



Cuadernos de Vivienda y Urbanismo

ISSN: 2027-2103

[injaviu@javeriana.edu.co](mailto:injaviu@javeriana.edu.co)

Pontificia Universidad Javeriana

Colombia

Sarmiento Ocampo, Jaime

Vivienda industrializada: antecedentes en el mundo y propuesta al déficit de vivienda social en Colombia

Cuadernos de Vivienda y Urbanismo, vol. 10, núm. 20, julio-diciembre, 2017, pp. 79-96

Pontificia Universidad Javeriana

Bogotá, Colombia

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=629768816006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](http://redalyc.org)

[redalyc.org](http://redalyc.org)

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# Vivienda industrializada:

antecedentes en el mundo y propuesta al déficit de vivienda social en Colombia\*

Fecha de recepción: 16 de mayo de 2016 Fecha de aceptación: 19 de enero de 2017 21 de agosto de 2017

Jaime Sarmiento Ocampo

Arquitecto PhD.

Profesor asociado de la Universidad Nacional de Colombia

jsarmien@unal.edu.co

**Resumen** El presente escrito se basa en un proceso que comprende una investigación a escala mundial y su posterior aplicación local en torno a la vivienda industrializada. En la primera parte se trata, con algunos significativos ejemplos, de la constante preocupación de los arquitectos del movimiento moderno por ofrecer soluciones de vivienda masiva. En la segunda parte, el autor expone una alternativa que ofrece, mediante la implementación de un sistema de construcción industrial, solventar parte del déficit de la vivienda social en Colombia.

**Palabras clave** arquitectura moderna; sostenibilidad; vivienda industrializada; vivienda social

\* Producto de una investigación personal sobre sistemas de construcción industrializados, desarrollada durante más de diez años en España y en Colombia, la cual ha derivado en una patente de invención española número ES 2328201 B1, y una marca comercial denominada: "Ensamble".

# Industrialized Housing:

Background in the World and Proposal to Social Housing Deficit in Colombia

**Abstract** The present paper is based on a process that includes research at a global level and subsequent application at the local level of industrialized housing. The first part is about the constant concern of the architects of the Modern Movement to offer massive housing solutions, with some significant examples. In the second part, the author presents an alternative offered to solve part of the deficit of social housing in Colombia, through the implementation of an industrial construction system.

**Keywords** modern architecture; sustainability; industrialized housing; social housing

# Alojamento industrializado:

antecedentes no mundo e proposta para o déficit de alojamento social em a Colômbia

**Resumo** Este Resumo baseia-se em um processo que inclui uma pesquisa em todo o mundo e sua subsequente aplicação local em torno de habitação industrializada. Na primeira parte, com alguns exemplos significativos, é uma preocupação constante dos arquitectos do movimento moderno, oferecendo soluções de habitação massiva. Na segunda parte, o autor apresenta uma oferta alternativa, através da implementação de um sistema de construção industrial, resolve parte do déficit de habitação social na chave Colombia.

**Palavras chave** arquitetura moderna; sustentabilidade; habitação industrializada; habitação social

## Introducción

Está comprobado que uno de los procedimientos más recurridos y exitosos en el mundo para solventar el déficit de vivienda social ha consistido en industrializar los procesos de construcción de la vivienda. Esto es lo que ha ocurrido en diferentes contextos y épocas, luego de las guerras o las debacles, cuando se debe construir en mucha cantidad y en poco tiempo.

Una de las constantes preocupaciones que se presenta desde la arquitectura moderna es la de ofrecer soluciones de vivienda industrializada en grandes cantidades. Desde los escritos de Casas en serie de Le Corbusier (1923), hasta nuestros días, los maestros de la modernidad se han afanado por presentar soluciones duraderas en el tiempo que puedan atender a grandes poblacionales. No solo fue Le Corbusier, casi todos los maestros de la modernidad se ocuparon de formular soluciones de viviendas en serie. El gran problema de estas propuestas radica en la estandarización y masividad frente a la pérdida de identidad del individuo. Se prevé que con las tecnologías actuales es posible desarrollar este sueño truncado de la modernidad, sin renunciar a la tan anhelada individualidad.

En nuestro contexto colombiano hay un enorme déficit habitacional, que puede ser resuelto mediante la implementación de nuevas tecnologías; aquí se presentan algunas alternativas. Este trabajo parte de un estudio de la industrialización de la vivienda en diferentes continentes y períodos, en especial en los contextos de Norteamérica y Europa durante el período moderno, el cual llevó al autor a investigar y patentar un sistema

de construcción industrializado, que viene implementando en Colombia en respuesta al enorme déficit de vivienda social<sup>1</sup> antes mencionado.

### 1. Algunos antecedentes de la vivienda industrializada a escala mundial

La vivienda industrializada se originó con el propósito de construir resguardos en grandes cantidades, de manera rápida, precisa y de bajo costo. Incluso, tiene sus orígenes antes de la revolución industrial: surgió de las necesidades propias del ser humano y se desarrolló en principio en situaciones ajenas a la propia vivienda, como consecuencia de las colonias extranjeras, los campamentos militares, los estragos de las guerras, la explotación minera, los desastres naturales o los asentamientos de emergencia.

#### 1.1. Los comienzos de la industrialización en Norteamérica

En Norteamérica la prefabricación nació en el siglo XVIII a partir de los pioneros, quienes querían colonizar grandes extensiones de terrenos con edificaciones que se transportaran con facilidad y se montaran por mano de obra no cualificada. Pero, en especial, fue el impulso propiciado por Agustine Taylor (1872-1928), a quien se le atribuye la invención del sistema Balloon Frame y quien trabajaba en métodos racionales de producción eficiente, lo que permitió un gran avance de la producción en serie (Bergdoll y Christensen, 2008).

<sup>1</sup> La patente se publicó en España (número de publicación: ES 2 328 201 B1).

## 1.2. Las casas económicas de Frank Lloyd Wright

Entre 1911 y 1917 Frank Lloyd Wright desarrolla un sistema denominado The American System-Built Houses para la firma Richards Company (Figura 1). Más que unos modelos preestablecidos, Wright proponía una infinidad de variaciones de la vivienda que pudiera reducir el tiempo de construcción y costos de trabajo, a la vez que permitía unos diseños personalizados para cada cliente. En los años 30, los esposos Jacobs<sup>2</sup> le solicitaron una vivienda que no sobrepasara los 5.000 dólares; para Wright esta limitación se convirtió en un gran reto: cómo construir una vivienda digna con muy poco dinero. La vivienda económica representaba para él la posibilidad de que la gente pobre accediera a la vivienda y la oportunidad de expresar la individualidad en medio de una democracia. Este laboratorio de experimentación económico y social se tradujo en las casas usonianas de los años

30 y 40, logradas a partir de la producción en serie de sus componentes.

## 1.3. Los comienzos de la industrialización en Europa

Los inicios de la vivienda industrializada en Europa fueron muy diferentes. Podemos remontarnos hasta el arquitecto francés Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc a mediados del siglo XIX, quien en varios de sus proyectos introduce esbeltas estructuras metálicas, hechas en fábrica, imprimiendo un aire de gracilidad en la estructura y propiciando un contraste entre los finos elementos y los gruesos muros de piedra. Otro de los grandes impulsores de la industrialización en Europa fue el paisajista inglés Joseph Paxton, quien para la Feria universal de Londres en 1851 construye el Crystal Palace, un enorme invernadero de 72.000 metros cuadrados ensamblado mediante una finísima estructura metálica y cerramientos acristalados. El proyecto llegó a convertirse en un ejemplo de arquitectura grácil a gran escala y estandarte en los comienzos de la Industrialización.

## 1.4. Le Corbusier y las casas en serie

En la escena europea y mundial, uno de los actores más beligerantes e influyentes en pro de la industrialización de la vivienda fue Le Corbusier. En 1914 patentó un entramado estructural de losas y pilares que denominó Maison Dom-ino, el cual reemplazaba el tradicional sistema imperante de muros de carga. Este sistema le posibilitaba la conexión, el crecimiento, la adaptabilidad y la variedad del conjunto mediante unas piezas regulares. Con un principio de ensambles similar al sistema Dom-ino, Le Corbusier realizó luego varios proyectos residenciales, como el conjunto habitacional de Pessac en Burdeos (Figura 2). Su preocupación por hacer de la vivienda industrializada el motor de transformación de la sociedad



Figura 1. Cartel de las American System-Built Houses, Frank Lloyd Wright (1911-1917)

Fuente: Cobbers y Jhan (2010, p. 51)

<sup>2</sup> Frank Lloyd Wright diseñó dos casas para el periodista Herbert Jacobs y su esposa; la primera de ellas, a la cual se hace alusión, fue construida en 1937 y la segunda en 1951.

y de la arquitectura estaba presente en muchos de sus escritos. Le Corbusier encontraba en la industria el gran aliado para actualizar la arquitectura de comienzos del siglo XX, en particular la vivienda. “Pour Bâtir: standardiser et tayloriser”, había afirmado insistiendo en la necesidad de estandarizar y producir de manera industrial los componentes constructivos.

Le Corbusier realizó múltiples proyectos de casas en serie durante toda su carrera, como sus propuestas habitacionales “Roq et Rob” en Cap Martin (1949), donde a partir de un sistema de estructuras metálicas denominado Brevet 2,26 x 2,26, realizado con perfiles industriales, arma una parrilla tridimensional que serviría de soporte a los cerramientos y entresuelos, contando con la posibilidad de tener una gran diversidad de espacios. Este tipo de retícula espacial dio pie a la Maison de L’Homme en Zurich (1967), el Pabellón Suizo en la Ciudad Universitaria de París (1931), y la Unité d’Habitation de mediados de los años 50, la cual fue concebida por Le Corbusier como grandes edificios inspirados en los buques trasatlánticos, con una propuesta de habitabilidad novedosa: en el interior de los edificios

se reunía la vida doméstica con otras actividades como el comercio, el trabajo, el ocio o la educación. La Unité era un micromundo y un experimento social.

### 1.5. Las Packaged Houses de Walter Gropius y Konrad Wachsmann

La vivienda en serie tuvo otro abanderado importante en el arquitecto alemán Walter Gropius, fundador y director por varios años de la escuela Bauhaus, en la cual implantó una formación que reunía el arte con la técnica. Para el certamen de la Weissenhof en Stuttgart (1927), promovido por la asociación de arquitectos, artistas e industriales denominada “Werkbund”, Gropius concibió una vivienda por completo modular, construida con materiales secos, con una estructura ligera de metal recubierta con paneles de fábrica. Con seguridad la contribución más importante de Gropius a la vivienda prefabricada se presentó en Estados Unidos mientras era director de la Escuela de Arquitectura de Harvard, en el trabajo conjunto con el arquitecto alemán Konrad Wachsmann, con las llamadas Packaged Houses de principios de los años 40 (Figura 3).

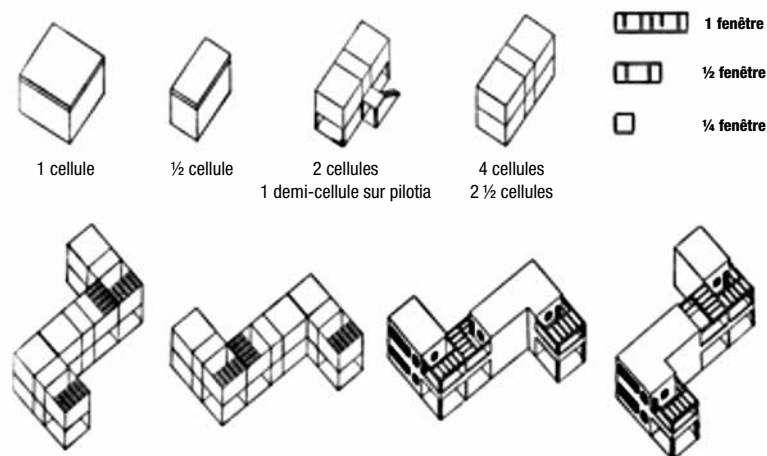


Figura 2. Ilustración para el conjunto habitacional de Pessac en Burdeos, Le Corbusier, 1929.

Fuente: Cobbers y Jhan (2010, p. 17)

Por ese entonces Wachsmann estaba huyendo de la guerra en Europa y antes había trabajado en el desarrollo de sistemas modulares. Cuando llegó a Norteamérica fue recibido y hospedado por la familia Gropius en Nueva York; apenas portaba entre sus bienes un par de juegos de planos que traía desde Europa, en los que se describía el sistema de ensambles de unos paneles de madera, unidos por unas pletinas metálicas. Cuando Wachsmann le enseñó a Gropius el proyecto este se mostró tan interesado que le propuso desarrollar el sistema de manera conjunta para la General Panel Corporation, de la cual Gropius era vicepresidente. Wachsmann se dedicó de forma incansable a mejorar el sistema hasta que logró unas ingeniosas juntas metálicas, con unas clavijas que se encadenaban facilitando el montaje; de esta manera se lograba unir paneles en hilera, en forma de “L”, en “T” o en cruz, tanto en vertical como en horizontal, lo cual otorgaba al sistema una gran flexibilidad al momento de diseñar. El sistema en su conjunto permitía expandir o contraer la edificación, haciéndola muy versátil. Los intentos de Gropius y Wachsmann pusieron de manifiesto la necesidad de procesar industrialmente los materiales, depurar el diseño de los componentes y establecer mecanismos de modulación que permitieran la eficiencia y la rapidez

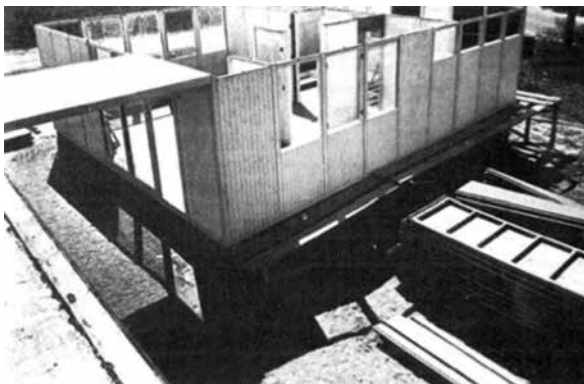


Figura 3. Construcción de una Packaged House, Walter Gropius y Konrad Wachsmann (1941)

Fuente: Gilber (1984, p. 199)

en el montaje, lo cual se traducía en economía de medios, tanto humanos como naturales.

## 1.6. Las Dymaxion Houses de Fuller

El ingeniero norteamericano Richard Buckminster Fuller trabajó largos años de su vida sobre la idea de viviendas ligeras fabricadas de manera industrial. Durante ese período estuvo desarrollando varias propuestas de viviendas que se iban perfeccionando y realimentando unas con otras, las que consistían en un sistema ligero de elementos estructurales, sometidos a esfuerzos de compresión, atados mediante tensores que trabajaban a tracción. Fuller basó su trabajo en la observación de los principios estructurales de la naturaleza, puesto que estos son en extremo eficientes y representan una economía de la forma y la materia. En un comienzo trabajó sobre la idea de unas torres ligeras de viviendas, denominadas 4D, las cuales estaban conformadas por un fuste vertical del que pendían unas cápsulas mediante cables. El conjunto se podía izar empleando dirigibles voladores para ser trasladados a otro lugar. Con los mismos principios de ligereza Fuller desarrolló las Dymaxion Houses, el fuste contenía un elevador en su interior y un sistema de ventilación natural que permitía un confort térmico en el interior de la vivienda, la planta era hexagonal y todo estaba diseñado sobre la figura triangular, adoptada como la forma estructural indeformable. A principios de los años 40 Fuller desarrolló las Dymaxium Deployment Units, también conocidas como las DDU, unas unidades cilíndricas con chapa metálica ondulada, inspiradas en los típicos silos de almacenamiento norteamericanos. El modelo inicial de la Dymaxion House no se llegó a construir, pero fue la base de lo que a mediados de los años 40 se erigió como la Dymaxion Industrial Machine, más conocida como la Wichita House. En esta solución la planta era circular, la cubierta tenía forma de sombrilla y el fuste central era más esbelto;



el aire circulaba orientado por medio de cámaras en el piso que lo conducían al interior por el fuste, desde el cual se distribuía al interior de la vivienda y luego era extraído al exterior por medio de una caperuza en la cubierta que funcionaba como un molinete (Figura 4).

De esta manera, mediante mecanismos naturales de convección, el aire se renovaba constantemente y mantenía la humedad al interior de la vivienda. Las zonas de agua como la cocina y los baños estaban automatizadas, los armarios eran rodantes, la temperatura se regulaba, el polvo y el ruido externo se eliminaban. La Wichita House era en realidad una “máquina”. Tal vez haya sido Fuller el que se tomó más en serio el aforismo de Le Corbusier de que la casa era una “máquina para habitar”. La Wichita House terminó siendo otro intento fallido de Fuller en su intención de industrializar la vivienda. De cualquier manera, con sus anteriores ensayos ya estaban sentadas las bases para su postrero intento, su propuesta más radical, la “standard of living package and sky-break dome” de 1948, una propuesta salida de lo cotidiano, pues la casa se convertía en una especie de contenedor que, desplegado, atendía una serie de necesidades básicas de la vivienda: dormir, comer, lavarse. Todo ello estaba recubierto por una cúpula esférica de plástico, la cual resultaba casi inmaterial. Con los constantes mejoramientos y reflexiones de Fuller sobre la casa, esta se fue aligerando a tal punto que se desmaterializó y se quedó en su esencia. La idea ganó fuerza y la casa como ente físico casi desapareció. La casa evolucionó de objeto a herramienta de uso. Años después Fuller diría que la clave de todo esto estaba en la “efemeralización”, es decir, en hacer más transitorias las partes, en hacer más con menos, en definitiva, ir restando cada vez más materia hasta dejar desnudo el concepto. Dentro de las contribuciones más importantes de Fuller estaban el haber introducido el concepto de ligereza en las edificaciones, como el de



Figura 4. Vista exterior e interior de la Wichita House, Buckminster Fuller (1945)

Fuente: Cobbers y Jhan (2010, p. 88)

trabajar con el concepto integrador de sinergia, por el cual sus estructuras lograban la máxima eficiencia con el mínimo de material.

### 1.7. Jean Prouvé y las casas tropicales

Eclipsado en ese entonces por la figura predominante de Le Corbusier, años más tarde se ha reconocido el trabajo original de Jean Prouvé, ingeniero metalúrgico francés, dedicado durante muchos años de su vida al diseño y producción de mobiliario y a resolver el gran dilema de la construcción industrial, en particular de la vivienda. Prouvé no tenía formación como arquitecto, pero a cambio tenía un amplio conocimiento de la técnica, en especial en el campo metalúrgico, pues contaba con su propia fábrica que le permitía hacer experimentos e ir desarrollando prototipos para comprobar sus ideas. Algunas de sus más notables casas prefabricadas las haría en Meudon, cerca de París, a raíz de un encargo del Ministerio de la Reconstrucción francés para edificar catorce viviendas. Se trataba de pequeñas edificaciones levantadas del suelo, apoyadas sobre muros de mampostería. El conjunto resultaba una construcción híbrida por la mezcla entre los volúmenes que parecían gravitar en el aire, y los rústicos y tradicionales zócalos en mampostería o piedra.



Por los mismos años de las casas de Meudon, Prouvé realizó las Casas Tropicales (1949-1951), esta vez elaboradas en su totalidad en metal y con unas consideraciones técnicas para ser llevadas y ensambladas en el trópico (Figura 5).

Las severas condiciones climatológicas del trópico llevan a que Prouvé adopte una serie de decisiones particulares, como que las viviendas estén levantadas para evitar las filtraciones del suelo húmedo, tengan prominentes aleros alrededor de todo el perímetro para atenuar el sol tropical y dar sombra, generando a la vez unos corredores protegidos de las inclementes lluvias, y las paredes metálicas están perforadas con ventanas ojos de buey, para permitir que el paso del aire refrigere los espacios interiores de la estancia. En esta propuesta se aprecia un gran interés de Prouvé por resolver las situaciones climatológicas propias del lugar, lo que nos da a pensar que, a pesar de que se trataba de viviendas ligeras transportables, tenía una preocupación por resolver una consideración local, en definitiva, una consideración bioclimática y sostenible para con el lugar. Al final, en un ejercicio de reciclaje, reunió materiales de desperdicio de su antigua fábrica y construyó su propia casa en Nancy (1954). Fue la demostración de que los componentes de fábrica podían ser intercambiables y que sus ideas de prefabricación eran aplicables.

### 1.8. Las Case Study Houses

Las Case Study Houses (CHS) eran casas experimentales que pretendían dar un aire renovado a la arquitectura y suplir las necesidades de vivienda masiva una vez acabada la Segunda Guerra Mundial. Surgieron en 1945 en un área muy localizada de Los Estados Unidos, en los Ángeles, California, a raíz de la iniciativa liderada por Jhon Entenza, editor de la revista *Arts & Architecture*, en la que se convocaban concursos para realizar casas modernas de bajo presupuesto con materiales industrializados. La intención explícita de Entenza era

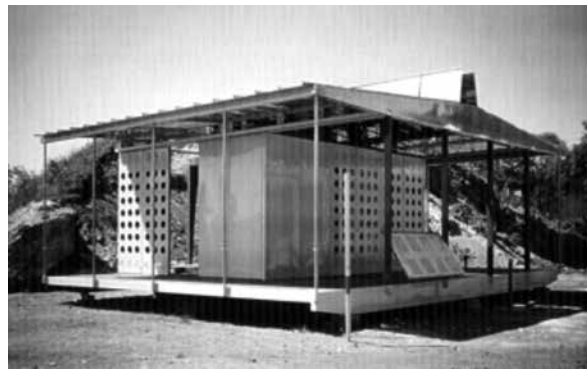


Figura 5. Vista exterior del montaje de la Maison Tropicale, Jean Prouvé (1949-1951)

Fuente: Cobbers y Jhan (2010, p. 113)

vincular en la vivienda el arte, la arquitectura y la industria. Se realizaron alrededor de treinta proyectos para casas, no todos construidos, y aunque la iniciativa no logró producir casas en serie, sí alcanzó un avance tecnológico vinculado a la producción industrial a la par de una depurada estética de la vivienda. Muchas de las casas emplean finas estructuras metálicas, cubiertas planas, cerramientos en paneles modulares y grandes planos vidriados que relacionan los exteriores con los interiores de las viviendas. En casi todas ellas hay un gran interés por vincular la arquitectura con la naturaleza, bien con los grandes ventanales, o introduciendo patios que permitieran interactuar con el agua, la vegetación y el paisaje.

Una de las casas más representativas es la Case Study House n° 8, de 1950 (Figura 6), diseñada para sí mismos por los esposos Ray y Charles Eames. La casa se descompone en dos volúmenes relacionados por un patio, uno de ellos es como tal la residencia y el otro es el taller de trabajo. Aquí el concepto de la casa se puede corresponder con la imagen que se tiene de una nave industrial, es como un gran contenedor que alberga en su interior objetos, actividades y sus habitantes. A pesar de lo simple que puedan parecer los volúmenes prismáticos, los espacios interiores estaban



Figura 6. Vista exterior de la CHS n° 8, Ray y Charles Eames (1945-1950)

Fuente: Cobbers y Jhan (2010, p. 22)



Figura 7. Vista exterior y detalle de la CHS n° 18, Craig Elwood (1956)

Fuente: Smith (2006, p. 56)

pletóricos de objetos de diseño, como lámparas, alfombras, muebles, pinturas y recuerdos que la pareja iba adquiriendo a lo largo de sus viajes.

El ingeniero y constructor norteamericano Craig Elwood diseñó y construyó varias viviendas dentro del programa de las CHS, la más relevante tal vez sea la n. 18 (Figura 7). Su gran destreza consistió en adaptar el lenguaje de la arquitectura moderna a los elementos de catálogo de producción industrial. La CHS n° 18 logra resolver la estructura en unos pórticos con una estructura tubular delgada, a la cual se fijan paneles prefabricados opacos o traslúcidos y una cubierta plana metálica. La rigurosa modulación y la posibilidad de intercambio de materiales permite que la casa tenga dos tratamientos diferentes: hacia el costado de la entrada tiene un aspecto privado, casi hermético, pues utiliza paneles opacos y unos cuantos traslúcidos, mientras que del otro costado la residencia se abre en transparencias hacia la piscina y las vistas a la ciudad.

Esta combinación de cerramientos en un entramado regular de la estructura se alcanza mediante un depurado sistema constructivo. Elwood logró resolver con muy pocas piezas de producción industrial, un tubo de sección cuadrada de 2 x 2

pulgadas, paneles rectangulares ligeros y pequeños perfiles angulares para fijar los paneles, todo el sistema de trabazón de la estructura y los cerramientos. El obtener unas soluciones óptimas mediante la depuración de las formas y de los materiales estandarizados es sin duda un principio que va en beneficio del empleo racional de la materia prima y del esfuerzo humano y por tanto un principio ecológico.

### 1.9. Los países nórdicos

En algunos lugares del planeta la prefabricación de la vivienda es muy particular; es el caso de los países nórdicos, donde surge un gran auge debido a la confluencia de varios factores, como el gran déficit de vivienda ocasionado tras la Segunda Guerra Mundial, el avanzado desarrollo tecnológico de los países que conforman la zona, los abundantes recursos madereros y su reconocida calidad en el diseño. El interés por la reconstrucción de la zona utilizando tecnologías industrializadas atrae a gran cantidad de arquitectos que se dedican a ofrecer soluciones rápidas, económicas y de bajo presupuesto. Uno de los casos más representativos es el del arquitecto danés Jorn Utzon, quien patenta el sistema de construcción modular denominado “Expansiva”

(1969), el cual permite modificar o ampliar las viviendas (Figura 8). Utzon adopta una variedad de módulos con usos determinados: unos módulos pequeños para cocinas y baños, otros medianos para las habitaciones y los mayores para las zonas de estar. Va combinando los módulos hasta lograr diferentes configuraciones y geometrías. El sistema “Expansiva” se convierte en algo así como un juego de piezas, un Lego. El sistema constaba de unos pórticos en madera laminada, con inclinación en la parte superior para dar pendiente a la cubierta; los pórticos se iban conectando unos a otros con elementos transversales, conformando los prismas estructurales. Este esqueleto se recubría de diferentes materiales y con una gran variedad de vanos.

En Finlandia, Alvar Aalto también participaría en la formulación de casas en serie con sus cabañas de madera para los trabajadores de la compañía A. Ahlström, cuyo sistema se denominaba AA-System Houses, el cual estuvo desarrollado a partir de sus experiencias de aprendizaje en el Massachusetts Institute of Technology (MIT), donde desarrolló una investigación sobre la idea de producir una máxima flexibilidad a partir de piezas estandarizadas, la cual pudo desarrollar con más amplitud a su regreso a Finlandia.

En 1968, del trabajo conjunto entre Kristian Gullichsen y Juhani Pallasmaa surge una propuesta para una vivienda de verano con el propósito de que se pueda fabricar en serie, construida a partir de un sistema que se le conoce como Modulli. El sistema está modulado con base en un cubo de 2,25 x 2,25 metros. Todas las piezas del sistema, salvo los elementos de conexión metálicos, son de madera. Se compone de pilares de sección cuadrada de unos 9 centímetros, con muescas a los costados para albergar los elementos metálicos de fijación, a los que se pueden anclar las vigas por sus cuatro costados, de tal manera que se arma una retícula de cubos. La estructura reticular se apoya sobre elementos metálicos regulables en altura, los cuales se anclan sobre unos dados de hormigón que hacen las veces de cimentación. El cerramiento se realiza mediante paneles estandarizados de 75 x 225 centímetros y de diversos materiales como cristal, madera, rejillas, etc., que se colocan dependiendo de las necesidades interiores de la vivienda. La cubierta es plana y contiene una capa de aislamiento térmico. Se trata de un sistema con reconocidas ventajas, como estar modulado a escala humana y ofrecer una gran flexibilidad con posibilidades de adaptación y crecimiento. La diversidad que se puede lograr utilizando componentes estandarizados también

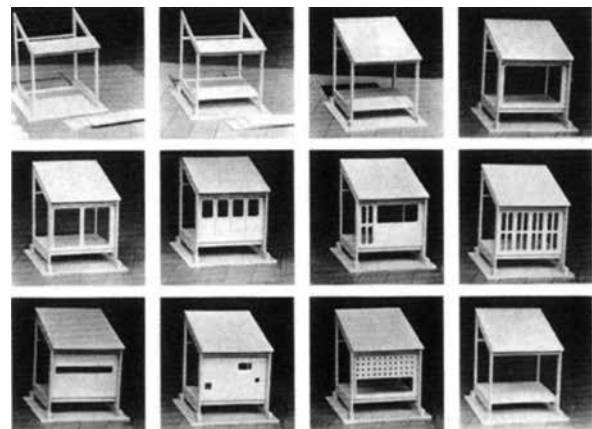
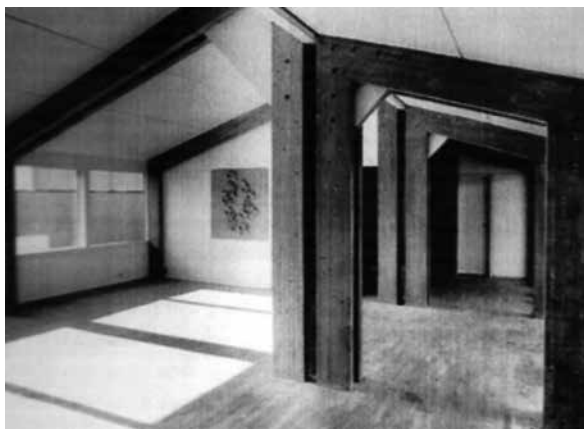


Figura 8. Interior de una vivienda y diferentes modelos del sistema “Expansiva”, Jorn Utzon (1969)

Fuente: Utzon (2009, p. 53)

puede ser considerado como un aspecto relativo a la ecología, pues con muy pocos componentes se logra una gran pluralidad en las formas, las cuales se pueden adaptar a los gustos y necesidades de los usuarios. Esto se puede interpretar como el rescate de la individualidad de los usuarios dentro de una comunidad.

### 1.10. La vivienda como sistema en la alta modernidad

Después de la primera fase de la arquitectura moderna, en la década del sesenta hubo una nueva búsqueda en la arquitectura entendida como sistema. Para los arquitectos de la alta modernidad, la coordinación modular fue algo así como una búsqueda filosófica de una técnica de ingeniería. En los años 60, el término “sistema” o “cibernética” había invadido la visión de los arquitectos y la idea de que la maquinaria y la electrónica pudieran ser orgánicas fue ampliamente aceptada. Hablamos ahora ya no de objetos delimitados y terminados sino de un tipo de arquitectura orgánica que se presta más para el crecimiento y la variación. Un claro ejemplo de ello es el conjunto de viviendas Habitat '67 para la Feria Exposición de Montreal, obra del arquitecto Moshe Safdi (Figura 9), el cual consta de unos módulos prefabricados de hormigón que se superponen unos sobre otros creando un llamativo conglomerado de volúmenes y transparencias.

Al respecto de ciertas posibilidades aun no exploradas en la técnica edificatoria, y de las posibilidades que estas pueden llegar a alcanzar, son provocadoras las propuestas presentadas por el grupo inglés Archigram, quienes formulan ciudades utópicas con mega edificios, algunos de ellos con patas extensibles que se desplazan como arañas; o la Plug-in City, una ciudad en constante cambio a la que se le adaptan componentes estandarizados. El grupo estuvo influenciado por la visión futurista de Buckminster Fuller, y a la vez



Figura 9. Habitat '67, Montreal, Moshe Safdi (1967)

Fuente: Cobbers y Jhan (2010, p. 125)

fue inspirador del grupo de los metabolistas japoneses, quienes también concebían la arquitectura y el urbanismo como estructuras flexibles que se podían adaptar como si fueran organismos vivos.

A principios de los años 70 se habló de un tipo de edificación que tiene la posibilidad de un crecimiento sin límites, los llamados Mat-buildings, así bautizados por Alison Smithson en un artículo de 1974, en el que habla sobre construcciones que tienen capacidad de adaptación y crecimiento. Es de resaltar el reconocimiento que se le ha dado a un proyecto emblemático de esta índole: la Universidad libre de Berlín, obra del equipo Candilis, Josics & Woods, quienes habían trabajado con Le Corbusier en varios de sus proyectos. El proyecto ganador del concurso para la ciudad universitaria contaba con un entramado similar que permitía la extensión de las aulas y demás dependencias de la universidad, y aunque no se trataba de un proyecto de viviendas, sí marcaría un hito en cuanto a la industrialización de la construcción, pues todas sus partes estaban elaboradas en fábrica.



### 1.11. La vivienda industrializada más reciente

Ahora la construcción industrializada con módulos se utiliza también para otros usos distintos al de la vivienda, como por ejemplo en oficinas, casetas de obra, escuelas, gimnasios y edificios de servicio, entre otros. Se tiende a relacionar las construcciones industrializadas con “cajas” estandarizadas, tipo contenedores, de transporte pesado y montaje rápido. Está muy en boga utilizar contenedores marítimos por su rapidez en el montaje, con los inconvenientes del transporte pesado y de que hay que adaptarlos a la vida doméstica, pues son estructuras más concebidas para el transporte de mercancías; como ejemplo de ello está la Quick House en Norteamérica. Otras construcciones armadas por completo en fábrica, que se transportan mediante camiones o helicópteros, son por ejemplo la M-house en Inglaterra, el Loftcube en Alemania —un módulo “parásito” se descarga en la azotea de los edificios— o la Micro Compact Home, un módulo de vivienda mínimo y compacto concebido para estudiantes universitarios.

Contrario al concepto de estabilidad y permanencia de las construcciones convencionales, las construcciones modulares están asociadas con la idea de sus posibles cambios y traslados. Al respecto, son notorias las exposiciones *Living in Motion, Design and Architecture for Flexible Living*, organizada por el Vitra Design Museum, y la *Home Delivery*, realizada por el MOMA de Nueva York en el año 2008.

En el nuevo milenio se abren nuevas perspectivas para la vivienda industrializada. En los últimos tiempos han surgido numerosas iniciativas y divulgaciones que nos hacen pensar que las tecnologías actuales, mucho más evolucionadas que las que se tenía al comienzo de la modernidad, nos permitirán alcanzar el tan anhelado sueño de la

vivienda en serie. En el libro *Refabricating Architecture*, Stephen Kieran y James Timberlake sostienen que la fabricación en serie de la vivienda durante el siglo XX fue un continuo fracaso, lo cual atribuyen al cansancio y la monotonía que la estandarización puede producir, o las limitaciones en los componentes y los procesos productivos. Sin embargo, los autores explican que ahora se tienen los medios y la tecnología para superar dichas dificultades. A diferencia de la estandarización, hoy se habla de *costumización*, es decir, conseguir variedad desde la uniformidad en las partes y los procesos, de tal manera que se puedan satisfacer las necesidades propias de cada individuo.

En la *Home Delivery* se hizo una recopilación de los ejemplos más importantes de la vivienda industrializada a escala mundial, y de manera paralela al evento se construyeron, en el jardín del Museo, unos cuantos prototipos en el mismo lugar donde sesenta años atrás Marcel Breuer había montado su propia versión de una casa prefabricada, lo cual da muestras de la vigencia y de la necesidad de seguir avanzando sobre el tema de la vivienda industrializada para solventar este gran reclamo social.

## 2. Propuesta de vivienda industrializada para Colombia

Contrario a lo sucedido en el mundo, la industrialización de la vivienda en Colombia no cuenta con demasiados referentes ni soluciones tipificadas que hayan logrado solventar el déficit habitacional que existe hoy día en el país. A partir de la investigación anterior, el autor de este artículo patentó un sistema constructivo, denominado Ensamble, con el cual busca ofrecer soluciones habitacionales adaptables al clima, a la topografía, a las necesidades de los moradores y, a la vez, que sean amigables con el medio ambiente. Aquí se presentan algunos ejemplos y las

principales características del sistema, todas ellas aprendidas de los referentes estudiados.

## 2.1. Tecnología

A diferencia de ciertas tendencias tecnológicas muy avanzadas que procuran facilitar las labores humanas, pero que terminan supeditando a sus usuarios, se habla hoy día de “baja tecnología” —low technology— que procura ser más amigable con las personas y el medio ambiente.

Para el diseño del sistema se tuvo en cuenta que todos los componentes se pudieran producir de manera industrial, buscando con ello abaratar los costos de producción, optimizar el empleo de los materiales y realizar los montajes de manera rápida y precisa. El sistema posibilita el ensamble manual de todas las piezas utilizando herramientas sencillas<sup>3</sup>, se trata de un tipo de construcción “en seco” cuya resistencia es inmediata, y por ello se puede montar de manera rápida. En primer lugar, se realizó un prototipo en la Escuela de Arquitectura de La Salle, en la Universidad Ramón Llull en Barcelona (Figura 10). Luego se buscó una tecnología de fácil acceso en el entorno colombiano. En lo básico, el sistema está compuesto por una estructura metálica constituida por tubos y perfiles —que se pueden procesar incluso en pequeños talleres—, y revestimientos varios como paneles de madera, fibrocemento, metal, vidrio y plásticos, entre otros, propios de la industria de la construcción.

## 2.2. Ligereza

Uno de los conceptos aprendidos durante la investigación es el de la ligereza, en particular del trabajo de Buckminster Fuller. Es difundida aquella anécdota en la cual, durante un vuelo en helicóptero, Fuller le pregunta a Norman Foster: “¿How much does your building weight, Mr. Foster?”, en alusión a la conciencia que debe tener el arquitecto en cuanto al peso —o tal vez



Figura 10. Ejemplo de montaje manual de los componentes.  
Prototipo elaborado en Barcelona, España  
Fuente: Ensamble, sistema constructivo (s. f.)

mejor a la ligereza— de un edificio (Foster y Fernández-Galiano, 2010, p. 3).

En el caso del sistema Ensamble se busca que las piezas sean de manejo y montaje manual<sup>4</sup>. Mediante la ligereza en los componentes también se logra que la cimentación sea mínima, y que el impacto sobre el terreno también sea el menor posible, lo cual se traduce en términos de sostenibilidad ambiental (Figura 11).

## 2.3. Adaptabilidad

Uno de los aspectos más importantes, derivados de la investigación preliminar, es el de la adaptabilidad. Los sistemas tradicionales en la construcción tienden a garantizar rigidez y estabilidad, en contraposición a las necesidades de flexibilidad y adaptabilidad que se requieren hoy en día. Los sistemas tradicionales de pórticos estructurales en hormigón (ideados por los romanos hace cerca de dos mil años), y cerramientos cerámicos (surgidos en Asiria hace 11.000 años), tienden a

3 Por ejemplo, llaves inglesas y destornilladores.

4 Ninguna de las piezas debe exceder un peso máximo de 42 kilogramos; lo que se calcula es el peso estándar máximo que puede transportar un ser humano.





Figura 11. Piezas livianas para montaje manual y cimentación mínima  
Fuente: Ensamble, sistema constructivo (s. f.)

ser rígidos e inamovibles; en contraposición, el medio ambiente en el planeta está cambiando. Está comprobado el sobrecalentamiento global, y por otra parte las condiciones de la población del planeta también están cambiando: los fenómenos de incremento poblacional y movilidad tienen crecimientos acelerados<sup>5</sup>, con lo cual se tiene una gran contradicción: sistemas de construcción rígidos frente a la variabilidad en el medio ambiente y la población. Por ello se requiere implementar nuevos sistemas constructivos que busquen una mejor adaptabilidad al entorno y a sus habitantes.

Introducir este factor de variabilidad en las edificaciones comporta, ya no entenderlas como elementos únicos e inamovibles, como si fueran objetos predeterminados que perdurarían en el tiempo indefinido, sino más bien como entes con capacidad para transformarse con el tiempo. En lugar de objetos acabados, hablamos ya de sistemas con posibilidad de mutación. El sistema así entendido tiene una connotación similar a la de un “organismo” vivo que, aunque sus materiales constitutivos sean inertes, tiene la capacidad de adaptarse a los agentes externos, como son el medio ambiente y la habitabilidad. Esto entraña una consideración para con la vida de los

moradores de la vivienda, pues si la vida de las personas cambia, por qué no pensar que el hábitat donde estas viven también puede cambiar.

Para el caso del sistema propuesto, los módulos habitacionales se pueden anexar, modificar o trasladar (Figura 12). Además, es posible obtener una gran variedad de formas a partir de pocas piezas. En definitiva, resulta ser como un juego —análogo al sistema Expansiva de Jorn Utzon—, un inmenso Lego que permite modificar la volumetría y la espacialidad interior de la edificación.

El organismo adaptable aquí propuesto tiene la capacidad de crecimiento y acomodación no solo de la vivienda propia, sino que también puede extenderse a un ámbito más amplio de la vivienda colectiva y el urbanismo. Resulta interesante reflexionar sobre cierto tipo de edificaciones que tienen esas propiedades de crecimiento y adaptabilidad para extenderse a otros ámbitos mayores de ciudad, como los Mat-buildings, así bautizados por Alison Smithson a raíz del proyecto construido de la Universidad Libre de Berlín, en el cual se formula la expansión de la ciudad universitaria basado en unos principios de ocupación y vaciado del espacio mediante módulos prefabricados.

5 La población del orbe se ha multiplicado por 6 en los últimos cien años; de 1.200 millones de habitantes a principios del siglo XX hemos pasado a 7.000 millones en el siglo XXI.

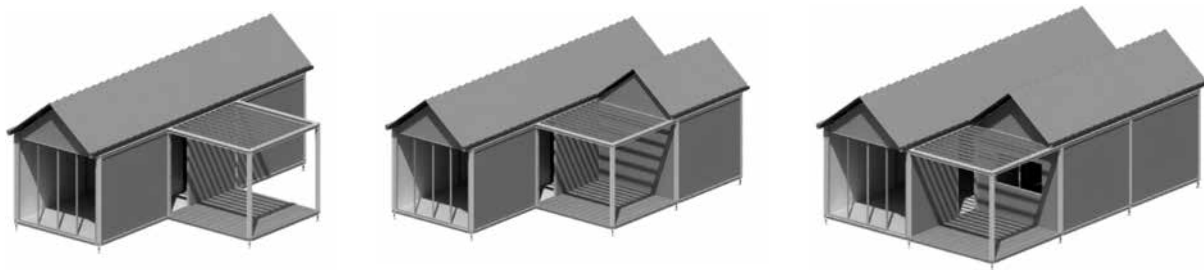


Figura 12. Ejemplo de crecimiento de una edificación

Fuente: Ensamble, sistema constructivo (s. f.)

## 2.4. Sostenibilidad

Cada vez se hace más necesario ser conscientes sobre el grado de responsabilidad y compromiso que debemos tener con la preservación de los recursos naturales, el empleo de energías renovables y nuestro grado de convivencia con el ambiente natural. Durante la investigación preliminar se detectaron unos buenos ejemplos al respecto, como el de la propuesta realizada por Buckminster Fuller en la Wichita House, donde, a partir de la conducción del aire por medio de los dobles revestimientos en los suelos, la columna central —que hace las veces de chimenea de ventilación— y el molinete de la cubierta, Fuller induce corrientes de aire para climatizar y mantener las condiciones de confort térmico al interior de la vivienda. La idea de la "efemeralización", por la cual la materia tiende a disminuirse en aras de la funcionalidad, también es otro recurso que propende por la economía y preservación de los materiales.

Estos conceptos son inspiradores para el sistema propuesto, donde los módulos también cuentan con un sistema de climatización natural; se trata de un doble revestimiento y una cámara de aire que aísla el interior de forma térmica y acústica. Se hicieron algunas mediciones experimentales y se comprobó que las cámaras de aire brindan

cierta independencia del ambiente interior con respecto al clima exterior<sup>6</sup>.

Los componentes del sistema están diseñados de forma modular, de tal manera que no haya desperdicio de materiales, y que la cantidad de materia sea la menor posible en relación con el máximo de su eficiencia en el montaje. Aquí por ejemplo ha sido inspirador el tema de las superficies plegadas y la economía de medios que empleó el ingeniero Craig Elwood para el diseño y construcción de sus Case Study Houses. Las superficies plegadas adquieren rigidez mediante los dobleces, sin incrementar el empleo de material<sup>7</sup>. En nuestro caso se emplean estructuras metálicas de perfiles abiertos y cerrados, que mediante los pliegues adquieren una gran rigidez con muy poco peso. Los revestimientos son materiales procesados de producción industrial que también cuentan con economía de medios y mucha eficiencia en el comportamiento final. En cuanto al dimensionamiento de las piezas, también se tuvo en cuenta aspectos de ergonomía, que buscan conciliar las medidas de los materiales de producción industrial con las actividades y los hábitos de los moradores de las viviendas.

Otra de las consideraciones de sostenibilidad incorporadas en el sistema consiste en la poca afectación del terreno: los módulos se pueden posar

6 En el prototipo construido en Barcelona, durante una nevada excepcional, se realizaron mediciones de temperatura al interior y al exterior del módulo. Al exterior se registraron 0 grados centígrados, mientras que, al interior, sin ningún aparato de calefacción, se registraron 13 grados centígrados, lo cual demuestra el grado de ahorro energético que con los dobles revestimientos se puede lograr. En climas cálidos también hemos podido comprobar que al interior se tiene una temperatura inferior a la del exterior.

7 Otro ejemplo inspirador ha sido el de la técnica de la papiroflexia donde, a partir de la utilización de superficies planas de papel, que se van doblando de forma progresiva, se pueden lograr diversidad de formas con mucha mayor rigidez que el de la simple hoja.

sobre la tierra sin modificarla. Su ligereza evita en gran medida las grandes excavaciones para nivelar el terreno, realizar muros de contención o grandes fundaciones (Figura 13).

El concepto de sostenibilidad en este caso no solo comprende el cuidado de los recursos naturales, también supone una sostenibilidad en términos sociales y económicos puesto que el sistema, por sus cualidades de ligereza y adaptabilidad, se presta para la autoconstrucción, implicando ahorro en los honorarios y procesos constructivos, además causando un sentido de apropiación de los moradores para con sus viviendas. Aquí adjuntamos algunas propuestas de viviendas de interés social que hemos realizado (Figuras 14 y 15), mostrando también su versatilidad para la agrupación.

## 2.5. Ejemplos de aplicación

A partir de este sistema se han logrado realizar algunas obras de viviendas, en las cuales se demuestran las mencionadas características. La primera obra se trata de un conjunto de viviendas de alquiler realizado en el municipio de Envigado, Antioquia, denominado Ecoestudios, donde, a

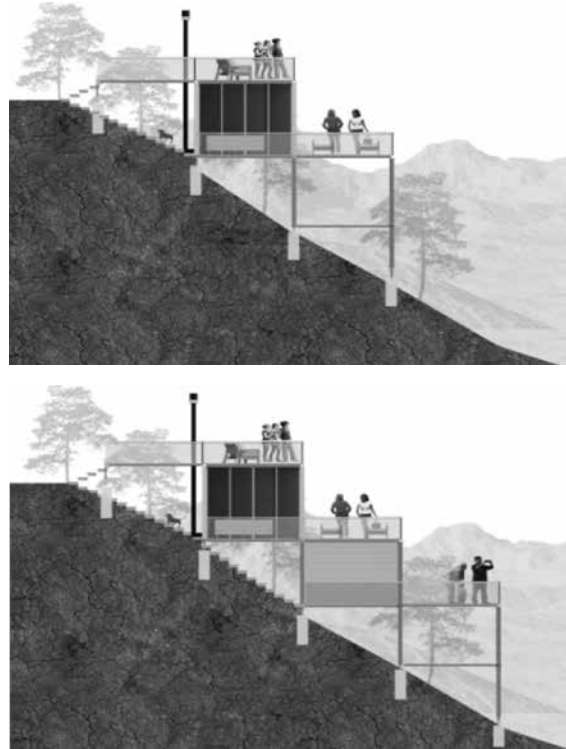


Figura 13. Ejemplo de adaptación al terreno

Fuente: Ensamble, sistema constructivo (s. f.)



Figura 14. Algunas propuestas de viviendas de interés social

Fuente: Ensamble, sistema constructivo (s. f.)





Figura 15. Algunas propuestas de viviendas de interés social

Fuente: Ensamble, sistema constructivo (s. f.)

partir de la pendiente del terreno y de la estrechez del lote, se han dispuesto las viviendas en dos franjas, una superpuesta a la otra, de tal manera que la edificación se escalona adaptándose al terreno y a las visuales que se proyectan al paisaje (Figuras 16 y 17).

Otro ejemplo de aplicación de vivienda industrializada en nuestro contexto es el realizado en la Hacienda Fizebad en el municipio de El Retiro, Antioquia, una casa para mayordomos que incorpora los principios de construcción liviana, adaptación al terreno, utilización y optimización de materiales reciclables (Figuras 18 y 19).

## Conclusiones

Las actuales circunstancias del mundo, como la sobrepoblación o los desplazamientos, nos hacen pensar en la necesidad de construir un ingente número de viviendas para atender grandes poblaciones, y para ello se hace necesario recurrir a la construcción de vivienda en serie producida de manera industrial.



Figura 16. Ecoestudios, escorzo noroccidental

Fuente: Ensamble, sistema constructivo (s. f.)



Figura 17. Ecoestudio, escorzo suroccidental

Fuente: Ensamble, sistema constructivo (s. f.)



Figura 18. Casa para mayordomos, escorzo suroriental

Fuente: Ensamble, sistema constructivo (s. f.)



Figura 19. Casa para mayordomos, escorzo nororiental

Fuente: Ensamble, sistema constructivo (s. f.)

Una manera de cuidar los recursos que nos brinda la naturaleza es mediante el procesamiento cuidadoso y consciente de los materiales, para emplearlos de manera eficiente.

Las nuevas tecnologías nos permiten implementar los procesos necesarios para alcanzar la fabricación industrial de la vivienda de manera intensiva, sin renunciar a la individualidad de los usuarios.

Las experiencias ofrecidas durante el movimiento moderno, en cuanto a la construcción masiva e industrializada de la vivienda, nos enseñan múltiples opciones que buscaban dar soluciones

rápidas y eficientes para atender a grandes cantidades de población mundial posterior a las guerras o las debacles.

Estas experiencias nos pueden ser de mucha utilidad en el contexto colombiano, en el cual existe un enorme déficit de vivienda y la necesidad de atender esta enorme demanda (calculada en más de 1.300.000 unidades de viviendas), con sistemas de construcción alternativos a los tradicionales, que permitan construcciones rápidas, ecológicas y adaptables.

Este estudio y su posterior aplicación en los ejemplos señalados, demuestran que es posible atender tal demanda de manera digna y eficiente.

## Bibliografía

Bergdoll, B. y Christensen, P. (2008). *Home Delivery, Fabricating the Modern Dwelling*. Nueva York: MOMA.

Cobbers, A. y Jhan, O. (2010). *Frefab Houses*, Los Ángeles: Taschen.

Ensamble, sistema constructivo. (s. f.). *Ensamble, sistema constructivo*. Recuperado de <http://www.sistemaensemble.com/es/>

Foster, N. y Fernández-Galiano, L. (2010). Bucky Fuller y la nave espacial Tierra. *AV*, 143, 3.

Gilber, H. (1984). *The Dream of the Factory-Made House: Walter Gropius and Konrad Wachsmann*. Cambridge: The MIT Press.

Le Corbusier. (1923). *Vers une architecture*. París: Editions G. Cres et cie.

Smith, E. (2006). *Case Study Houses*. Berlín: Taschen.

Utzon, J. (2009). *Additive Architecture: Prefab*. Hellerup: Blondal.