

La industrialización de la construcción a mediados del siglo XX

El caso de Jean Prouvé

JUAN JOSÉ FONTANA

Arquitecto (FARQ-UdelaR) y doctor en Diseño Estructural (Universidad de Alicante). Profesor Titular de Estabilidad de las Construcciones I y Profesor Agregado de Estabilidad de las Construcciones IV (FADU-UdelaR). Asesor de estructuras en Taller Artcardi (FADU-UdelaR).

Introducción

La obra de Jean Prouvé puede entenderse como una profunda reflexión sobre las consecuencias que la industrialización de la construcción, a mediados del siglo XX, podía tener sobre la vida del hombre moderno.

Prouvé creía firmemente en el poder de la tecnología para resolver los problemas de la humanidad y, por este motivo, adquirió un fuerte compromiso con la industrialización de la arquitectura. En especial, con la producción masiva de viviendas.

La industria de la construcción era la única, creía, que no estaba a la altura de la modernidad hacia las primeras décadas del siglo XX. Los aviones y los automóviles eran quienes representaban el verdadero progreso de la técnica. Sus diseños se inspiraron, por ello, en el modo en que entendía que estas máquinas eran diseñadas: la forma de cada una de sus piezas debía tener una correspondencia directa con su función.

Su obra fue increíblemente prolífica. Incluye el desarrollo de muebles, sistemas de fachadas, puertas y ventanas, núcleos de servicios, proyectos arquitectónicos completos, y otros objetos, como lámparas, rejas, bicicletas y remolques. Prouvé fue, indudablemente, un innovador en la manera de trabajar los nuevos materiales constructivos que surgieron en la época, tales como el aluminio extruido y la chapa de acero.

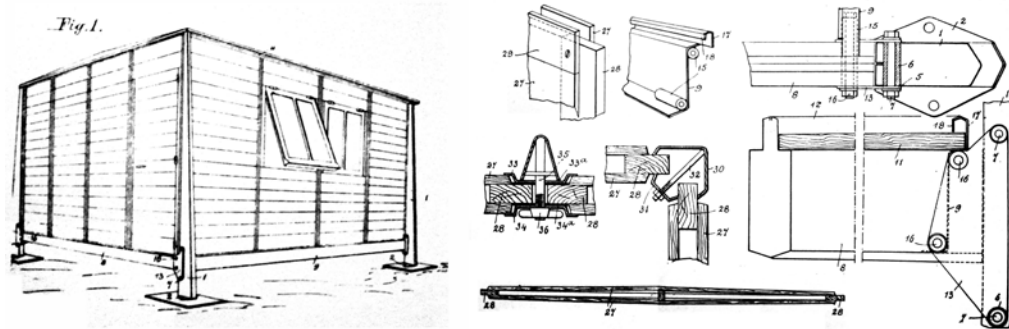


FIGURA 1. BARRACA DESMONTABLE. PATENTE N° 865.235 (1940). FUENTE: PROUVÉ, *THE INVENTOR: 32 PATENTS*. RENZO PIANO: *MEMORIES OF PROUVÉ* DE PIANO, R. Y PICCHI, F., 1998, DOMUS, 807, P.58.

Uno de sus más exitosos inventos ha sido el muro cortina. Según su razonamiento, un muro puede estar suspendido de losas o vigas si no cumple una función estructural, si no soporta la descarga de cubiertas o entrepisos, lo que lo hace factible de ser tratado como una cortina.

A lo largo de las décadas de 1940 y 1950 desarrolló numerosos proyectos de viviendas, refugios y barracas militares (fig. 1) para dar respuesta a las demandas de la sociedad europea durante la guerra y la posguerra.

Prouvé concebía a sus proyectos como efímeros: debían servir a una sola generación de ocupantes. Luego, podrían ser desmontados y sus piezas ser reutilizadas en nuevos proyectos.

Los sistemas constructivos integrales

Los sistemas constructivos prefabricados que desarrolló tenían algunas características en común, como el hecho de ser livianos, fácilmente montables y desmontables, y capaces de ser transportados en un solo viaje de camión. Para poder cumplir con estos requisitos, estableció que sus componentes no debían superar los 4 m de longitud ni los 100 kg de peso, y que el montaje debía ser posible sin el empleo de ningún tipo de ayuda técnica sofisticada. Como las obras debían ser armadas en plazos breves, el número de partes a ensamblar se reducía al mínimo y únicamente las piezas más pesadas podían requerir de dos personas para su puesta en obra.

En 1939 diseñó un prototipo de barraca militar desmontable, cuya estructura consistía en un bastidor metálico exterior que se cerraba con paneles de madera. Todo el sistema podía ser montado íntegramente en tres horas.

Unos años más tarde, inspirado en el proyecto de la Unité d'Habitation de Marsella, desarrolló dos sistemas prefabricados —uno en metal y otro en hormigón— para la construcción de células habitacionales que podían ser insertadas en una macroestructura de hormigón armado.

La escasez de viviendas tras la Segunda Guerra Mundial se convirtió en el factor desencadenante de un renovado interés de la industria de la construcción por la prefabricación. Según Prouvé, el diseño de sistemas industrializados completos formados por un conjunto de elementos coherentes, tales como los que eran desarrollados por la industria automovilística, era más efectivo que el diseño de componentes aislados.

Esta idea lo llevó a desarrollar sus Maisons à portiques. El núcleo resistente de estos proyectos consistía en un conjunto de pórticos paralelos de chapa de acero plegada con forma de «V» invertida, que aseguraban la estabilidad de la estructura frente a las cargas verticales y horizontales. Los cerramientos consistían en paneles de 1 m de ancho, revestidos con placas que ya incluían puertas y ventanas. La estandarización de las dimensiones de estos paneles los volvía intercambiables y hacía viable la construcción de edificios de distintos tamaños.

En 1949, junto a los arquitectos Paul Herbé y Jean Le Couteur, diseñó la Maison Tropicale como un prototipo de vivienda económica, de rápido montaje y fácilmente transportable desde Francia hacia las colonias africanas. Esta obra es un ejemplo paradigmático, con una sorprendente integración entre diseño estructural y acondicionamiento climático natural.

El primer prototipo construido fue un alojamiento para el director de una escuela en Niamey, Nigeria, fabricado y montado en 1949. Otros dos fueron encargados dos años más tarde como oficina y residencia del director comercial de una compañía de aluminio en Brazzaville, Congo. Estos últimos medían unos 33 ft x 46 ft y fueron equipados con paneles móviles para subdividir el espacio, así como con un baño y una cocina.

Todas las piezas se diseñaron tan planas como fue posible de manera que pudieran acomodarse eficazmente en la bodega de un avión y siguiendo la premisa de construir con el menor número posible de partes diferentes para simplificar el proceso de montaje. El material elegido para la fabricación del núcleo central aporticado en forma de «U» invertida fue la chapa de acero plegada, de gran resistencia y apta para la fabricación de piezas con cierta complejidad geométrica. El resto de los componentes metálicos eran de aluminio. La rigidez estructural se lograba por la conexión de todos los componentes, de modo que la definición de la secuencia de ensamblaje era fundamental.

Para adaptarse al clima tropical, la piel exterior, consistente en un sistema de parasoles móviles de aluminio que reflejaban la luz y aislaban a la estructura principal de los rayos solares, estaba separada de una piel interior compuesta por puertas corredizas y paneles fijos. De este modo se generaba una galería perimetral ventilada y sombreada. Una chimenea central de ventilación, por otra parte, permitía controlar la salida de aire caliente desde el interior hacia el exterior. El piso se suspendía por encima de una base de hormigón fabricado *in situ*, de modo de incrementar el aislamiento térmico y controlar el ingreso de la humedad del terreno.

Estos principios de protección, aislación y ventilación natural permitían a la vivienda alcanzar niveles óptimos de temperatura y humedad sin necesidad de recurrir al uso de equipamientos eléctricos.

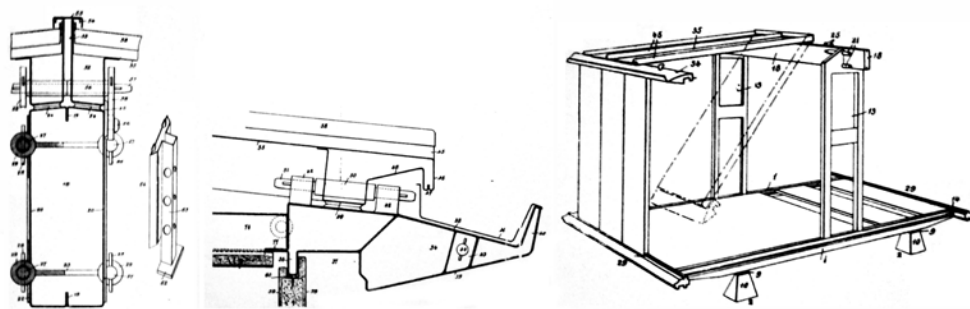


FIGURA 2. CONSTRUCCIÓN CON ESQUELETO METÁLICO DESMONTABLE. PATENTE N° 849.762 (1939).
FUENTE: PROUVÉ, THE INVENTOR: 32 PATENTS. RENZO PIANO: MEMORIES OF PROUVÉ DE PIANO,
R. Y PICCHI, F., 1998, DOMUS, 807, P.57.

La búsqueda de minimizar el consumo de la energía empleada, tanto en la producción como en el transporte, montaje y uso de la vivienda, convierte a esta obra en uno de los primeros ejemplos paradigmáticos de arquitectura sustentable. Pero el sistema no resultó exitoso y Prouvé no recibió más encargos. Medio siglo más tarde, sin embargo, dos de estos prototipos fueron adquiridos a precios millonarios, restaurados y trasladados a Europa y Estados Unidos como piezas de arte. Uno de ellos fue montado en 2007 en Long Island, Nueva York, y otro ha sido exhibido en el Centro Pompidou de París y en la Tate Modern de Londres.

Entre 1950 y 1952, Prouvé se dedicó al diseño y fabricación de catorce viviendas unifamiliares en el suburbio parisino de Meudon, por encargo del Ministerio de la Reconstrucción y Desarrollo Urbano de Francia. El objetivo de este proyecto era el desarrollo de alojamientos temporales de bajo costo, livianos y económicos.

La estructura principal de estas viviendas consistía en dos pórticos de chapa plegada de acero en forma de «U» invertida sobre los que descargaba una viga transversal, dividida en segmentos para poder ser montada por dos operarios. Una vez completa la estructura primaria, una sola persona podía concluir el resto de la vivienda.

Los muros exteriores se conformaban a partir del ensamble de nueve tipos de paneles modulares de chapa de aluminio con lana de vidrio en su interior, unidos mediante perfiles de acero. Estos paneles incluían puertas, ventanas perforadas, ventanas inclinadas y paños opacos que el cliente podía combinar a su gusto, personalizando su proyecto. Este marco perimetral soportaba la descarga de una cubierta liviana levemente inclinada. Una vez diseñado el sistema, cada estructura pudo ser fabricada y montada en tan solo tres días.

Este ha sido, seguramente, el experimento de prefabricación en serie más exitoso llevado a cabo por Prouvé. La mayoría de estas viviendas se mantienen aún en pie y se encuentran actualmente protegidas como monumentos históricos de la ciudad de París. Acerca de ellas, su autor (citado por Lavalou, 2005) decía:

[L]as casas que he construido son como son por razones muy precisas y muy sencillas [...] por ejemplo las de Meudon. En esa época el taller contaba

con determinado tipo de maquinaria que permitía doblar la chapa o hacer soldaduras eléctricas de tal manera o tal otra, pero no según cualquier procedimiento. Todo ello fue determinante para la concepción: llegamos a una estructura ligera en la que cada pieza pesaba menos de cincuenta kilos. Una estructura muy particular en la que el revestimiento participaba de la construcción. Y eso dio como resultado una casa. (p.93)

Los pórticos centrales que constituían el elemento principal de soporte de estos proyectos, en forma de «V» o de «U» invertida, eran fabricados en chapa plegada de acero con secciones variables (fig. 2). De este modo se reducía al mínimo la cantidad de material utilizado y se optimizaba la inercia. Este concepto de formas de resistencia equivalente fue desarrollado por Prouvé a partir de la observación de ciertos detalles en las formas naturales, tales como la unión de una espina al tallo de una rosa, o del dedo pulgar a la mano. Los perfiles de acero de sus estructuras eran más resistentes allí donde resultaban sometidos a mayores esfuerzos. Distintas geometrías para distintas funciones podían fabricarse con pequeños ajustes de sus máquinas de extrusión y de doblado de planchas metálicas. Refiriéndose a esta forma de ideación, Prouvé (citado por Lavalou, 2005) afirmaba:

[t]odo cuanto he hecho personalmente se ha desprendido de un pensamiento que era instantáneamente constructivo, hasta el punto que yo sabía exactamente qué materias primas, qué maquinaria emplearía, y cómo haría el objeto a construir. Nunca parto de una visión o una forma. La forma es el resultado. (p.94)

El diseño de mobiliario

Prouvé no diferenciaba el proceso de diseño del proceso productivo. En el aspecto de un objeto, decía, debe reflejarse su proceso de creación. Nada debiera diseñarse sin saber previamente cómo será fabricado. Las cortadoras de chapa circulares de que disponía podían ajustarse con mayor precisión que las rectangulares, por este motivo, en la mayoría de sus paneles prefabricados realizaba ventanas circulares.

Estos principios fueron aplicados tanto para el diseño de edificios como para el de muebles. Así, la sólida configuración de las patas de algunas de sus mesas y sillas respondía siempre a una determinada concentración de solicitaciones, y la combinación de mesas y sillas en algunas de sus propuestas para equipamiento escolar tenía por objetivo la reducción del número total de patas utilizadas.

En la forma y materiales de los tableros, asientos, respaldos, patas o piezas de unión de los distintos elementos, puede observarse siempre una especial atención a los estados tensionales y una continua recurrencia al uso de componentes estandarizados.

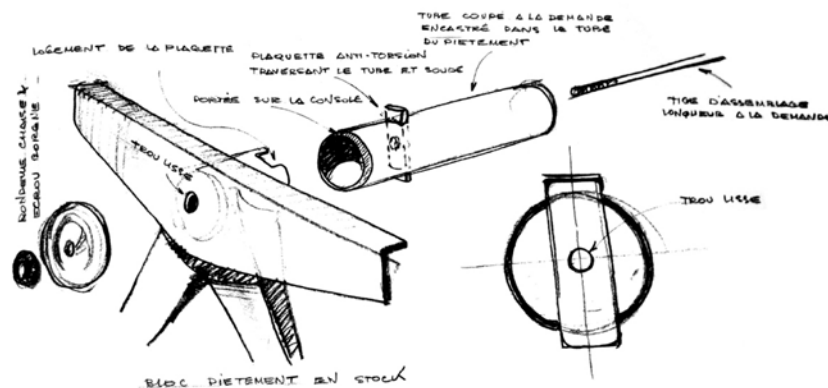


FIGURA 3. MESA COMPAS (1953). FUENTE: JEAN PROUVÉ DE PETERS, N., 2006, PP.60-61, COLONIA: TASCHEN.

Las patas traseras de una silla son las que reciben la mayor descarga, observó. Por este motivo, diseñó con perfiles de sección rectangular e inercia variable las patas traseras que soportan el respaldo de su Silla Estándar y con delgados perfiles tubulares las patas delanteras, sometidas exclusivamente a esfuerzos de compresión. En la unión con el asiento, donde el momento flector producido por la descarga del respaldo es mayor, las patas traseras tienen mayor sección.

Sus pupitres escolares con dos asientos descansan sobre cuatro soportes de chapa plegada de sección rectangular variable, con mayor inercia allí donde son máximos los esfuerzos de flexión. El mismo criterio de diseño puede observarse en las ménsulas que soportan el tablero de la mesa Compas (fig. 3), en las patas de la mesa Guérison, en los soportes de los muebles de jardín que fabricó para el pabellón de la Unión de Arquitectos Modernos, en la Exposition Internationale des Arts et Techniques de París en 1937, y en los pórticos de sus Maisons à portiques.

El elaborado diseño de la silla Antony (fig. 4), de 1954, demuestra un cuidadoso estudio del comportamiento estructural de todos sus componentes constructivos.

El asiento consiste en una delgada membrana curva de madera laminada que cuelga de los extremos de dos planchuelas de acero en forma de «L», con cuatro puntos de anclaje. La forma orgánica de esta membrana, que parece adaptarse a la línea de presiones de la descarga de un cuerpo reclinado, queda suspendida tan solo algunos centímetros por encima de los delgados perfiles de acero, contrastando con su geometría regular. Dicha forma, que bien podría haber sido determinada mediante un ensayo de *form finding* con una lámina flexible, pone en evidencia un cuidadoso análisis estático de la función que el asiento cumple, resultando fundamentalmente sometido a esfuerzos de tracción.

Los perfiles de acero que soportan al asiento acaban sometidos a importantes esfuerzos de flexión; por este motivo tienen inercia variable. Se empotran



FIGURA 4. SILLA ANTONY (1954). FUENTE: JEAN PROUVÉ DE PETERS, N., 2006, PP.72-73, COLONIA: TASCHEN.

en su zona de mayor rigidez a un tubo cilíndrico de acero que resulta torsionado. Dicho cilindro descarga sobre cuatro delgadas patas tubulares que trabajan a compresión simple.

Cada elemento está diseñado con una forma que, además de poder ser fácilmente fabricada por las maquinarias disponibles en sus talleres en Maxéville, resulta eficaz para resistir las solicitaciones estáticas a las que está sometida. Prouvé (citado por Lavalou, 2005) manifestaba:

[s]iempre me ha preocupado la construcción bien hecha. En mi opinión una silla tiene que ser ligera. Una silla se rompe siempre por la junta trasera, por el ángulo entre las patas y el asiento, razón por la que todos mis muebles tienen formas de resistencia equivalente. (p.26)

El legado

Como herrero en sus inicios y más adelante como empresario (Foster, 2011), Jean Prouvé desarrolló una metodología de trabajo en la que diseñar y construir eran procesos casi indistinguibles.

Su obra puede considerarse, en última instancia, como una investigación sobre la esencia de la materia. Una investigación que pretende alcanzar una comprensión profunda del potencial técnico y expresivo de los materiales, de su capacidad para producir sistemas complejos que den respuesta a los problemas de la sociedad. No parece responder a preocupaciones formales o de estilo. Su belleza se desprende de su idoneidad para cumplir con la función para la cual fue creada.

Los formalismos eran considerados por Prouvé como una negación de la propia arquitectura. Solo consideraciones de tipo técnico debían determinar la forma de una obra. La continua optimización y simplificación de los procesos de fabricación, transporte, montaje y desmontaje eran fundamentales en el desarrollo de un producto. La maquinaria disponible para el cortado y doblado de metales, el apilamiento de materiales, los sistemas de empaquetamiento, las dimensiones de los vehículos de carga y transporte, la posibilidad de montaje y desmontaje de las distintas piezas por parte de un número limitado de operarios y consideraciones estáticas, en función de los esfuerzos a resistir, eran los factores que determinaban la forma de una construcción.

Estos principios de diseño fueron adoptados de manera generalizada por la industria de la construcción en las siguientes décadas y reinterpretados a lo largo de la segunda mitad del siglo XX por numerosos técnicos, diseñadores, constructores y arquitectos, interesados en explorar el potencial de la prefabricación y la industrialización de los sistemas constructivos. La obra de muchos arquitectos e ingenieros, como Frei Otto, Renzo Piano, Richard Rogers, SOM, Norman Foster, Peter Rice, Edmund Happold, Myron Goldsmith, Cecil Balmond y tantos otros, debe a Prouvé el desarrollo de un nuevo modo de concebir y manipular los materiales explorando al límite su potencial para ser transformados en componentes constructivos, aprovechando al máximo los avances tecnológicos y convirtiendo a este conocimiento en una verdadera expresión artística de su época.

Bibliografía

- Albert, M. (2010). Une nomade aux Tuileries; Architects: Jean Prouve. *L`Architecture d'Aujourd'hui*, (380), p. 205.
- Banham, R. (1962). On trial. 3, Jean Prouve; the thin, bent detail. *Architectural Review*, 131 (s.n.), pp. 249-252.
- Cohen, J. (1984). Jean Prouve (1901-1984): a dazzling builder. *Casabella*, 48(504), pp. 34-35.
- David, B. (2001). Jean Prouve, un homme moderne. *L`Architecture d'Aujourd'hui*, (335), pp. 28-29.
- Foster, N. (2011). Jean Prouvé: maestro de la forma estructural. *AV Monografías*, (149), pp. 112-119.
- Klein, R. (2007). Vue(s) sur le patrimoine Exhibition of Jean Prouve's 'maisons tropicales' at the Pompidou centre in Paris. *L`Architecture d'Aujourd'hui*, (370), pp. 40-42.
- Peters, N. (2006). *Jean Prouvé*. Colonia: Taschen.
- Piano, R. y Picchi, F. (1998). Prouve, the inventor: 32 patents. Renzo Piano: memories of Prouve. *Domus*, (807), pp. 52-66.
- Picchi, F. (2001). Jean Prouve, the anti-aesthete. *Domus*, (839), pp. 21-24.
- Rice, P. (1998). Mémoires d'un ingénieur. Paris: Le Moniteur.
- Seron-Pierre, C. (2001). Jean Prouve, 1901-1984. *Moniteur Architecture AMC*, (118), pp. 44-46.