

# Cien años de construcción con estructura modulada: desde la Weissenhofsiedlung de Gropius y los módulos de Christoph & Unmack a los sistemas ecológicos en madera MATRYOSHKA®

Ander de la Fuente  
Verónica Benedet  
Agustín Azkarate

## CONSTRUCCIÓN MODULAR CON PANELES ENSAMBLADOS EN SECO: ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Industrialización y prefabricación son conceptos ligados al abandono de las técnicas artesanas tradicionales en la construcción, y la paralela adopción de procesos tecnificados «que, mediante una adecuada planeación de actividades y presupuesto y una selección acertada de equipos y materiales, generan elevados rendimientos en obra y un mejor aprovechamiento de los recursos, al crear una especie de producción en serie, similar a los procesos repetitivos empleados en fábricas» (Escrig 2010, 1).

Dentro de esa planificación, es pieza clave el diseño de elementos que puedan repetirse generando el máximo número de combinaciones posibles, tanto más útiles cuanto más variada es la respuesta que pueden ofrecer a los diseños creativos.

La dificultad, pues, estriba no sólo en una correcta elección de los materiales con los que estandarizar la construcción, sino también (y sobre todo) en el diseño de la célula (el módulo) con la que esa construcción va a componer sus edificios complejos.

Este artículo pretende centrarse en la búsqueda histórica de ese módulo, en la construcción propiamente modular, dentro de un campo más amplio como el que abarcan los procesos genéricos de industrialización y prefabricación.

## No todo lo moderno es nuevo

La construcción modular con paneles ensamblados en seco parece ligada al empleo de técnicas rabiosamente actuales o, cuando menos, propias de un pasado muy cercano en el tiempo. Asociada al empleo de materiales propios de una cultura industrial (el hormigón armado, especialmente pretensado y postesado, y el acero laminado), la idea de módulos o paneles prefabricados parece un invento relativamente reciente (Burón y Fernández-Ordóñez 1997). Sin embargo, como veremos a continuación, las técnicas constructivas modulares tienen una historia suficientemente larga como para aprender de los errores pasados y proponer nuevas opciones de futuro basadas en la experiencia.

Uno de esos errores es precisamente el incorrecto manejo de materiales que, como los antes citados, producen inaceptables puentes térmicos, especialmente en fachadas. La respuesta conjunta a los cinco condicionantes actualmente exigibles a la construcción integral modular (sostenibilidad ambiental, aislamiento térmico y acústico, impermeabilización, capacidad portante y ligereza) se antojaba incompleta en las soluciones basadas en el acero o el hormigón armado. ¿Qué material podría, entonces, satisfacer en mayor medida todas estas premisas?

La introducción de paneles fabricados con madera, que minimiza el problema y permite gran eficiencia estructural e higrotérmica en pequeños espesores (y con reducidos pesos) parece una innovación de la ar-

quitectura actual. Ecología y sostenibilidad ambiental son los puntos de partida de soluciones «modernas» en la bioconstrucción (o en otros campos de la técnica, como los medios de transporte y los vehículos eléctricos) que parecieran no haberse planteado nunca antes desde este enfoque (Montesinos 2014). El coche eléctrico, sin embargo, lleva inventado desde 1828, cuando Ányos Jedlik aplicó el motor que diseñara a un pequeño vehículo automóvil. ¿Es también lejano el origen de las construcciones paneladas en madera?

### La búsqueda histórica de máxima resistencia y mínimo peso

La búsqueda de una modulación de piezas estructurales de los edificios tiene uno de sus fundamentos en la optimización de las cualidades resistentes con el mínimo peso, difícil de lograr con soluciones tradicionales *in situ*.

La máxima ligereza estructural ligada a un mínimo empleo de material fue el origen del concepto *Dymaxion* (*Dynamic Maximum Tension*) que Buckminster Fuller aplicó a la edificación en acero desde finales de la década de los años 20 del pasado siglo (McHale 1966).

Pero las estructuras metálicas aligeradas mediante la prefabricación de sus piezas ya habían sido empleadas por Henry Labrouste en la Biblioteca *Sainte Geneviève* (1843–50), antes incluso de que Paxton levantara su *Crystal Palace* (1851) enteramente en fundición y vidrio. Y todos estos proyectos comparten la preocupación por la máxima resistencia y mínimo peso que inspiró a John Soane en sus cubiertas para el Banco de Inglaterra en 1792 (Strike [1991] 2004, 30).

Ninguno de estos diseñadores, no obstante, resolvió satisfactoriamente el problema de poder manipular las piezas en obra sin necesidad de utilizar medios auxiliares relativamente complejos.

Tampoco plantearon una respuesta adecuada a la construcción de cerramientos ligeros que respondieran a un suficiente aislamiento térmico y acústico, procurando a su vez una necesaria impermeabilización pero con permeabilidad al vapor de agua generado en el interior.

Si además se pretendía que los módulos de acero u hormigón armado resolvieran o coadyuvaran a la

transmisión de cargas del edificio, había que renunciar a la ligereza que, como antes señalábamos, era una de las condiciones de partida para una fácil puesta en obra.

### Módulos autoportantes en la historia de la construcción

Resolver enteramente una edificación utilizando solamente mano de obra, sin medios auxiliares, fue un reto al que ya se enfrentó Jean Prouvé Cuando, en 1953, tras la ruina de su obra vital, “Ateliers Jean Prouvé”, que se mantuvo en producción veintitrés años, Prouvé decide autoconstruir su casa en un solar considerado inapto para la edificación por sus grandes pendientes y mala accesibilidad (Peraza 2007), la búsqueda de un módulo ligero y resistente (a la par que barato) se convierte en su principal objetivo.

La utilización de paneles autoportantes combinando madera y metal respondía a esa demanda de ligereza para su manipulación por los propios montadores en medios a los que una máquina difícilmente puede llegar.

Pero la construcción modular ligera en seco, industrializada, utilizando bastidores de madera para los paneles de cerramiento, llevaba ya entonces siendo objeto de un considerable desarrollo tecnológico desde hacía más de setenta años.

Ya en 1880, el capitán Johann Gerhard Clemens Döcker, de la Real Armada danesa, patentó en Francia y Alemania (y, hasta 1884, en otros países como España, Gran Bretaña o Estados Unidos) un sistema de estructuras desmontables ligeras para la construcción de barracones (Richardson 2015).

La empresa Christoph & Unmack, co-fundada en 1882 por otro danés en la ciudad de Niesky, Alemania, compró la licencia de esta patente para dar respuesta rápida a la necesidad de levantar barracones que albergaran tropas y hospitales de campaña del ejército prusiano. Su buen hacer les hizo merecedores de un premio nacional en 1885, y dos años más tarde comenzaron a aplicar sus técnicas constructivas también a las viviendas baratas.

El auge de este tipo de construcción de emergencia llegó con la carencia de viviendas tras la Primera Guerra Mundial. Christoph & Unmack Maschinenfabrik, convertida en gran empresa tras su fusión con una industria ferroviaria y de motores eléctricos en



racterísticas a su extremo. Es en ese equilibrio audaz, no en la naturaleza de cada material por separado, en donde estriba su éxito.

El nazismo, que interrumpió temporalmente la carrera de arquitectos alemanes como Gropius y Wachsmann, provocó también su encuentro al otro lado del Atlántico. La experiencia práctica del minucioso Wachsmann y el saber proyectar del maestro Gropius se juntaron en 1941 para fundar conjuntamente en California la empresa *General Panel Corporation*, especializada en *Packaged House Systems* (PHS). Wachsmann, en su nueva empresa, se distanció de su trabajo en Christoph & Unmack en tres aspectos fundamentales: la estandarización, la modulación y los conectores.

En efecto, Christoph & Unmack ofrecía un catálogo con modelos terminados, algo que hubiera sido bien acogido por el mercado norteamericano de la postguerra. Recordemos que en esa misma época Bucky Fuller había desarrollado su *Wichita House* (1944), con un diseño innovador y futurista, pero nada abierto a personalizaciones del cliente (Fuller 1999). Wright, por su parte, soñaba con su Broadacre City (Stankiewicz 2017), en donde a cada ciudadano correspondería un acre de terreno (poco más de 4.000m<sup>2</sup>) donde erigir su casa (para la cual el arquitecto estadounidense diseñó varios modelos con sus *Usonian Houses*).

Pero Gropius se rebelaba contra esa concepción estandarizada de la vivienda (que, con el tiempo, se ha visto que producía monstruosos barrios impersonales, de casas idénticas y calles obsesivamente repetitivas, que han sido popularmente bautizados como *Zombielands*).

Para él, la casa no era una máquina de habitar que pudiera fabricarse en serie como un coche, como propugnara Le Corbusier con su modelo Citrohan (1920–27), en el que hasta el nombre evocaba los Citroën montados en cadena para los ciudadanos franceses de clase media (Gardinetti 2012). El hogar de cada familia debiera reflejar, según Gropius, los gustos de sus habitantes; por eso el *General Panel System* no contemplaba un producto terminado único, y la estandarización no abarcaba totalmente los acabados de las casas.

La modulación, en Christoph & Unmack, seguía un estricto patrón de 50 o 55cm por 100 o 110, al que se adaptaban perfectamente las ventanas y puertas estándar construidas en Europa con escala métrica.

En Estados Unidos, *General Panel* tuvo que adaptar esas medidas a pulgadas, obteniendo módulos de 40 (101,6 cm) que debían suplementarse ocasionalmente con otros de 4 pulgadas para ajustarse a los tableros americanos de 48 × 48 o de 24 × 48.

No obstante, la empresa alemana no utilizaba los paneles independientes con los que construía sus afamados hospitales para la edificación de casas privadas. Además de que éstas se prefabricaban con sistemas de fachada completa con estructura ligera de madera por plantas (*Balloon frame*) o abarcando toda la altura del edificio y cortando sus forjados (*Platform frame*), se producían, como hemos mencionado, en una factoría distinta de la que se encargaba de los hospitales con patente Döcker.

La gran aportación de Gropius para la *General Panel* fue trabajar precisamente sobre el elemento panel como célula base de la construcción; un panel autoportante, fácil de producir en serie, ligero para ser manipulado; un panel que incorporaba aislamiento e impermeabilización suficientes para cerrar espacios habitables que pudieran ser personalizados en su diseño y en sus acabados.

En cuanto a los conectores, Christoph & Unmack resolvía las uniones en sus hospitales panelados con simples tornillos. Esto permitía que cualquier persona, no especializada, pudiera encargarse de construir los pabellones (como era lógico para un contexto bélico de aplicación, en el que la urgente necesidad de hospitales de campaña iba pareja a la lógica falta de técnicos formados en el montaje de edificios complejos).

Gropius y, sobre todo, Wachsmann, tenían una visión mucho más tecnificada de la construcción. Cada uno de los detalles debía estar específicamente diseñado previamente, con una precisión que los hacía más perfectos cuanto más caros y difíciles de fabricar en serie. La obsesión de Wachsmann por conseguir uniones resistentes en tres dimensiones (que luego desarrollaría en sus complejas y famosas estructuras espaciales para la USAF, en 1951) sería, según algunos autores, una de las principales causas del fracaso de *General Panel* (Davies 2005) Wachsmann modificaba constantemente sus diseños, cada vez más complicados, inviables y tecnificados.

Podríamos decir que el *General Panel System* representaba una suerte de artesanía tecnologizada, que incorporaba soluciones y producción industriales. Los sistemas constructivos que empezaban a diseñar-

se por entonces, sin embargo, aspiraban a ser manifiestamente industriales, aunque, debido a la falta de medios adecuados, tenían que producirse en gran parte de modo artesanal.

Así, las *Meudon Houses* diseñadas por Prouvé en 1949 (Bergdoll y Christensen 2008, 116) para su autoconstrucción con paneles metálicos ligeros en hábitáculos de 3x3 m<sup>2</sup>, aún con ese encanto del prototipo artesanal, representaban ya el embrión de lo que veinte años después sería la arquitectura *High-tech*, cara, complicada y poco vinculada a la naturaleza.

Los módulos de madera de la *General Panel*, sin embargo, resultan a la larga más satisfactorios para las actuales exigencias de sostenibilidad ambiental (emisión de CO<sub>2</sub> y kilómetro cero) e incluso técnicamente más eficientes (minoración de puentes térmicos, calidad del ambiente interior).

#### NUEVOS CONTEXTOS DE APLICACIÓN DE LAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS CON PANELES LIGEROS: EL SISTEMA MATRYOSHKKA<sup>©</sup>

Setenta y cinco años después de que se produjeran los primeros diseños de la *General Panel* de Gropius y Wachsmann, la Universidad del País Vasco, UPV/

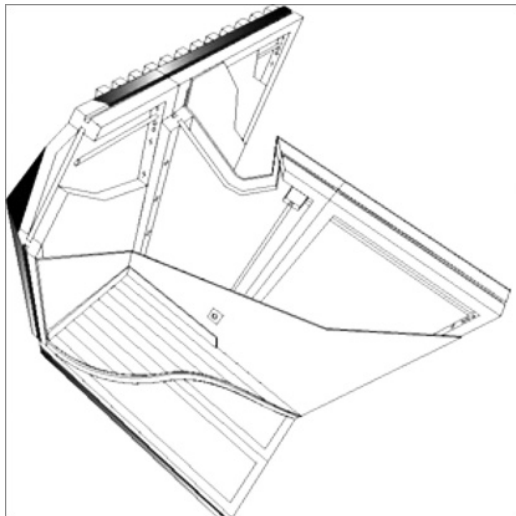


Figura 3.  
Ilustración de la ficha de patente P201531482, inventada por Ander de la Fuente y solicitada por la UPV/EHU. Fuente: Ander de la Fuente

EHU, ha patentado otro sistema de construcción con bastidores ligeros de madera rigidizados por tableros.

Edificios modulares de madera, en muchos aspectos herederos de los sistemas de *General Panel*, se producen hoy bajo la denominación MATRYOSHKKA<sup>©</sup>, utilizando materiales del entorno, con mínimo impacto medioambiental y perfecto rendimiento higrotérmico. La característica común de todos ellos es el empleo de paneles modulados (en múltiplos de 1220 × 2440 mm<sup>2</sup> o 1250 × 2500 mm<sup>2</sup>, medidas estándar de tableros), conformados por un marco de madera aserrada perimetral (construido con escuadrias estándar de 70x140 mm<sup>2</sup>) y rigidizados por una plancha de madera laminada o de viruta prensada (OSB).

Los paneles MATRYOSHKKA<sup>©</sup> son estructurales y de alta resistencia. Con ellos se han edificado prototipos de hasta seis plantas de altura, como el bloque de comunicaciones para el acceso a las Galerías Punta Begoña en Getxo (Bizkaia). Cada una de las seis plantas del pequeño edificio fue íntegramente montada en taller con módulos de 1220 × 2440 mm<sup>2</sup>, aunque, por su uso, no fue necesario incorporar aislamiento a los mismos.



Figura 4.  
Paneles MATRYOSHKKA<sup>©</sup> en proceso de montaje. Se aprecian los marcos y tableros estructurales de OSB, el aislamiento incorporado en los cerramientos del fondo y la impermeabilización interior y de tabiques con lámina permeable al vapor ROTHOBLAAS<sup>©</sup>. Fuente: Ander de la Fuente





Figura 5.  
Torre de acceso a las Galerías Punta Begoña en Getxo, Bizkaia. Fuente: Ander de la Fuente



Figura 6.  
Sección de la torre de acceso a las Galerías Punta Begoña, pre-montada en los talleres de ZURTEK. Fuente: Ander de la Fuente

Las limitaciones de luces que pueda cubrir una estructura de paneles MATRYOSHKKA<sup>®</sup>, construida con escuadrías de sólo  $140 \times 70 \text{ mm}^2$ , pueden compensar-

se con la combinación de elementos, como se hiciera en el forjado de la sala Boulder que se montó con este sistema en el interior del antiguo cuartel de bomberos de Trapagaran (Bizkaia). Allí, los largos paneles de techo/suelo (siempre más estrechos, de medio módulo, pues exigen más resistencia a flexión) se montaron sobre guías de doble perfil  $140 \times 70$ . Así, la sección equivalente de las vigas, constituidas por cuatro cables unidos, era, a efectos de cálculo, de  $280 \times 140 \text{ mm}^2$ , más que suficiente para cubrir la luz que se precisaba para la sala exenta de columnas.



Figura 7.  
Forjado de grandes luces realizado con el sistema MATRYOSHKKA<sup>®</sup> en la sala Boulder de Trapagaran (Bizkaia). Fuente: Víctor Araújo

Los paneles MATRYOSHKKA<sup>®</sup> proporcionan espacios confortables en condiciones climáticas rigurosas, como se ha podido testear en el refugio construido en la cima del monte Koltza, en Balmaseda (Bizkaia). El aislamiento térmico que permiten los módulos de cerramientos posibilita que un espacio de  $90 \text{ m}^2$  se caliente rápidamente tan sólo con una pequeña estufa de leña, incluso en las duras condiciones de montaña en invierno.

Pero, sobre todo, MATRYOSHKKA<sup>®</sup> se ha convertido en una forma de intervención casi totalmente reversible sobre el patrimonio construido, proporcionando



Figura 8.  
Espacio interior del refugio del monte Koltiza, realizado con el sistema MATRYOSHKA© en Balmaseda (Bizkaia).  
Fuente: Ander de la Fuente



Figura 9.  
Espacio acondicionado con el sistema MATRYOSHKA©, como una caja habitada dentro de un edificio patrimonial sin condiciones para su uso actual (antiguo cuartel de bomberos en Trapagaran, Bizkaia, en proceso de obra). Fuente: Víctor Araújo

espacios acondicionados para las necesidades de confort actuales sin introducir cargas muertas en las estructuras existentes (ya que funcionan como apeos o apuntalamientos de los forjados existentes, transmitiendo al suelo sus propios pesos y sobrecargas).

La retirada de estos añadidos, de estas cajas de madera habitadas dentro de edificios inhabitables, si se diseñan adecuadamente, apenas dejaría ninguna huella sobre los mismos, permitiendo una eventual “des-restauración” inocua, a la par que un uso perfectamente pleno durante el tiempo en que estuvieran montados.

#### EL SISTEMA MATRYOSHKA© COMO EVOLUCIÓN, NO COMO REVOLUCIÓN

El sistema modular de paneles lógicos MATRYOSHKA© busca aprender de soluciones del pasado, como las de Döcker, *General Panel* o Prouvé; combinar materiales largamente testeados (cuyo comportamiento a largo plazo conocemos), y proponer alternativas para la construcción del futuro (preindustrialización, modularidad, edificación en seco, sostenibilidad medioambiental).



Figura 10.  
Interior de un edificio patrimonial colonizado por estructuras modulares MATRYOSHKA©, que, aunque diseñadas para perdurar, podrían retirarse totalmente sin dejar huella (Galerías Punta Begoña, Getxo, Bizkaia). Fuente: Ander de la Fuente

MATRYOSHKKA<sup>®</sup> es, efectivamente, resultado de una reflexión sobre algunas respuestas que se han dado, en el pasado, a ciertas necesidades que pueden ser perfectamente actuales.

Así, si Prouvé diseñó sus módulos ligeros, manipulables sin apenas medios auxiliares, para aplicarlos a la construcción de su propia casa en un escarpado solar en pendiente, los módulos MATRYOSHKKA<sup>®</sup> buscan esas mismas características para poder ser introducidos por una sencilla puerta y construir un edificio dentro de otro edificio (como su nombre sugiere).

Del sistema patentado de Döcker (conocido en el mundo anglosajón con su homófono Doecker), MATRYOSHKKA<sup>®</sup> adopta la simplificación máxima de los conectores entre paneles (sin las complicaciones que dieron al traste con el *General Panel System*). En ambos casos se trata de simples tirafondos, si bien en el más moderno éstos permiten un grado de unión entre piezas mucho mayor, hasta el punto de poder considerar dos montantes de bastidores contiguos como una sola viga o pie derecho a efectos de cálculo.

Del *General Panel System* toma la idea de centrarse en la optimización de los procesos de puesta en



Figura 11. Edificio para albergue de peregrinos en el Camino de Santiago construido con el sistema MATRYOSHKKA<sup>®</sup> dentro de otro (antigua tenería en la calle de Curtidores de Estella-Lizarrá, Navarra), del que se conserva su estructura preexistente sin someterlo a procesos de vaciado o fachadismo. Fuente: Jose Antonio Sanz



Figura 12. Libertad de diseño con el sistema MATRYOSHKKA<sup>®</sup>: interior de la sala Boulder en el antiguo cuartel de bomberos de Trapagarán, (Bizkaia). Fuente: Víctor Araújo

obra y en la industrialización de los paneles, no en la prefabricación casi completa de los edificios. Esto permite una libertad de diseño que no existía en los estandarizados productos del catálogo de Christoph & Unmack.

Frente al empeño en utilizar soluciones y técnicas innovadoras por el mero hecho de serlo, que es dominante en la arquitectura actual (aún influenciada por el *High Tech* o su cosmética variante *Eco Tech*), MATRYOSHKKA<sup>®</sup> rescata la práctica de emplear materiales de calidad contrastada (como la madera), aplicada por Gropius y Wachsmann en *General Panel*. Los complejos paneles industrializados de Prouvé, combinando chapas de metal, vidrio y madera contralaminada, resultan hoy en día más audaces y sugerentes en su diseño que la fría lógica simple de Döcker, pero mucho menos eficientes para su producción en serie.

Mirando al porvenir, además, de las soluciones modulares industrializadas históricas mencionadas en este artículo sólo las construidas exclusivamente con madera cumplen adecuadamente con las exigencias de confort (aislamiento y calidad del ambiente interno) y de compromiso con la sostenibilidad del medio ambiente (huella de CO<sub>2</sub> y utilización de ma-





Figura 13. Integración en la naturaleza y materiales locales sin apenas transformación en el refugio del monte Koltiza, Balmaseda (Bizkaia). Fuente: Ander de la Fuente

teriales locales sin transformaciones complejas) que caracterizan una filosofía de la edificación que probablemente condicione muy profundamente la arquitectura del futuro.

Gropius y Wachsmann supieron, como otros diseñadores (Prouvé, Fuller, Eames), dignificar el concepto de vivienda modular industrializada. Pero, a diferencia de estos otros autores, los alemanes intentaron resolver ese reto con sencillez, sin rechazar soluciones técnicas tradicionales (antes bien, reinterpretándolas) y sin necesidad de poner el acento en la modernidad y complejidad *High Tech* para lograr la dignidad y la máxima calidad en la construcción.

Entendieron que la necesidad de construir viviendas dignas, en un contexto de postguerra mundial en el que eran muy necesarias (como demostraba que la *National Housing Agency* destinara, en el año 1942, 153 millones de dólares para edificar 42.000 nuevas casas para veteranos combatientes), era parte de la misión social que atribuían a la arquitectura.

Sin embargo, al contrario que otros creadores como Le Corbusier, que buscaban la estandarización como reflejo de una sociedad igualitaria (o incluso alienante, como sucedió en las realizaciones de algunos de sus seguidores en el entorno soviético), enten-

dieron que cada grupo familiar desea construir su hogar según sus necesidades y gustos, y no como mera “máquina de habitar” producida en serie.

El proyecto *General Panel Corporation* fracasó, además de por la innecesaria y progresiva complicación de las soluciones técnicas de Wachsmann y por problemas de financiación y de gestión económica de Gropius, porque el público norteamericano de la época gustaba de escoger su coche, su casa y sus muebles en un catálogo. El contexto europeo era, y sigue siendo, diferente. El concepto de autoconstrucción va unido, en nuestro entorno, a la libertad de diseño, no sólo al autoensamblaje.

Los paneles de la *General* eran rígidos en su métrica, pero su libertad de combinaciones daba pie a una forma no convencional de diseñar, a un lenguaje arquitectónico no muy distante del magistral dominio del módulo de Mies, pero con unos resultados notablemente más habitables que los del maestro.

Quizás sea momento para poner al día la idea, aprendiendo de errores pasados.

#### LISTA DE REFERENCIAS

- Bergdoll, Barry, y Christensen, Peter. 2008. *Home delivery. Fabricating the modern dwelling*. New York: Museum of Modern Art.
- Burón, Enrique, y Fernández-Ordóñez, David. 1997. Evolución de la prefabricación para la edificación en España. Medio siglo de experiencia. *Informes de la construcción*, vol. 48, n° 448, marzo/abril 1997. Madrid: CSIC. 19–33.
- Davies, Colin. 2005. *The prefabricated home*. London: Reaktion Books Ltd.
- Escrig, Christian. 2010. *Evolución de los sistemas de construcción industrializados a base de elementos prefabricados de hormigón*. Barcelona: UPC, Departament de Resistència dels Materials i Estructures en Enginyeria.
- Fuller, R. Buckminster. 1999. *Your Private Sky: The Art of Design Science*. Joachim Krause y Claude Lichtenstein (eds.).
- Gardinetti, Marcelo. 2012. *Le Corbusier, casas Citrohan. Idea y desarrollo de la máquina de habitar*. Tecne, Arquitectura y Conceptos (ed.). <http://tecne.com/arquitectura/le-corbusier-casas-citrohan/> (en línea).
- Giedion, Sigfried. 1954. *Walter Gropius. Work and Teamworks*. Architectural Press.
- Gutiérrez, P. 2013. Una casa para Einstein: Konrad Wachsmann y la evolución de un modelo prefabricado desde las casas “Christoph & Unmack A.G.” al “General Panel System”. *Jornadas internacionales de investigación en*

- construcción*. Madrid: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. [http://oa.upm.es/33369/1/INVE\\_MEM\\_2013\\_182128.pdf](http://oa.upm.es/33369/1/INVE_MEM_2013_182128.pdf) (en línea).
- McHale, John 1966. *R. Buckminster Fuller*. México Buenos Aires: Editorial Hermes.
- Montesinos, Anna I. 2014. El discurso de la bioconstrucción arquitectónica: divulgación y legitimación en revistas profesionales. *Cultura, lenguaje y representación / Culture, Language and Representation* `ISSN 1697-7750, vol. XIII \2014. Revista de estudios culturales de la Universitat Jaume I / Cultural Studies Journal of Universitat Jaume I (ed.). 201-220.
- Pawley, Martin. 1999. Konrad Wachsmann: the greatest architect of the twentieth century. *The Architects Journal*. <https://www.architectsjournal.co.uk/home/konrad-wachsmann-the-greatest-architect-of-the-twentieth-century/775551.article> (en línea).
- Peraza, J. Enrique. 2007. La casa de Jean Prouvé, pionera en el uso de tableros contralaminados. *Boletín de información técnica, n° 247, mayo-junio 2007*. AITIM (ed.). 16-19.
- Richardson, Harriet. 2015. Doecker portable hospitals. *Historic Hospitals*. <https://historic-hospitals.com/2015/07/12/doecker-portable-hospitals/> (en línea).
- Stankiewicz, Emilia. 2017. Frank Lloyd Wright's Broadacre City as a manifestation of American values of freedom and democracy. *Crossroads. A Journal of English Studies*. The University of Bialystok, The Faculty of Philology, Department of English (eds.). <http://www.crossroads.uwb.edu.pl/frank-lloyd-wrights-broadacre-city-as-a-manifestation-of-american-values-of-freedom-and-democracy/>(en línea).
- Strike, James. [1991] 2004. *De la construcción a los proyectos. La influencia de las nuevas técnicas en el diseño arquitectónico. 1700-2000*. Barcelona: Editorial Reverté.
- Tomlow, Jos. 2003. Industrialized log building by the Christoph & Unmack Company in Saxony (1907-1940). *Proceedings of the First International Congress on Construction History, Madrid, 20th-24th January 2003*. Madrid: Huerta, I. Juan de Herrera, SEDHC, ET-SAM, A. E. Benvenuto, COAM, F. Dragados (eds.). 1989-1999.