

# El *Flatwriter* de Yona Friedman: revisión, desarrollo y posibilidades en la Era Digital

## The *Flatwriter* by Yona Friedman: Review, Development and Possibilities in the Digital Age

MARTINO PEÑA FERNÁNDEZ-SERRANO

ANA SÁNCHEZ PÉREZ

MANUEL RÓDENAS LÓPEZ

Martino Peña Fernández-Serrano, Ana Sánchez Pérez, Manuel Ródenas López, "El Flatwriter de Yona Friedman: revisión, desarrollo y posibilidades en la Era Digital", *ZARCH* 19 (diciembre 2022): 140-153. ISSN versión impresa: 2341-0531 / ISSN versión digital: 2387-0346. [https://doi.org/10.26754/ojs\\_zarch/zarch.2022196935](https://doi.org/10.26754/ojs_zarch/zarch.2022196935)

Recibido: 01-05-2022 / Aceptado: 17-10-2022

### Resumen

Yona Friedman desarrolla una teoría arquitectónica mediante una metodología científica, en la que basará un conjunto de procedimientos, técnicas y sistemas cuyo objetivo es transformar radicalmente el papel del arquitecto y del usuario en el proceso de diseño arquitectónico. Las teorías de Friedman que se recogen en la publicación "Towards a scientific architecture" proponen un nuevo modelo de urbanismo basado en la toma de decisiones y la autodeterminación del habitante de la ciudad que se condensan en una máquina o software, desarrollada teóricamente, que denominó Flatwriter. Con este software el usuario podría elegir su hábitat a partir de un repertorio realizado por el arquitecto o urbanista e insertarlo en la ciudad. El artículo explora la posible implementación y desarrollo en el presente de las teorías de Yona Friedman en torno a la arquitectura, mediante la comprobación y reprogramación del Flatwriter con medios actuales. Para ello se utilizan métodos de representación gráfica y programación visual como Rhinoceros y Grasshopper 3D, con los que se han reprogramado las principales características del Flatwriter con la intención de comprobar si las teorías introducidas por Friedman son susceptibles de ser implementadas hoy en día; la elección de la organización espacial de la vivienda y su introducción en la trama urbana mediante un sistema preestablecido que contiene todas las posibilidades. En el presente artículo se introduce la implementación del método de Friedman mediante las herramientas que actualmente nos ofrecen el Diseño Generativo y Paramétrico.

### Palabras clave

Yona Friedman, Grasshopper, Flatwriter, Grafos, Infraestructura, Autodeterminación

### Abstract

Yona Friedman developed an architectural theory through a scientific methodology, on which he will base a set of procedures, techniques, and systems whose aim is to radically transform the role of the architect and the user in the architectural design process. Friedman's theories in the publication 'Towards a scientific architecture' propose a new model of urbanism based on decision-making and self-determination of the city inhabitant, which are condensed in the machine called Flatwriter. With this software, the user could choose his or her habitat from a repertoire created by the architect or town planner and insert it into the city. This article explores the possible present-day implementation and development of Yona Friedman's theories on architecture by testing and reprogramming the Flatwriter with current means. To do so, we use current methods of graphic representation and visual programming, such as Rhinoceros and grasshopper 3D, with the aim of checking whether these theories of user empowerment have a place with the graphic and design methods that are available to us today. The methodology used test the viability the theories of Friedman's method in the field of architectural programming, with the purpose of achieving the objective of the Flatwriter: the free choice of a spatial organization, within a pre-established system that rigorously contains all possibilities without exception. In this paper it will be provided an overview of the developed method, aiming at a theoretical approach to the issue from Generation and Parametric Design.

### Keywords

Yona Friedman, Grasshopper, Flatwriter, Graphs, Infrastructure, Self-determination

**Martino Peña Fernández-Serrano** Arquitecto por la UPV y doctor arquitecto por la UPM. Profesor en la ETSAE de Cartagena en la UPCT. Profesor invitado en la Universität de Siegen en la Fakultät Architektur y en la Pontificia Universidad Católica del Perú PCUP. Su tesis doctoral 'Artefactos energéticos. De Fuller a Piñero. (1961-1972)' obtiene el Premio Extraordinario de Doctorado 2015-2016 de la UPM. <https://orcid.org/0000-0001-9382-0283>. [martin.pena@upct.es](mailto:martin.pena@upct.es)

**Ana Sánchez Pérez** (Murcia, 1997) Graduada en Fundamentos de la Arquitectura por la UPCT (2021). Colaboradora del grupo 'GRAMMAR' en Cartagena. Realiza su TFG en la UPCT con el título, 'FLATWRITER: Representación de una realidad cambiante a través de la obra de Yona Friedman'. Realizó sus prácticas profesionales en Oporto. Actualmente cursando el Máster Habilitante de Arquitectura en la UPV. <https://orcid.org/0000-0002-8111-9913>

**Manuel Ródenas López** Arquitecto y doctor arquitecto por la UPV. Profesor Titular en la ETSAE en la UPCT. IP en el grupo de investigación 'GRAMMAR: donde lidera diferentes proyectos de investigación en torno a la fabricación digital y la expresión gráfica. Miembro de Comité Científico del Workshop Internacional '3D Modeling & BIM' celebrado en 'Sapienza-Università di Roma' en Roma (Italia). <https://orcid.org/0000-0002-7485-117X>. [manuel.rodenas@upct.es](mailto:manuel.rodenas@upct.es)

## Introducción

*“Desde 1957, he estado trabajando en una teoría que liberara al cliente del “mecenasgo” del arquitecto, y al mismo tiempo, he buscado la manera de que el arquitecto sea útil al cliente. Esta teoría ha introducido nuevos términos (que he tenido que inventar) como *mobile architecture* y *spatial planning* y nuevas técnicas que han sido mejoradas, como *spatial infrastructure*, las cuales permiten al usuario la máxima libertad”*<sup>1</sup>.

1956 es un año de cambios en el panorama arquitectónico del siglo XX, como quedó reflejado en el CIAM de Dubrovnik, pues comenzaban a sonar voces disonantes al dogma del funcionalismo. Una nueva generación de arquitectos se muestra crítica con el legado del Movimiento Moderno, entre ellos se encuentra Yona Friedman que realizó varias declaraciones en el congreso. Sus propuestas buscan devolver al usuario su protagonismo en la toma de decisiones y al mismo tiempo reflexionar sobre el rol del arquitecto<sup>2</sup>. Con el propósito de encontrar simpatizantes a sus teorías, Friedman inicia un recorrido por Europa buscando simpatizantes entre la nueva generación de arquitectos. Después de varios encuentros, el grupo inicial funda el *Groupe d’Étude d’Architecture Mobile* (GEAM) en 1958 y el manifiesto de *Mobile Architecture* sale a la luz en el mismo año. En el manifiesto se establece que la idea de movilidad estriba en la hipótesis de que el arquitecto es incapaz de determinar definitivamente el uso y el carácter del edificio que va a construir y que corresponde al usuario decidir estos aspectos. El edificio debe ser por tanto móvil, es decir, debe ser susceptible de asumir cambios y transformaciones según las necesidades que el usuario o grupo social demande<sup>3</sup>.

Estas ideas las desarrolla paralelamente junto a proyectos como la *Ville Spatiale*, que le permiten poner en práctica sus propuestas y se convierte como el mismo denomina en el *hardware*, que entiende como producto final o edificio. Simultáneamente Friedman genera un sistema para crear un repertorio que ayude al usuario a conformar su hábitat mediante procesos democráticos. Para procesar la información entre el diseñador y el usuario es necesario un circuito de información, una serie de declaraciones que Friedman denomina axiomas y que se representan de forma gráfica mediante la Teoría de los Grafos. Con la intención de facilitar al usuario la toma de decisiones inventa la máquina que denomina *Flatwriter* que *“permite al individuo seleccionar e imprimir sus preferencias habitacionales. Puede localizar su vivienda en una infraestructura de servicios dada y ser avisados de las posibles consecuencias de sus decisiones”*<sup>4</sup>.

El objeto del presente trabajo es recrear la máquina teórica con software actual para demostrar que los principios teóricos enunciado por Friedman funcionan, generando un hábitat construido y elegido por sus habitantes, materializando así un ejemplo posible de su teoría de la *Mobile Architecture* aplicada a una matriz de urbanismo espacial.

Para ello se traducen los principios desarrollados en la publicación *“Towards a scientific architecture”* mediante herramientas actuales derivadas del diseño paramétrico y diseño generativo. De esta manera se actualizan los principios del método de Yona Friedman devolviéndolos al discurso contemporáneo. Por tanto, considerando la Teoría de los Grafos y la máquina denominada *Flatwriter* como base de partida, se procede a la interpretación de la metodología desarrollada en *“Towards a scientific architecture”* mediante el programa Grasshopper 3D, herramienta de diseño paramétrico. De esta manera se actualizan los métodos de Friedman y su propuesta de un hábitat diseñado, gestionado y transformado por los propios habitantes.

- 1 Yona Friedman. *Toward a scientific architecture*. (Cambridge, Massachusetts, and London. England: The MIT Press, 1975), X.
- 2 Entre ellas destaca la titulada como revolución de los asentamientos (*The Settlement Revolution*)  
*La determinación del usuario hace que los asentamientos funcionen.*  
*La determinación del usuario es mejor que la planificación gubernamental.*  
*La determinación del usuario resuelve los problemas que los gobiernos no pueden resolver.*  
Yona Friedman: *Slogan summary of the personal statement to the meeting in Dubrovnik*, 1956
- 3 Yona Friedman. *Arquitectura móvil. Hacia una ciudad concebida por sus habitantes. L’architecture mobile*. (Barcelona: Editorial Poseidon, S.L, 1978), 9.
- 4 Yona Friedman. *Yona Friedman Prodomo*. (Barcelona. Actar Publishers.2006), 129.

Forma y comportamiento:  
modelar la urbanidad

Form and behaviour:  
modelling urbanity

MARTINO PEÑA FERNÁNDEZ-SERRANO  
ANA SÁNCHEZ PÉREZ  
MANUEL RÓDENAS LÓPEZ

El Flatwriter de Yona Friedman:  
Revisión, Desarrollo y Posibilidades  
en la Era Digital

The Flatwriter by Yona Friedman:  
Review, Development and Possibilities  
in the Digital Age

- 5 *Objective System*. Según Friedman es aquel sistema basado en una serie de pasos objetivos racionales y donde el resultado es siempre el mismo independientemente del usuario que realice dicho proceso. El *Sistema Objetivo* se contrapone al Sistema Intuitivo (*Intuitive System*), que es aquel que utiliza un símbolo como código de transmisión del mensaje. Este símbolo es recibido de forma subjetiva por cada receptor, que lo interpreta de manera diferente y dependiendo de su gusto, su cultura, su raza y su criterio. Yona Friedman. *Toward a scientific architecture*. (Cambridge, Massachusetts, and London, England: The MIT Press, 1975), 16.
- 6 Yona Friedman. *Arquitectura móvil. Hacia una ciudad concebida por sus habitantes*. L'architecture mobile. (Barcelona: Editorial Poseidon, S.L, 1978), 19.
- 7 De esta manera quedan definidos los axiomas y sus reglas:  
1° axioma: un espacio separado puede ser creado dentro de un espacio preexistente. Primera regla: Hay un punto para representar el espacio preexistente, y cada espacio encerrado en el espacio preexistente se representa por un punto  
2° axioma: un recinto tiene por lo menos una entrada por otro recinto., y no hay recintos que sean inaccesibles desde otros recintos. Segunda regla: una línea representa un acceso. En cualquier figura no puede haber ningún punto sin por lo menos una de unión con otros puntos”  
3° axioma: tiene que haber al menos dos tipos diferentes de recintos. Uno de ellos es el espacio preexistente.  
Tercera regla: hay una etiqueta de representación para cada categoría de recinto. En cada figura representativa, hay por lo menos dos etiquetas (una para el espacio preexistente y una para el recinto).  
Yona Friedman. *Toward a scientific architecture*. (Cambridge, Massachusetts, and London, England: The MIT Press, 1975), 28.
- 8 *Mapping*. Del español mapear: Trasladar a un mapa sistemas o estructuras conceptuales. <http://lema.rae.es/>
- 9 *Label*. Friedman define como etiqueta la característica que diferencia a un recinto de otro, en el sentido de si este es exterior o interior.
- 10 *Graph*. Grafo: (dibujo, imagen) es un conjunto de objetos llamados vértices o nodos unidos

## El Sistema Objetivo. “Hacia una arquitectura científica”

En esta publicación Friedman describe su sistema, basado en el método científico, para la elaboración de un repertorio y la construcción de una máquina que ayude a la toma de decisiones y a las relaciones entre el arquitecto y el usuario. La función del nuevo arquitecto es crear el repertorio, sus posibles combinaciones y las reglas de colocación de los resultados obtenidos, siendo el usuario sobre el que recae la toma de decisiones. La *Ville Spatiale* es una tipología, que lleva a cabo Friedman paralelamente a las teorías iniciadas en 1958 y desarrolladas posteriormente en la publicación *Toward a scientific architecture* (figura 1). En esta publicación define su *Sistema Objetivo (Objective System)*<sup>5</sup>, un método que utiliza para que el usuario consiga la emancipación mediante sus elecciones en la configuración de su hábitat y el posterior posicionamiento en la *Ville Spatiale*. Esta tipología le permite, de forma práctica, la comprobación de la efectividad de su método y que define de la siguiente manera:

“Es una parrilla tridimensional, elevada sobre pilotes, situadas por la superficie del suelo. Los usos de “peso reducido” (viviendas, despachos, salas) se inscriben en los huecos de esta estructura y en la parte elevada. Los “usos pesados” (circulación, reuniones, industria, etc...) ocupan la superficie del suelo, debajo de la parrilla tridimensional y entre los pilotes distanciados”<sup>6</sup>

Es necesario explicar, de forma resumida, algunos de los términos y conceptos desarrollados por Friedman para ocupar *la Ville Spatiale*, para posteriormente proceder a su comprobación mediante Grasshopper 3D. Para ello se generan tres axiomas<sup>7</sup> con una serie de reglas con los que se puede realizar un repertorio de posibilidades que ayudan al arquitecto y al urbanista. Posteriormente esta información es traducida mediante mapeado (*Mapping*)<sup>8</sup> en un grupo de puntos unidos por líneas, estando todos enlazados y unidos entre sí, y todos ellos con una etiqueta (*Label*)<sup>9</sup>. Se han realizado unas reglas gráficas para representar todas las situaciones requeridas (figura 2).

Cada grafo (*Graph*)<sup>10</sup> representa una solución espacial, donde los puntos son estancias, las líneas nos definen sus relaciones, es decir si se accede directamente a una estancia a través de otra y cada punto (o estancia) está etiquetado, o lo que es lo mismo, tiene una característica que lo diferencia de los otros. El *Graph* viene acompañado del valor n, que define el número de estancias que tiene el hábitat. Cuanto mayor es el número mayor complejidad. Para establecer las posibles relaciones directas entre estancias utilizamos líneas, para comprobar que no existe ninguna interferencia (*Crossover*)<sup>11</sup>, estas combinaciones se representan posteriormente en forma de matriz, a la que Friedman denomina matriz adyacente (*Adjacency Matrix*)<sup>12</sup>. De esta manera se va configurando un repertorio de grafos de n estancias, al menos una de ellas exterior, que permite crear un menú, y que es una herramienta generada por el arquitecto o urbanista y que permite al usuario a tomar las decisiones en la configuración de su hábitat. Al establecer los resultados en forma de matriz matemática se pueden realizar una serie de comprobaciones que permiten individualizar los resultados obtenidos para ofrecer el mejor producto, o el más optimizado, al usuario y que sea éste el que elija las propiedades de su hábitat. Se incorporan los conceptos de matriz de trayectorias (*Path Matrix*)<sup>13</sup>, matriz de esfuerzos (*Detail Effort Matrix*)<sup>14</sup> que nos ayudan a calcular; el esfuerzo local (*Local Effort Value*)<sup>15</sup> que nos dice las ventajas de un recinto respecto a los otros y el esfuerzo global (*Global Effort Value*)<sup>16</sup> que representa la suma de todos los esfuerzos locales de la totalidad de configuraciones.

La matriz de trayectorias evalúa el camino más corto entre un punto y otro, suponiendo que todas las distancias son la unidad de forma genérica. La columna  $\Sigma$  nos enseña la suma de todas las distancias unitarias desde un punto dado a todos los demás. Suponemos que un usuario utiliza las diferentes estancias con intensi-

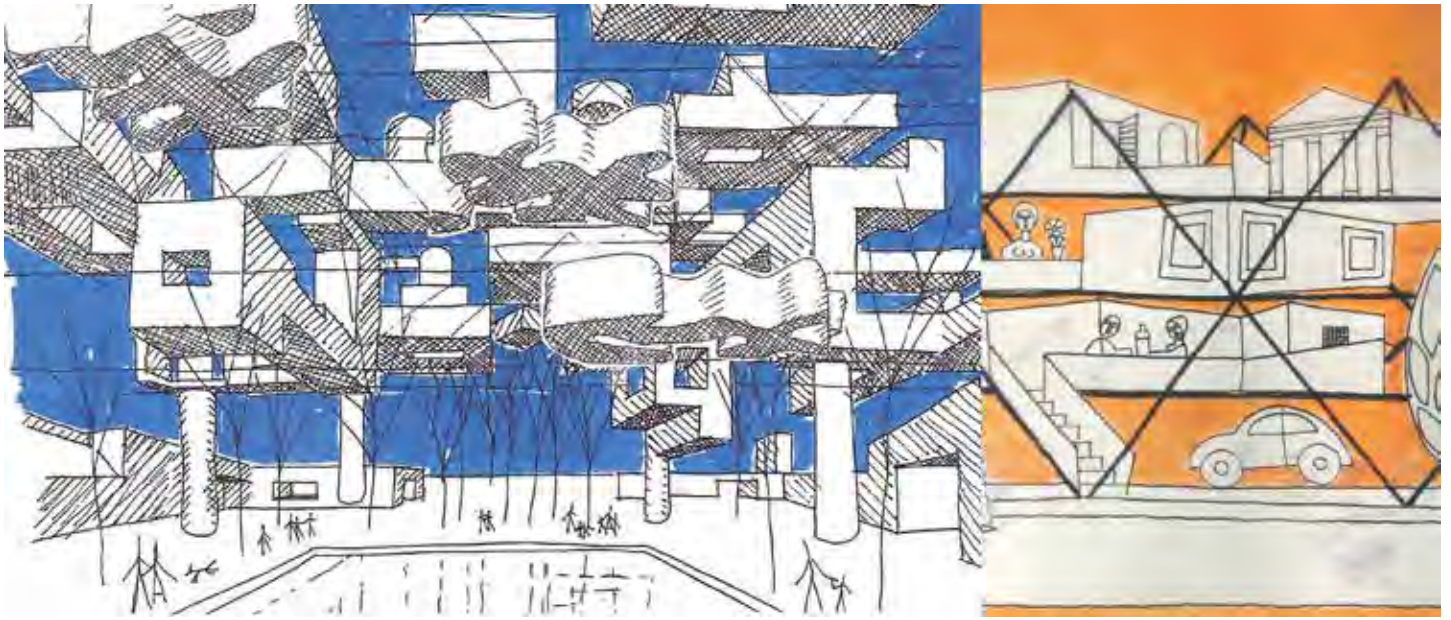


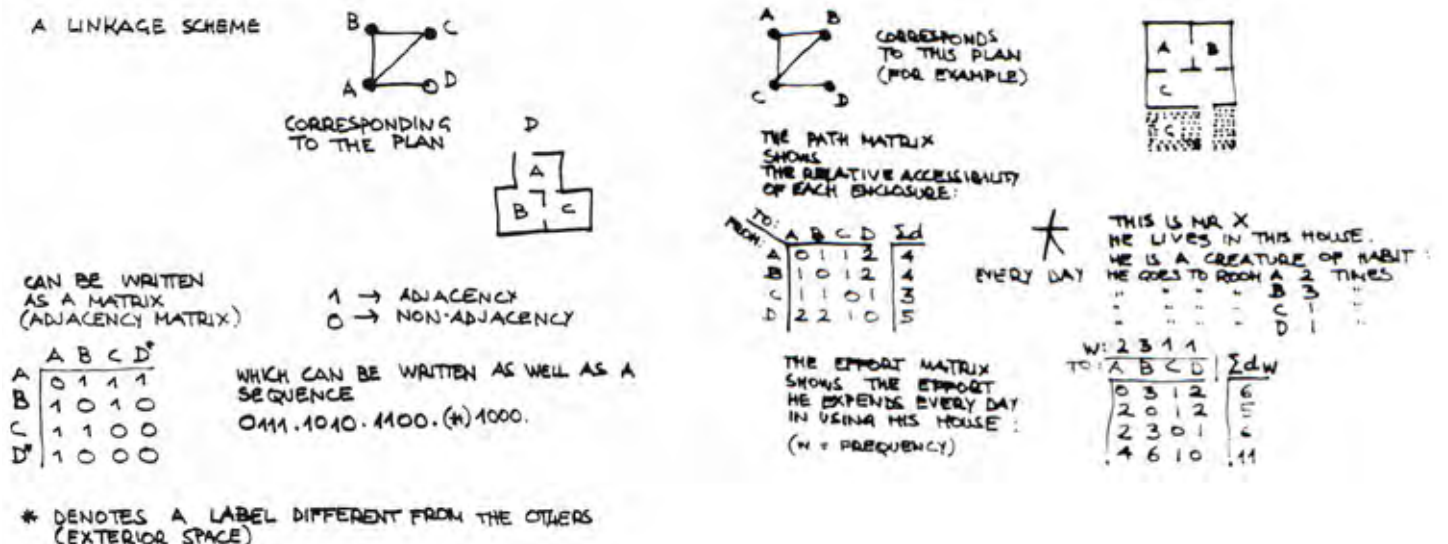
Figura 1. *Ville Spatiale*. Yona Friedman.

Figura 2. Grafo correspondiente a una combinación elegida por el usuario y su desarrollo aparecido en "Towards a scientific architecture".

por enlaces llamados aristas o arcos, que permiten representar relaciones binarias entre elementos de un conjunto. <http://es.wikipedia.org/wiki/grafos>.

- 11 *Crossover*. Yona Friedman define esta situación cuando la comunicación de dos estancias no es directa, y hay que utilizar otro elemento como un corredor o escalera para poder establecerla.
- 12 *Adjacency Matrix*. Matriz adyacente: una matriz binaria que indica con un 1, si entre dos puntos, colocados uno en cabeza de columna y otro en cabeza de fila de la matriz, existe una unión inmediata (adyacencia) o con un signo 0 si no existe unión inmediata (no-adyacencia). La matriz de adyacencia es siempre simétrica

dades diferentes, para lo que se introduce el concepto de frecuencia ( $w$ ), que son las veces que un usuario pasa por un recinto en un intervalo temporal, normalmente un día. Al aplicar la frecuencia a la matriz de trayectorias se obtiene la matriz de esfuerzos, que permite obtener el esfuerzo realizado por un usuario en un espacio temporal determinado. Al sumar este valor por filas obtenemos el llamado esfuerzo local, definido anteriormente, de forma empírica:  $E = \sum dw$ . Cuando mayor es el valor, mayor por tanto el esfuerzo realizado, lo que da una idea de cómo optimizada está la estancia en relación con el hábitat. Es un sistema de advertencias (*Warning System*)<sup>17</sup> que informa de las consecuencias de utilizar un camino de una determinada manera, para que el usuario puede decidir si cambia algún parámetro o la configuración de su hábitat a través del grafo. Con estos valores se realizan gráficas, es el denominado diagrama de esfuerzos (*Effort Diagram*)<sup>18</sup>, sobre una disposición o grafo. Realizando diferentes combinaciones de trayectorias con diferentes frecuencias conseguimos valores de esfuerzos divergentes que el usuario utiliza en la toma de decisiones. Estos procesos deben servir para que el usuario pueda ser capaz de establecer la ubicación de su unidad habitacional en el entramado espacial denominado *Ville Spatiale*, utilizando el repertorio que el arquitecto o urbanista haya realizado. La infraestructura (figura 3) es un lugar compartido con otros usuarios por lo que las decisiones tomadas por uno de ellos afectan a la comunidad (figura 3). Es necesaria una herramienta que coordine las decisiones individuales y como estas afectan a la comunidad y las decisiones comunitarias.





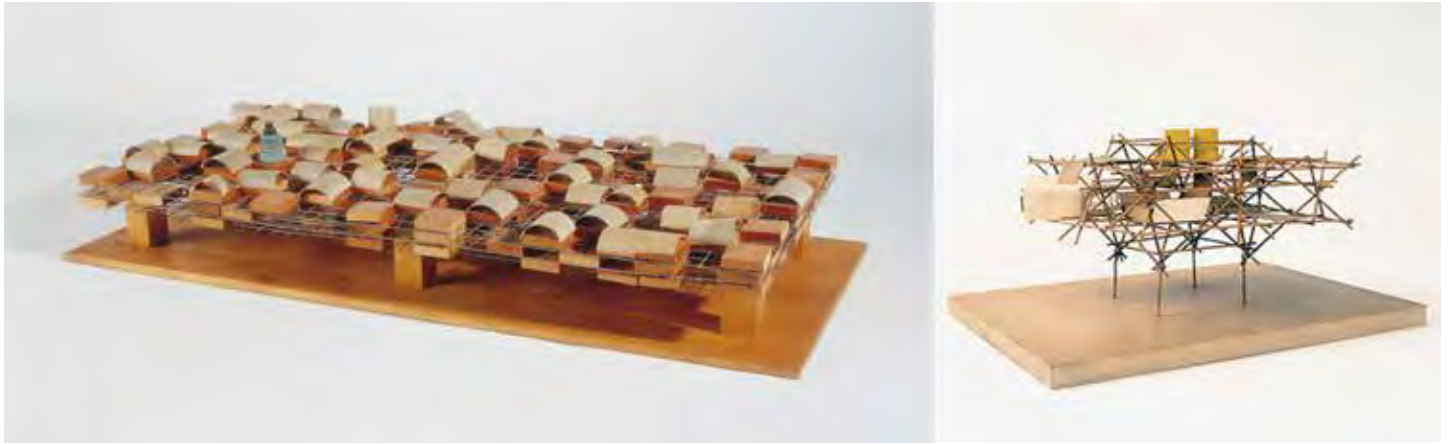


Figura 3. Infraestructura espacial y módulo estructural. Yona Friedman.

respecto a la diagonal principal cuando las uniones no posean flecha de dirección, es decir, cuando cada unión permite el movimiento libre en dos direcciones. Yona Friedman. *Hacia una arquitectura científica*. (Madrid: Alianza editorial, 1973), 46.

- 13 *Path Matrix*. Matriz de Trayectorias: Representa para un graph o grafo determinado que recorrido tenemos que hacer para llegar de una estancia a otra. Cuando las estancias están dispuestas una a continuación de la otra, se representa con la unidad, si para llegar de una estancia a otra hay que atravesar una tercera, se representa con un dos y así sucesivamente. Yona Friedman. *Toward a scientific architecture*. (Cambridge, Massachusetts, and London, England: The MIT Press, 1975), 40.
- 14 *Detail Effort Matrix*. Matriz de esfuerzos: Es la matriz de trayectorias multiplicadas por un factor denominado frecuencia, que se define posteriormente, y que es el número de veces que pasamos por una estancia a lo largo de un periodo temporal, normalmente un día. Idem 41.
- 15 *Local Effort Value*. Esfuerzo local: Es el resultado de sumar las filas en la matriz de esfuerzos, relativo a cada estancia, nos da un número que representa las ventajas de un recinto dentro de un sistema de relaciones de un modo adecuado. Cuanto mayor es el valor, mayor es el esfuerzo local. Normalmente si el esfuerzo es demasiado grande se recomienda cambiar el graph. Idem 42.
- 16 *Global Effort Value*. Esfuerzo global: Se obtiene de la matriz trayectorias de sumar todas las filas y posteriormente todas las columnas para conseguir un número, que es el denominado esfuerzo global del esquema o graph sobre el que se está realizando el estudio. Idem 42.
- 17 *Warning System*. Sistema de advertencias: Sistema de alarma, referido al diagrama de isoesfuerzos, que nos avisa cuando la concentración de esfuerzos es muy alta y es recomendable cambiar la disposición del sistema. Idem 43.

## El *Flatwriter* de Yona Friedman

Para poder transmitir estos conceptos y parámetros que ayuden al usuario a configurar sus preferencias a través de una serie de elecciones o toma de decisiones, Yona Friedman desarrolla el *Flatwriter* (figura 4). Es una máquina con la que se interactúa con el futuro usuario de la *Ville Spatiale*. La propuesta fue presentada en la Exposición Universal celebrada en Osaka en 1970. Con apariencia de máquina de escribir, cuenta con 53 teclas que representan las diferentes combinaciones, contornos e incluso las distribuciones del mobiliario del repertorio creado por el arquitecto o urbanista. Según Friedman el programa podría generar de 3 a 4 millones de opciones de hábitat, entre las que el usuario podría elegir su propia configuración. El *Flatwriter* también era capaz de dar instrucciones y advertencias de las consecuencias de las decisiones tanto individuales como colectivas.

*“Este proyecto que concebí para la Exposición Mundial de Osaka en 1970 consiste en una máquina de escribir que imprime planos... Cada persona que se diseñe un apartamento con esta máquina contribuirá al mismo tiempo a la creación de una ciudad (imaginaria) que será el resultado de la yuxtaposición de todos los apartamentos elegidos individualmente. Dicho ordenador mostrará visualmente (en el plano) masa la ciudad, que se irá componiendo lentamente a medida que los visitantes de la exposición vayan manejando el Flatwriter”<sup>19</sup>.*

La máquina nunca fue implementada ni comercializada, aunque, como el propio Friedman relata en una entrevista concedida a Theodora Vardoulis<sup>20</sup>, en 1973 fue desarrollada por el Media Lab del MIT (Massachusetts Institute of Technology). Los resultados del experimento realizado por Nicholas Negroponte y Guy Weinzapfel están expuestos en la publicación *“Architecture by yourself”<sup>21</sup>*. YONA es el nombre elegido para designar el método del Media Lab creado a partir de las teorías de los grafos y las reglas del mapeado descritas en la publicación *“Towards a scientific architecture”*. En la que implementa su *Sistema Objetivo*, basado en el método científico, el cual ha sido resumido anteriormente y enumera una serie de pasos para utilizar el *Flatwriter*, que a continuación se resumen de forma ejemplificada (tabla 1).

## Revisión, Desarrollo y Posibilidades del *Flatwriter* en la era digital

Consideramos que las intenciones del *Flatwriter* así como sus características formales son susceptibles de ser revisadas y desarrolladas con las nuevas herramientas digitales para establecer sus posibilidades actuales. Utilizando los pasos ejemplificados anteriormente se procede a traducirlos mediante la metodología desarrollada por las herramientas algorítmicas de Grasshopper 3D. De esta manera se actualiza el método propuesto por el arquitecto Yona Friedman para alcanzar un modelo de urbanismo basado en la autodeterminación del usuario. El Sistema Objetivo se centra en las decisiones del usuario para seleccionar y diseñar su hábitat y el entorno donde se inserta. El término de democratización (*Democratization*)<sup>22</sup> es

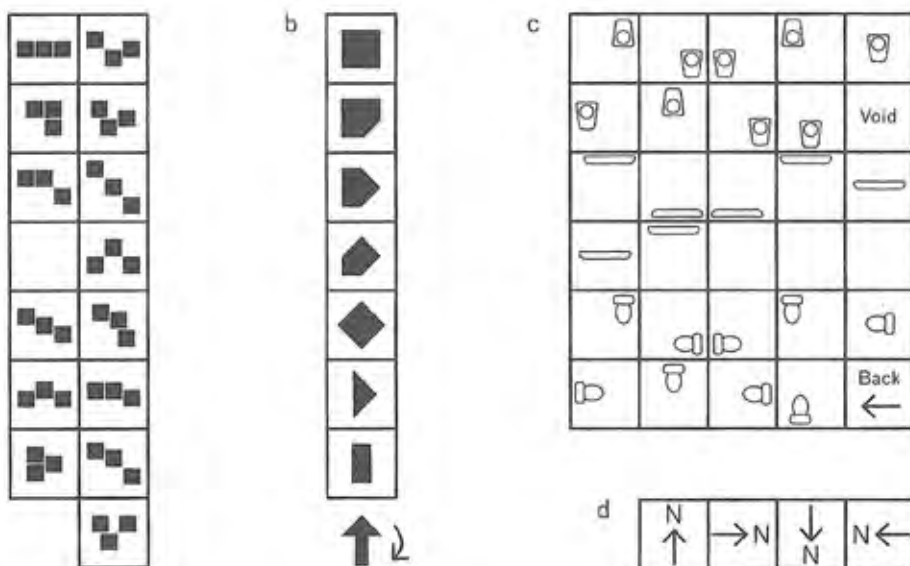
Tabla 1.

Paso 1	En el teclado se sitúan: 1-todas las configuraciones y conexiones para n espacios. 2-Todos los contornos de un espacio. 3-Las posiciones del mobiliario (baños y cocinas) en un espacio. 4-Totalidad de orientaciones de un hábitat.
Paso 2	El usuario realiza una elección según el repertorio descrito y el <i>Flatwriter</i> la imprime el resultado.
Paso 3	Se facilita el coste de la construcción de la elección y se imprime.
Paso 4	Se introduce la frecuencia (w) de utilización de las estancias durante 1 día, que es el intervalo temporal.
Paso 5	Se informa de las consecuencias de la elección mediante alertas del sistema ( <i>warning system</i> ). Si el objeto no cumple las expectativas se realiza otra elección.
Paso 6	Se sitúa el hábitat elegido en la infraestructura y se grafían los espacios disponibles en la <i>Ville Spatial</i> .
Paso 7	El <i>Flatwriter</i> inserta y presenta grafiado el perímetro en la infraestructura y el usuario comprueba que todas las elecciones son correctas. Si éstas entran en conflicto con otros hábitats ya insertados, el programa lo indica y el usuario tiene que elegir otra ubicación hasta que no se presenten conflictos colectivos.
Paso 8	Una vez confirma la ubicación el <i>Flatwriter</i> vuelve a calcular el diagrama de esfuerzo para toda la infraestructura, para que el colectivo pueda también interactuar ante la nueva incorporación en la ciudad*

\* De esta manera describe Friedman la utilización del *Flatwriter*, donde un usuario genérico que denomina Mr Smith toma una serie de decisiones sobre su vivienda que tiene que estar ubicada en una infraestructura la cual aloja todas las instalaciones necesarias para su correcto funcionamiento: agua, gas, electricidad. y saneamiento.

Yona Friedman. *Toward a scientific architecture*. (Cambridge, Massachusetts, and London. England: The MIT Press, 1975), 53.

Figura 4. Panel con el repertorio ofrecido en el *Flatwriter* de Yona Friedman.



18 *Effort Diagram*. Diagrama de esfuerzos: diagrama con los esfuerzos de las diferentes configuraciones de un hábitat. Idem 42.

19 Yona Friedman. *Arquitectura móvil. Hacia una ciudad concebida por sus habitantes. L'architecture mobile*. (Barcelona: Editorial Poseidon, S.L, 1978), 53.

20 Theodora Vardouli. *Architecture by yourself: early studies in computer-aided participatory design*. (Open architectures, 2011)

21 Guy Weinzapfel, Nicholas Negroponte. *Architecture-by-yourself: an experiment with computer graphics for house design. en: Proceedings of the 3rd Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*. (New York: Association for Computing Machinery, 1976),74-78.

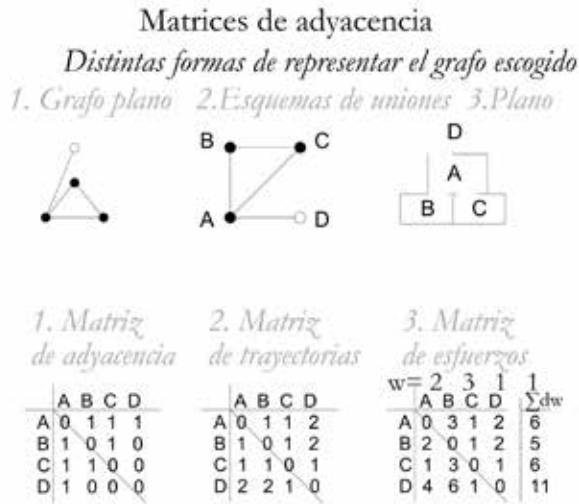
22 Democratization. Yona Friedman se refiere al concepto de democratización, es decir, que las decisiones son tomadas por aquellas personas que puedan perder o se vean afectadas en dichas operaciones. Yona Friedman. *Toward a scientific architecture*. (Cambridge, Massachusetts, and London. England: The MIT Press, 1975), 139.

23 *Toward a scientific architecture*. (Cambridge, Massachusetts, and London. England: The MIT Press, 1975), 13

el que el arquitecto utiliza para insistir en el hecho de que “*el poder de elección pertenece legítimamente al futuro usuario*”<sup>23</sup> La intención en esta investigación es, por tanto, buscar un sistema que permita devolver el poder al usuario para seleccionar y diseñar su hábitat y su entorno, poniendo así el foco en los procesos de indeterminación, autogestión y diseños participativos. De esta manera, la investigación se desarrolla en dos fases; en la primera se plantea la implementación de los pasos 1 al 5, referidos a las decisiones del usuario relativas a su vivienda. En la segunda, los pasos 6, 7 y 8, se insertará esa vivienda en una infraestructura o sistema indeterminado previamente elegido según lo dispuesto en “*Toward a scientific Architecture*” como ya explicamos con anterioridad. Resumiendo, quedan las siguientes fases (figura 5 y 6).

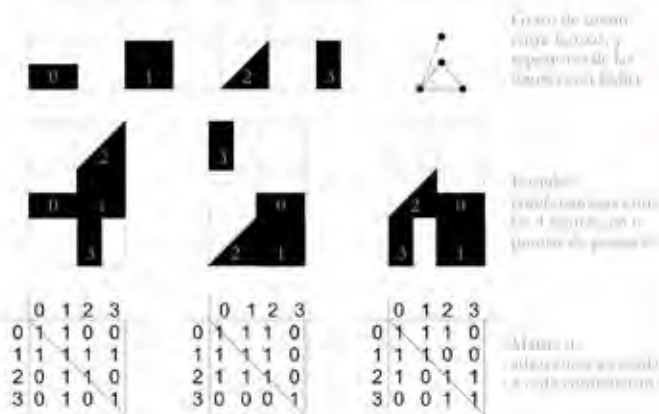
FASE A- Elección del hábitat por el habitante (pasos del 1 AL 5)

FASE B- Inserción democrática en un sistema indeterminado. (pasos del 6 AL 8)



### Método elaborado

#### Combinaciones de uniones entre los espacios



### Elección del usuario

#### Elección del apartamento y su ubicación

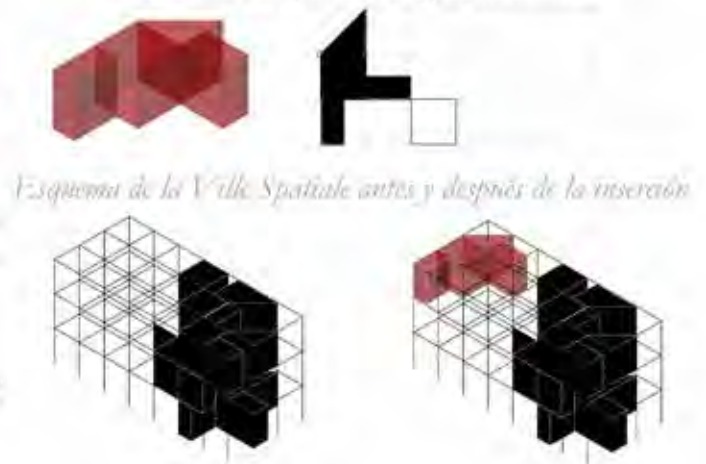


Figura 5. Elección del hábitat por el usuario. Grafo y puntos de posicionamiento. Imagen de Ana Sánchez Pérez.

Figura 6. Una vez se ha realizado la elección definitiva se inserta en la infraestructura. Imagen de los autores.

### Fase A

Antes de interactuar con el nuevo *Flatwriter* debemos crear un repertorio y con objeto de simplificar se ha realizado con 4 posibles estancias (figuras), que pueden encontrarse en 6 puntos de posición con lo que se obtiene una combinatoria de 1295 grupos con las 4 figuras en diferentes posiciones. Para la representación del grafo se utiliza el plug-in SYNTATIC<sup>24</sup>, que permite elaborar un análisis de síntesis espacial y la visualización del grafo en la pantalla del ordenador, en tiempo real.

El proceso utilizado con la herramienta SYNTATIC es el siguiente:

1. Se dibujan una serie de puntos, cada uno representa un espacio
2. Se une cada punto con líneas, que representan accesos entre ellos.
3. Cada punto lleva asociado dos etiquetas espaciales, que son las diferencias del grafo.

El PASO 1 podría por tanto implementarse:

Se ha generado un repertorio sobre el que el usuario pueda elegir la combinación que a priori más le conviene. Se utilizan piezas con una geometría sencilla para no añadir complejidad al proceso. Las relaciones entre las piezas, que representan estancias se consideran adyacentes cuando se tocan, por lo menos, en un punto. Esto es importante para establecer que se puede acceder a una de ellas a través de la otra. Las soluciones que se superponen o que se acoplen se eliminan del

<sup>24</sup> SYNTACTIC (Designing with Space Syntax) es un plug-in para Grasshopper diseñado por Pirouz Nourian y Samaneh Rezvani, ingenieros de la Universidad de Delft. Esta herramienta recoge una síntesis de numerosos métodos de configuraciones espaciales, análisis de redes y establece un cuerpo metodológico sobre la representación de teorías de grafos y análisis de configuración espacial



Figura 7. Piezas elegidas en el repertorio elaborado y diferentes posicionamientos en la malla. Imagen de Ana Sánchez Pérez.

sistema. Las diferentes combinaciones se realizan sobre una malla ortogonal de puntos donde poder colocar las diferentes estancias o piezas (figura 7). De esta manera ya se puede deducir que el número total de grafos sobre el que el usuario puede elegir depende tanto del número de estancias a combinar ( $N_p$ ) como del número de posibles posiciones ( $N_d$ ). De esta manera se muestra como para un grafo de 4 estancias se incrementa las combinatorias al aumentar el número de posiciones de combinación entre ellas.

En el PASO 2 El cliente decide sobre una configuración o grafo y la máquina le devuelve una serie de posibles soluciones para elegir entre ellas, imprimiendo el resultado. Para generar todas las combinaciones posibles con las configuraciones o figuras elegidas, que son formas simples creadas a través de polilíneas cerradas, cada una de estas figuras lleva asociada un índice (0,1,2,3) y se analiza las cohesiones de cada una de ellas con el grupo completo. El resultado es una lista de valores booleanos (*Boolean values*)<sup>25</sup>. De tal manera, *true* si existe adyacencia con otra de las piezas de la lista (y con ella misma) y *false* si no existe dicha condición de adyacencia. Expresando el resultado en un valor numérico, *true*=1, *false*=0. De aquí se obtiene otra matriz de adyacencia, que representa las relaciones entre los espacios a través de matrices binarias y simétricas respecto a su diagonal principal tal y como la describe Friedman. Con esta información se puede realizar la matriz seleccionada (*Target Matrix*), que es la interpretación de la matriz de adyacencia, donde recordemos que 1 representará conexión directa entre los espacios cerrados y 0 no conexión, dependiendo de la posición de cada una respecto a las demás, lo que constituirá la totalidad de las combinaciones para unas determinadas estancias elegidas, en este caso 4 piezas en los 6 puntos de posición, permitiendo visualizar todas las opciones generadas al mismo tiempo, así como los cambios en la elección o en el grafo que decida el usuario en cada momento de su proceso de diseño (figura 8).

En el paso 2 el *Flatwriter* de Friedman imprimía un resultado. Para implementar este paso primero tendríamos que realizar todas las combinaciones con los grafos resultantes de las estancias o configuraciones, conexiones y contornos. Para ello hay que filtrar estos resultados sabiendo que la solución debe satisfacer simultáneamente dos suposiciones; la primera es que debe cumplir con las condiciones de adyacencia establecidas por el usuario para las determinadas estancias elegidas e impuestas en el grafo. La segunda es que no puede existir superposición entre ellas, lo que significa que la suma de las áreas aisladas de las estancias o figuras tiene que ser igual al área total una vez unida para configurar un hábitat. Para llegar a las combinaciones finales que son aptas hay que realizar un doble filtro; el primero se realiza calculando la diferencia entre las matrices de adyacencia del grafo del usuario y el de la posible candidata a solución. Esta es válida si es resultando es cero, lo que significa que los dos soluciones comparten la matriz de adyacencia. El segundo es el filtro de la superposición, para ellos se obtiene la diferencia entre la superficie total del grafo y la suma de las cuatro áreas de las

25 Un valor booleano representa un valor de verdad; es decir, TRUE o FALSE



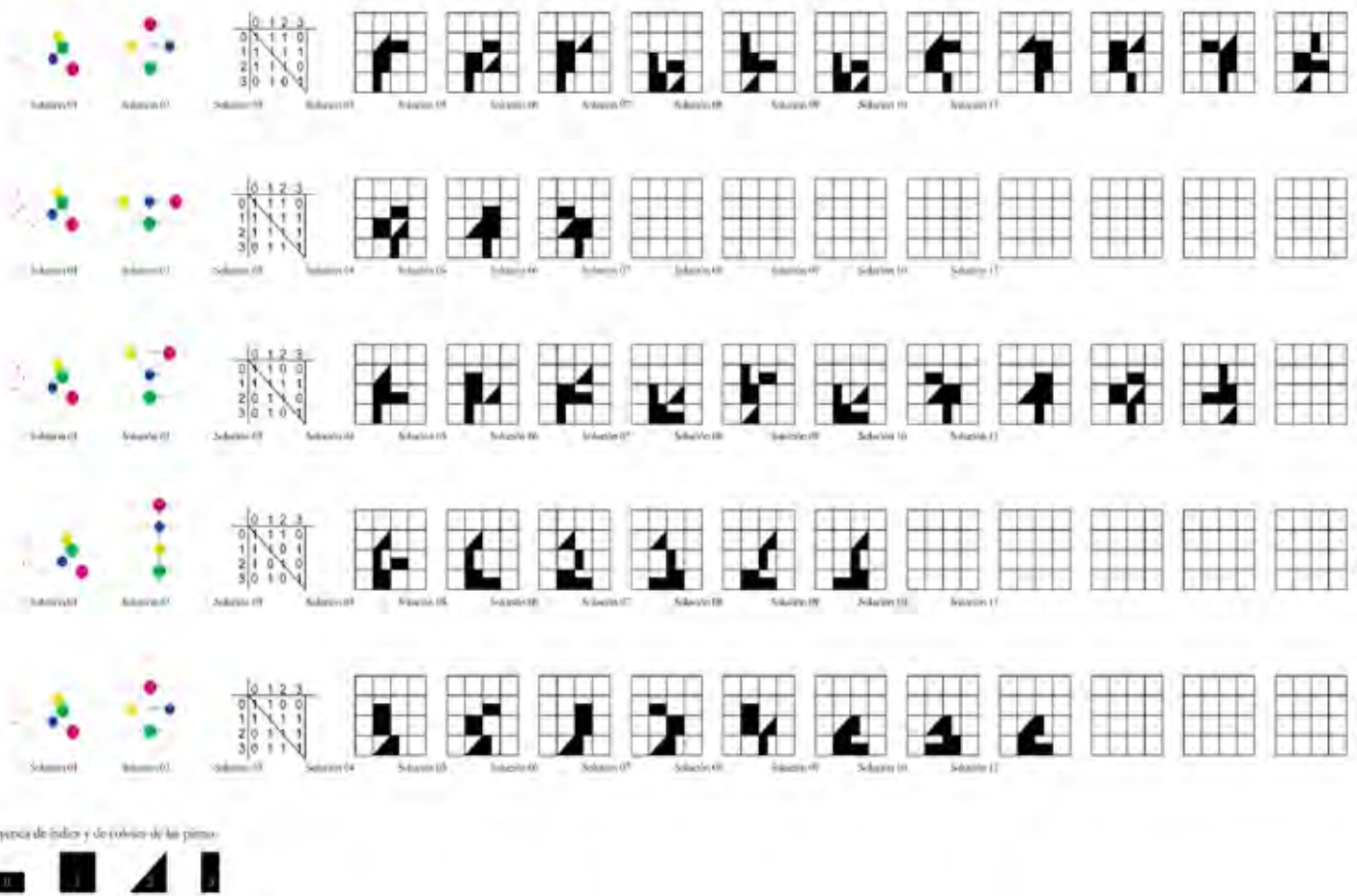


Figura 8. Resultados del grafo y matriz de adyacencia elegida. Combinaciones posibles. Imagen de los autores.

estancias que lo componen, si es nuevamente cero significa que no hay superposición entre las piezas de la combinación evaluada y es por tanto válida. Una vez llegado hasta aquí se muestra la totalidad de combinaciones que pueden satisfacer las condiciones exigidas por el usuario y éste debe por tanto tomar una decisión. El *Flatwriter* originario imprimiría el resultado. Tanto las intenciones de Friedman como de la metodología planteada aquí pretenden responder a las corrientes de empoderamiento del usuario no experto definiendo las tareas del nuevo arquitecto y urbanista como:

“Asegurar la constitución de un ‘stock’ de todas las posibilidades de conjuntos que un cliente es susceptible de elegir (se trata de asegurar el ‘hardware’, es decir ‘la infraestructura’), de tal forma que cuando el cliente haya hecho su elección, tenga la posibilidad de cambiarla o modificarla (y por consiguiente de modificar el consiguiente ‘hardware’) cuando lo desee”<sup>26</sup>

En el PASO 3 se facilitaba el coste de la construcción y se imprimía dicha información. Para la reinterpretación de este paso se han obviado la traducción en costes monetarios debido a las diferencias en los precios de los materiales siendo algo bastante subjetivo. Se ha optado por ofrecer un modelo tridimensional de la combinación elegida para que de manera intuitiva se pueda nuevamente establecer si el hábitat ofrecido satisface las expectativas del usuario. Se utiliza la herramienta Grasshopper 3D con la implementación de Wallacei para la modelización del hábitat elegido. Resumiendo, el algoritmo propuesto constaría de seis pasos:

26 Yona Friedman. Hacia una arquitectura científica. (Madrid: Alianza editorial, 1973), 49.

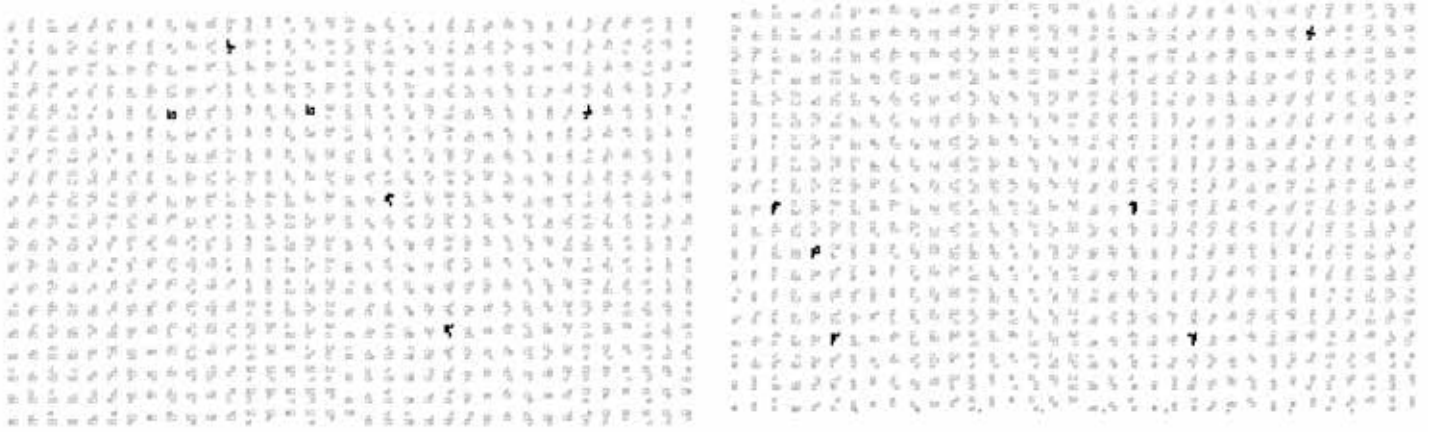


Figura 9. Representación del filtrado de combinaciones válidas. Imagen de Ana Sánchez Pérez.

1. Creación y representación del grafo.
2. Obtención de matrices a partir del grafo elegido por el usuario generando diferentes matrices de adyacencia.
3. Puntos de posicionamiento sobre una matriz estructural que coincide con la malla de la infraestructura.
4. Generación de todas las combinaciones que son susceptibles de ser elegidas según las premisas iniciales del usuario.
5. Elección y filtrado de las combinaciones válidas según lo expuesto anteriormente.
6. Resultados de las combinaciones sobre las que el usuario elige una y es impresa (figura 9).

Una vez que el usuario está de acuerdo con el hábitat que ha elegido, pudiendo comprobar tridimensionalmente las condiciones espaciales se procede al estudio de su optimización

En el PASO 4 en el *Flatwriter* de Yona Friedman se introduce la frecuencia ( $w$ ), que era las veces que se utilizaba una estancia a lo largo de un intervalo temporal, en este caso un día. Para establecer primero la matriz de trayectorias y posteriormente la matriz de esfuerzos que nos ayuda a elaborar los esfuerzos locales y globales de la combinación elegida, es necesario obtener una matriz de adyacencia a la manera de Yona Friedman, donde la diagonal tiene siempre valor 0. Con matriz de adyacencia obtenida en esta investigación mediante *Space Syntax* obtenemos la misma información, pero con la unidad en la diagonal de la matriz. Es necesaria una transformación. Se desarrolla un método de conversión a partir de la salida del grafo. La lista elaborada en el *Diagrama de conexiones G* se genera de la siguiente manera: en la sub-lista de cada elemento (0,1,2,3) se coloca aquel elemento con el que tiene adyacencia, es decir si el elemento 2 tiene adyacencia con 0 y 3, estos son los que aparecen en dicha sub-lista. Nuestra estrategia para generar la matriz de adyacencia es contar las veces que aparece un elemento en cada lista, posteriormente se genera otra lista secuencial donde colocamos la adyacencia del elemento con el mismo, que es un valor nulo, que se suma a la otra lista obtenida, obteniendo la matriz de adyacencia, binaria y simétrica desde el grafo. Una vez que hemos obtenido la matriz de adyacencia podemos generar la matriz de trayectorias, que recordemos que nos indica cuantas estancias hay que atravesar para llegar a aquellas de destino. Por ejemplo, para llegar de A a C tengo que atravesar 2 estancias, pues colocamos el valor 3. Si la conexión es directa valor 1, si atravieso un a estancia, valor 2. Esta matriz se obtiene mediante *Integration Analysis* de *Space Syntax* y la matriz de esfuerzos multiplicando la frecuencia, que es un valor que debería introducir el usuario, ya que él sabe el nivel de utilización de cada estancia en un intervalo temporal, en este caso un día.

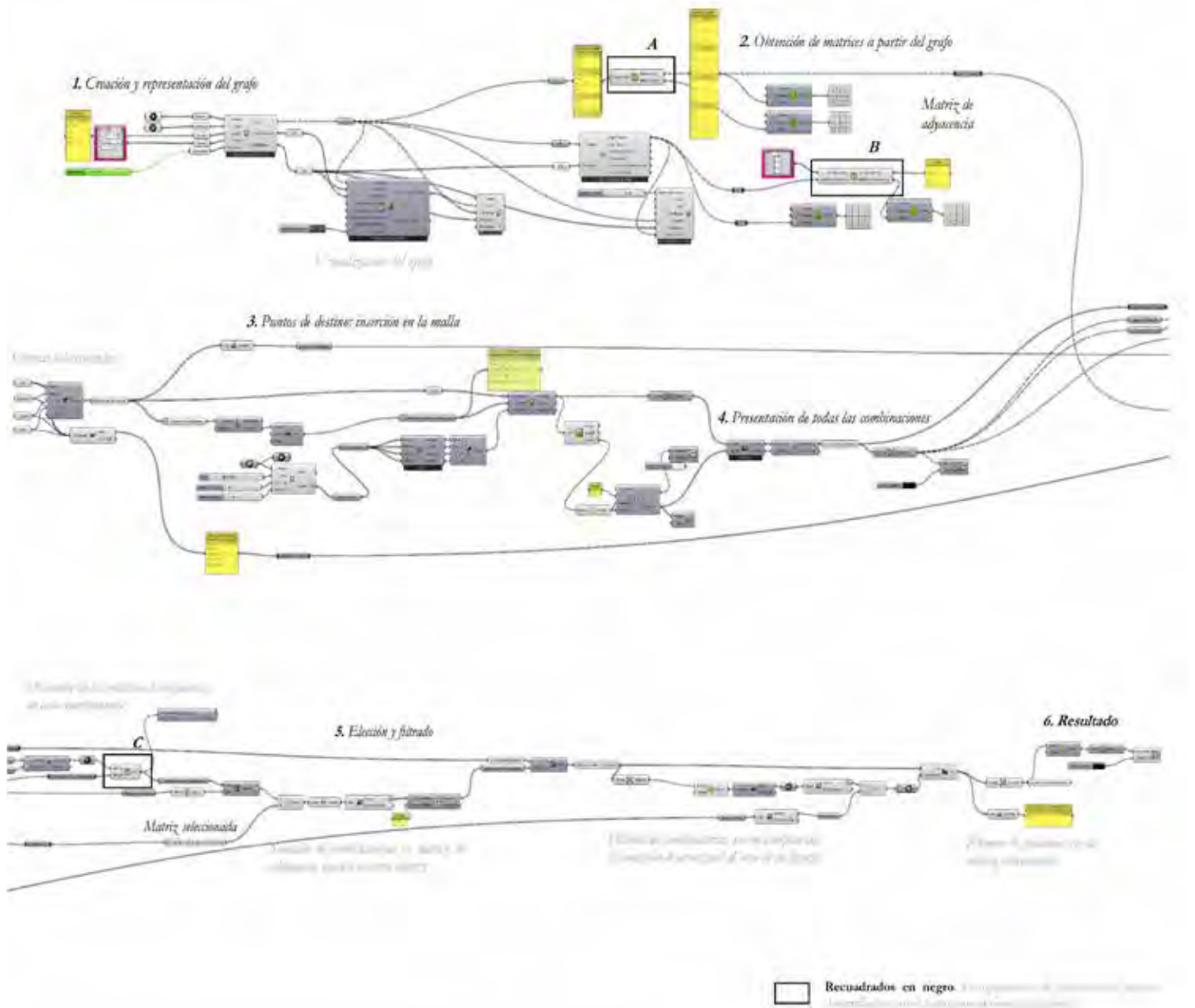


Figura 10. Algoritmo generado para implementar la Fase A. Imagen de Ana Sánchez Pérez.

Sumando cada fila de la *matriz de esfuerzos* obtenemos el *esfuerzo local* de cada estancia y la columna resultante al sumarla el *esfuerzo global* del grafo elegido por el usuario. Este proceso se ha conseguido sistematizar por completo en el algoritmo, gracias al desarrollo de dos componentes con lo propuesto en esta investigación.

Con toda esta información podemos abordar el PASO 5, donde informamos al usuario de las consecuencias de su elección mediante las alertas del sistema (*Warning System*). Así el usuario puede decidir si esta configuración de grafo elegida dentro de las combinaciones dadas es la correcta o si decide cambiar algún parámetro o la configuración de su hábitat a través del grafo, para optimizar la vivienda siguiendo parámetros objetivos. La Fase A queda implementada y el usuario ha realizado todas las acciones necesarias para elegir de forma individualizada su hábitat (figura 10). Quedaría por tanto introducirla en la *Ville Spatiale*, que recordemos es una trama espacial abstracta en forma de parrilla tridimensional, elevada sobre pilotes y separada y situada del plano del suelo y que responde a ciertas características, que en palabras del propio Friedman:

*“la infraestructura ha sido planeada de tal manera que: a-cualquier inserción puede ser realizado en un vacío (void).b-cualquier elección realizada inicialmente en este espacio ser cambiada y corregida sin tener que realizar ningún cambio en la infraestructura, todos los cambios se realizan a partir de las partes móviles (particiones, techos, pavimentos) que han sido insertadas en la infraestructura”*<sup>27</sup>

27 Yona Friedman. *Toward a scientific architecture*. (Cambridge, Massachusetts, and London, England: The MIT Press, 1975), 53.

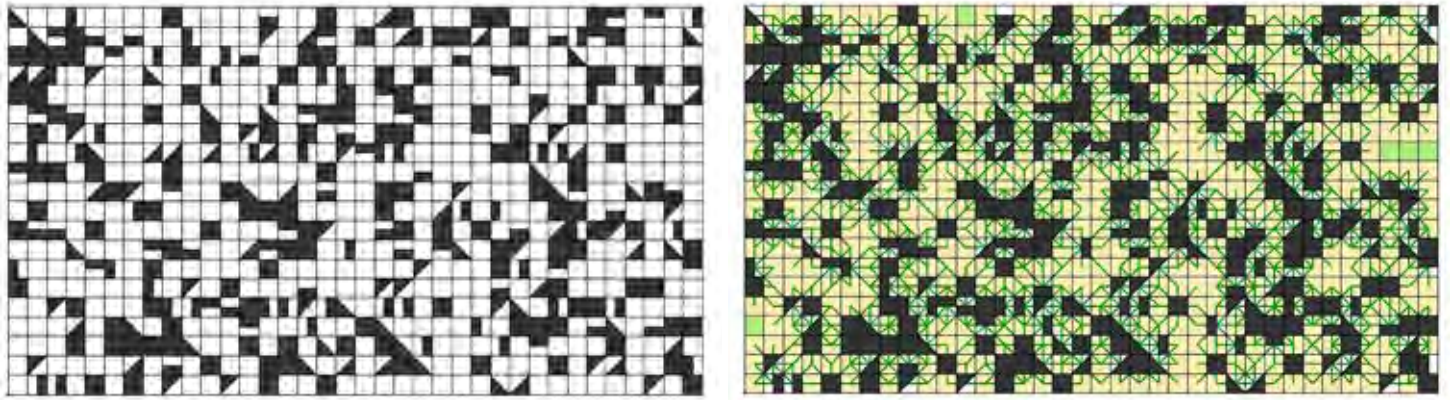


Figura 11. Izquierda: Infraestructura con células ocupadas en negro. Derecha: en verde enlaces de las células ocupadas estableciendo células vecinas por proximidad tipológica. Imagen de Ana Sánchez Pérez.

### **Fase B**

La fase B aúna los pasos 6, 7 y 8 de lo elaborado por Friedman, que recogen la inserción de la vivienda en el entorno urbano y un sistema de advertencias que permite a todos los ciudadanos estar informados de las consecuencias particulares que pudieran afectarle en cada cambio que se produzca en la ciudad. En el PASO 6: Se insertan por tanto el hábitat elegido finalmente por el usuario en la *Ville Spatiale* de tal manera que en un panel se grafían los espacios disponibles en la trama estructural. Es necesario que las células de la estructura, que son las casillas donde insertamos un espacio, estén previamente definidas, que es lo que denominamos *punto de destino* de nuestras estancias. La célula utilizada tiene geometría cuadrada de dimensión genérica  $A \times A$ . Creamos una retícula con la extensión deseada, de forma paramétrica, y en el caso que nos ocupa son 30 células o casillas en el eje X y 20 en el eje Y. Una vez que los usuarios van ocupando las casillas están dejan de estar disponibles. Este proceso se simula creando un patrón aleatorio, dividiendo toda la estructura en células negras, que son las casillas ocupadas y células blancas, que son a su vez las casillas que permanecen libres. El patrón permite muchas variaciones, así como variar la densidad de ocupación, que según las teorías de Friedman no debe ser superior al 50% en cada estrato de la ciudad espacial para garantizar las condiciones de habitabilidad, como iluminación y ventilación adecuada. Para el caso desarrollado en este trabajo se establece que la ocupación no debe superar el 30%. Se consigue, por tanto, que el usuario interactúe nuevamente en el proceso de crecimiento de la ciudad, en este caso de la *Ville Spatiale*. En la pantalla del ordenador aparece la infraestructura con las casillas ocupadas y los espacios libres, que son donde el usuario puede insertar el hábitat elegido previamente (figura 11).

En el PASO 7 aparece grafiado el perímetro y volumen ocupado por la vivienda del usuario para que nuevamente se compruebe que la elección realizada es correcta, o sí por el contrario se necesita cambiar la ubicación elegida. En el caso que la elección entrara en conflicto con algún hábitat ya insertado, el algoritmo lo indicaría y el usuario debería cambiar el lugar de inserción. Para ello hay que incorporar un sistema de avisos estableciendo que se pueden ocupar solo las células libres, pero se mostrará una advertencia cuando se intente ocupar una casilla libre que sea contigua a otra que ya esté ocupada. Este tipo de aviso pertenece al *Warning System* explicado anteriormente y a nivel urbano también analiza otros parámetros relativos a la ventilación, iluminación, salubridad (figura 12).

El último paso es el PASO 8 donde una vez elegida la ubicación y comprobar que ésta es correcta, lo que ya se ha comprobado mediante las advertencias generadas, el algoritmo vuelve a generar otras comprobaciones a nivel urbano (figura 13). En este paso se calcula el esfuerzo global (*Global Effort Value*) que recordemos es la suma de todos los esfuerzos locales de todas las configuraciones realizadas por los usuarios y se genera el diagrama de esfuerzos para toda la infraestructura



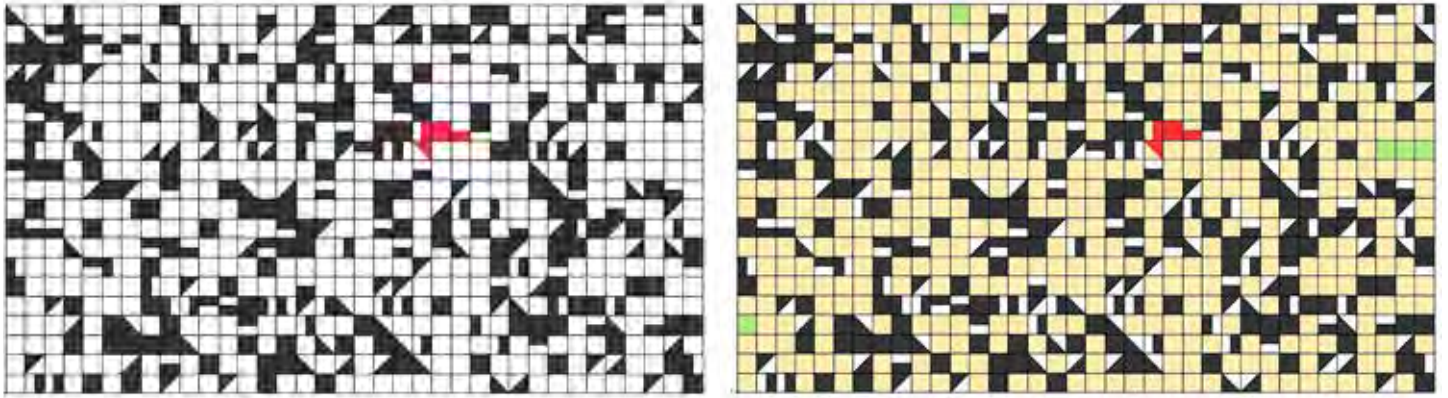


Figura 12. Izquierda: En rojo ubicación del hábitat elegido por el usuario en la infraestructura. Derecha: en verde células donde se puede insertar la vivienda sin advertencias. Imagen de Ana Sánchez Pérez.

Figura 13 (abajo). Algoritmo generado para implementar la Fase B. Imagen de Ana Sánchez Pérez.

que permitirá a los nuevos usuarios de la *Ville Spatiale* estar informados sobre los cambios que implica la llegada de un nuevo habitante (el ruido, la calma, el valor comercial, la accesibilidad, etc.).

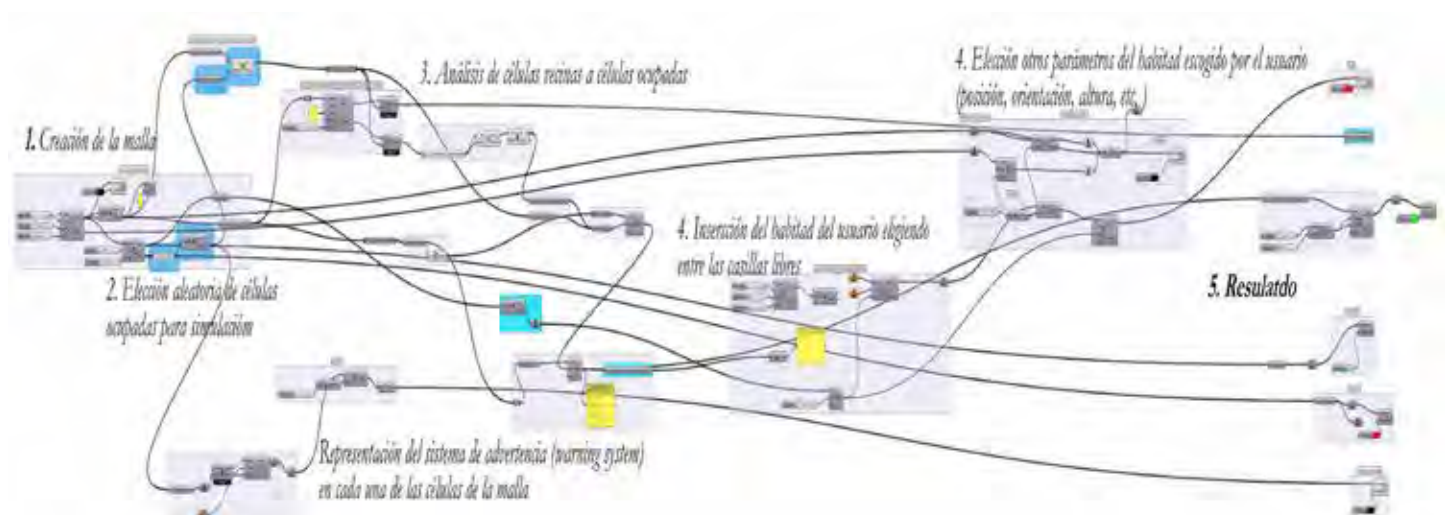
*“este diagrama de esfuerzos informa a todos los habitantes de la infraestructura acerca de los cambios que comporta la llegada de otro usuario para la ciudad o barrio (osea para la infraestructura). El diagrama muestra, para dar una interpretación grosso modo, si el número de personas que pasan junto a cada apartamento ha aumentado o ha disminuido respecto a los apartamentos vecinos. Esta información es muy importante ya que el ruido, la calma, el valor comercial, la accesibilidad, etc, son características contenidas en el parámetro de esfuerzos”<sup>28</sup>*

## Conclusiones

La visión de Friedman, aunque difícil de conseguir fuera de la utopía, ofrece otro punto de vista de las relaciones sociales, políticas, económicas y jerárquicas que se dan en la ciudad, y dejan patente la imposibilidad de resolver los problemas a las que se enfrentan nuestras ciudades sin procesos participativos. Aunque el intento de implementación de estos procesos no ha sido exclusivo de Friedman, pues en los 70 se sumaron arquitectos como John Turner con teorías para la autoconstrucción, John Habraken con el sistema de soportes o Christopher Alexander con la implementación de modelos computacionales, las propuestas alternativas a las de Friedman se basan en el diálogo y las entrevistas con los usuarios finales. Todas estas propuestas añaden la componente participativa a la generación de arquitectura, que hoy en día sigue estando vigente y siendo foro de nuevas discusiones.

El *Flatwriter* sin embargo, elimina por completo la interacción arquitecto-cliente, evitando así el paternalismo del arquitecto en este proceso, descentralizando el poder en la toma de decisiones, y abogando por un urbanismo democrático. Esta ausencia de interacción entre arquitecto y cliente ofrece precisamente a este sistema ideado por Friedman la posibilidad de adaptarse a la tecnología empleada hoy en día, eli-

28 Yona Friedman. *Hacia una arquitectura científica*. (Madrid: Alianza editorial, 1973), 76.





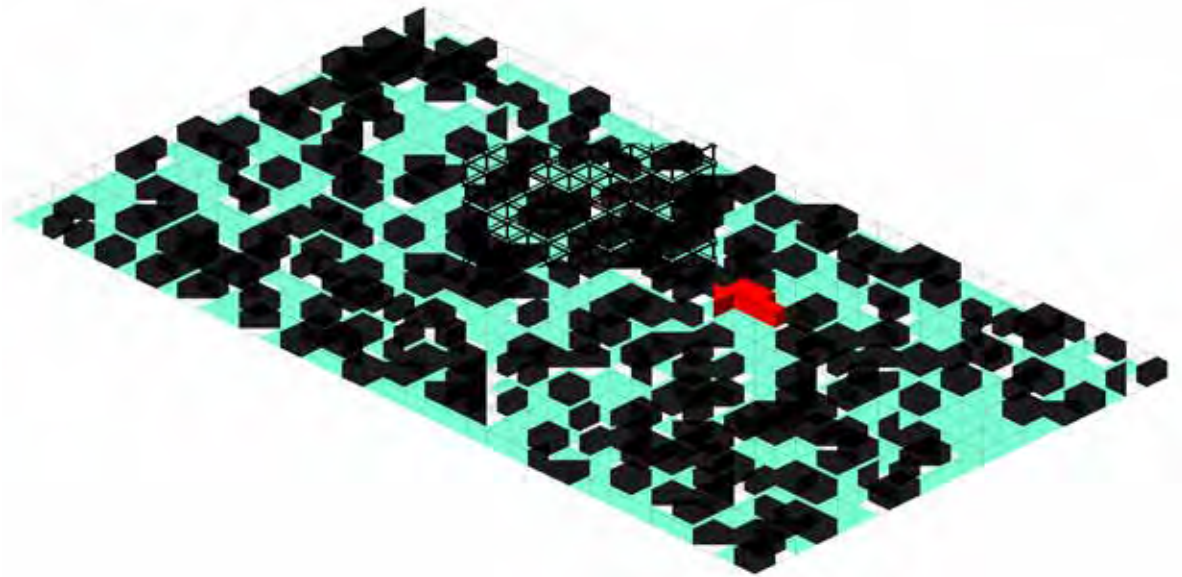


Figura 14. Axonometría de la inserción del hábitat elegido por el usuario en rojo en la infraestructura urbana. Imagen de Ana Sánchez Pérez.

minando aspectos subjetivos en la relación y permitiendo una mayor distancia entre un agente y otro. El papel del arquitecto se convierte así en el del creador de un repertorio de posibilidades, donde los usuarios pueden elegir. Esto es lo que se intenta replicar mediante la tecnología actual, la creación de un algoritmo por parte de los arquitectos con el que los usuarios sean capaces de interactuar sin más mediación. Dentro de las limitaciones encontradas en el experimento llevado a cabo está la implementación del mismo en una plataforma privada bajo un entorno de trabajo de un software específico. El salto conceptual de este ensayo hacia una aplicación implementada en web sería posible trasponiendo nuestras figuras geométricas en un repertorio de espacios domésticos y haciendo disponible el algoritmo en una plataforma web mediante una aplicación dedicada o “plug-in” (en este caso ShapeDiver podría ser una opción perfecta). En otro orden de cosas, la excesiva simplificación formal expuesta en este artículo puede facilitar la comprensión del proceso, pero podría ser mejorada mediante la concreción del dibujo en plantas arquitectónicas.

## Bibliografía

- Friedman, Yona. 1971. *Choice by computer*. Progressive Architecture, March, Issue 3, pp. 98-101.
- Friedman, Yona. 1973. *Hacia una arquitectura científica*. Madrid: Alianza editorial.
- Friedman, Yona. 1975. *Toward a scientific architecture*. Cambridge, Massachusetts, and London, England: The MIT Press.
- Friedman, Yona. 1978. *Arquitectura móvil. Hacia una ciudad concebida por sus habitantes. L'architecture mobile*. Barcelona: Editorial Poseidon, S.L.
- Friedman, Yona. 2006. *Yona Friedman Prodomo*. Barcelona. Actar Publishers.
- Friedman, Yona & Orazi, Manuel. 2015. *The Dilution of Architecture*. Zurich: Park Books, Archi-zoom-EPFL.
- Negroponte, Nicholas. 1975. *Soft Architecture Machines*. Cambridge, Massachusetts, and London, England: The MIT Press.
- Nourian, Pirouz. 2016. *Configraphics: Graph Theoretical Methods for Design and Analysis of Spatial Configurations*. N°1 ed. Delft: TU Delft.
- Tedeschi, Arturo. 2015. *AAD Algorithms Aided Design: Parametric strategies using grasshopper*. Brienza: Le Penseur.
- Vardouli, Theodora. 2011. *Architecture by yourself: early studies in computer-aided participatory design*. Cambridge, Massachusetts, and London, England: The MIT Press.
- Vardouli, Theodora. 2012. *Design for Empowerment for Design: Computational Structures for Design Democratization*. Cambridge, Massachusetts, and London, England: The MIT Press
- Weinzapfel, Guy, Negroponte, Nicholas. 1976. *Architecture-by-yourself: an experiment with computer graphics for house design*. en: *Proceedings of the 3rd Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*. New York: Association for Computing Machinery.