

Modelado paramétrico en el proceso de diseño: estrategias para crear flexibilidad y adecuación espacial para la vivienda social

Parametric Modeling in the Design Process: Strategies to Create Flexibility and Spatial Adaptation for Social Housing

Los nuevos hábitos, fruto de los cambios socioculturales ocurridos en las últimas décadas, exigen crear espacios de vivienda flexibles, personalizados y adaptables. El artículo informa sobre el proceso de diseño paramétrico de viviendas colectivas en el centro de São Paulo (Brasil), basado en los principios y directrices establecidos para las zonas céntricas. A efectos de generar y materializar un proyecto, explorando la combinación de parámetros de diseño, se utilizaron tecnologías digitales, como el modelado paramétrico y la fabricación digital. Las estrategias de diseño para crear nuevas tipologías de vivienda social, generadas mediante la inserción de algoritmos en zonas urbanas deterioradas, son la contribución original.

___Palabras clave: tipo, búsqueda de la forma, parámetro, cohabitación, estrategias de diseño, algoritmo.

New habits, resulting from the socio-cultural changes that occurred over the last decades, demand the creation of flexible, customized, and adaptable spaces for housing. This article reports on the parametric design process for collective housing in downtown São Paulo, based on the principles and guidelines established for central areas. Digital technologies, such as parametric modeling (PM) and digital fabrication, were used to generate and materialize a project, exploring the combination of design parameters. The original contribution here is the design strategies to create new social housing typologies, through algorithms inserted into deteriorated urban areas.

___Keywords: type, form-finding, parameter, cohabiting, design strategies, algorithm.

Wilson Florio
wilsonflorio@gmail.com
Mackenzie Presbyterian University

Ana Tagliari
tagliari.ana@gmail.com
University of Campinas

___DOI: <https://doi.org/10.18389/dearq31.2021.05>

Recibido: 15 de diciembre de 2020 Aprobado: 11 de agosto de 2021
Cómo citar: Florio, Wilson y Ana Tagliari. "Modelado paramétrico en el proceso de diseño: estrategias para crear flexibilidad y adecuación espacial para la vivienda social". Dearq no. 31 (2021): 46-59. DOI: <https://doi.org/10.18389/dearq31.2021.05>

INTRODUCCIÓN

Las zonas céntricas de la ciudad de São Paulo (Brasil) presentan una buena diversidad arquitectónica, debido a las transformaciones que se han producido en los últimos 150 años. Sus edificaciones, así como sus variados principios compositivos, de diferentes estilos arquitectónicos, generaron discontinuidades morfológicas, alternancias de alturas y ritmos de fachada; no obstante, se ha producido un creciente deterioro de su calidad urbana, con falta de identidad y ausencia de espacios libres preparados para la estancia.

Según los datos publicados por el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística, en 2019, la población de Brasil alcanzó los 210 millones de habitantes, y la de São Paulo, los 12,3 millones. En cambio, el déficit de viviendas llegó a 1,4 millones de casas.

Hay familias *cohabitantes*, es decir, aquellas que viven bajo el mismo techo. El mayor problema de la convivencia entre estas familias es la necesidad de compartir habitaciones pequeñas, a menudo sin libertad o privacidad. En 2020, esta situación empeoró mucho, debido a la pandemia causada por el nuevo coronavirus.

Los hábitos se desarrollan culturalmente y se difunden implícitamente en cada sociedad. A lo largo del siglo XX, se ha observado que es difícil tratar los hábitos universales, así como los espacios para la vivienda social de poblaciones de diferentes países, con la misma propuesta arquitectónica. Por otro lado, a medida que ciudades como São Paulo se expanden sin control, debido principalmente a la migración a gran escala, se ha creado un importante y creciente déficit de viviendas, que hacen más urgente la tarea de repensar los espacios domésticos.

Ante el problema identificado, es natural llamar la atención para la siguiente pregunta: ¿cómo generar nuevos tipos de viviendas para las formas de vida contemporánea? En este sentido, es fundamental crear directrices y parámetros para nuevas propuestas de vivienda colectiva en las zonas céntricas deterioradas. En este contexto, es razonable utilizar el modelado paramétrico (MP) para promover otras formas de pensar los espacios en una diversidad cultural. Por lo tanto, la pregunta relevante de este artículo es: ¿cómo utilizar el MP durante el proceso de diseño de nuevos tipos de vivienda social?

Este artículo es el resultado de una investigación aplicada, ya que responde a una demanda real de la sociedad. Precisamente, se trata de una *investigación a través de la práctica*, porque se relató un experimento práctico, paso a paso, mientras se creaba una vivienda paramétrica. El objetivo es contribuir al debate sobre cómo aplicar el MP durante el proceso de diseño de las viviendas sociales.

PRINCIPIOS Y DIRECTRICES PARA LA VIVIENDA SOCIAL

Durante la investigación se encontraron muchas propuestas innovadoras de urbanización horizontal y vivienda social. Sin embargo, después de 100 años de viviendas colectivas, es posible identificar diferentes formas y estrategias de ocupación de zonas de terreno. Los estudios elaborados por Per et al. (2009, 2015) muestran que la densidad se basa en la interacción entre agentes, flujos y territorio, y puede variar según el tipo de forma urbana que se adopte. Leupen y Mooij (2011) plantean un análisis muy interesante de la organización básica del espacio de vivienda privada en el siglo XXI. A partir de estudios de casos, Robinson (2018) reseña enfoques exitosos para el diseño de la densidad en los Países Bajos, incluso los diferentes estilos arquitectónicos y estrategias de organización. Levitt y Levitt (2010) establecen los principios de diseño para todos los componentes esenciales de un diseño de vivienda exitoso. El arquitecto Moisei Ginzburg (2017), famoso por sus numerosos trabajos sobre el diseño de edificios residenciales, publicó un libro en 1934, como resultado de una intensa investigación producida durante la década de 1920 en la Unión Soviética. El edificio Narkomfin, su obra más importante, inspiró a Le Corbusier en Marsella años después, y fue estudiado por Sbriglio (2013), cuyo libro aporta una completa documentación gráfica sobre este. Henderson (2013) examina la nueva Fráncfort del Meno a la luz de los debates sociales y políticos que le dieron forma, destacando el cuidadoso trabajo coordinado por el arquitecto Ernst May.

La investigación elaborada por Scanlon, Whitehead y Arrigoitia (2014) descubre la situación real de la vivienda social en doce países europeos. Por otro lado, según Sposito (2012), “las dinámicas sociales, económicas y políticas de los últimos años han modificado no solo los estilos de vida”, sino que han determinado “la necesidad de flexibilidad y adaptabilidad” (153) de las áreas comunes. En gran parte de América Latina, la vivienda social está marginada. El estudio de Balchin y Stewart (2001) muestra la situación crítica de las grandes ciudades. Todos los autores mencionados demuestran el estado del arte relacionado con la vivienda colectiva.

De esta literatura específica se han extraído unos principios sobre desarrollos de vivienda, en particular las directrices para la vivienda social. Con la flexibilidad, como principio rector del proyecto, se crean formas de pensar los espacios internos para una diversidad de hábitos. La primera directriz adoptada en esta investigación es la *unidad urbana*. Las construcciones que se propongan deben seguir los atributos morfológicos identificados en las manzanas existentes. En este sentido, es preciso estudiar las alineaciones, las alturas de las edificaciones y la masividad de forma adecuada para orientar las acciones del diseño.

Las intervenciones en zonas céntricas, dotadas de buena infraestructura, requieren propuestas de nuevas edificaciones que aumenten la ocupación del terreno, al tiempo que se amplían las zonas libres para el espacio público. La implementación debe evitar la segregación y generar, en cambio, una mayor integración entre los espacios públicos y los privados. La intención es buscar alternativas de diseño que favorezcan la creación de implantaciones centradas en el concepto de *manzana abierta*, muy bien definido por Christian de Portzamparc.

Para generar unidades habitacionales flexibles y adaptables a los cambios en el tiempo, es fundamental proponer un sistema de circulación que brinde alternativas espaciales a las unidades. Como se verá en la discusión de este artículo, las circulaciones horizontales y las verticales, con diferentes posiciones de las escaleras, permiten distintas disposiciones de las unidades habitacionales.

Otro principio rector fue el de generar unidades habitacionales con diferentes áreas, a fin de promover varios tipos. Además, las unidades dúplex o triplex facilitan crear diferentes tipos de sectorización en las áreas social, íntima y de servicios.

Debido a las restricciones técnicas, que pesan sobre los costos de las viviendas, se adoptó una geometría regular para las unidades y un área específica para las instalaciones sanitarias. Además, con el propósito de generar fachadas diversificadas, otro principio fue crear ventanas con diferentes geometrías, que promuevan diferentes visuales y penetraciones de luz en los espacios interiores. También, con el mismo propósito, se propusieron diferentes formas para las aberturas cenitales en el techo.

Utilizando un conjunto de principios, en la sección de resultados se discuten las opciones para las unidades habitacionales —derivadas de las combinaciones entre parámetros, ya sea del tipo de sistema de circulación, escaleras, sectorización, conexiones entre niveles y posición de áreas higiénicas— que se adaptan a las nuevas formas de vida contemporáneas.

DISEÑO PARAMÉTRICO Y PROCESO DE BÚSQUEDA DE FORMAS

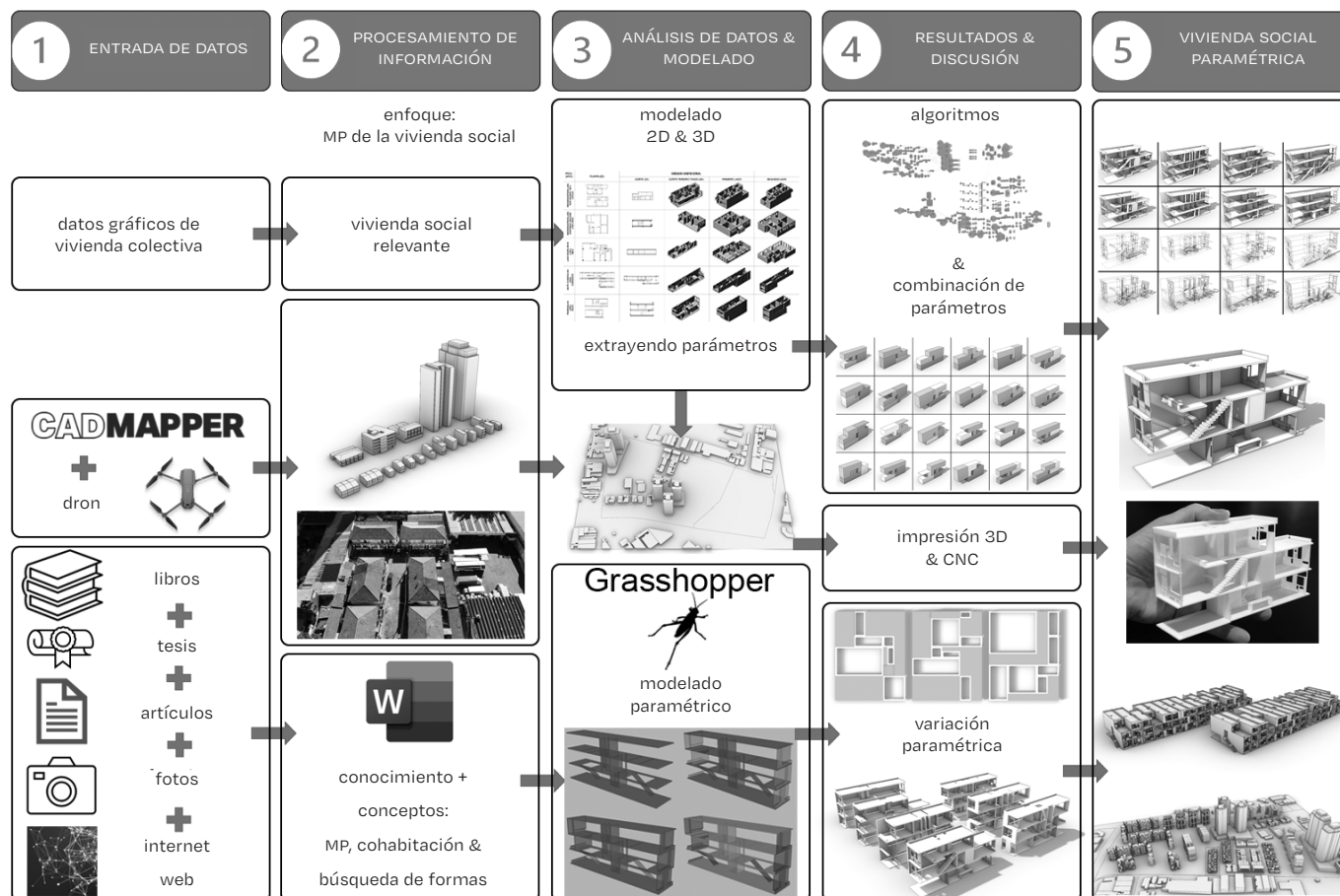
Diferentes autores han advertido recientemente sobre cambios sustanciales en el proceso de diseño que surgen del impacto de las nuevas tecnologías digitales (Picon 2010; Oxman 2005; Kolarevic 2003). Sin embargo, todavía falta una discusión sistémica sobre los impactos del MP en la práctica del diseño para crear soluciones alternativas para la vivienda colectiva. Las investigaciones realizadas por Barrios (2006), Davis, Burry y Burry (2011), Woodbury (2010) y Alvarado (2013) demuestran el estado del arte relacionado con la aplicabilidad del MP en el proceso de diseño.

La palabra *algoritmo* puede definirse como “el complejo conjunto de reglas que permiten la resolución de un problema determinado” (Breton 1991, 59). Un algoritmo especifica la secuencia de instrucciones básicas para obtener un resultado esperado. El diseño arquitectónico se denomina *paramétrico* cuando sus elementos constructivos se definen y manipulan mediante variables contenidas en el MP. El diseño es *paramétrico* cuando se usa el computador para modificarlo automáticamente mientras se cambian los valores de los parámetros durante el proceso de diseño.

Un MP implica restricciones, definidas *a priori*, que permiten combinar los parámetros de forma investigativa, con resultados inesperados. Así, el algoritmo propaga los cambios basándose en parámetros restrictivos conocidos, pero con resultados normalmente inesperados. La propagación de un cambio entre parámetros, que están relacionados, produce cambios rápidos y eficaces.

El principal cambio en el diseño paramétrico es que este proceso no busca crear una forma única, definida *a priori*, para cada elemento constructivo o edificación, sino encontrar posibles alternativas para luego seleccionar la opción más adecuada. El MP contiene tres algoritmos (Woodbury 2010, 15). El primero es el orden de la secuencia de nodos que contienen los parámetros y sus propiedades. El segundo es la propagación, que evalúa cada nodo y sus restricciones expresadas por fórmulas, funciones u operaciones. El tercero permite mostrar datos en tres dimensiones.

El llamado proceso de *búsqueda de formas* implica que una forma se puede encontrar inesperadamente mediante la combinación de parámetros previamente establecidos en el algoritmo (Florio 2011). Así, se encuentra *a posteriori*, a través de variaciones —también llamadas *generativas*—, ya que permiten experimentar, comparar y seleccionar nuevas familias de formas complejas, delineadas por parámetros. Utilizando el *plug-in* Grasshopper, se exploró este concepto durante el proceso de diseño.



MÉTODO

En esta investigación, el proyecto se elabora utilizando los principios y las directrices presentados en la sección anterior y los parámetros presentados en la sección "Definición de parámetros para el modelado paramétrico". Sin embargo, la naturaleza de la investigación exigía el uso de nuevas tecnologías digitales, como el modelado y la fabricación digital. Las cinco etapas principales de este estudio se presentan en la figura 1.

Fig. 1_ Flujo de trabajo.

Análisis de las viviendas colectivas pertinentes

Con el fin de permitir la identificación de los parámetros de diseño para el MP de la vivienda social, se analizaron cuidadosamente 38 edificios emblemáticos, entre los cuales están los proyectos: Unitè D'Habitacion (1947), Le Corbusier; Quinta da Malagueira (1977), Alvaro Siza; Rue des Hautes Forms (1979), Christian de Portzamparc; Nemausus (1988), Jean Nouvel; IJ Plein Housing (1988), OMA; Gifu (2010), Sanaa, y Silodam (2002), MVRDV.

Relevamiento y análisis de la intervención en São Paulo

Se seleccionaron dos zonas para el relevamiento de los edificios existentes y el desarrollo de proyectos de vivienda colectiva. En este artículo solo se menciona la zona ubicada en la región de Barra Funda, que es una zona especial para viviendas colectivas y que está dentro de los límites del Centro de Operaciones Urbanas.

La zona de intervención se estudió siguiendo cuatro procedimientos: a) reconocimiento aéreo por dron, b) registro fotográfico por vistas en serie, c) reconocimiento por CAD Mapper y d) fabricación digital de modelos físicos. Utilizando la fresadora CNC, el modelo físico más tangible, se complementó la percepción e identificación de las zonas construidas y vacías existentes (fig. 2, parte superior). También se produjeron modelos impresos en 3D de la zona de intervención de

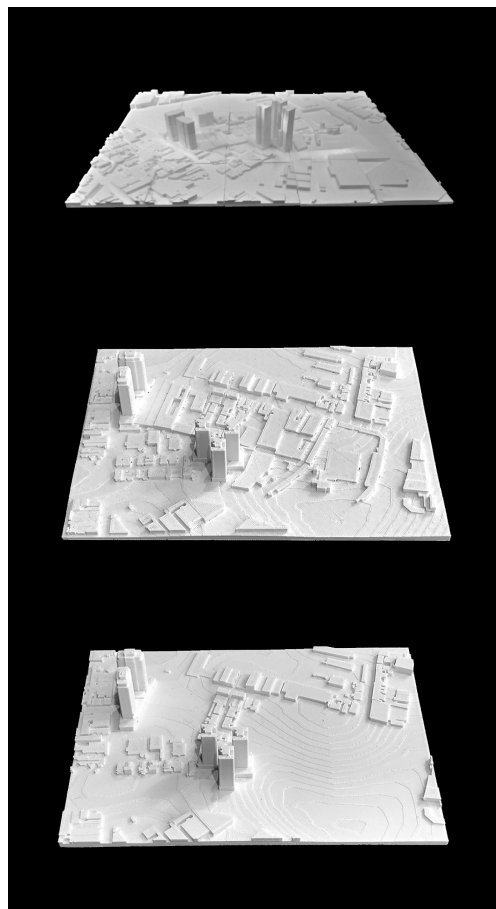


Fig. 2_ Parte superior: Modelo físico de la zona de intervención producido por la fresadora. Parte inferior: dos modelos de impresión 3D que muestran la misma zona, con los edificios degradados o desocupados y sin estos.

Fig. 3_ Tipos de viviendas unifamiliares y colectivas en Barra Funda.



Barra Funda (fig. 2, parte inferior). Como resultado, se podría tomar una mejor decisión sobre la zona real de implantación de las nuevas viviendas. Estos modelos físicos se basaron en el modelo geométrico generado por CAD Mapper (disponible en línea) y en la información complementaria obtenida mediante el uso del dron y Google Maps/Earth.

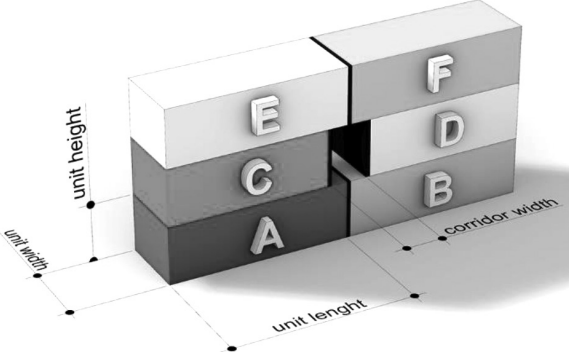
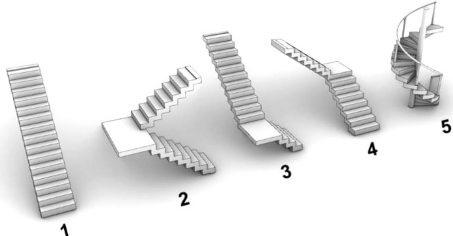
Identificación y clasificación de los tipos de vivienda en la zona de intervención

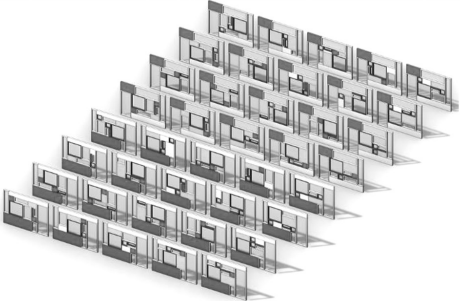
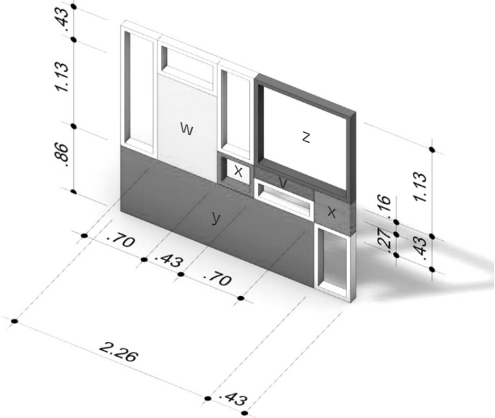
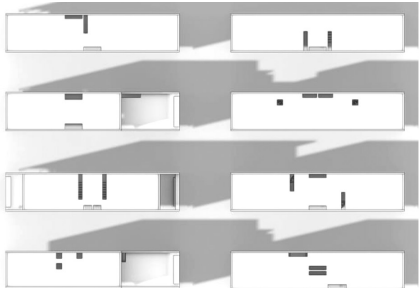
Como resultado de las evaluaciones anteriores, se identificaron los tipos de vivienda presentes en la zona de intervención (fig. 3), y así se tomaron en consideración los catalogados en la misma manzana. Por lo expuesto, en este artículo solo se explica la vivienda horizontal, la tipología de tres pisos, por ser esta la altura de las viviendas de los dos barrios circundantes existentes y la altura de la mayoría de los edificios en esta manzana.

Definición de parámetros para el modelado paramétrico

Con el fin de introducir un análisis correcto de la información de los casos de estudio (mencionados en la sección “Análisis de las viviendas colectivas pertinentes”), así como de responder a la pregunta de este artículo, se concibieron parámetros específicos para los *algoritmos* de esta vivienda horizontal. Inicialmente, el objetivo era definir los parámetros generales. A medida que avanzaba la investigación, se establecieron algunas estrategias de diseño, con el fin de satisfacer necesidades específicas.

Los proyectos de referencia analizados (mencionados en la sección “Análisis de las viviendas colectivas pertinentes”) proporcionaron los parámetros necesarios para iniciar el diseño de los algoritmos para crear las unidades residenciales a través del MP. Hay dos tipos de parámetros: 1) para las definiciones generales del edificio y 2) para los elementos específicos del edificio.

Parámetro	Mínimo	Máximo	Geometría/dimensiones
Ancho de la unidad	3,0	6,0	
Longitud de la unidad A	3,0	12,0	
Longitud de la unidad B	3,0	12,0	
Longitud de la unidad C	3,0	11,0	
Longitud de la unidad D	3,0	11,0	
Longitud de la unidad E	3,0	12,0	
Longitud de la unidad F	3,0	12,0	
Ancho del pasillo	1,2	2,5	
Número de pasos	14	16	
Escalera tipo A	1	5	
Escalera tipo B	1	5	
Escalera tipo C	1	5	
Escalera tipo D	1	5	

Parámetro	Mínimo	Máximo	Geometría/dimensiones
Tipo de ventana unidad A	1	60	
Tipo de ventana unidad B	1	60	
Tipo de ventana unidad C	1	60	
Tipo de ventana unidad D	1	60	
Tipo de ventana unidad E	1	60	
Tipo de ventana unidad F	1	60	
Módulo z	1,13	1,13	
Módulo y	0,43	2,26	
Módulo x	0,43	0,43	
Módulo w	0,43	0,70	
Módulo v	0,16	0,27	
Módulo blanco 1	0,27	1,13	
Módulo blanco 2	0,27	1,13	
Módulo blanco 3	0,27	1,13	
Tipo de ventana cenital	1	6	

Parámetros para las definiciones generales del edificio: a) tipos y tamaños de las viviendas, b) variaciones en los sectores de la vivienda colectiva, c) tipo y ubicación de las circulaciones horizontales y verticales, d) posición y dimensiones de las áreas hidráulicas, f) flexibilidad de los espacios internos (eliminación de muros), h) ubicación y dimensiones de las terrazas e i) definición de la geometría de los edificios.

Parámetros para las definiciones específicas: a) tipos de escaleras, b) tipos de ventanas y puertas, c) tipos de elementos de transición (pérgolas, marquesinas, etc.), d) tipos de baños y e) tipos de cocinas.

RESULTADOS: ALGORITMO DE UNA VIVIENDA SOCIAL

Se proyectó un complejo de viviendas de tres pisos con circulación longitudinal en el primer piso, que da acceso a diferentes tipos de apartamentos, de uno, dos o tres pisos. El objetivo era proveer viviendas para familias de una (unidades con 15 m²) a seis personas (con 90 m²), que representan el principal público de las zonas céntricas.

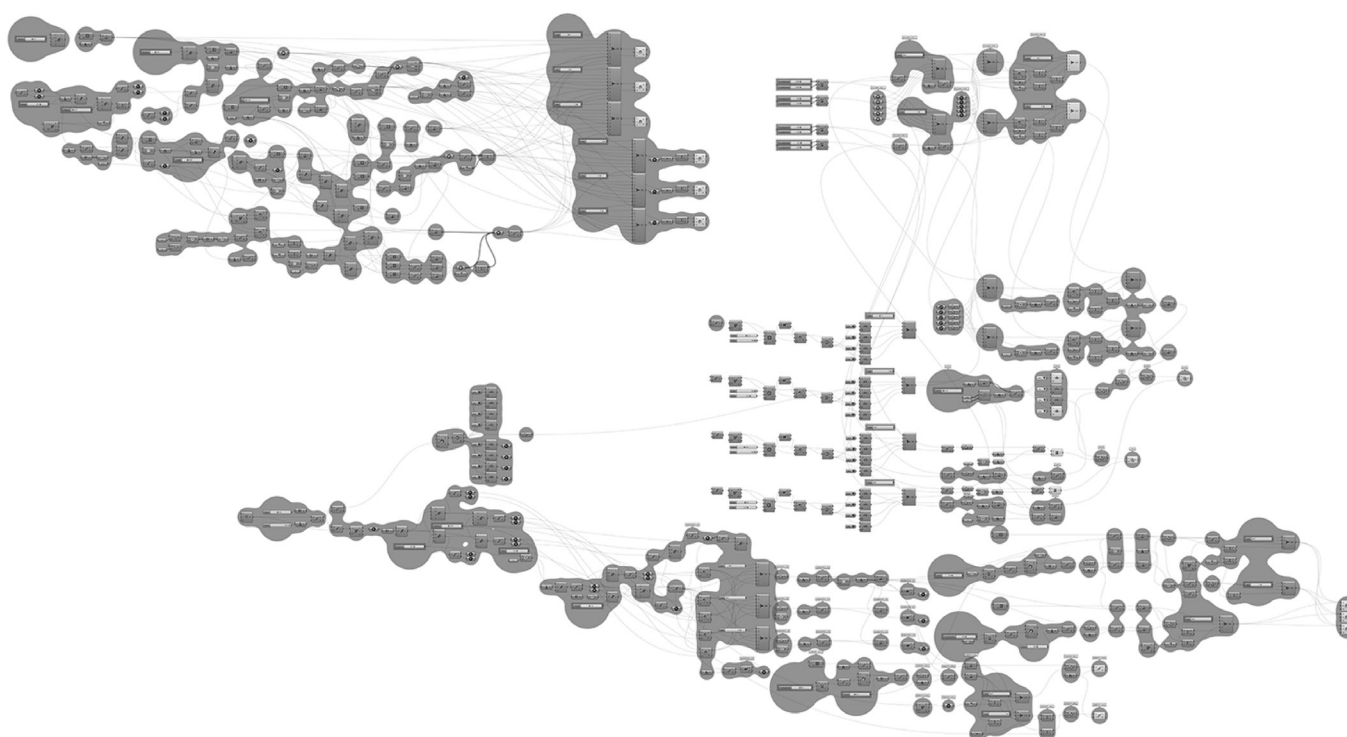
Este algoritmo (fig. 4) contiene un conjunto de parámetros del edificio: a) variaciones de anchura y longitud de cada unidad (de la A a la F); b) unidad de uno, dos o tres pisos; c) ubicación específica de las zonas hidráulicas; d) cinco tipos de escaleras; e) definición de las dimensiones y posiciones de los vanos del entrepiso; f) tipos de marcos de ventanas y su posición (basado en el Modulor); g) dimensiones y posición de las paredes; h) dimensiones y ubicación de seis tipos de aberturas cenitales; i) dimensiones de las terrazas, alféizares y bancos; j) dos tipos de puertas, y k) dimensiones de la encimera del fregadero de la cocina.

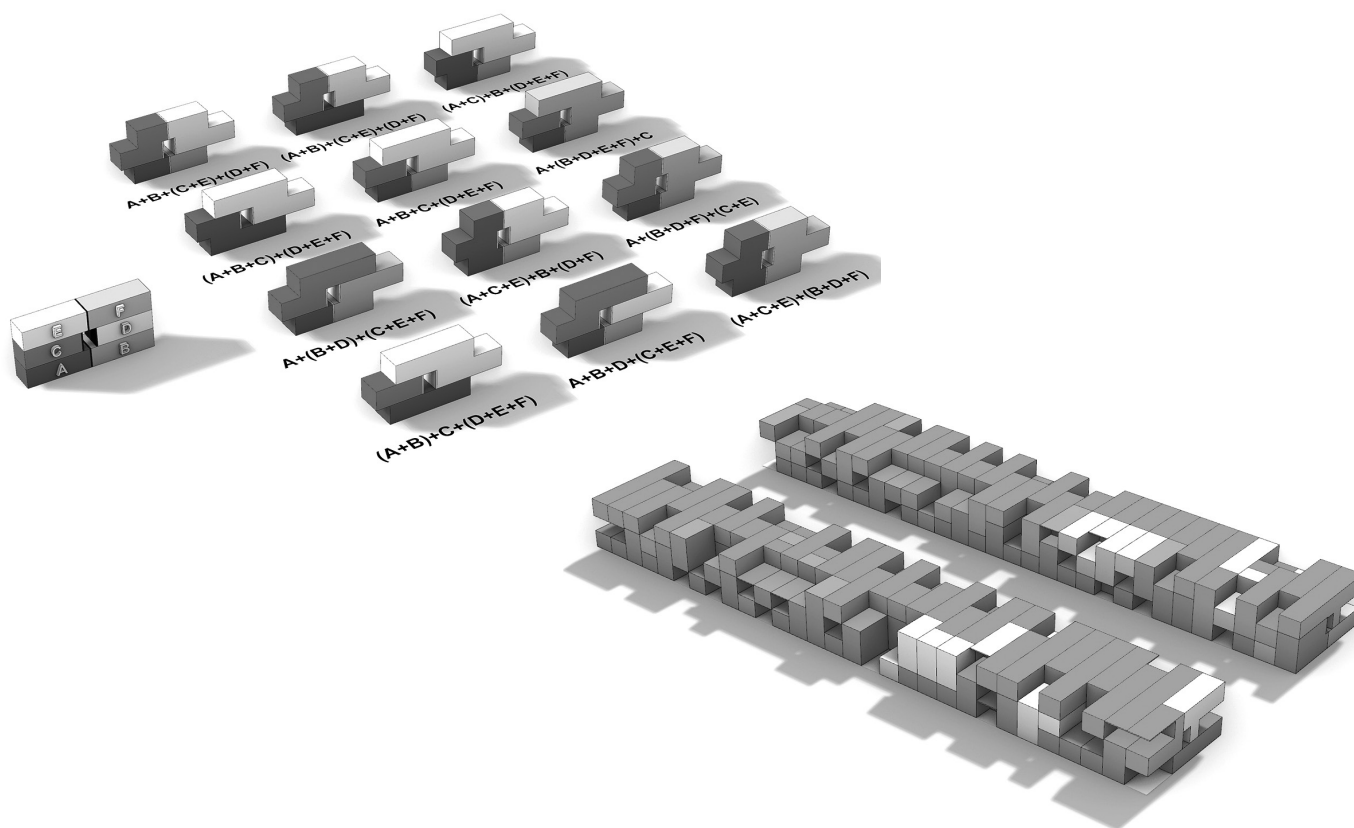
Los tipos de unidades se generaron a partir de las combinaciones de las unidades A, B, C, D, E y F (fig. 5). La manipulación de los parámetros permitió generar un gran número de tipos de unidades, con grandes variaciones de área, de 30 a 90 m². Como el objetivo establecido era crear una variedad de tipos de unidades, principalmente derivados de la posición estratégica de la circulación, se crearon los parámetros insertados en el algoritmo que posibilitaron tales combinaciones.

Tabla 1_ Parámetros generales.

Tabla 2_ Componentes del edificio.

Fig. 4_ Algoritmo de una vivienda social.





El algoritmo cuidadosamente planeado nos permitió generar un conjunto diversificado de unidades, con el fin de crear tres unidades por cada modulación (fig. 6). Luego de esta etapa, se detallaron los elementos de las unidades, es decir, pisos, escaleras, paredes, ventanas, puertas, bancos y encimeras de lavabos.

La flexibilidad de disposición de los tipos de escaleras en las unidades dúplex y tríplex permitió distribuir los sectores social, íntimo y de servicios en diferentes posiciones en el espacio. Además, la posibilidad de generar diferentes vanos en las unidades, con el fin de proporcionar alturas alternantes y diferentes visuales internas (fig. 7).

En la figura 8 se pueden ver los baños, situados en las áreas interiores junto a la circulación central que atraviesa todas las unidades del complejo de viviendas. En esta figura es posible visualizar, de forma esquemática, las principales decisiones tomadas para definir los componentes del edificio.

Se adoptó el sistema Modulor de Le Corbusier para definir las ventanas que contribuyen a la fachada dinámica. El enfoque paramétrico promueve un gran número de alternativas para las aperturas de las unidades individuales, dúplex y tríplex (figs. 9 y 10). La diversidad de las unidades, resultante de la manipulación de los parámetros, responde a los nuevos modos de vida contemporáneos, que exigen flexibilidad, capacidad de adaptación a diferentes entornos internos y externos.

DISCUSIÓN

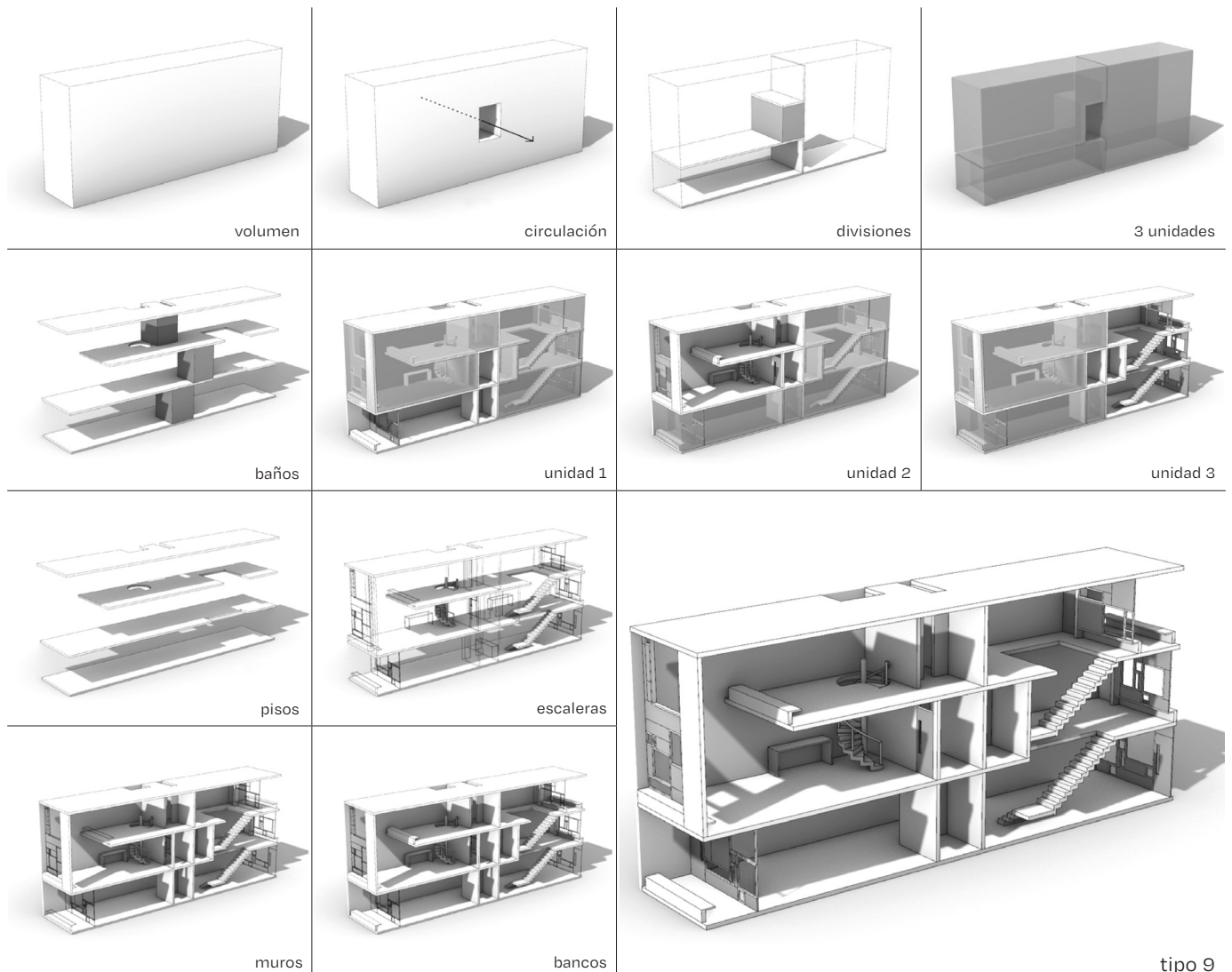
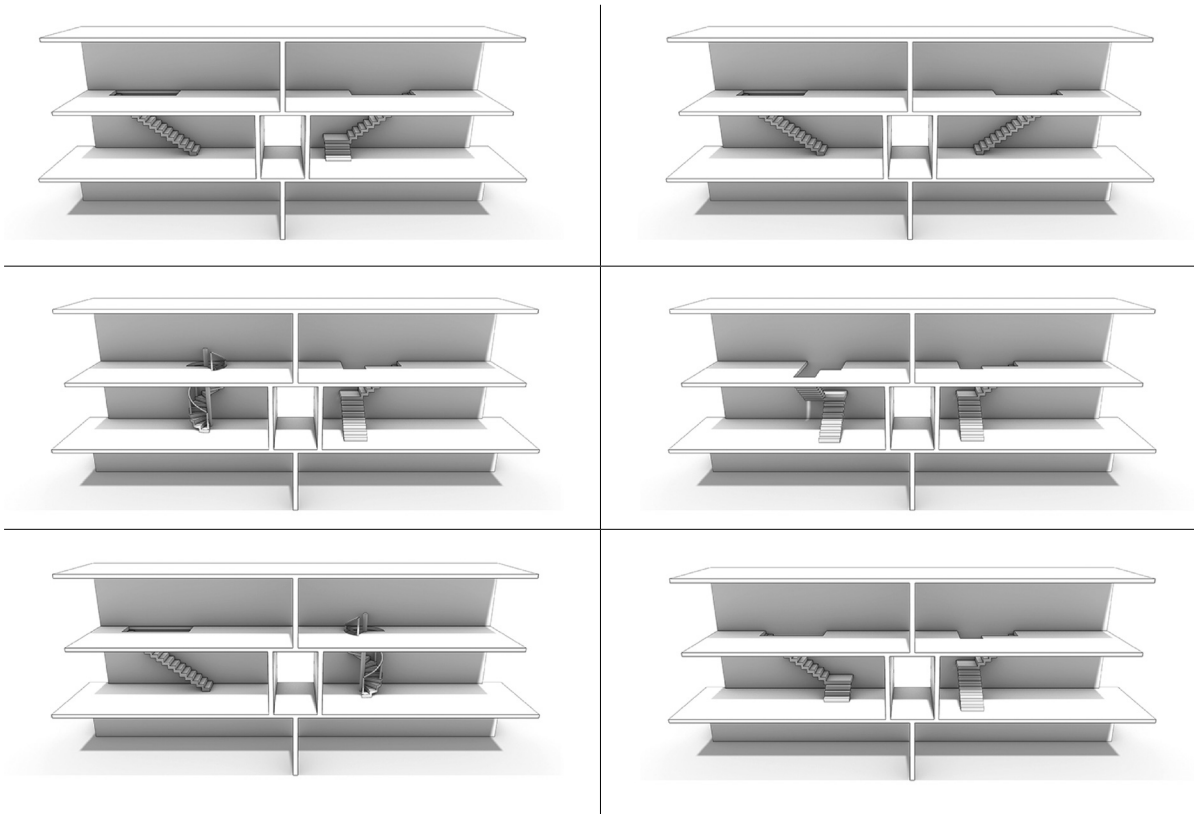
El proceso de diseño se inició luego de relevar las tipologías existentes en las manzanas seleccionadas para la intervención. La primera directriz adoptada fue la unidad urbana. La *villa urbana* se creó para promover la diversidad tipológica y, al mismo tiempo, respetar la altura de la villa existente. La nueva vivienda propuesta respeta los atributos de morfología urbana identificados. Además, se estudiaron adecuadamente las alineaciones de los edificios y sus alturas, con el fin de orientar las acciones de diseño.

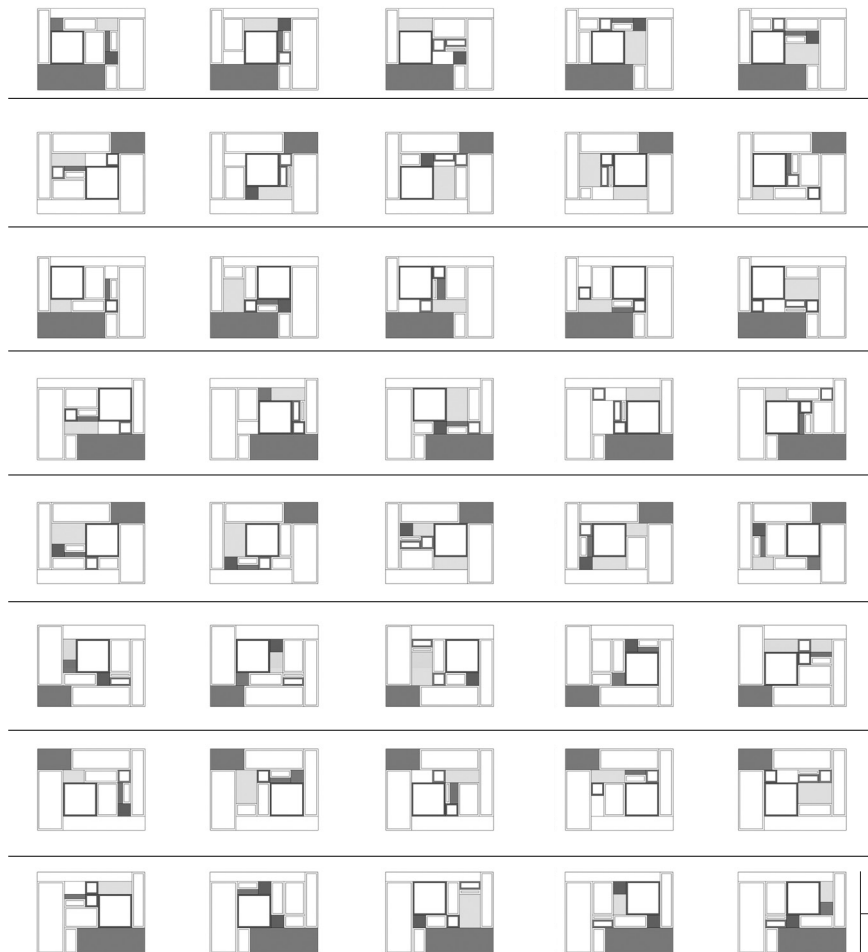
Fig. 5_ Combinaciones entre las unidades A, B, C, D, E y F.

Fig. 6_ Unidades de vivienda diversificadas generadas por el algoritmo.

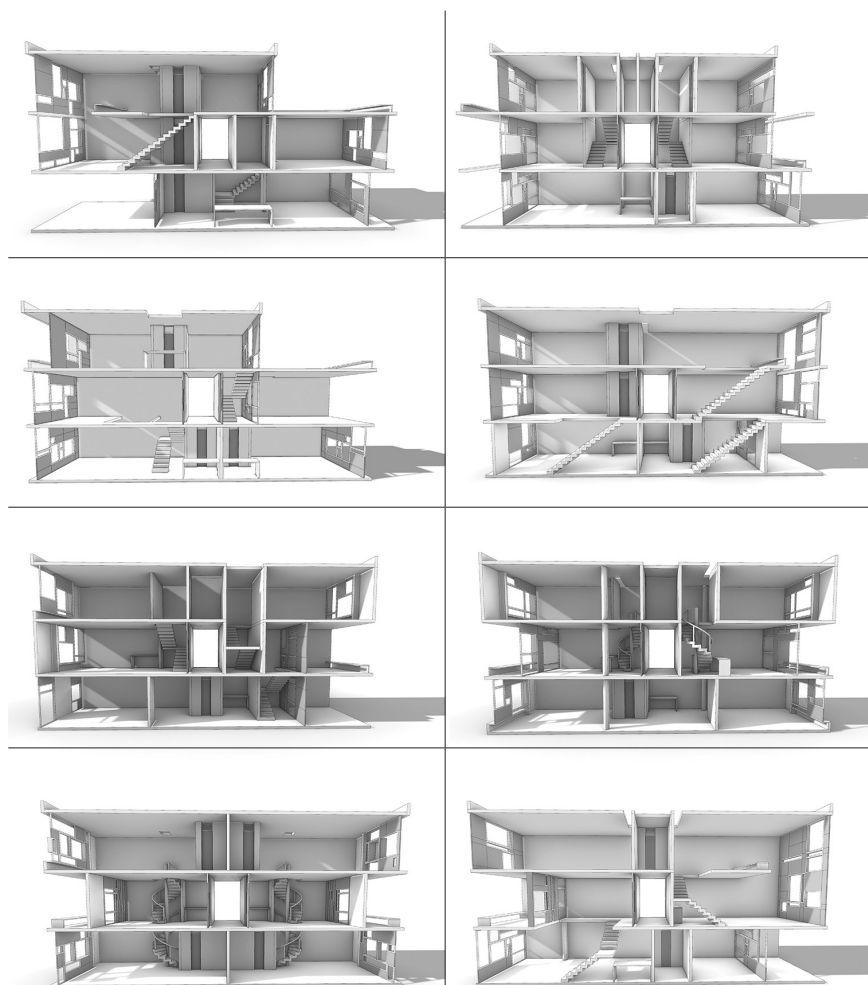
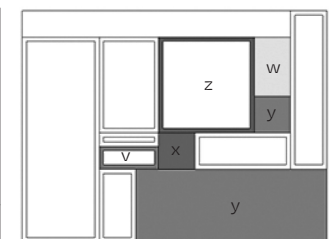
Fig. 7_ Tipos de escaleras empleadas en el algoritmo en unidades dúplex y tríplex.

Fig. 8_ Subdivisiones del edificio de tres pisos.





*Ejemplo de módulo



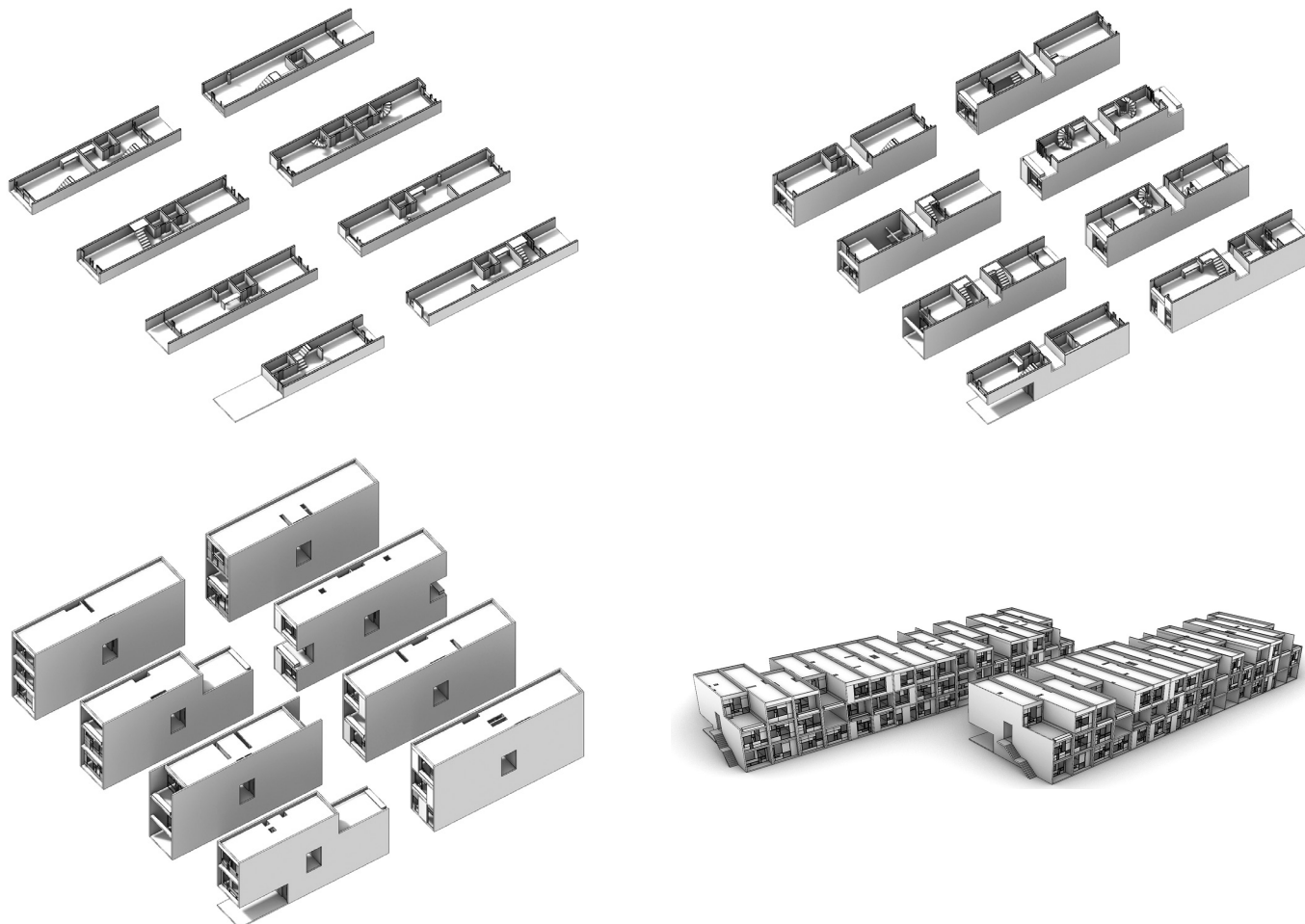


Fig. 9_ Algunos tipos de ventanas con modelación paramétrica basadas en Modulor.

Fig. 10_ Diversidad de unidades.

Fig. 11_ Planta baja de ocho unidades.

Fig. 12_ Primer piso de ocho unidades.

Fig. 13_ Perspectiva de ocho unidades.

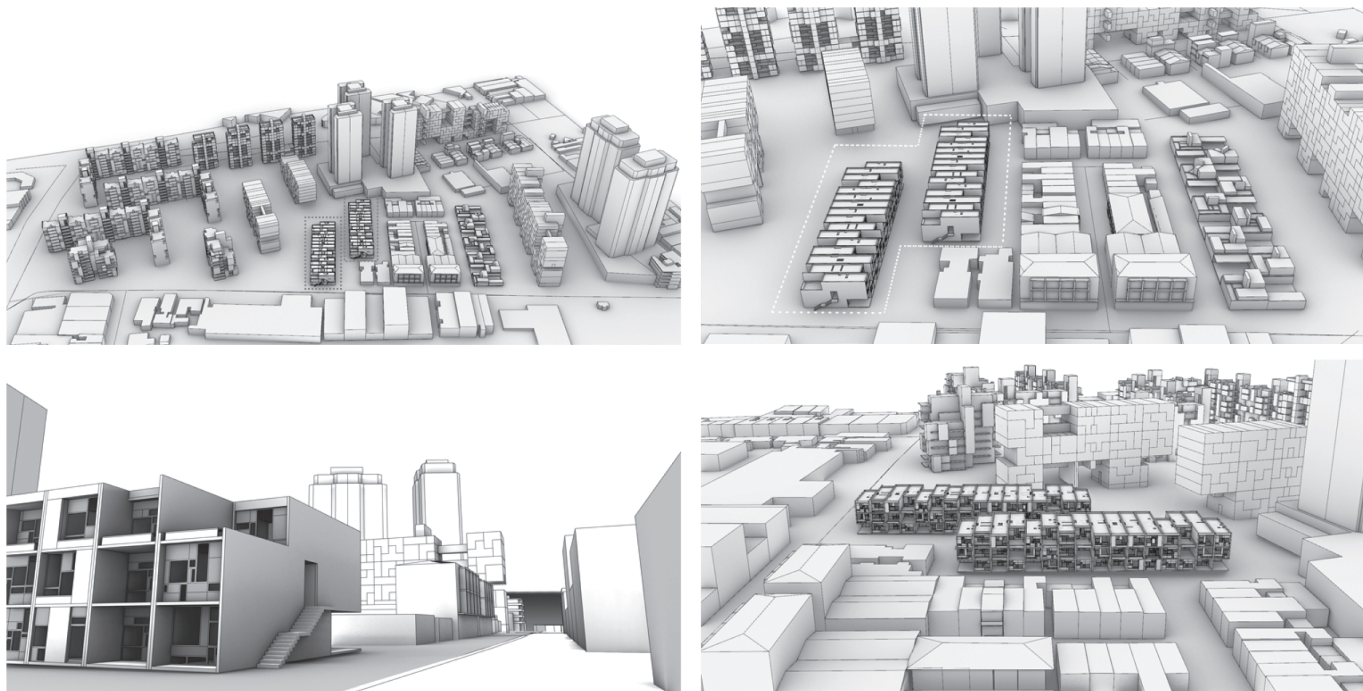
Fig. 14_ Vivienda social de diseño paramétrico.

Se establecieron cuatro estrategias de diseño para las viviendas colectivas: 1) creación de algoritmos para cada uno de los elementos constructivos; 2) creación de algoritmos para el diseño de tipos de unidades, sin subdivisiones; 3) diseño y desarrollo de algoritmos para cada tipo de vivienda colectiva, horizontal y vertical, y 4) generación de formas y espacios a partir de algoritmos que combinen los distintos algoritmos anteriores. Así, se podría probar cada algoritmo antes de unirlos en algoritmos más grandes.

El diseño paramétrico puede modificarse y actualizarse más rápido después de los cambios que normalmente ocurren durante el proceso. Estos se propagaron en el modelo tridimensional sin necesidad de reiniciar el modelado, haciendo el proceso no lineal y, así, proporcionaron constantes cambios y actualizaciones con gran agilidad. La definición de los parámetros, sus conexiones y las pruebas necesarias para la verificación requieren mucho tiempo hasta que demuestren ser eficientes en generar combinaciones y lograr buenos resultados (figs. 11 y 12).

Se puede concluir que la ubicación del sistema de circulación, las áreas hidráulicas y la distribución espacial de las unidades son las principales estrategias de diseño para definir la parte arquitectónica del edificio. La flexibilidad para integrar espacios sociales o íntimos depende de la posición de la escalera, así como de la cocina y los baños. Así, se asumieron tres estrategias: a) adoptar la posición central de la circulación pública, b) concentrar las áreas hidráulicas junto a esta circulación central y c) promover diferentes espacios adoptando tipos de escaleras, localizados en diferentes lugares (figs. 13 y 14).

En lugar de compartir demasiado las habitaciones de una misma casa para quienes la *cohabitan*, se puede, por ejemplo, mantener la privacidad con cuidado por medio de muebles o dispositivos móviles. Como resultado, los espacios no compartimentados permiten la flexibilidad y adaptación espacial de los usuarios a lo largo de los años de convivencia familiar.



Al adoptar un conjunto de tipos de escaleras, ubicadas en diferentes posiciones, se generó fluidez entre los pisos de la misma unidad. Por otro lado, los vanos internos, creados en las unidades, permitieron que se lograra la deseada expansión de vistas internas y la entrada diferente de luz natural que ilumina a lo largo del día. La creación de diferentes tipos de aberturas cenitales, en diferentes ubicaciones del techo, proporcionó luz natural a los ambientes alejados de las ventanas.

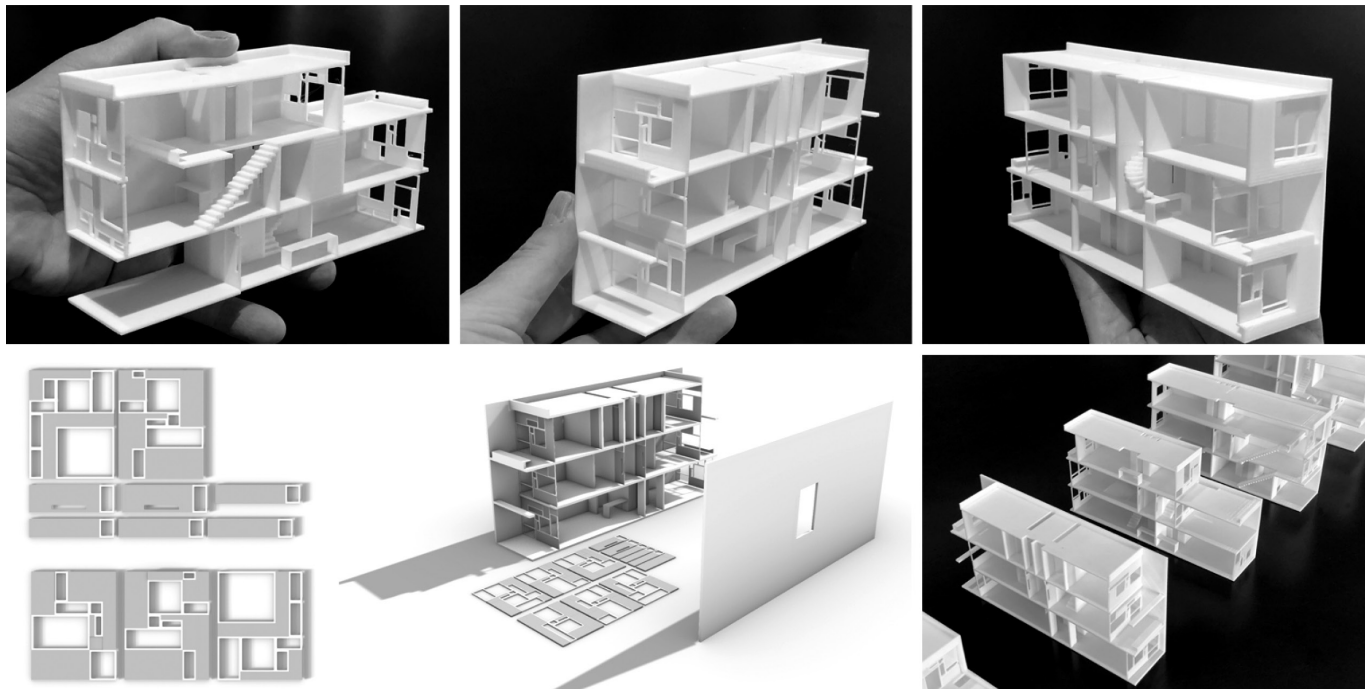
Usando combinaciones de parámetros, se crearon muchas opciones para el diseño de las ventanas. En consecuencia, las unidades, una al lado de la otra, muestran diversidad formal y espacial, lo que refleja los perfiles familiares en la actualidad (figs. 15 y 16).

La tangibilidad de los modelos físicos, producidos por la máquina CNC y la impresora 3D, contribuyó a una mejor comprensión de la naturaleza de los edificios generados. Con el fin de respetar la diversidad morfológica existente y promover la mejora del espacio público en las zonas céntricas, se resumen a continuación los principios y directrices adoptados para la creación de las viviendas colectivas mediante el MP: 1) diversidad tipológica de los nuevos edificios, en diálogo con la diversidad existente; 2) unidades de vivienda que respondan a las necesidades de familias numerosas con diferentes perfiles; 3) mejora de la planta baja de la manzana abierta, mitigando el impacto del edificio en relación con el entorno; 4) ritmos y variaciones de los elementos de fachada para conseguir una identidad propia, y 5) flexibilidad y adaptación espacial de las unidades para nuevas formas de vivir.

La oportunidad única de crear una alternativa para las casas listas para su uso se puede explorar mediante el MP, con el fin de personalizar las unidades para diferentes maneras de vivir recientes. Una vez más, la intención es crear viviendas asequibles y personalizadas para nuevos tipos de hábitos. Por lo tanto, en un intento de comprender este proceso, el artículo colabora con los debates sobre cómo utilizar el MP durante el proceso de diseño de las viviendas sociales. De hecho, realizar proyectos paramétricos implica replantear un nuevo profesional (Florio 2017), con competencias contemporáneas, capaz de diseñar a partir de algoritmos. Por lo tanto, es fundamental definir estrategias de diseño para la concepción del partido arquitectónico, a partir de un conjunto preciso de parámetros, de los requerimientos del problema y de los requisitos impuestos por los propios diseñadores.

Fig. 15_ Inclusión de la nueva villa urbana junto a villas existentes.

Fig. 16_ Modelos físicos producidos por la impresora 3D.



AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo económico del Fondo de Investigación MackPesquisa 2017-2019 y del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico, CNPq 2019-2021, así como de Norma Luz Arteaga de Medina por la traducción al español.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, Rodrigo. 2013. "Diseño paramétrico en Arquitectura: Método, técnicas y aplicaciones". *Arquisur* 3, n.º 3: 16-27.
- Balchin, Paul N. y Jill Stewart. 2001. "Social Housing in Latin America: Opportunities for Affordability in a Region of Housing Need". *Journal of Housing and the Built Environment*, n.º 16: 333-341. <https://doi.org/10.1023/A:1012520013862>
- Barrios, Carlos. 2006. "Design Procedures: A Computational Framework For Parametric Design and Complex Shapes in Architecture". Tesis de doctorado. Boston: Massachusetts Institute of Technology. <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/35507>
- Breton, Philippe. 1991. *História da informática*. São Paulo: Editora Unesp.
- Davis, Daniel, Jane Burry y Mark Burry. 2011. "Understanding Visual Scripts: Improving Collaboration through Modular Programming". *International Journal of Architectural Computing* 9, n.º 4: 361-375. <https://doi.org/10.1260/1478-0771.9.4.361>
- Florio, Wilson. 2011. "Modelagem Paramétrica, Criatividade e Projeto: duas experiências com estudantes de arquitetura". *Gestão & Tecnologia de Projetos*, 6 (2): 43-66.
- Florio, Wilson. 2017. Projeto Paramétrico: transformações da prática de projeto decorrentes da exploração de modelagem por scripts. En *Modelos em arquitetura: concepção e documentação*, organizada por Aristóteles Lobo de Magalhães Cordeiro, Germana Costa Rocha, 97-127. João Pessoa: UFPB.
- Ginzburg, Moisei. 2017. *Dwelling: Five Years' Work on the Problem of the Habitation*. Originally published in 1934. London: Fontanka Publications/ Ginzburg Design Limited.
- Henderson, Susan R. 2013. *Building Culture: Ernst May and the New Frankfurt Initiative, 1926-1931*. New York: Peter Lang.
- Kolarevic, Branko (Ed.). 2003. *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*. New York: Spon Press.
- Leupen, Bernard y Harald Mooij. 2011. *Housing Design: A Manual*. Rotterdam: NAI.
- Levitt, David y Bernstein Levitt. 2010. *The Housing Design Handbook*. New York: Routledge.
- Oxman, Rivka. 2006. "Theory and Design in the First Digital Age". *Design Studies* 27, n.º 3: 229-265.
- Per, Aurora, Javier Mozas y Javier Arpa. 2009. *HoCo: Density Housing Construction & Costs*. Victoria-Gasteiz: a+t.
- Per, Aurora, Javier Mozas, Alex Ollero y Aitor Deza. 2015. *Why Density: Debunking the Myth of the Cubic Watermelon*. Victoria-Gasteiz: a+t.
- Picon, Antoine. 2010. *Digital Culture: An Introduction for the Design Professions*. Basel: Birkhäuser.
- Robinson, Julia W. 2018. *Complex Housing: Designing for Density*. New York: Routledge.
- Sbriglio, Jacques. 2013. *Le Corbusier: L'Unité D'Habitation de Marseille*. Marseille: Parenthèses.
- Scanlon, Kathleen, Cristine Whitehead y Melissa F. Arrigoitia. 2014. *Social Housing in Europe*. Oxford: John Wiley & Sons.
- Sposito, Cesare. 2012. "Identità, flessibilità e sostenibilità per un nuovo Social Housing Identity". *Techne*, n.º 4: 153-159.
- Woodbury, Robert F. 2010. *Elements of Parametric Design*. Routledge: Abingdon.