, localizar similitudes y mapear estructuras problemáticas.

Morfología floral como objeto fuente

El diseño biomimético demuestra estabilidad económica y ambiental, mostrando el genio inherente detrás del vínculo simbiótico entre la sabiduría de la naturaleza y la inventiva de los humanos (Ibrahim y Al-Chaderchi , 2023). La biofilia y

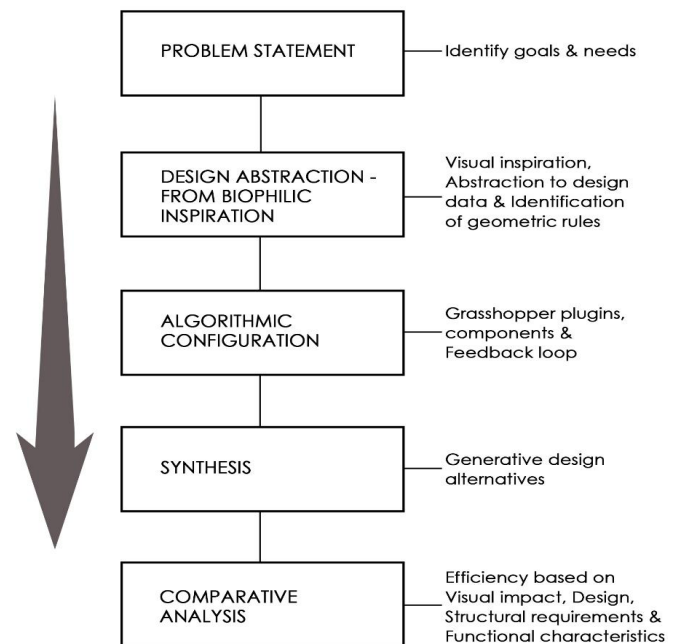


Figura 2. Metodología del estudio. Fuente: Preparado por los autores.

la biomímesis se convertirán en impulsores fundamentales en la construcción de espacios que mejoren el bienestar humano y protejan el medio ambiente, donde el entorno construido del futuro se integre con la sinfonía de la vida en lugar de actuar simplemente como refugio. La arquitectura biomimética, que se inspira en la naturaleza, transforma procesos y formas biológicas en estructuras sofisticadas que no solo reflejan los complejos aspectos naturales, sino que también transmiten nuevas sensaciones espaciales y de movimiento. La arquitectura biomimética se inspira de diversas maneras en las características morfológicas, funcionales, estructurales y estéticas de la flora y la fauna. Un novedoso enfoque de diseño inspirado en las flores

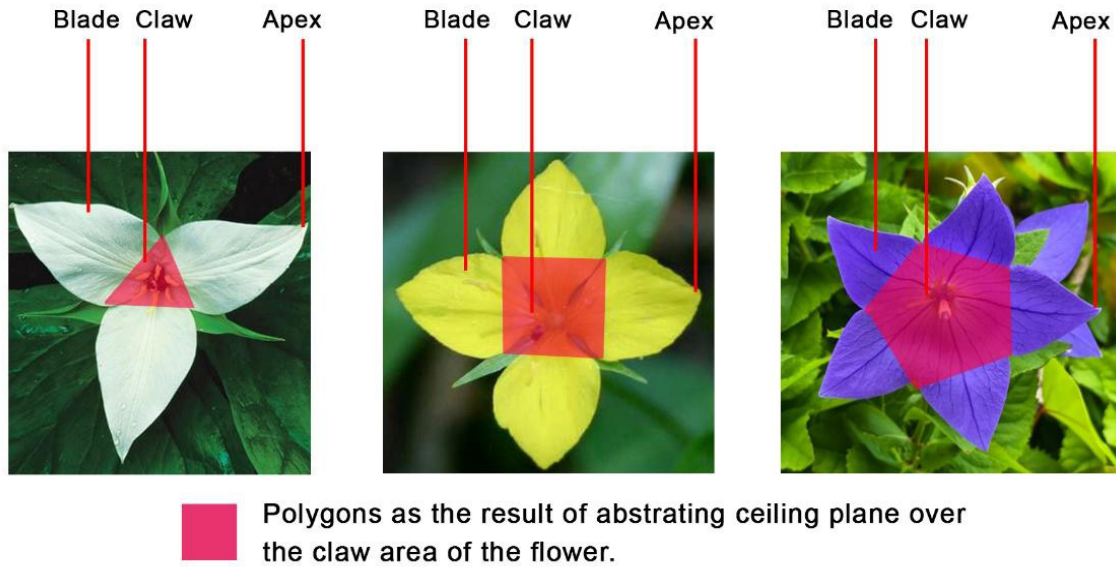


Figura 3. Flor actinomorfa que muestra disposición de pétalos – de izquierda a derecha - Trillium. Fuente: Andrews y Moore (s. f.); Cruciforme. Fuente: First Nature (s. f.); Pentámero. Fuente: Preparado por los autores.

para principios de diseño orientados a la sostenibilidad, con el espíritu de incorporar varias partes de flores, se está haciendo evidente en las prácticas arquitectónicas; y estructuras construidas como el Museo de Arte y Ciencia de Singapur por Safdie Architects y el Edificio Lotus en China por Studio 505 corroboran este concepto. Este método comienza con una comprensión profunda del florismo y su aplicación en el diseño arquitectónico (Fonseka y Romanov, 2025). Más allá de las formas meramente florales empleadas en el diseño, se ha utilizado una variedad de plantas como inspiración para formas biomórficas. Además, varios diseños de edificios han sido influenciados por la belleza de las flores y por su estructura y forma fundamentales, que se basan en formas geométricas simples (Čučaković et al., 2018). Las formas naturales sirven de gran inspiración para los diseñadores, que luego pueden adaptarlas para que coincidan con las aplicaciones arquitectónicas y mejoren la efectividad estética y funcional del diseño. Según el estudio de Bijari et al. (2025), se mencionan cinco niveles de imitación biomimética: forma, material, construcción, proceso y función. Los patrones también se pueden transferir de la biología a la arquitectura en tres niveles diferentes: inspiración directa de la forma, reconocimiento de patrones y nivel funcional. Sin embargo, según la biomimética, el factor más crucial de todos es la forma (Vincent, 2009). En este estudio, la forma y la geometría de los pétalos se abstraen para generar ideas para pabellones de stands que se pueden utilizar en exposiciones. A diferencia de estudios previos, este trabajo sitúa la morfología florística en el pensamiento computacional. Esto permite la abstracción de los principios florales en reglas algorítmicas, con formas prácticas de aplicar estas técnicas para crear geometrías de diseño de pabellones. Mediante formas florales generadas de manera computacional, este estudio

contribuye a la práctica arquitectónica mediante un marco metodológico.

Florismo: entendiendo los pétalos

Los pétalos presentan patrones complejos y vienen en una variedad de tamaños, formas y arreglos. Al emular la belleza escultórica de los pétalos, producir formas orgánicas y fluidas, agregar un toque artístico y brindar la ilusión de estar rodeados del esplendor de la naturaleza, estas características pueden abrir el camino a la creación de elementos arquitectónicos curvos, como paredes curvas, techos o fachadas (Fonseka y Romanov, 2025).

Las diferentes partes del pétalo se pueden identificar como: la porción superior más ancha, a la que hemos llamado "cuchilla"; la porción inferior más estrecha, a la que hemos llamado "garra"; y la porción extrema más alejada, a la que hemos llamado "punta" o "ápice". Según el número de pétalos, la morfología floral se puede dividir en: Trillium (Tres pétalos), Cruciforme (Cuatro pétalos) y Pentámero (Cinco pétalos). Para evaluar la viabilidad del diseño, el estudio se limita a flores actinomorfas puntiagudas, que presentan mayor simetría. La Figura 3 muestra el etiquetado de las diferentes partes del pétalo y la disposición de los pétalos tras la categorización mencionada anteriormente.

Abstracción del diseño

Para un pensador visual, la abstracción requiere manejar una variedad de géneros y formas representacionales fuera del dibujo, el boceto y el modelado; esto suele ocurrir durante el proceso de traducción entre estas formas. Como resultado, las interpretaciones perceptuales son necesarias. Por ejemplo, a los estudiantes de arquitectura

se les enseña a visualizar sus ideas mediante diversos tipos de representación y a desarrollar interpretaciones visuales. A medida que continúan utilizando estas técnicas, cultivan su interpretación visual, que, en última instancia, establece sus enfoques centrados en el diseño de ideas abstractas (Öksüz y Çağdaş, 2020). El objetivo de la abstracción del diseño es derivar expresiones de diseño a partir de la lógica de la naturaleza. El área poligonal en capas sobre los pétalos (Figura 3) puede convertirse en el plano del cielo del pabellón durante el proceso de identificación instintiva de los conceptos de diseño a partir de la forma en que aparecen las cosas, y los componentes de la cuchilla y el ápice se pueden mover para crear un plano de la pared. Una fuente potencial de soporte estructural es el ápice del pétalo, que llega al plano del suelo. Esto produciría una envolvente y una superficie dinámicas y onduladas.

La configuración cruciforme ha sido elegida para una investigación más profunda. Esto no se dibujó al azar; más bien, las geometrías cuádruples son más fáciles de teselar en múltiples planos sin ser interrumpidas por una geometría adicional de naturaleza distinta (Dabbour, 2012). El resultado está destinado a crear un diseño para un pabellón de stand en una exposición; por lo tanto, una geometría con propiedades modulares, adecuada para la repetición, sería una elección apropiada.

DESCOMPOSICIÓN Y RECONOCIMIENTO DE PATRONES

Las técnicas de descomposición se denominan "estrategias de divide y vencerás". El objetivo es dividir un problema de diseño en subproblemas y luego resolverlos individualmente (Riley y Hunt, 2014). Como paso crucial en el pensamiento computacional, las condiciones y los objetivos del ejercicio determinan la metodología mediante la cual se realiza la descomposición. El marco de la descomposición en la disciplina del diseño está determinado por el producto, el proceso o, ocasionalmente, por una negociación entre ambos (Rich et al., 2019). Algunas estrategias comunes para la descomposición incluyen dividir elementos 3D en 2D, mapeo de agarre, decodificación de un elemento a su nivel de punto, etc. Como ejercicio biomimético, la descomposición en este contexto conduce a subcategorías como las siguientes: restricciones prácticas, limitaciones geométricas, modelado y visualización.

El ángulo entre la envolvente de la pared y el plano del cielo, la altura del cielo y las dimensiones del área son requisitos prácticos habituales para un stand de exhibición. Funcionalmente, la iteración del diseño debe cumplir con las dimensiones en vivo: la estructura, la envolvente espacial, la accesibilidad, la escala y la proporción, para mejorar la adaptabilidad en el entorno de la exposición.

Para facilitar una transición superficial suave desde el plano del cielo hasta el plano de la pared, y luego hasta el anclaje centralizado en el plano del suelo, es necesario comprender los parámetros y sus limitaciones. Mientras decodifica la

forma general en superficies 2D individuales, la conversión de las superficies planas del cielo en una malla la convierte en el elemento base para una manipulación adicional.

En comparación con las superficies, las mallas son inherentemente más rápidas para los cálculos necesarios para mostrar la geometría. Considerando esta limitación, el segundo paso en la descomposición consiste en convertir la geometría de la superficie en una malla, ya que puede resultar más fácil modelar una forma compleja con dicha representación. El siguiente paso es comprender los vértices de la geometría de la malla y su papel en su relajación. Esta relajación facilita la manipulación de la malla para modelar la forma deseada a través de la abstracción del diseño. En lo que respecta al reconocimiento de patrones, la geometría simétrica ofrece una ventaja inherente para resolver la manipulación de la malla en un lado y repetirla en los lados restantes para completar el modelado. Además de la repetición, las estrategias comunes para el reconocimiento de patrones en la arquitectura incluyen modularidad, secuencias, interrelaciones, bucles, agrupaciones y aleatoriedad (Domínguez-Gómez y Celis, 2024).

CONFIGURACIÓN ALGORÍTMICA

El algoritmo transmite la información del diseño de forma abstracta; solo cuando ejecutamos el programa con valores particulares para sus parámetros lograremos una correlación concreta (Branco et al., 2022). Los algoritmos desempeñan un papel crucial al establecer relaciones entre los parámetros de diseño en el proceso de diseño computacional. La interfaz de la sintaxis tradicional de código/cálculo es la principal fuente de dificultades para los diseñadores. La programación en Python o la codificación en C++ o Fortran son ejemplos de interfaces de programación tradicionales que aún no han alcanzado el grado de abstracción al que están acostumbrados los diseñadores. En un esfuerzo por convertir su lenguaje en código informático, los diseñadores han tenido que depender de un grupo de especialistas en computación. La traducción puede perder gran parte del significado, pero con los avances en la Interfaz Gráfica de Usuario, como el software Grasshopper, se ha superado un obstáculo significativo (Cantrell y Mekies, 2018).

Programación visual

Un enfoque algorítmico de creación de formas basado en scripts utiliza sistemas visuales de programación y codificación para crear, modificar y controlar la geometría como parte de los flujos de trabajo de diseño paramétrico. En lugar de modelar manualmente cada geometría, los diseñadores emplean una variedad de algoritmos y scripts para producir diseños arquitectónicos ricos, complejos y dinámicos. El diseño computacional se basa en la especificación, por parte del diseñador, de las conexiones, acciones y entradas que generan formas vinculadas a los datos de entrada. Las formas de programación son una filosofía de diseño que considera los algoritmos y

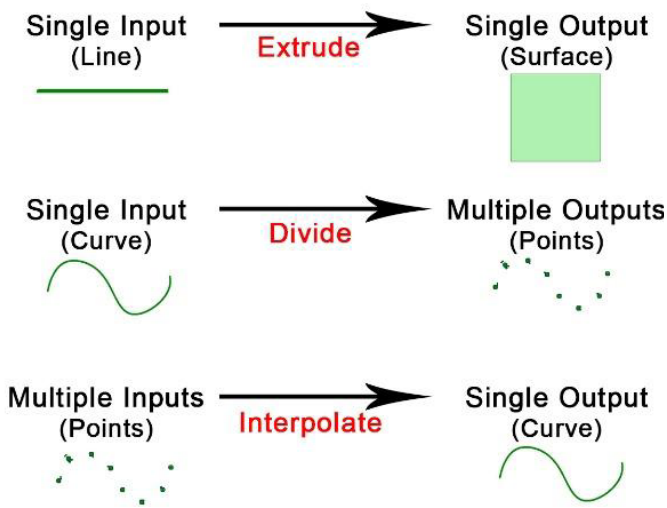


Figura 4. Gestión de datos en la herramienta Grasshopper. Fuente: Preparado por los autores.

la codificación como métodos técnicos y medios para fomentar la creatividad.

La competencia para trabajar con herramientas algorítmicas visuales, como Grasshopper 3D, es imprescindible para los arquitectos en la era del paradigma digital. La contribución de estas herramientas al entorno, la función y la estética la hace única en el campo del diseño. Facilita el modelado y la visualización de formas de edificios que, naturalmente, presentan una expresión arquitectónica intrincada, una geometría que captura la belleza de la naturaleza y una experiencia espacial distinta, influenciada por sus volúmenes escultóricos (PAACADEMY, 2025). Después de la abstracción del diseño y la descomposición de conjuntos de datos más grandes en componentes más pequeños, los componentes predefinidos en Grasshopper ayudan a configurar un algoritmo para generar el resultado de diseño deseado. Para crear scripts para aplicaciones de diseño, es esencial comprender los elementos de una interfaz basada en nodos, las estructuras de datos y los métodos para manipular datos. Especialmente en el concepto de diseño generativo, cada aspecto del diseño se concibe como datos, y el conocimiento sobre el flujo de datos y su gestión ayudará a los diseñadores a evitar sofocar el comportamiento paramétrico de la programación. De lo contrario, puede producirse un error al iterar las opciones de diseño. Para reformular el diseño en los bucles de retroalimentación, el algoritmo utiliza una colección de variables y un conjunto de relaciones que definen una forma que puede modificarse mediante el ajuste de ciertos parámetros y la configuración de datos (Rashid Dabre y Khan, 2024).

Estructura de datos

Los componentes de la interfaz de Grasshopper generarán datos de salida en función de la entrada proporcionada por el diseñador. La interfaz gráfica de usuario asociada

a esta herramienta permite visualizar datos mediante una vista previa simultánea. Según la articulación geométrica, hay tres formas de manipular los datos: 1 dato de entrada da 1 dato de salida; 1 dato de entrada da muchos datos de salida; y muchos datos de entrada dan 1 dato de salida (Figura 4). En Grasshopper 3D, el flujo de datos se visualiza como un árbol de datos.

Los diseñadores pueden interactuar con la geometría utilizando Grasshopper no solo como forma, sino también como resultado de relaciones, lógica y datos. Por lo tanto, comprender estas estructuras de datos y cómo se administran a través de listas, árboles, ramas y rutas es esencial para calcular un diseño. La lógica en capas, el filtrado selectivo de datos y la arquitectura de bucle de retroalimentación permiten que cada rama contenga una lista de parámetros de diseño, como objetos, puntos, curvas y superficies, a los que se puede acceder de forma individual o global (Hassanzadeh, 2025).

PRIMERA ABSTRACCIÓN: INTERPRETACIÓN DE LA GEOMETRÍA FLORAL EN EL DISEÑO DEL STAND

Se diseñó un flujo de trabajo sistemático tras la abstracción y la descomposición estratégicas de la geometría floral, para adaptarse a la topología del diseño del pabellón. En cada etapa, los componentes de Grasshopper 3D se utilizaron para descomponer cada parámetro geométrico en vértices y puntos. Por ejemplo, la geometría de la base se convierte en mallas trianguladas. Los vértices de la geometría de la malla se visualizaron utilizando el componente "Vértices desnudos". La visualización de estos vértices sirvió de referencia para una manipulación más precisa de la malla. Los vértices de la malla se pueden clasificar en dos: puntos desnudos y puntos vestidos. Los puntos desnudos son el conjunto de vértices que se correlacionan con el borde de la malla, mientras que los puntos vestidos son los vértices rodeados por las caras generadas por los bordes de la malla.

Para la relajación de la malla, los puntos desnudos deben estructurarse y clasificarse según el número de bordes de la malla. Los puntos desnudos, como salida, tendrán todos los puntos en una lista consolidada, sin categorización basada en bordes. Por lo tanto, para la categorización se realizó una operación matemática basada en la distancia (Figura 5a). Todos los puntos desnudos se arrastran hacia los bordes y se enumeran utilizando la distancia como estrategia de clasificación. Sin embargo, esto había interrumpido el orden (Figura 5b) y aleatorizado la disposición de los puntos. Por ende, el componente "Ordenar a lo largo de la curva" ayudó a reorganizar los puntos de acuerdo con la dirección de la curva: la dirección de sus bordes, a lo largo de la cual se ordenan los puntos. La relajación de la malla se realiza mediante el complemento "Kangaroo Physics". Kangaroo Physics, el complemento más popular, opera

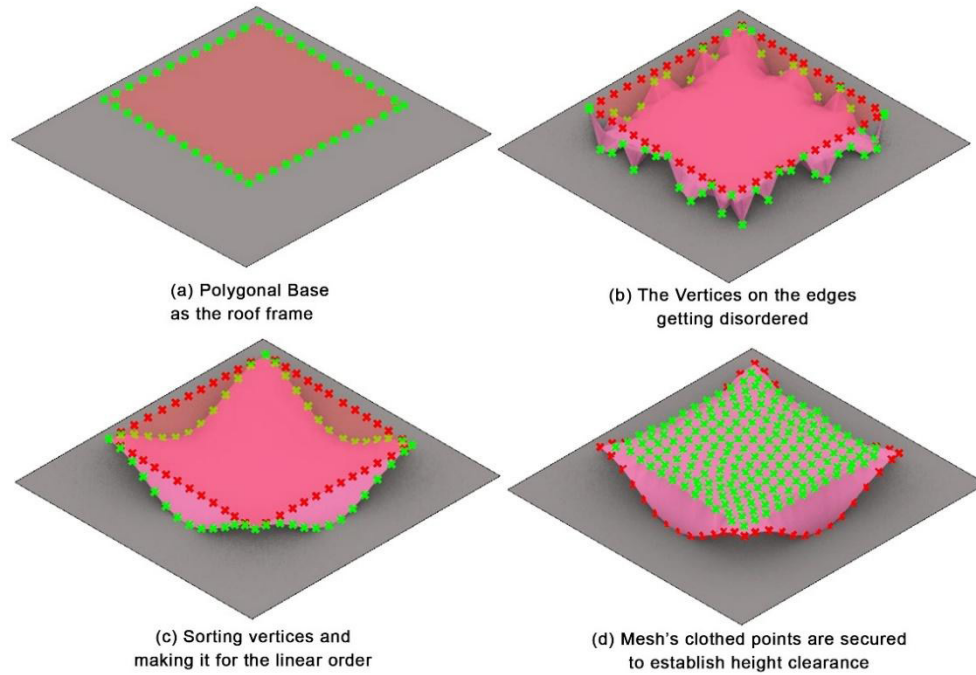


Figura 5. Primera abstracción de diseño. Fuente: Preparado por los autores.

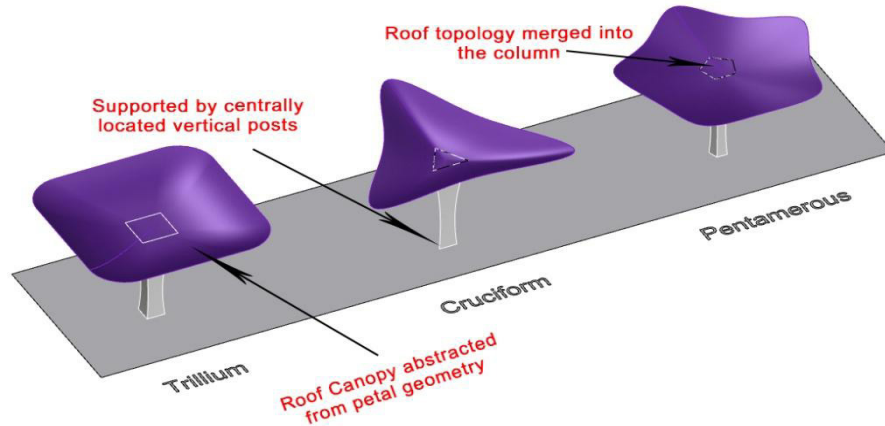


Figura 6. Segunda abstracción de diseño. Fuente: Preparado por los autores.

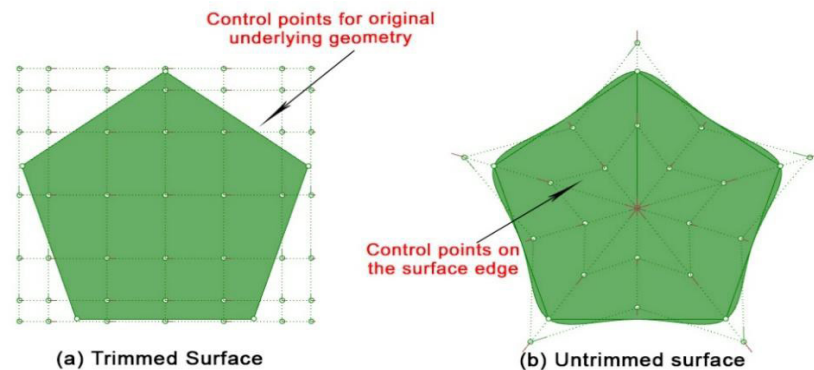


Figura 7. Generación de superficies NURBS en Rhino. Fuente: Preparado por los autores.

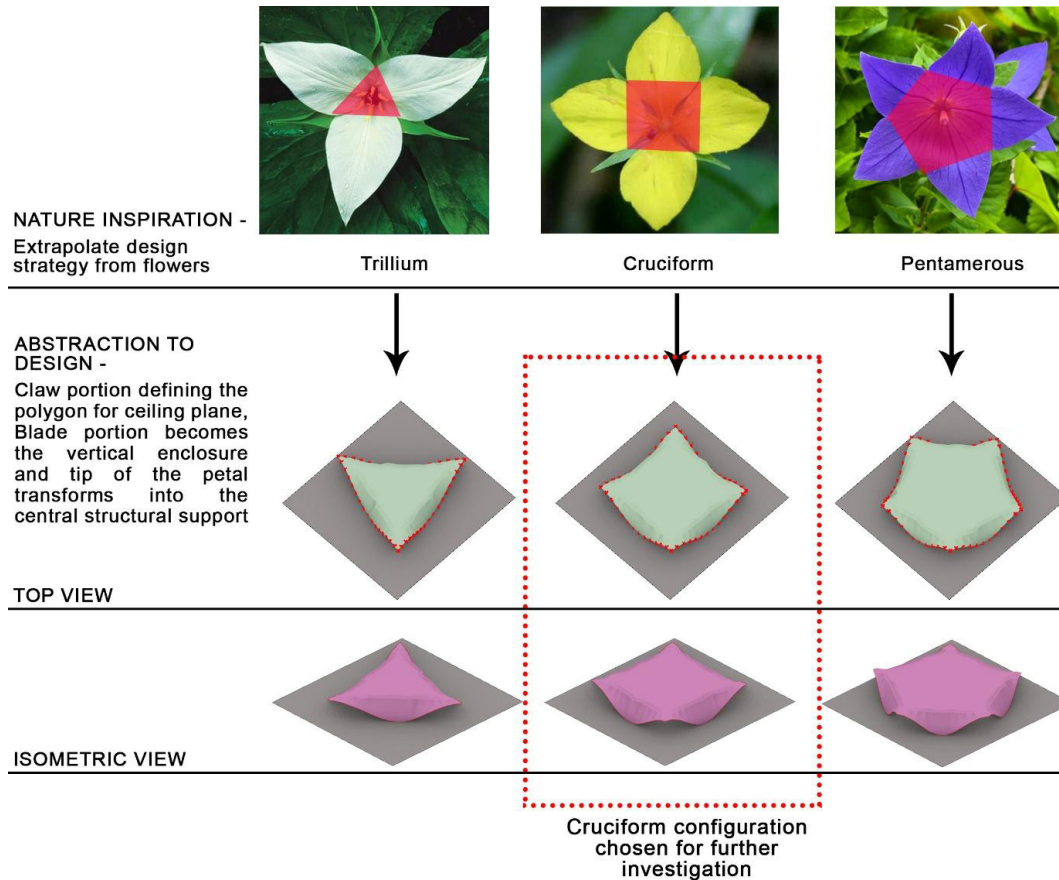


Figura 8. Abstracción para diseñar la aplicación. Fuente: Preparado por los autores.

sobre el concepto de un sistema de partículas-resorte, en el que todos los objetos se representan como conjuntos de puntos, cada uno caracterizado por su ubicación, masa y velocidad. En consecuencia, se pueden desarrollar modelos interactivos con parámetros que modifiquen la geometría en tiempo real (Chéraud, 2020). Hay dos componentes principales en este motor de simulación: el objeto objetivo y el solucionador. Por lo tanto, el proceso consiste en extrapolar los objetos objetivo apropiados y alimentarlos al componente "solucionador". De manera similar a la geometría floral, los puntos desnudos a lo largo de cada borde de la malla se desplazan de forma ondulada hacia el plano del suelo. Estas ubicaciones servirán como puntos de anclaje para la relajación de la malla. Sin embargo, la simulación demuestra que el diseño techo-cielo del stand también cambia, moviéndose hacia la planta y obstruyendo la altura mínima libre de los usuarios (Figura 5c). Así, se utilizaron dos conjuntos de puntos de anclaje: el plano de la pared y el del cielo, para aflojar la malla. Para garantizar el espacio libre de altura para el diseño del stand, los puntos vestidos están asegurados en el mismo lugar.

La envolvente final del diseño del pabellón de stands, basada en el número de pétalos, se muestra en la Figura 5d. El efecto visual del diseño de la superficie basado en la biomimética puede satisfacer plenamente las demandas

utilitarias de las personas, al tiempo que resulta cálido y visualmente atractivo, simbolizando la conexión innata e inseparable de los humanos con la naturaleza. El script visual desarrollado para esta configuración se muestra en la Figura 9.

SEGUNDA ABSTRACCIÓN: INTERPRETACIÓN DE LA GEOMETRÍA FLORAL EN EL DISEÑO DEL STAND

Esta abstracción del diseño difiere de la iteración anterior, en la que el plano del techo está desarticulado del plano de la pared. La geometría del diseño del cielo se deriva de las tres partes de los pétalos: garra, cuchilla y ápice. En esta abstracción, los parámetros de diseño del techo del pabellón, como la geometría, la curvatura de la superficie y los bordes, se abstraen directamente de la geometría del pétalo, sin recurrir a ninguna regla de transformación, a diferencia de la primera abstracción (Figura 6).

Para soportar la marquesina del techo, como sugieren las ideas de diseño de Amancio Williams (Müller, 2013), el perímetro del techo se fusiona con la columna, cuya forma poligonal se define por el número de pétalos elegidos para la abstracción del diseño. Las salidas que se muestran en la Figura 6 se modelaron en Rhino y la curvatura del techo se representó mediante puntos de control en su superficie.

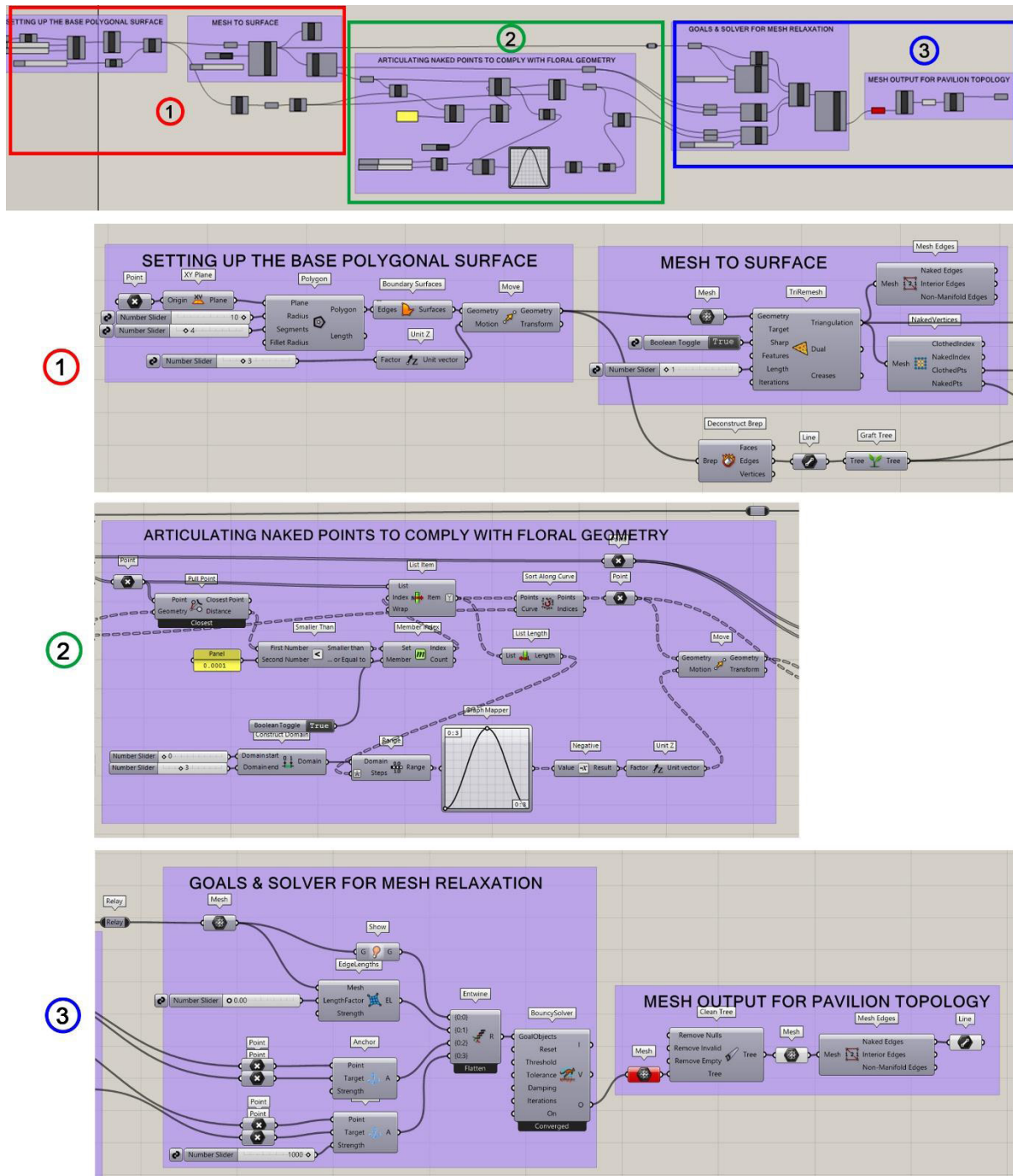


Figura 9. Script de Grasshopper. Fuente: Preparado por los autores.

En lo que respecta a los puntos de control de la superficie, hay dos formas de colocarlos en la geometría. Depende de si la superficie está recortada o no. Normalmente, las superficies con bordes no rectangulares se recortan a partir de una geometría subyacente original para representarla con precisión (Figura 7). No obstante, al mejorar la geometría, las superficies sin recortar proporcionan puntos de control superiores para mantener la forma del borde. Como resultado, se emplean superficies sin recortar para modelar el techo y su curvatura. Sin embargo, la superficie del techo sin planos de pared, cuando está soportada por

la columna ubicada en el centro, no ofrece un nivel esencial de cerramiento para el pabellón del stand debido a la ausencia de planos de pared. Por lo tanto, la abstracción del diseño de la primera iteración se elige para un análisis comparativo adicional.

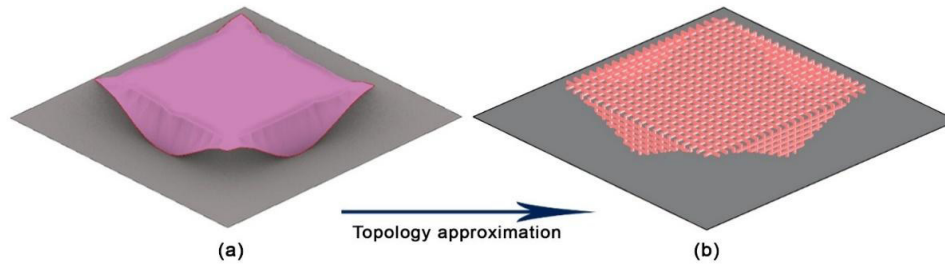


Figura 10. Contorneado bidireccional para aproximación topológica. Fuente: Preparado por los autores.

ANÁLISIS COMPARATIVO: STAND CONVENCIONAL VS STAND BIOMIMÉTICO

Esta sección del estudio compara y evalúa la eficiencia del diseño del producto resultante con la del diseño bajo el enfoque tradicional.

Para maximizar el rendimiento de la feria comercial, los expositores emplean una variedad de métodos para atraer asistentes, ya que las exposiciones comerciales son una parte esencial de la promoción comercial. El diseño del stand es una de las estrategias más importantes para atraer a las personas. Un componente clave del plan de marketing de ferias comerciales es el diseño de un stand efectivo (Bloch et al., 2017).

Después de examinar los diferentes tipos de stands de ferias comerciales, como stand en línea, stand personalizado, stand de península, stand de isla, stand de exhibición a pie y stand de exhibición de varios pisos (King One Design, 2022), se ha observado que esta información se centra mucho en el diseño y la planificación en lugar de la arquitectura del pabellón del stand en su conjunto. El stand generalmente sigue un enfoque de carcasa estándar, lo que da como resultado una estructura en forma de caja con un diseño, una estética o una envoltura poco atractivos. Las superficies de la pared, el piso y el cielo son de naturaleza plana y se implementan mediante postes y paneles preestablecidos, fabricados con materiales estándar como aluminio, plástico y madera (Figura 12a). Se proporcionará a los expositores un área designada, definida por los pasillos principal y secundario para el movimiento de los usuarios, y el diseño del paisaje de los stands se limita a este contexto (Morsi et al., 2023). Por lo tanto, las superficies verticales planas para determinar la envoltura del stand resultan inevitables. Sin embargo, incorporar principios de diseño digital, como el diseño computacional, el diseño biomimético y un enfoque paramétrico, puede ayudar a sugerir alternativas de diseño con un impacto significativo en el interés y el valor estético.

Los diseños de stand inspirados en el florismo (Figura 8) desafían el enfoque de diseño involucrado en el

procedimiento de configuración de stand convencional y, al mismo tiempo, ofrecen un gran potencial para optimizar el marketing y la circulación de visitantes. Este enfoque tiende a abordar los aspectos arquitectónicos reales de la envoltura del stand, en lugar de centrarse únicamente en la planificación y el diseño de los elementos decorativos, como tableros digitales, stands publicitarios y áreas de exhibición. Las características geométricas, como las superficies onduladas, las curvas de barrido y el diseño estructural alternativo, mejoran el impacto visual, el atractivo estético y la eficiencia funcional del paisaje de los stands. Como resultado de las superficies onduladas de las paredes en la esquina, se creará una abertura dinámica para los puntos de acceso, lo que facilitará la llegada de visitantes al stand y aumentará su afluencia. Además, no hay postes verticales en las esquinas para soporte estructural, lo que permite un acceso sin obstáculos. La carga del plano del cielo puede transferirse a las superficies de la pared, ancladas en el medio. Adicionalmente, el diseño de estos stands presenta un comportamiento modular que puede replicarse en un espacio expositivo, si es necesario. La envoltura simétrica con aberturas en las esquinas fomenta la división de un solo stand en dos o cuatro áreas más pequeñas, según las necesidades de espacio del expositor (Figura 12b).

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS

La forma, inspirada en el florismo, conduce a ideas que transpiran en una envoltura y en una espacialidad que replantean el método habitual de instalación de stands de exhibición. Las formas de la morfología de los pétalos muestran un mayor grado de accesibilidad, impacto visual, modularidad y valor artístico que las estructuras en forma de caja existentes, que han comprometido la funcionalidad. No obstante, las formas biomiméticas por sí solas no pueden abordar los problemas de sostenibilidad asociados a los stands de exhibición, especialmente el descarte sin sentido de la estructura tras el espectáculo. Los intentos de utilizar un pabellón hecho de materiales de bajo impacto, como cartón, neumáticos y papel, no serán una solución sostenible a menos que el método de diseño y ensamblaje aliente a los expositores a desmontarlo y volver a montarlo cuando sea necesario. Por ende, solo cuando un sistema

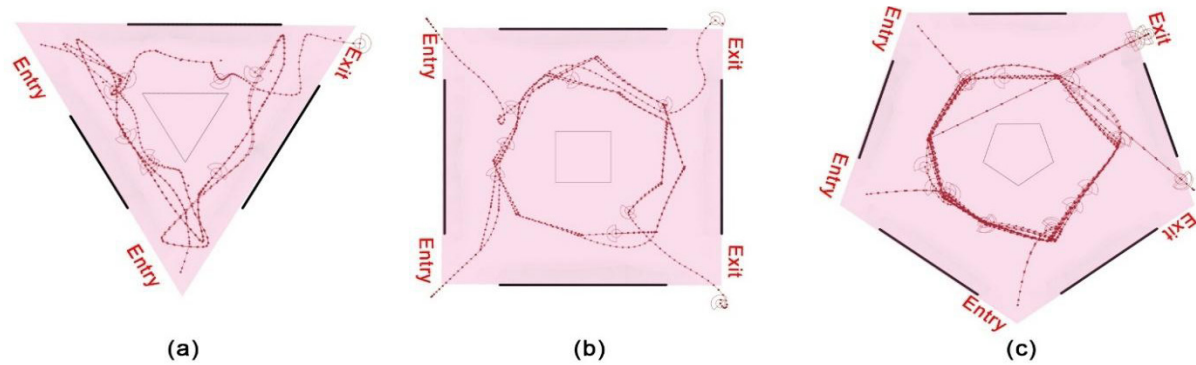


Figura 11. Trayectorias: análisis del flujo de visitantes. Fuente: Preparado por los autores.

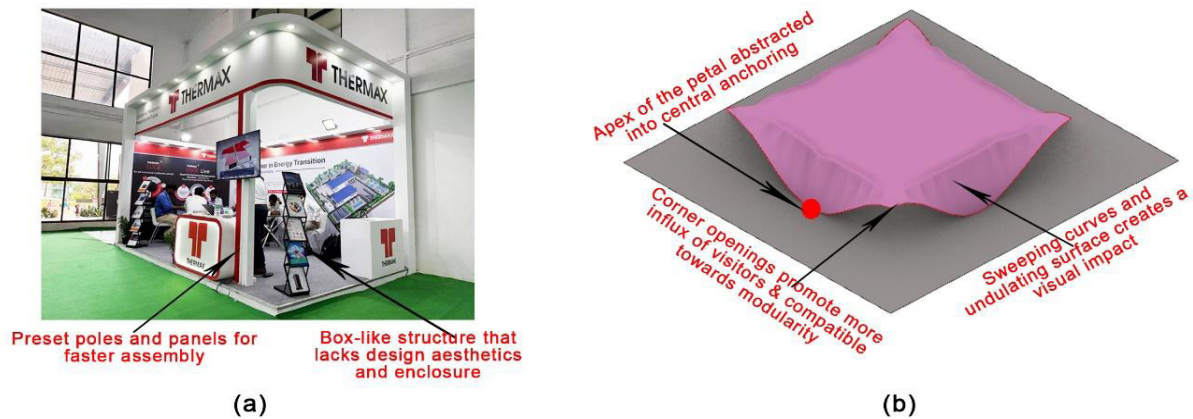


Figura 12. Diseño de stand convencional y diseño de stand inspirado en el florismo. Fuente: Preparado por los autores.

de ensamblaje y materialidad sostenible esté integrado en enfoques biomiméticos, se generará una solución holística que facilite el concepto de economía circular en lo que respecta a las estructuras de stand. En la Figura 10, el enfoque acanalado se basa en una estrategia bidireccional en la que la geometría 3D se construye a partir de partes planas que se ranuran entre sí. Para montar y desmontar, los elementos locales se pueden acanalar y desacanalar, técnica conocida como “waffling” (Tedeschi, 2020). Este método no solo aproxima la geometría del diseño, sino que también aumenta la rigidez estructural de la forma, lo que le permite sostenerse por sí sola. Las superficies superiores de estas piezas segmentadas servirían como áreas de exhibición integradas para el pabellón.

Las estrategias de materiales deben considerarse un componente integral del proceso de diseño, centrándose en componentes livianos, reutilizables y modulares para crear un sistema de ensamblaje y reutilización, en línea con los principios de diseño circular. Este estudio demuestra cómo el diseño de pabellones inspirado en las flores puede promover tanto la innovación estética como la responsabilidad ecológica cuando se vincula con un enfoque computacional, estrategias de materiales

sostenibles y sistemas desmontables y reutilizables.

SIMULACIÓN DEL FLUJO DE VISITANTES

El propósito de la simulación del flujo de visitantes fue determinar la accesibilidad y la eficiencia de la circulación del usuario en relación con el diseño inspirado en el florismo. Estos factores son responsables de mejorar la experiencia general del usuario en la forma construida en el pabellón. Para llevar a cabo el análisis se utilizó Neos Explorer, una herramienta de simulación basada en agentes. Utilizando puntos de interés y evitando obstáculos, los visitantes hipotéticos se modelan como agentes dinámicos que viajan desde el punto de partida hasta los puntos de destino. La Figura 11, que presenta el área de exhibición de la isla y los paneles de pared como un conjunto de obstáculos, muestra la simulación de las trayectorias de los agentes. Las trayectorias mapeadas visualizan los flujos direccionales, los puntos de estancamiento y las zonas de densidad en el diseño.

En la Figura 11c se observa un agrupamiento de alta densidad cerca de los puntos de entrada y salida, lo que indica una posible congestión, mientras que otras (Figuras 11a y 11b) muestran una dispersión gradual

relativamente baja. De acuerdo con estos hallazgos, un diseño pentamérico con más de dos puntos de entrada y salida puede causar congestión y un flujo direccional inadecuado, a pesar de que las aberturas en las esquinas, un componente crucial de los diseños de puestos de floristería, proporcionan señales espaciales más fuertes y atraen a los visitantes.

Es necesario considerar la ampliación estratégica de la forma, la planificación de los puntos de acceso y los ajustes contextuales del diseño, como la reorientación de las exhibiciones para evitar el desvío del flujo.

CONCLUSIÓN

La aplicación práctica del enfoque y de las herramientas biomiméticas ayuda a los diseñadores a idear y crear espacios, volúmenes y superficies para el entorno construido. La cognición que sustenta el pensamiento creativo se agiliza al adaptar la abstracción del diseño a partir de principios biomiméticos. Dicha implementación produce un resultado de diseño sin precedentes, con aspectos geométricos no convencionales, lo que mejora el carácter único del objeto. En este proceso, las herramientas de programación visual como Grasshopper 3D ayudan al proceso de pensamiento a través de la visualización de datos en una interfaz gráfica de usuario.

En determinadas situaciones, la configuración algorítmica se crea para adaptarse al concepto mental del producto terminado por los diseñadores (Walczak, 2017). Al intentar iteraciones generativas mediante un algoritmo orientado a un resultado singular, esto puede presentar ciertas limitaciones y generar errores. En conclusión, se ha señalado que un entorno de trabajo predeterminado afecta claramente al proceso creativo. Además, la ausencia de habilidades computacionales esenciales puede restringir o incluso detener el proceso creativo. En un proceso creativo, la computación puede ayudar en la construcción, la revelación, la mejora y el desarrollo de la lógica; sin embargo, primero se deben adquirir las competencias técnicas. Debido a sus características geométricas distintivas, el diseño de la cabina, surgido del flujo de trabajo computacional, ofrece ventajas significativas frente al diseño convencional en comparación con la conclusión biomimética. Además, el diseño del stand ha demostrado una mayor adaptabilidad y partición del espacio interior, lo que permite un diseño y una planificación eficientes.

CONTRIBUCIÓN DEL AUTOR CRediT

Conceptualización, M. R.; Curación de Datos, M. R.; Análisis Formal, M. R. y M. A.; Investigación, M. R. y M. A.; Metodología, M. R. y M. A.; Recursos, M. A.; Software, M. R.; Supervisión, M. A.; Validación, M. A.; Visualización, M. R.; Escritura - borrador original, M. R.; Escritura - revisión y edición, M. A.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrews, J., & Moore, J.P. (s.f.). *Growing & Caring For Trillium Flowers, Trillium Simil* [Photograph]. Garden Design. <https://www.gardendesign.com/flowers/trillium.html>
- Bijari, M., Aflaki, A., & Esfandiari, M. (2025). Plants Inspired Biomimetics Architecture in Modern Buildings: A Review of Form, Function and Energy. *Biomimetics*, 10(124). <https://doi.org/10.3390/biomimetics10020124>
- Bloch, P. H., Gopalakrishna, S., Crecelius, A. T., & Scatolin Murarolli, M. (2017). Exploring booth design as a determinant of trade show success. *Journal of Business-to-Business Marketing*, 24(4), 1–20. <https://doi.org/10.1080/1051712X.2018.1381399>
- Boller, G., & Schwartz, J. (2020, April). *Modelling the form. Heinz Isler, Frei Otto and their approaches to form-finding*. Seventh Conference of the Construction History Society, Cambridge, UK. https://www.researchgate.net/publication/342003907_Modelling_the_form_Heinz_Isler_Frei_Otto_and_their_approaches_to_form-finding
- Branco, R. C., Caetano, I., & Leitão, A. (2022). Digital representation methods: The case of algorithmic design. *Frontiers of Architectural Research*, 11(3), Pages 527-541. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2021.12.008>
- Cansu, F. K., & Cansu, S. K. (2019). An Overview of Computational Thinking. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 3(1), 17–30. <https://doi.org/10.21585/ijcses.v3i1.53>
- Cantrell, B., & Mekies, A. (2018). Coding Landscape. In *Codify: Parametric and Computational Design in Landscape Architecture* (1st ed., pp. 19–24). Routledge.
- Chéraud, F. (2020). Beyond Design Freedom: Providing a Set-Up For Material Modelling within Kangaroo Physics. *Anthropologic: Architecture and Fabrication in the Cognitive Age*, 1, 459–468. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2020.1.459>
- Čučaković, Aleksandar A., Obratov-Petković, Dragica D., Jović, Biljana S., & Mitić, Andela D. (2018, June). PARAMETRIC MODELING AS GEOMETRIC TOOL FOR DESIGNING URBAN MODEL OF BIOMORPHIC FORM INSPIRED BY FLOWER OF BELL FLOWER. *MONGEOMETRIJA 2018*. 6th International Conference on Geometry and Graphics, Serbia.
- Dabbour, L. M. (2012). Geometric proportions: The underlying structure of design process for Islamic geometric patterns. *Frontiers of Architectural Research*, 1(4), 380–391. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2012.08.005>
- Domínguez-Gómez, P., & Celis, F. (2024). Creative Programming in Architecture: A Computational Thinking Approach. *Informatics in Education*, 23(3), 541–570.
- First Nature. (s.f.). *Lysimachia nemorum - Pimpinela amarilla* [Photograph]. First Nature. <https://www.first-nature.com/flowers/lysimachia-nemorum.php>
- Fonseka, E., & Romanov, O. (2025). FLORISM: FUSING BIOMIMETIC ARCHITECTURE WITH DIVERSE FLOWER STRUCTURES. *Bulletin of the Belgorod State Technological*

University, 10(3). <https://doi.org/10.34031/2071-7318-2024-10-3-68-81>

Goldschmidt, G. (2011). Avoiding Design Fixation: Transformation and Abstraction in Mapping from Source to Target. *Journal of Creative Behaviour*, 45(2), 92–100. <https://doi.org/10.1002/j.2162-6057.2011.tb01088.x>

Hassanzadeh, H. (2025, April 3). The Logic Behind Data Structures and Automation in Grasshopper3D. *PAACADEMY*. <https://paacademy.com/blog/logic-behind-data-structures-automation-grasshopper3d>

Ibrahim, I., & Al-Chaderchi, B. M. (2023). Exploring sustainable approaches at Dubai Expo 2020: A Blend of Biophilic and Biomimicry designs. *Revista Hábitat Sustentable*, 13(2), 22–35. <https://doi.org/10.22320/07190700.2023.13.02.02>

Jalali, Z., & Charkhab, M. E. (2020). Computational form-finding of a pavilion inspired by crystallization. *SN Applied Sciences*, 2. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2794-0>

Kelly, N., & Gero, J. S. (2021). Design thinking and computational thinking: A dual process model for addressing design problems. *International Journal of Design Science*, 7(e8). <https://doi.org/10.1017/dsj.2021.7>

King One Design. (2022, January 20). *Types of Trade Show Booths*. Kingone-Design. <https://www.kingone-design.com/en/blog/design-talk-boothtype>

Knippers, J., Magna, R. L., Menges, A., Reichert, S., Schwinn, T., & Waimer, F. (2015). ICD/ITKE Research Pavilion 2012: Coreless Filament Winding Based on the Morphological Principles of an Arthropod Exoskeleton. *Architectural Design*, 85(5), 48–53. <https://doi.org/10.1002/ad.1953>

Morsi, N., Kamel, S., Sabry, H., & Assem, A. (2023). Computational design for architectural space planning of commercial exhibitions—A framework for visitors' interaction using parametric design and agent-based modeling. *Architecture and Planning Journal*, 28(3), 1–13. <https://doi.org/10.54729/2789-8547.1206>

Müller, L. (2013, August 31). *The Vaults of Amancio Williams*. *Arquiteturaviva*. <https://arquitecturaviva.com/articles/the-vaults-of-amancio-williams>

Öksüz, E. B., & Çağdaş, G. (2020). An assessment method for a designerly way of computational thinking. *ITU AIZ*, 17(2), 199–208. <https://doi.org/10.5505/itujfa.2020.86729>

PAACADEMY. (2025, May 25). Biomorphic Architecture: From Theory to Design Tools. *PAACADEMY*. <https://paacademy.com/blog/biomorphic-architecture-from-theory-to-design-tools>

Rashid Dabre, R. A., & Khan, G. A. (2024). Algorithmic Architecture: The Design Trends. *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*, 7(3), 825–829.

Rich, P. J., Egan, G., & Ellsworth, J. (2019). A Framework for Decomposition in Computational Thinking. *Proceedings of the 2019 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, 416–421. <https://doi.org/10.1145/3304221.3319793>

Riley, David. D., & Hunt, Kenny. A. (2014). Solving Problems. In *Computational thinking for the modern problem solver* (pp. 104–112). CRC Press, Taylor and Francis Group. <https://doi.org/10.1201/b16688>

Sorguç, A. G., & Selçuk, S. A. (2013). Computational Models in Architecture: Understanding Multi-Dimensionality and Mapping. *Nexus Network Journal*, 15, 349–362. <https://doi.org/10.1007/s00004-013-0150-z>

Tedeschi, A. (2020). *AAD_Algorithm Aided Design*. Le Penseur.

Vincent, J. (2009). Biomimetic Patterns in Architectural Design. *Architectural Design*, 79(6), 74–81. <https://doi.org/10.1002/ad.982>

Walczak, A. K. (2017). Computation As Design Logic Indicator. *Sharing of Computable Knowledge*, 1, 279–288. <http://ecaade.org/publications/downloads/>

Yabanigül, M. N. (2025). The Evolution of Craftsmanship from Necessity to Creativity. *JCoDe: Journal of Computational Design*, 6(1), 21–36. <https://doi.org/10.53710/jcode.1512699>