



**MAQUETAS**

**15**

MAQUETAS  
**15**



**REVISTA PROYECTO PROGRESO ARQUITECTURA**

**N15**

**maquetas**



## maquetas

### DIRECCIÓN

**Dr. Amadeo Ramos Carranza.** Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla.

### SECRETARIA

**Dr. Rosa María Añón Abajas.** Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla.

### CONSEJO EDITORIAL

**Dr. Rosa María Añón Abajas.** Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.

**Dr. Miguel Ángel de la Cova Morillo-Velarde.** Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.

**Juan José López de la Cruz.** Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla.

**Germán López Mena.** Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.

**Dr. Francisco Javier Montero Fernández.** Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.

**Guillermo Pavón Torrejón.** Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.

**Dr. Alfonso del Pozo Barajas.** Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.

**Dr. Amadeo Ramos Carranza.** Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.

### COMITÉ CIENTÍFICO

**Dr. Gonzalo Díaz Recaséns.** Catedrático Proyectos Arquitectónicos. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.

**Dr. José Manuel López Peláez.** Catedrático Proyectos Arquitectónicos. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. España.

**Dr. Víctor Pérez Escolano.** Catedrático Historia, Teoría y Composición Arquitectónicas. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.

**Dr. Jorge Torres Cuelco.** Catedrático Proyectos Arquitectónicos. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Valencia. España.

**Dr. Armando Dal'Fabbro.** Professore Associato. Dipartimento di progettazione architettonica, Facoltà di Architettura, Università Istituto Universitario di Architettura di Venezia. Italia.

**Dr. Anne-Marie Chatelêt.** Professeur Titulaire. Histoire et Cultures Architecturales. École Nationale Supérieure d'Architecture de Versailles. Francia.

### CONSEJO ASESOR

**Dr. Alberto Altés Arlandis.** UMA, Umeå School of Architecture. LANDLAB ARKITEKTUR AB, Sweden.

**Dr. José Altés Bustelo.** Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Valladolid. España.

**Dr. José de Coca Leicher.** Escuela de Arquitectura y Geodesia. Universidad de Alcalá de Henares. España.

**Dr. Jaume J. Ferrer Fores.** Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya. España.

**Carlos Arturo Bell Lemus.** Facultad de Arquitectura. Universidad del Atlántico. Colombia.

**Carmen Peña de Urquía,** architect en RSH-P. Londres. Reino Unido.

**Dra. Marta Sequeira.** CIAUD, Faculdade de Arquitectura da Universidade de Lisboa, Portugal.

ISSN-ed. impresa: 2171-6897

ISSN-ed. electrónica: 2173-1616

DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa>

DEPÓSITO LEGAL: SE-2773-2010

PERIODICIDAD DE LA REVISTA: MAYO Y NOVIEMBRE

IMPRIME: TECHNOGRAPHIC S.L.

### EDITA

Editorial Universidad de Sevilla.

### LUGAR DE EDICIÓN

Sevilla.

### MAQUETA DE LA PORTADA

Miguel Ángel de la Cova Morillo-Velarde.

### DISEÑO GRÁFICO Y DE LA MAQUETACIÓN

Maripi Rodríguez.

### COLABORACIÓN EN EL DISEÑO DE LA PORTADA Y MAQUETACIÓN

Álvaro Borrego Plata.

### DIRECCIÓN CORRESPONDENCIA CIENTÍFICA

E.T.S. de Arquitectura. Avda Reina Mercedes, nº 2 41012-Sevilla.

Amadeo Ramos Carranza, Dpto. Proyectos Arquitectónicos.

e-mail: [revistappa.direccion@gmail.com](mailto:revistappa.direccion@gmail.com)

### EDICIÓN ON-LINE

Portal informático <https://ojs.publius.us.es/ojs/index.php/ppa/index>

Portal informático G.I.HUM-632 <http://www.proyectoprogresoarquitectura.com>

Portal informático Editorial Universidad de Sevilla

<http://www.editorial.us.es/>

### © EDITORIAL UNIVERSIDAD DE SEVILLA.

Calle Porvenir, 27. 41013 SEVILLA. Tfs. 954487447 / 954487451

Fax 954487443. [[eus4@us.es](mailto:eus4@us.es)] [<http://www.editorial.us.es/>]

### © TEXTOS: SUS AUTORES.

### © IMÁGENES: SUS AUTORES Y/O INSTITUCIONES.

### SUSCRIPCIONES, ADQUISICIONES Y CANJE

revista PROYECTO, PROGRESO, ARQUITECTURA

Editorial Universidad de Sevilla.

Calle Porvenir, 27. 41013 SEVILLA. Tfs. 954487447 / 954487451

Fax 954487443

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de esta revista puede reproducirse o transmitirse por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación magnética o cualquier almacenamiento de información y sistema de recuperación, sin permiso escrito de la Editorial Universidad de Sevilla.

Las opiniones y los criterios vertidos por los autores en los artículos firmados son responsabilidad exclusiva de los mismos.



INICIATIVA DEL GRUPO DE INVESTIGACION HUM-632

"PROYECTO, PROGRESO, ARQUITECTURA"

<http://www.proyectoprogresoarquitectura.com>

COLABORA EL DEPARTAMENTO DE PROYECTOS ARQUITECTÓNICOS DE LA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE SEVILLA <http://www.departamento.us.es/dpaetsas>

## **revista PROYECTO, PROGRESO, ARQUITECTURA**

Nuestra revista, fundada en el año 2010, es una iniciativa del Grupo de Investigación de la Universidad de Sevilla HUM-632 "proyecto, progreso, arquitectura" y tiene por objetivo compartir y debatir sobre investigación en arquitectura. Es una publicación científica con periodicidad semestral, en formato papel y digital, que publica trabajos originales que no hayan sido publicados anteriormente en otras revistas. Queda establecido el sistema de arbitraje para la selección de artículos a publicar mediante dos revisores externos –sistema doble ciego– siguiendo los protocolos habituales para publicaciones científicas seriadas. Los títulos, resúmenes y palabras clave de los artículos se publican también en lengua inglesa.

"proyecto, progreso, arquitectura" presenta una estructura clara, sencilla y flexible. Trata todos los temas relacionados con la teoría y la práctica del proyecto arquitectónico. Las distintas "temáticas abiertas" que componen nuestra línea editorial, son las fuentes para la conjunción de investigaciones diversas.

La revista va dirigida a arquitectos, estudiantes, investigadores y profesionales relacionados con el proyecto y la realización de la obra de arquitectura.

*Our journal, "proyecto, progreso, arquitectura", founded in 2010, is an initiative of the Research Group HUM-632 of the University of Seville and its objective is the sharing and debating of research within architecture. This six-monthly scientific publication, in paper and digital format, publishes original works that have not been previously published in other journals. The article selection process consists of a double blind system involving two external reviewers, following the usual protocols for serial scientific publications. The titles, summaries and key words of articles are also published in English.*

*"proyecto, progreso, arquitectura" presents a clear, easy and flexible structure. It deals with all the subjects relating to the theory and the practise of the architectural project. The different "open themes" that compose our editorial line are sources for the conjunction of diverse investigations.*

*The journal is directed toward architects, students, researchers and professionals related to the planning and the accomplishment of the architectural work.*

## **SISTEMA DE ARBITRAJE**

### **EVALUACIÓN EXTERNA POR PARES Y ANÓNIMA.**

El Consejo Editorial de la revista, una vez comprobado que el artículo cumple con las normas relativas a estilo y contenido indicadas en las directrices para los autores, remitirá el artículo a dos expertos revisores anónimos dentro del campo específico de investigación y crítica de arquitectura, según el modelo doble ciego.

Basándose en las recomendaciones de los revisores, el director de la revista comunicará a los autores el resultado motivado de la evaluación por correo electrónico, en la dirección que éstos hayan utilizado para enviar el artículo. El director comunicará al autor principal el resultado de la revisión (publicación sin cambios; publicación con correcciones menores; publicación con correcciones importantes; no aconsejable para su publicación), así como las observaciones y comentarios de los revisores.

Si el manuscrito ha sido aceptado con modificaciones, los autores deberán reenviar una nueva versión del artículo, atendiendo a las demandas y sugerencias de los evaluadores externos. Si lo desean, los autores pueden aportar también una carta al Consejo Editorial en la que indicarán el contenido de las modificaciones del artículo. Los artículos con correcciones importantes podrán ser remitidos al Consejo Asesor y/o Científico para verificar la validez de las modificaciones efectuadas por el autor.

### **EXTERNAL ANONYMOUS PEER REVIEW.**

*When the Editorial Board of the magazine has verified that the article fulfils the standards relating to style and content indicated in the instructions for authors, the article will be sent to two anonymous experts, within the specific field of architectural investigation and critique, for a double blind review.*

*The Director of the magazine will communicate the result of the reviewers' evaluations, and their recommendations, to the authors by electronic mail, to the address used to send the article. The Director will communicate the result of the review (publication without changes; publication with minor corrections; publication with significant corrections; its publication is not advisable), as well as the observations and comments of the reviewers, to the main author.*

*If the manuscript has been accepted with modifications, the authors will have to resubmit a new version of the article, addressing the requirements and suggestions of the external reviewers. If they wish, the authors can also send a letter to the Editorial Board, in which they will indicate the content of the modifications of the article. The articles with significant corrections can be sent to Advisory and/or Scientific Board for verification of the validity of the modifications made by the author.*

## **INSTRUCCIONES A AUTORES PARA LA REMISIÓN DE ARTÍCULOS**

### **NORMAS DE PUBLICACIÓN**

Instrucciones a autores: extensión máxima del artículo, condiciones de diseño –márgenes, encabezados, tipo de letra, cuerpo del texto y de las citas–, composición primera página, forma y dimensión del título y del autor, condiciones de la reseña biográfica, del resumen, de las palabras claves, de las citas, de las imágenes –numeración en texto, en pie de imágenes, calidad de la imagen y autoría o procedencia– y de la bibliografía en <http://www.proyectoprogresoarquitectura.com>

### **PUBLICATION STANDARDS**

*Instructions to authors: maximum length of the article, design conditions (margins, headings, font, body of the text and quotations), composition of the front page, form and size of the title and the name of the author, conditions of the biographical review, the summary, key words, quotations, images (text numeration, image captions, image quality and authorship or origin) and of the bibliography in <http://www.proyectoprogresoarquitectura.com>*

## SERVICIOS DE INFORMACIÓN

### CALIDAD EDITORIAL

La Editorial Universidad de Sevilla cumple los criterios establecidos por la Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora para que lo publicado por el mismo sea reconocido como "de impacto" (Ministerio de Ciencia e Innovación, Resolución 18939 de 11 de noviembre de 2008 de la Presidencia de la CNEAI, Apéndice I, BOE nº 282, de 22.11.08).

La Editorial Universidad de Sevilla forma parte de la U.N.E. (Unión de Editoriales Universitarias Españolas) ajustándose al sistema de control de calidad que garantiza el prestigio e internacionalidad de sus publicaciones.

### PUBLICATION QUALITY

*The Editorial Universidad de Sevilla fulfils the criteria established by the National Commission for the Evaluation of Research Activity (CNEAI) so that its publications are recognised as "of impact" (Ministry of Science and Innovation, Resolution 18939 of 11 November 2008 on the Presidency of the CNEAI, Appendix I, BOE No 282, of 22.11.08).*

*The Editorial Universidad de Sevilla operates a quality control system which ensures the prestige and international nature of its publications, and is a member of the U.N.E. (Unión de Editoriales Universitarias Españolas–Union of Spanish University Publishers).*

Los contenidos de la revista PROYECTO, PROGRESO, ARQUITECTURA aparece en:

### bases de datos: indexación



### SCOPUS

ISI WEB: Emerging Sources Citation Index (ESCI)

AVERY. Avery Index to Architectural Periodicals

EBSCO: Fuente Académica Premier

EBSCO: Art Source

DOAJ, Directory of Open Access Journals

REBID. Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico

ISOC (Producida por el CCHS del CSIC)

PROQUEST (Arts & Humanities, full text)

DIALNET

DRIJ. Directory of Research Journals Indexing

SJR (2015): 0,108 - H index: 1

### catalogaciones: criterios de calidad

RESH (Revistas Españolas de Ciencias Sociales y Humanidades).

Catálogos CNEAI (16 criterios de 19). ANECA (18 criterios de 21). LATINDEX (35 criterios sobre 36).

DICE (CCHS del CSIC, ANECA).

MIAR, Matriu d'Informació per a l'Avaluació de Revistes. IDCS 2016: 9,300. Campo ARQUITECTURA

CLASIFICACIÓN INTEGRADA DE REVISTAS CIENTÍFICAS (CIRC–CSIC): B

CARHUS 2014: B

ERIHPLUS

SCIRUS, for Scientific Information.

ULRICH'S WEB, Global Serials Directory.

ACTUALIDAD IBEROAMERICANA.

### catálogos on–line bibliotecas notables de arquitectura:

CLIO. Catálogo on–line. Columbia University. New York

HOLLIS. Catálogo on–line. Harvard University. Cambridge. MA

SBD. Sistema Bibliotecario e Documentale. Instituto Universitario di Architettura di Venezia

OPAC. Servizi Bibliotecari di Ateneo. Biblioteca Centrale. Politecnico di Milano

COPAC. Catálogo colectivo (Reino Unido)

SUDOC. Catálogo colectivo (Francia)

ZBD. Catálogo colectivo (Alemania)

REBIUN. Catálogo colectivo (España)

OCLC. WorldCat (Mundial)

## **DECLARACIÓN ÉTICA SOBRE PUBLICACIÓN Y MALAS PRÁCTICAS**

La revista PROYECTO, PROGRESO ARQUITECTURA (PPA) está comprometida con la comunidad académica en garantizar la ética y calidad de los artículos publicados. Nuestra revista tiene como referencia el Código de Conducta y Buenas Prácticas que, para editores de revistas científicas define el COMITÉ DE ÉTICA DE PUBLICACIONES (COPE).

Así nuestra revista garantiza la adecuada respuesta a las necesidades de los lectores y autores, asegurando la calidad de lo publicado, protegiendo y respetando el contenido de los artículos y la integridad de los mismo. El Consejo Editorial se compromete a publicar las correcciones, aclaraciones, retracciones y disculpas cuando sea preciso.

En cumplimiento de estas buenas prácticas, la revista PPA tiene publicado el sistema de arbitraje que sigue para la selección de artículos así como los criterios de evaluación que deben aplicar los evaluadores externos –anónimos y por pares, ajenos al Consejo Editorial–. La revista PPA mantiene actualizado estos criterios, basados exclusivamente en la relevancia científica del artículo, originalidad, claridad y pertinencia del trabajo presentado.

Nuestra revista garantiza en todo momento la confidencialidad del proceso de evaluación: el anonimato de los evaluadores y de los autores; el contenido evaluado; el informe razonado emitidos por los evaluadores y cualquier otra comunicación emitida por los consejos editorial, asesor y científico si así procediese.

Igualmente queda afectado de la máxima confidencialidad las posibles aclaraciones, reclamaciones o quejas que un autor desee remitir a los comités de la revista o a los evaluadores del artículo.

La revista PROYECTO, PROGRESO, ARQUITECTURA (PPA) declara su compromiso por el respecto e integridad de los trabajos ya publicados. Por esta razón, el plagio está estrictamente prohibido y los textos que se identifiquen como plagio o su contenido sea fraudulento, serán eliminados o no publicados de la revista PPA. La revista actuará en estos casos con la mayor celeridad posible. Al aceptar los términos y acuerdos expresados por nuestra revista, los autores han de garantizar que el artículo y los materiales asociados a él son originales o no infringen derechos de autor. También los autores tienen que justificar que, en caso de una autoría compartida, hubo un consenso pleno de todos los autores afectados y que no ha sido presentado ni publicado con anterioridad en otro medio de difusión.

### *ETHICS STATEMENT ON PUBLICATION AND BAD PRACTICES*

*PROYECTO, PROGRESO ARQUITECTURA (PPA) makes a commitment to the academic community by ensuring the ethics and quality of its published articles. As a benchmark, our journal uses the Code of Conduct and Good Practices which, for scientific journals, is defined for editors by the PUBLICATION ETHICS COMMITTEE (COPE).*

*Our journal thereby guarantees an appropriate response to the needs of readers and authors, ensuring the quality of the published work, protecting and respecting the content and integrity of the articles. The Editorial Board will publish corrections, clarifications, retractions and apologies when necessary.*

*In compliance with these best practices, PPA has published the arbitration system that is followed for the selection of articles as well as the evaluation criteria to be applied by the anonymous, external peer-reviewers. PPA keeps these criteria current, based solely on the scientific importance, the originality, clarity and relevance of the presented article.*

*Our journal guarantees the confidentiality of the evaluation process at all times: the anonymity of the reviewers and authors; the reviewed content; the reasoned report issued by the reviewers and any other communication issued by the editorial, advisory and scientific boards as required.*

*Equally, the strictest confidentiality applies to possible clarifications, claims or complaints that an author may wish to refer to the journal's committees or the article reviewers.*

*PROYECTO, PROGRESO ARQUITECTURA (PPA) declares its commitment to the respect and integrity of work already published. For this reason, plagiarism is strictly prohibited and texts that are identified as being plagiarized, or having fraudulent content, will be eliminated or not published in PPA. The journal will act as quickly as possible in such cases. In accepting the terms and conditions expressed by our journal, authors must guarantee that the article and the materials associated with it are original and do not infringe copyright. The authors will also have to warrant that, in the case of joint authorship, there has been full consensus of all authors concerned and that the article has not been submitted to, or previously published in, any other media.*

# maquetas

## índice

### *editorial*

- VIDA DE LAS MAQUETAS: ENTRE LA REPRESENTACIÓN Y LA SIMULACIÓN / LIFE OF THE MODELS: BETWEEN REPRESENTATION AND SIMULATION**  
Miguel Ángel de la Cova Morillo-Velarde – (DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2016.i15.12>) 12

### *artículos*

- LA MAQUETA DE CÁDIZ DE 1779. UTILIDAD MILITAR O METÁFORA DE PODER / THE SCALE MODEL OF CADIZ 1779: MILITARY UTILITY OR POWER METAPHOR**  
Gabriel Granado Castro; José Antonio Barrera Vera; Joaquín Aguilar Camacho – (DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2016.i15.01>) 16

- RETRATANDO SUEÑOS. FOTOGRAFÍAS DE MAQUETAS DE ARQUITECTURA MODERNA EN ESPAÑA / PORTRAYING DREAMS. PHOTOGRAPHS OF MODERN ARCHITECTURE MODELS IN SPAIN**  
Iñaki Bergera Serrano – (DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2016.i15.02>) 30

- TRASLACIONES MIESIANAS / MIESIANAS' TRANSLATIONS**  
Valentín Trillo-Martínez – (DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2016.i15.03>) 42

- JEAN PROUVÉ Y KONRAD WACHSMANN. DOS FORMAS DE UTILIZAR LA MAQUETA COMO HERRAMIENTA DE PROYECTO / JEAN PROUVÉ AND KONRAD WACHSMANN. TWO WAYS OF USING THE SCALE MODEL AS A TOOL FOR PROJECTING**  
Ruth Arribas Blanco – (DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2016.i15.04>) 56

- BOCETANDO UNA “SÍNTESIS DE LAS ARTES”. LE CORBUSIER MODELA EN NUEVA YORK / SKETCHING A “SYNTHESIS OF ARTS”. LE CORBUSIER MODELS NEW YORK**  
Miguel Ángel de la Cova Morillo-Velarde – (DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2016.i15.05>) 70

- LOUIS I. KAHN, EL PAISAJE TELÚRICO Y LAS MAQUETAS DE ARCILLA / LOUIS I. KAHN, THE TELLURIC LANDSCAPE AND CLAY MODELS**  
José María Jové Sandoval – (DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2016.i15.06>) 84

- LA GENERACIÓN DEL ESTRUCTURALISMO HOLANDÉS A TRAVÉS DE SUS MAQUETAS. EL CASO DE HERMAN HERTZBERGER, 1958-1968 / DUTCH STRUCTURALISM GENERATION THROUGH ITS MODELS. THE CASE OF HERMAN HERTZBERGER, 1958-1968**  
Victor Rodríguez Prada – (DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2016.i15.07>) 100

- ENRIC MIRALLES Y LAS MAQUETAS: PENSAMIENTOS OCULTOS ENTRECruzADOS Y OTRAS INTUICIONES / ENRIC MIRALLES AND MODELS: HIDDEN INTERTWINED THOUGHTS AND OTHER INTUITIONS**  
Jesús Esquinas Dessy; Isabel Zaragoza de Pedro – (DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2016.i15.08>) 112

- ARQUITECTURAS MINIATURIZADAS Y SU CONTEXTUALIZACIÓN EN EL ARTE CONTEMPORÁNEO / MINIATURISED ARCHITECTURE AND ITS CONTEXTUALISATION IN CONTEMPORARY ART**  
Angélica Fernández-Morales; Luis Agustín Hernández; Aurelio Vallespín Muniesa – (DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2016.i15.09>) 126

- LA MAQUETA CONCEPTUAL EN LA ARQUITECTURA PARAMÉTRICA: LA MATERIALIDAD DIGITAL COMO ICONO / THE CONCEPTUAL MODEL IN PARAMETRIC ARCHITECTURE: DIGITAL MATERIALITY AS AN ICON**  
Mónica Val Fiel – (DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2016.i15.10>) 138

### *reseña bibliográfica TEXTOS VIVOS*

- FEDERICO LÓPEZ SILVESTRE: MICROLOGÍAS O BREVE HISTORIA DE ARTES MÍNIMAS**  
Inmaculada Murcia Serrano – (DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/ppa.2016.i15.11>) 152



## JEAN PROUVÉ Y KONRAD WACHSMANN. DOS FORMAS DE UTILIZAR LA MAQUETA COMO HERRAMIENTA DE PROYECTO

JEAN PROUVÉ AND KONRAD WACHSMANN. TWO WAYS OF USING THE SCALE MODEL AS A TOOL FOR PROJECTING

Ruth Arribas Blanco

**RESUMEN** Jean Prouvé y Konrad Wachsmann pertenecieron a una época convulsa en la que los ideales de la arquitectura se vieron modificados y nuevas variables entraron en juego. La dimensión técnico-constructiva recuperó protagonismo a su vez que la industrialización comenzó a influenciar en las construcciones del momento caracterizadas por su expresión tectónica. Maquetas a escala, así como prototipos de tamaño real, fueron utilizadas por Prouvé y Wachsmann como una herramienta fundamental en el proceso creativo. El presente artículo analiza las diferencias en el empleo de la maqueta y las estrategias de proyecto utilizadas por ambos arquitectos a través del análisis de dos obras, el Aeroclub de Roland Garros (1935) de Jean Prouvé y el Mobilar Structure (1939) de Konrad Wachsmann.

**PALABRAS CLAVE:** maqueta; prototipo; industrialización; técnica; eficiencia; modulación

**SUMMARY** Jean Prouvé and Konrad Wachsmann belonged to a convulsive period in which the ideals of architecture were modified and new variables came into play. The technique-constructive dimension regained prominence at a time when industrialization began to influence the constructions of that time, characterised by their tectonic expression. Together with real-size prototypes, Prouvé and Wachsmann employed scale models as fundamental tools in their creative process. This article explores the differences in the use of the model and projecting strategies through the analysis of two works: the Roland Garros flying club (1935) by Jean Prouvé and Mobilar Structure (1939) by Konrad Wachsmann.

**KEYWORDS** scale model; prototype; industrialization; technique; efficiency; modularity

Persona de contacto / Corresponding author: rarribas@cst.upv.es. Arquitecta por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Valencia.

La ciencia y la industria, conformadas como el motor del progreso, caracterizaron a finales del siglo XIX un período de gran desarrollo. Es importante remarcar que, como dice Lewis Mumford<sup>1</sup>, fue necesario un cambio de mentalidad de la sociedad que, junto al gran desarrollo técnico que se estaba produciendo, posibilitara la aparición de los grandes inventos, en definitiva de “la máquina”. Huelga señalar que la industria se había ido desarrollando anteriormente durante un gran período de tiempo siendo ella por sí sola incapaz de provocar, sin embargo, los cambios que fueron determinantes para la concepción de una nueva sociedad caracterizada por la aparición de la fábrica y la mecanización. La aplicación del conocimiento científico a la vida diaria provocó que surgiera “*la invención sistemática y premeditada. He aquí un nuevo material: problema: buscarle una nueva utilización. O bien he aquí un nuevo instrumento: problema: buscar la fórmula teórica que permita producirlo*”<sup>2</sup>. En este contexto surge el advenimiento de nuevas estrategias de proyecto por correlario de los cambios de paradigma sobrevenidos por la evolución de la construcción arquitectónica desde un “sistema homogéneo” (estereotómico) a un “sistema

heterogéneo” (tectónico), en la cual entraron en juego nuevas variables. Esto fue propiciado por la irrupción de la industrialización y la aplicación de las ciencias al mundo arquitectónico, especialmente las matemáticas y las físicas, afectando “*tanto a la concepción misma de la arquitectura como a todo el proceso de su realización técnica (proyectual y material) al introducir como valor prioritario de este pensamiento la norma de la eficacia*”<sup>3</sup>, es decir, “*la búsqueda del máximo beneficio al mínimo coste en la construcción o en el funcionamiento de los edificios*”<sup>4</sup>.

Es imprescindible hacer hincapié en que estas influencias fueron inicialmente patentes en edificios de gran envergadura y en obras de ingeniería civil, como el *Crystal Palace* (1850) o el puente del *Firth of Forth* (1890), y que fue necesario el pasar de los años para que llegaran a alcanzar de manera más contundente al mundo de la Arquitectura en el que, en una época caracterizada por la escasez de vivienda, la industrialización fue acogida por algunos arquitectos con gran entusiasmo al ver en ella la solución al problema. Walter Gropius, por ejemplo, en un memorándum redactado en 1910 dirigido al conocido industrial Walter Rathenau, escribía: “*la solución puede*

1. Mumford, Lewis: *Técnica y civilización*. Madrid: Alianza editorial, 1982, pp. 21-22.

2. *Ibid.* p. 238.

3. Calduch, Juan: *Materia y técnica: de la firmitas a la tecnología*. Temas de composición arquitectónica, vol.4. . San Vicente (España): Editorial Club Universitario, 2001, p. 28.

4. Tzonis, Alexander; Lefavre, Liane: “La mecanización de la arquitectura y la doctrina funcionalista”. En Fernández-Galiano, Luis (Ed.): *Arquitectura, técnica y naturaleza en el ocaso de la modernidad*. Madrid: Servicio de Publicaciones Secretaría General Técnica, 1984, p. 31.

1. Boceto de la vivienda B.L.P.S realizado por Jean Prouvé donde se evidencia la correspondencia entre el modo de fabricar un automóvil y una vivienda.
2. Maqueta del ensamblaje entre cerchas perpendiculares.

venir sólo de la producción industrial: la cual puede ser económica y de alta calidad”<sup>5</sup>. Le Corbusier, a su vez, quien denominaba a la vivienda *máquina para habitar*, concibe el alojamiento como el conjunto “de una serie de componentes tipificados que el arquitecto, en cuanto sujeto creativo, puede disponer con la libertad que le concede el propio sistema de leyes autoimpuesto, tal como consideraba, por ejemplo, los trazados reguladores”<sup>6</sup>. El empleo de prototipos sirvió para experimentar y verificar el buen hacer de una técnica de la cual aún no se tenía completo dominio y para indagar sobre las nuevas formas derivadas de ella. Algunos de los primeros ejemplos los podemos encontrar en los dos arquitectos citados. La *Maison Citrohan* de Le Corbusier, por ejemplo, surgió como paradigma de la casa en serie para cuya construcción se propusieron elementos estandarizados producidos en masa<sup>7</sup>. O la *Maison d’Artiste*, que consistía “en un estudio teórico que exige interrogarse sobre las ‘necesidades-tipo’ para satisfacerlas igual que ‘se ha resuelto los vagones, las herramientas, etc.’”<sup>8</sup>, planteada también desde el empleo de las nuevas técnicas. A su vez, en la *Bauhaus*, cuyos talleres fueron concebidos como *laboratorios de experimentación*, se desarrollaban modelos o prototipos de objetos demandados por la sociedad, ya fueran sillas o incluso una vivienda, los cuales debían ser susceptibles de ser reproducidos

en serie por métodos mecánicos. Consecuentemente, la forma resultante del objeto, entendida como su proceso de formalización y materialización sin limitarse al aspecto externo<sup>9</sup>, debía ser susceptible de repetición. La creación del objeto-tipo se llevaba a cabo en los talleres de manera artesanal, teniendo en cuenta los requisitos funcionales, económicos y técnicos de cada uno de ellos, para ser fabricados posteriormente en industrias externas a la Escuela pero vinculadas a la misma. Esto supuso un modo totalmente nuevo de afrontar el *objeto arquitectónico* al modificarse las premisas de partida, el cual fue aplicado también a la “fabricación” de viviendas. En 1923 se construyó la *Haus am Horn*<sup>10</sup> cuya finalidad era servir de prototipo y poner en práctica las ideas defendidas por Walter Gropius sobre la fabricación en serie de viviendas para la posterior construcción de la *Bauhaus-Siedlung Am Horn*. Sin embargo, ésta nunca llegó a materializarse por falta de recursos. No fue hasta 1926 cuando, Gropius, gracias al encargo recibido por parte de la ciudad de Dessau para la construcción de la *Siedlung Törten* en la cual Georg Muche y Richard Paulick tuvieron también ocasión de construir un prototipo de vivienda de acero, y, posteriormente en 1927 con su participación en la *Weissenhofsiedlung*, que pudo llevar a la práctica sus ideas desarrolladas hasta el momento a nivel teórico<sup>11</sup>.

5. Gropius, Walter: *Programm zur Gründung einer allgemeinen Hausbaugesellschaft auf künstlerisch einheitlicher Grundlage, m.b.H.*, 1910. Dicho manuscrito se encuentra depositado en el archivo de Walter Gropius en el *Bauhaus-Archiv* en Berlín. Un extracto del mismo traducido al español está recopilado en: Gropius, Walter: “Programa para la fundación de una sociedad general de construcciones con una base artística unitaria”. En Winkler, Hans M. (Ed.): *La Bauhaus. Weimar, Dessau, Berlin. 1919-1933*, 2ª ed. Barcelona: Gustavo Gili, 1980, pp.28-30. Para su consulta en inglés: “Gropius At Twenty-Six”. En *Architectural Review*, CXXX, Julio 1961, pp. 49-51.

6. Torres, Jorge: *Le Corbusier: visiones de la técnica en cinco tiempos*. Madrid: Fundación Caja de Arquitectos, 2004, p. 93.

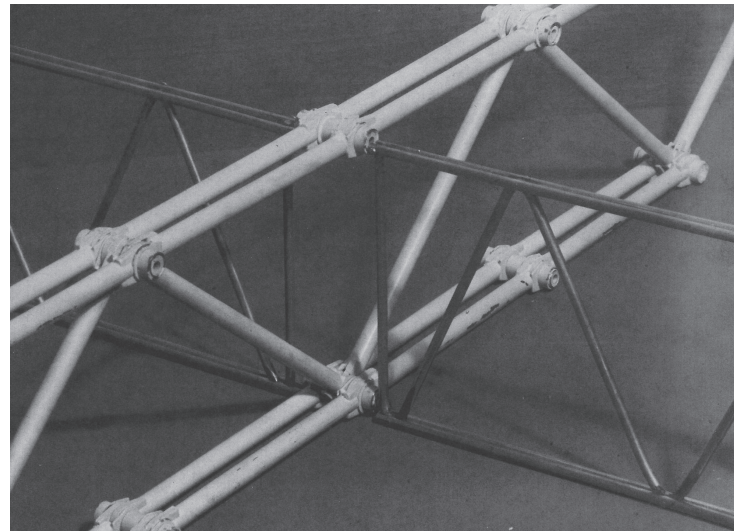
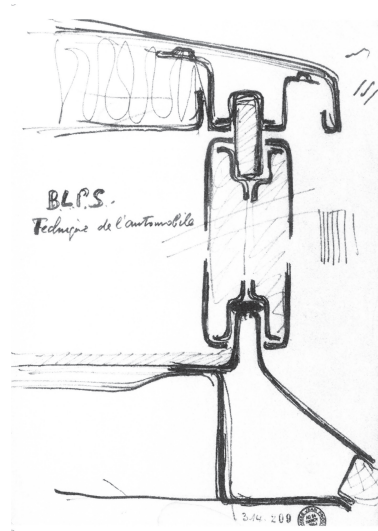
7. Le Corbusier: *Hacia una arquitectura*, 2ª ed. Barcelona: ediciones Apóstrofe, 1998, p. 201.

8. Torres, Jorge, op. cit. Supra, nota 6, p. 85.

9. Naya, Carlos. *Arquitectura y razón técnica en los escritos de la vanguardia europea*. Pamplona: Servicio de publicaciones de la Universidad de Navarra, 1996, p. 302.

10. Fue planteada inicialmente por Georg Muche, quien se ocupó de su construcción junto a Adolf Meyer, como una vivienda ligera montada con un sistema en seco. Sin embargo, debido a la situación económica del momento y a la posible carencia de los suficientes conocimientos técnicos, fue finalmente realizada mediante bloques de mampostería y viguetas prefabricadas.

11. Es suficientemente conocida la labor teórica que realizó Walter Gropius a lo largo de su vida profesional, dejando un legado escrito de valor significativo para la Historia de la Arquitectura del siglo XX. Además de sus escritos, también realizó a principios de los años 20, algunos proyectos en los que intentó aplicar sus ideas sobre la fabricación en serie de viviendas, los cuales sólo pudieron ser llevados a cabo a nivel teórico debido a la situación económica del momento. Es el caso del sistema basado en células espaciales conocido como *Wabenbau*, que desarrolló con la colaboración de Fred Forbat y la evolución del mismo al, más conocido, *Baukasten im Großen*.



1 2

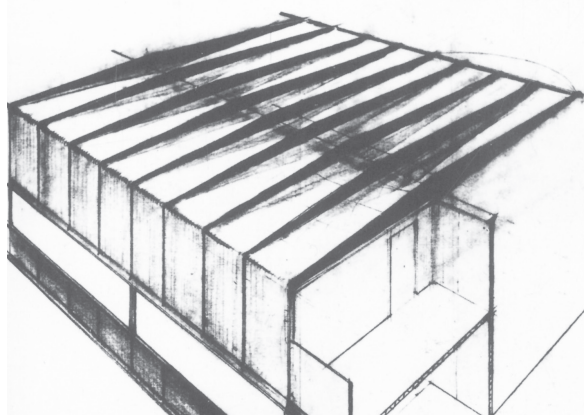
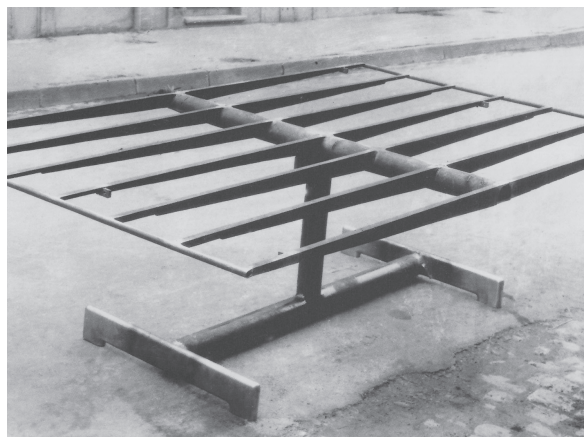
## DOS ARQUITECTOS Y SUS INFLUENCIAS

Jean Prouvé (1901–1984) y Konrad Wachsmann (1901–1980) sufrieron de manera diferente las vicisitudes de la Gran Guerra. En los años de entreguerras fueron dos de las figuras fundamentales por su modo de hacer y su forma de entender la arquitectura, fuertemente caracterizada por el aspecto constructivo y la materialidad de la misma. Ambos utilizaron las maquetas y los prototipos como herramienta de trabajo en un quehacer arquitectónico en el que la componente volumétrica o tridimensional era una constante. Y, aunque siguiendo estrategias de proyecto dispares, ambos revalorizaron y recuperaron la dimensión técnico-constructiva de una arquitectura que reflejaba el espíritu de una sociedad marcada por la incipiente industrialización.

La principal diferencia entre ellos radica en que Prouvé hacía uso de la industrialización de una manera “artesanal” y personalizada, manipulando el material de manera eficiente en el que los límites venían impuestos por la maquinaria disponible y las características del propio material. Todos los componentes se ensamblaban entre ellos comportándose como un todo unitario, siendo fundamental la continuidad entre los elementos, al igual que en un coche o en un avión, adquiriendo las juntas gran protagonismo (figura 1). Mientras, Wachsmann, recurría siempre a piezas estandarizadas, que fueran susceptibles de ser producidas en masa, cuya organización se

realizaba sobre una malla modular y cuyo modo de unión fue estudiado concienzudamente ya que de él dependía el éxito del sistema (figura 2). Jean hacía un uso individualizable de la técnica, mientras Wachsmann estaba centrado en la búsqueda de una arquitectura más abierta y de carácter universal. Las principales causas de sus diferentes enfoques proyectuales las podemos encontrar analizando las vivencias y experiencias laborales de cada uno de ellos.

Jean Prouvé, hijo de uno de los fundadores de la École de Nancy, acudía desde pequeño al taller de su padre donde tuvo la posibilidad de estar en contacto directo con el mundo *artesanal*. Allí aprendió a observar la naturaleza, a analizar el por qué de las formas, lo cual se reflejó posteriormente en su modo de construir donde las secciones de los elementos venían dadas por los esfuerzos que tenían que resistir y la función que debían desempeñar. Su formación estuvo estrechamente relacionada con el cómo hacer las cosas. Sus primeros trabajos fueron colaboraciones en diferentes talleres herreros hasta que, en 1924, inauguró su propio taller donde continuó trabajando con hierro forjado para, posteriormente, comenzar a utilizar chapa metálica como principal material de construcción. Hablaba siempre de *resistencia equivalente*, sin diferenciar si el diseño correspondía a un mueble o a un edificio, refiriéndose a la forma que adquirían los objetos que proyectaba y construía como respuesta a las solicitudes



3

a las que estaban sometidos, siendo más resistentes allá donde más esfuerzos debían soportar. Esta forma de proceder se evidenciaba ya en cualquiera de sus primeras sillas y mesas sobre las que afirmaba: “una silla siempre rompe por la junta trasera, por el ángulo entre las patas y el asiento, razón por la que todos mis muebles tienen formas de resistencia equivalentes”<sup>12</sup>. Otro ejemplo representativo se puede observar en el modo de configurar el tablero superior de una mesa cuya componente resistente coincide con la de la cubierta del *Aeroclub Roland Garros* en la que los elementos sometidos a flexión tienen mayor dimensión allí donde los esfuerzos flectores son de mayor magnitud (figura 3). Es importante hacer hincapié en el

3. Comparación entre la estructura de una mesa realizada por Prouvé en 1930 (arriba) y el sistema constructivo del *Aeroclub* en Buc (abajo).

4. Conectores para la construcción de estructuras a partir de la unión de tetraedro patentado por A. Graham Bell.

papel que tuvo el diseño de mobiliario en la evolución de la obra de Jean Prouvé como ya afirmaba A. Guiheux en 1990, cuando escribía que “la experiencia del mobiliario permite el cambio a escala, el aumento que permite pasar el mueble a habitación”<sup>13</sup>. O cuando en 2011 N. Foster manifestaba que “desde el mobiliario no había más que subir un peldaño en la escala para industrializar toda la envolvente del edificio”<sup>14</sup>.

Por otro lado, a Wachsmann, de naturaleza inconformista, el devenir de la vida hizo que a los 16 años comenzase a formarse como carpintero y ebanista. Posteriormente, consiguió trabajo en la empresa *Christoph & Unmack*, la empresa de construcción con madera más importante que existía en Europa en aquellos momentos. Éste fue su primer contacto con la producción en masa, experiencia que le ayudó a entender que “no era un simple evento tecnológico sino que la industrialización era la respuesta a la construcción y que era increíblemente importante”<sup>15</sup> y que significó un punto de inflexión en su vida, influyéndole intensamente en los trabajos que desarrolló posteriormente. Aprendió, de forma directa y a través de la experiencia, todo lo relacionado con la tecnología de la madera y la gran producción en masa, así como la organización y el trabajo en equipo. Durante su permanencia en la empresa, ayudó en la evolución y desarrollo de ésta elaborando catálogos de productos constructivos realizados en madera e introduciendo la modulación en el sistema constructivo de la propia empresa. Por primera vez en Europa, se ofrecían componentes prefabricados con los que realizar edificios en vez de casas completamente acabadas. El cliente podía así dibujar su propia casa gracias a estos catálogos en los que aparecía una malla que representaba la modulación. Konrad había conseguido llevar a la práctica lo que Gropius predicaba en el memorándum escrito en 1910, citado anteriormente, en el que proponía la construcción de casas en serie utilizando elementos estandarizados combinables con los que se pudiera construir evitando la

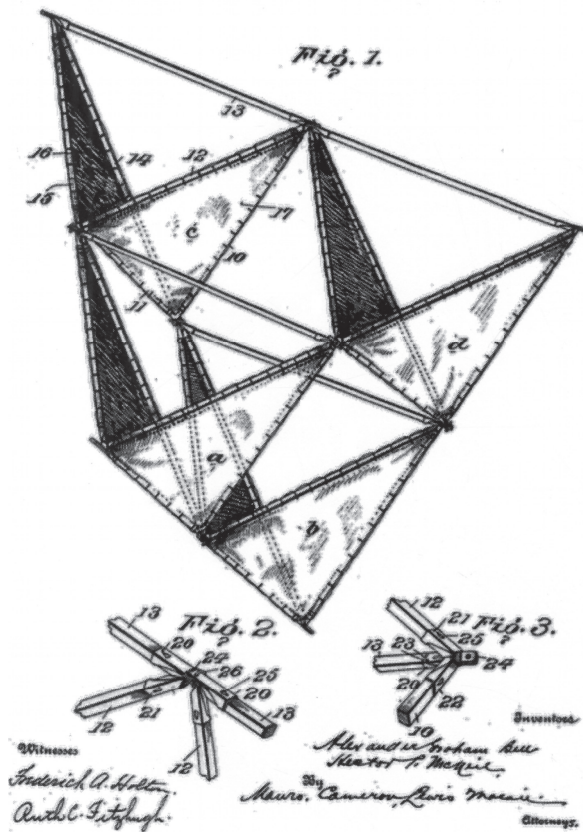
12. Lavalou, Armelle (ed.): *Conversaciones con Jean Prouvé*. Barcelona: Gustavo Gili, 2005, p. 26.

13. Guiheux, Alain: “L’architecture inverse”. En Guidot, Raymond; Guiheux, Alain: *Jean Prouvé constructeur*. Paris: Editions du Centre Pompidou, 1990, p. 31.

14. Foster, Norman: “Jean Prouvé: maestro de la forma estructural”. En *AV Monografías*, nº149. Madrid: Arquitectura Viva, 2011, p. 112.

Wachsmann, K.: *Timebridge 1901–2001*. Konrad Wachsmann an Autobiography. Autobiografía incompleta no publicada, depositada en la Akademie der Künste en Berlín, p. 31.

16. Posteriormente, Konrad Wachsmann y Walter Gropius colaboraron juntos en el desarrollo del *Packaged House System*. Se puede considerar que Wachsmann aportó principalmente la parte técnica necesaria mientras Gropius proporcionaba “el marco conceptual de su filosofía de unidad y variedad, flexibilidad y



4

monotonía<sup>16</sup>. Wachsmann comenzó a utilizar la modulación en todos sus proyectos como requisito indispensable para la utilización de componentes estandarizados y un mayor aprovechamiento de la fabricación en masa, lo que se puede identificar como el *factor desencadenante*<sup>17</sup> que influyó en sus posteriores realizaciones. Unos años más tarde, en 1938, Wachsmann llegó a

Francia, lugar de partida hacia América huyendo de la persecución judía. Allí tuvo la oportunidad de observar diferentes construcciones realizadas con elementos lineales metálicos, como el *Pont Transbordeur* construido en el puerto de Marsella en 1905 o las farolas que pudo observar en Grenoble, que le sirvieron de inspiración para sus proyectos<sup>18</sup>. Se sentía fascinado por las construcciones tridimensionales realizadas mediante elementos metálicos y por las posibilidades constructivas, estáticas y espaciales de los mismos, cuyo origen se remonta a los experimentos realizados por Graham Bell, quien a finales del siglo XIX estaba inmerso en la construcción de cometas utilizando el tetraedro. Bell fue reconocido por Wachsmann como un personaje pionero en la producción en masa de tetraedros estandarizados prefabricados a partir de barras de metal para obtener de esta forma construcciones espaciales muy sencillas, las cuales hubieran sido, sin embargo, de gran complejidad si se hubieran intentado realizar utilizando medios convencionales<sup>19</sup> (figura 4).

#### DOS PROYECTOS, DOS ESTRATEGIAS

El *Aeroclub Roland Garros* en Buc (1935) de Jean Prouvé, realizado en colaboración con los arquitectos Marcel Lods y Eugène Beaudouin, y el *Mobilar Structure* (1939)<sup>20</sup> de Konrad Wachsmann son dos proyectos cuya construcción es cercana en el tiempo y en cuya concepción fue fundamental la utilización de maquetas y prototipos a escala 1:1. Son dos construcciones relacionadas con el mundo de la aviación aunque con programas totalmente diferentes.

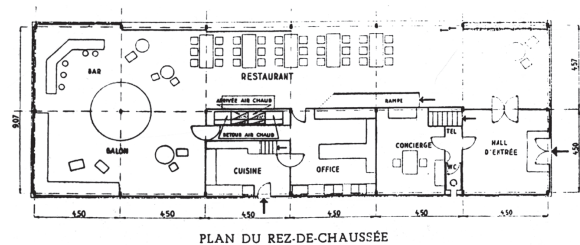
crecimiento, estabilidad y cambio, estandarización y elección individual”, complementándose y enriqueciéndose mutuamente. En: Herbert, Gilbert: *The dream of the Factory-made house. Walter Gropius and Konrad Wachsmann*. Cambridge: MIT Press, 1984, p. 259.

17. El concepto *factor desencadenante* es utilizado por Juan Antonio Cortés para definir aquella circunstancia que provoca un cambio fundamental tanto en la arquitectura del propio autor como en la arquitectura en general. Como, por ejemplo, el cambio de la forma del perfil de los pilares de Mies van der Rohe en el proyecto no construido para la biblioteca del ITT que influyó en sus obras posteriores, produciendo una transformación decisiva en el espacio arquitectónico resultante. En: Cortés, Juan Antonio: “Rigor y necesidad en la arquitectura y la crítica contemporáneas”. En *Apuntes del Seminario de teoría y crítica de la arquitectura y ciudad*. Universidad Politécnica de Valencia, 2016. (Documento inédito).

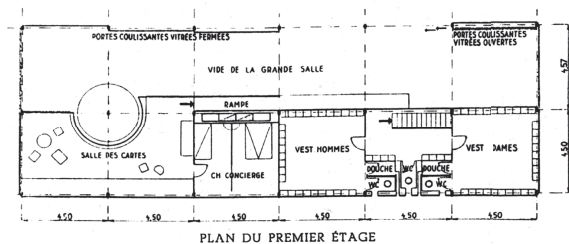
18. En su autobiografía no publicada recuerda en dos pasajes diferentes como, una vez en New York sentado junto a Le Corbusier, le contaba que la estructura más bella que recordaba era el *Pont Transbordeur* (p.110), al igual que también nombra las farolas de Grenoble como objetos de inspiración (p.96). En op. cit., nota supra 15, pp. 96 y 100.

19. Wachsmann, Konrad: *Una svolta nelle costruzioni*, 2º ed. Milán: Il saggatore, 1975, pp. 39-40.

20. En 1939 germinó la idea inicial mientras estaba exiliado en Francia. Sin embargo, hasta mediados de los años 40 no tuvo ocasión de poder desarrollar el proyecto con mayor detalle gracias a la financiación de la *Atlas Aircrafts Products* con la que Wachsmann entró en contacto debido al éxito inicial conseguido con el *Packaged House System*.



PLAN DU REZ-DE-CHAUSSEE



PLAN DU PREMIER ETAGE

Fig. 12. Vues en plan.

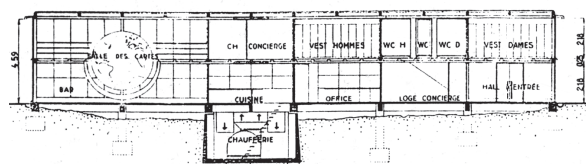
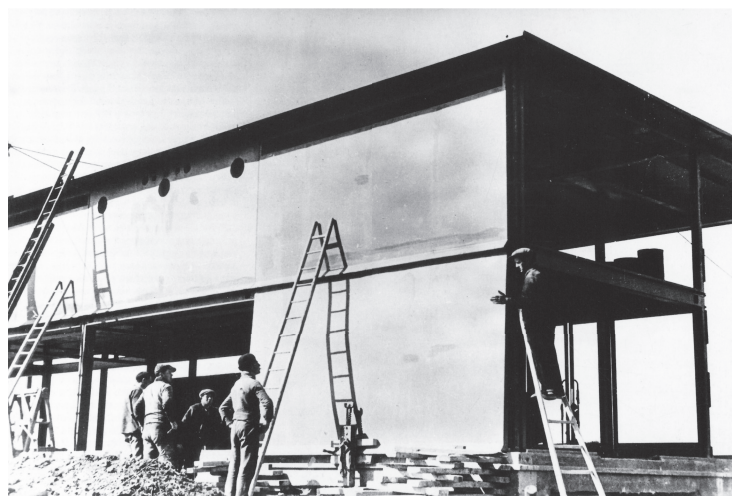
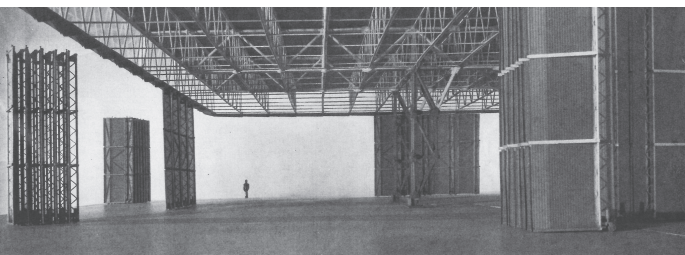


Fig. 13. Coupe longitudinale.

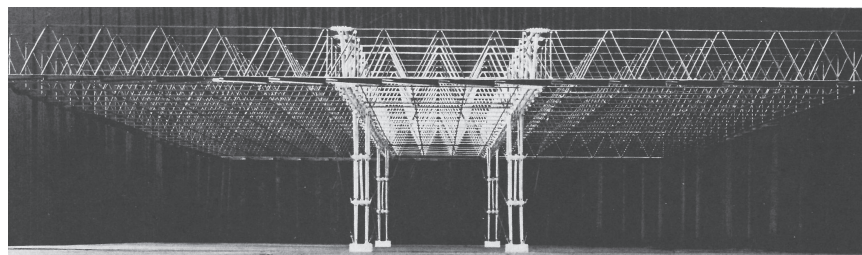


5

6



7

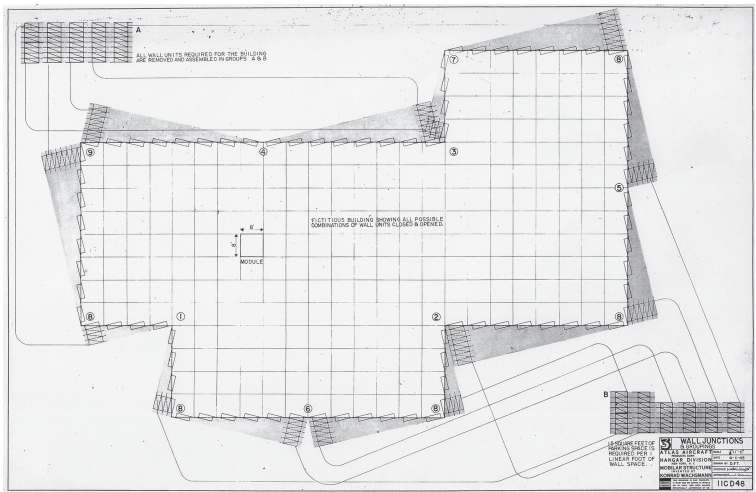


El *Aeroclub* (figura 5) era un paralelepípedo con una altura de 4,59m. y una dimensión en planta de 9,07m. x 27m., considerada entre ejes de pilares. Estaba dividido espacialmente en dos franjas horizontales, una de ellas a doble altura, donde se ubicaba el restaurante y el bar, comunicando con una terraza exterior a través de unas puertas correderas de cristal que abarcaban la altura total del edificios. En la otra franja, desarrollada en dos niveles, se concentraban las zonas de servicio. La trama de la estructura, la cual formaba parte de los mismos cerramientos, determinaba la modulación de los demás elementos constructivos: los tabiques interiores, las puertas correderas y los paneles de fachada, los cuales eran elementos todos ellos diseñados por Prouvé y fabricados en el taller de la *rue des Jardiniers*. Para Prouvé

fue el primer edificio realizado completamente con chapa plegada, cuyo requisito principal era su rápida construcción y el poder ser desplazado a otro emplazamiento con cierta facilidad. Consecuentemente fue concebida una construcción compuesta por 12 módulos sensiblemente cúbicos, de dimensiones prácticamente iguales, los cuales fueron fabricados completamente en taller para, posteriormente, ser montados en el lugar destinado para su emplazamiento<sup>21</sup> (figura 6).

El *Mobilar Structure* de Wachsmann nació con la idea de crear un sistema constructivo espacial con el cual conseguir una superficie ilimitada cuyo destino era servir de alojamiento para aviones bajo las premisas de prefabricación, que fuera desmontable y transportable. Este nuevo sistema se resume en el desarrollo de un punto nodal

21. Lods, Marcel: "Club de aviación Roland Garros". En *Arquitectura de hoy* (versión castellana de *L'Architecture d'Aujourd'hui*), año primero, num. 5, 1947, pp. 32-33.



o conector donde confluyen cerchas perpendiculares entre sí y de unas superficies anexas a modo de paredes móviles (figura 7). Para Wachsmann fue el primer proyecto en el que utilizó elementos tubulares metálicos estandarizados con los cuales, gracias a la repetición de un mismo patrón, pretendía obtener un espacio que fuera lo más diáfano y flexible posible. El hangar resultante podía tener cualquier dimensión, siendo el número de módulos utilizado lo que determinaba su tamaño. A su vez, su envergadura era modificable con facilidad, sin significar pérdida de material ni interferir en la función regular del mismo de manera que pudiera adaptarse a cualquiera de las exigencias formales o de programa que se demandasen (figura 8).

Ambos concebían la construcción a realizar como un *todo* completo en el que cada uno de los elementos era parte fundamental del mismo. Para ello era necesario el control íntegro de cada uno de los componentes por lo que se recurría a la fabricación de prototipos mediante los cuales verificar sus intuiciones. A continuación se analizará con mayor detalle cada una de las dos construcciones para averiguar las estrategias y mecanismos de proyecto empleados.

Jean Prouvé, cuyas construcciones estaban formadas por una estructura y su envolvente, como ya se ha dicho anteriormente, diseñó la estructura portante del Aeroclub con chapas metálicas de diferentes espesores. Las columnas estaban formadas por tres chapas, dos laterales y una en el interior que servía para dar mayor consistencia y cerrar la sección hueca, las cuales eran plegadas de forma que le conferían rigidez a la sección y dejaban, al mismo tiempo, una hendidura preparada en la que se recibían los paneles de fachada. En el interior de los postes, en la cota donde iban posicionadas las vigas, se disponían dos tubos soldados entre ellos, formando una "T", que iban, a su vez, unidos también mediante soldadura a las tres chapas metálicas que conformaban el poste. A esta "T", la cual sobresalía ligeramente del perímetro para conseguir el espesor necesario en el que realizar la conexión soldada, se anclaba la viga correspondiente a través de unos pernos, quedando así garantizada la transmisión de esfuerzos entre elementos portantes de sección hueca<sup>22</sup> (figura 9). Los paneles de fachada estaban conformados por dos hojas de chapa metálica, una interior y otra exterior, y con material aislante en el espacio intermedio creado. Tenían una dimensión

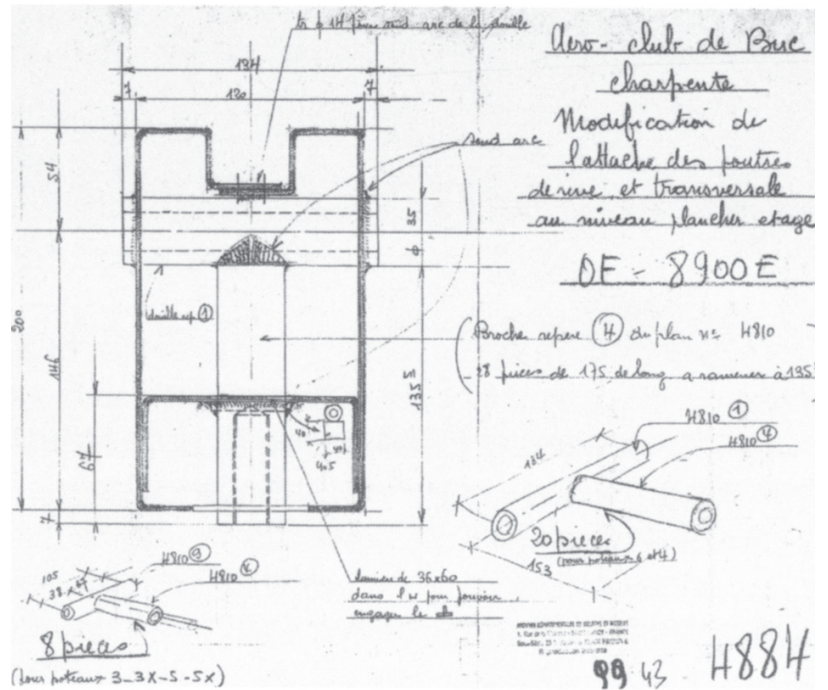
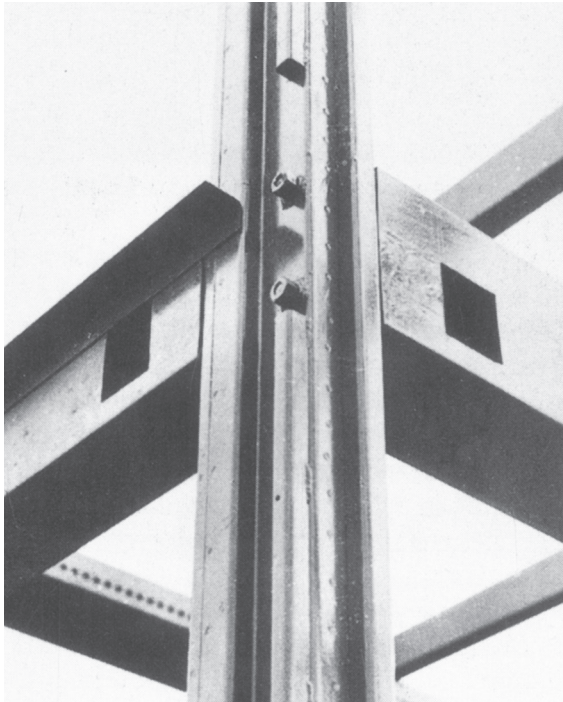
22. Sulzer, Peter: *Jean Prouvé. Oeuvre complète/Complete Works. Volume 2: 1934-1944*. Basel - Boston - Berlin: Birkhäuser - Publishers for Architecture, 2000, p. 119.



9. Detalle del poste del Aeroclub en Buc.

10. Evolución de la junta entre paneles de cerramientos realizada en el Aeroclub Roland Garros (izquierda) y en la *Maison du Peuple* (derecha).

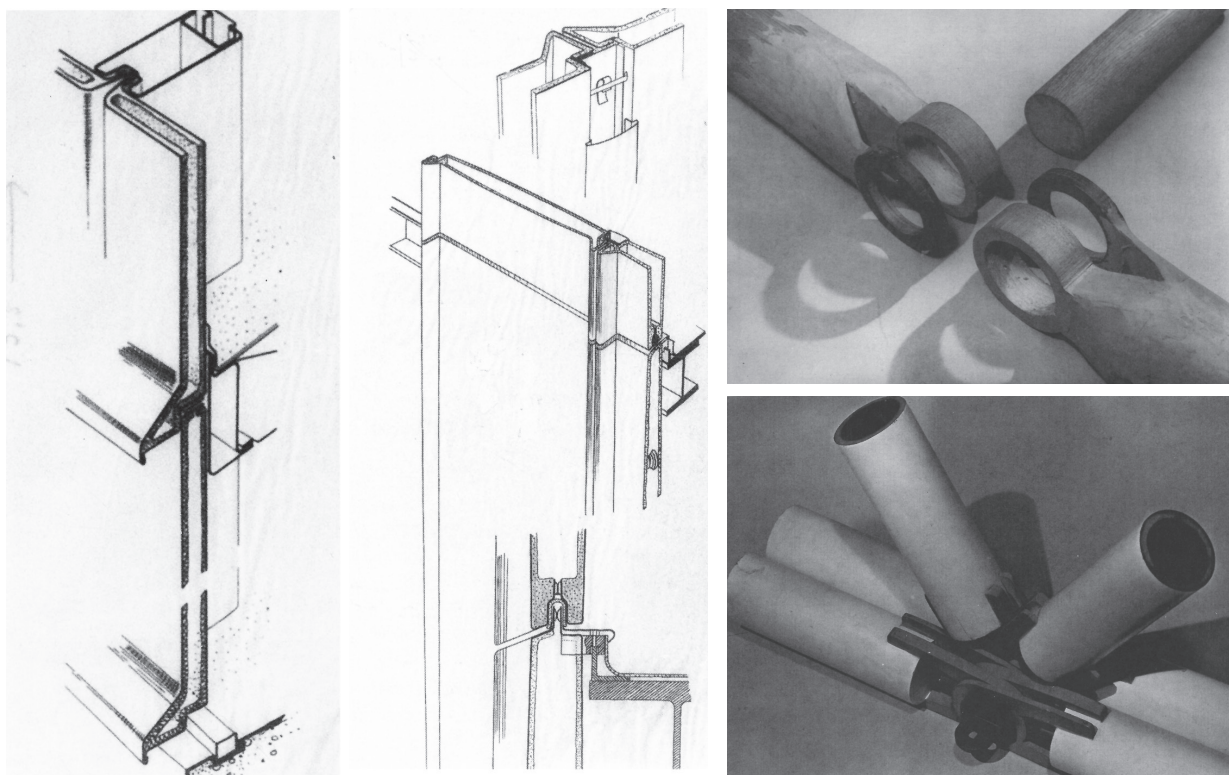
11. Maqueta de estudio realizada con madera (arriba) y prototipo del conector entre elementos tubulares con los ejes en un mismo plano (abajo).



9

de 4,50m x 2,25m para hacer coincidir la junta entre paneles con la separación a ejes existentes entre los elementos portantes, tanto verticales como horizontales, y así evitar, en la medida de lo posible, las filtraciones. Estaban a su vez ligeramente curvados para aumentar la rigidez de las chapas, a la vez que facilitaba mantener y controlar el aspecto plano y liso exterior de las mismas. La chapa con la que se conformaban los paneles se plegaba hacia el exterior en la parte inferior para mejorar la evacuación del agua que resbalaba por la fachada, así como para aumentar de nuevo la resistencia de los mismos. Éstos se anclaban a los postes a través de una junta elástica, con la cual se buscaba la estanqueidad, embebida en la ranura predispuesta en los postes. Las juntas se estudiaron cuidadosamente limitándolas al número mínimo imprescindible y haciéndolas coincidir con los pilares, buscando así aumentar la hermeticidad. Los pilares y los paneles de la envolvente fueron diseñados de manera conjunta, complementándose, adaptándose entre ellos para garantizar un correcto ensamblaje, al igual que se hacía en

la fabricación de un automóvil. Las juntas se mejoraron y evolucionaron en el siguiente proyecto que realizó Prouvé, de nuevo, junto a los arquitectos Lods & Beadouin, la *Maison du Peuple* en Clichy, cuya principal diferencia radicaba en que, en este último, la estructura se realizó con perfiles laminados cuya modulación no coincidía con la de la envolvente al ser los paneles de menor tamaño para evitar los problemas generados en Buc debido a su excesiva dimensión. Consecuentemente, el cerramiento iba unido a los forjados superior e inferior para conseguir la estabilidad necesaria. Se desarrollaron multitud de variaciones de las juntas entre paneles tomando como base la realizada en Buc. En la solución final, los extremos verticales se plegaban hacia el exterior para conseguir rigidez frente a esfuerzos horizontales, al no estar unidos a los elementos verticales estructurales como lo estaban en Buc, a su vez que evitaban la entrada de agua hacia el interior de los mismos. No fue necesario ningún elemento adicional para garantizar el buen comportamiento estático de los mismos por lo que las variaciones dimensionales debidas



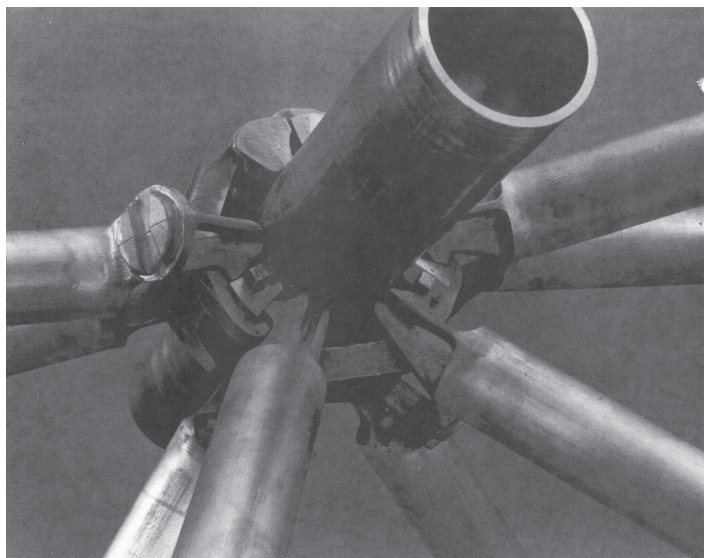
10 11

a los cambios de temperatura generaban menos problemas al poder ser absorbidas por la propia separación entre paneles cuya menor anchura garantizaba también su mejor comportamiento (figura 10).

A diferencia del edificio de Prouvé, la construcción del hangar de Wachsmann estaba compuesto por un cubierta con función portante y unas paredes móviles independientes, ambos conformados como cuerpos tridimensionales buscando la estabilidad de los mismos y la máxima ligereza. Estaban constituidos por cerchas donde las piezas tubulares estaban soldadas entre ellas. Las luces de mayor dimensión se dividían en varios tramos estandarizados para facilitar su transporte y posteriormente ser ensamblados en el lugar de la construcción. Los conectores estaban pensados de modo que las estructuras en celosía se montaran en seco y que pudieran ser desmontadas con facilidad sin necesidad de romper ningún elemento, además de que fueran utilizados indistintamente tanto para la cubierta, como para los soportes o cualquier otro elemento constructivo materializado con elementos tubulares de acero que transfirieran las tensiones por esfuerzos axiales, ya que no estaban pensados para resistir excentricidades que podrían ser resistidas sólo con soluciones más complejas. Cada uno de los elementos tubulares o barras tenía dos chapas soldadas de diferentes espesores en cada uno de sus extremos, con forma redondeada y con una perforación central, las

cuales estaban unidas asimétricamente respecto al eje axial de la barra. Una de las caras de la chapa de mayor espesor coincidía exactamente con el eje del elemento tubular y, la otra chapa de menor espesor, estaba soldada oponiéndose a la excentricidad creada de forma que, cuando se enfrentaban dos barras, las chapas se complementaban entre ellas y quedaban solapas con el agujero central alineado para que pudiera ser atravesado por un perno perpendicular al eje de las barras, cuya función era fijar los elementos tubulares. En este tipo de conector podían confluir sólo dos barras cuyos ejes axiales estuvieran situados en un mismo plano. Era posible la conexión de varias barras en diferentes planos obteniendo intersecciones de cerchas principales, de correas y de travesaños horizontales (figura 11). Como Wachsmann comenta en la memoria del proyecto, la unión entre dos barras se podría haber solucionado con un sistema macho-hembra pero, sin embargo, Konrad buscó una solución en la que un único tipo de pieza fuera capaz de resolver el encuentro entre dos barras coaxiales enfrentadas, siendo coherente con sus ideas de industrialización y producción en masa. Este tipo de unión, además, permitía que las dos barras rotaran con movimiento bidimensional y perpendicular respecto al perno de unión de forma que las cerchas se pudieran plegar. Sin embargo, no permitía el uso de elementos tubulares en una posición perpendicular a ellos por lo que, *"mientras la construcción en su dirección longitudinal se*

12. Prototipo del conector con movimiento tridimensional.



12

presenta suficientemente sólida (...) en la dirección transversal se predisponen cables reticulares”<sup>23</sup> para garantizar la solidez del sistema.

Prouvé utiliza los prototipos como un recurso con el cual verificar a priori, antes de la construcción definitiva, la estabilidad de sus creaciones. Como C. Coley afirma en 1993, “una experimentación a tamaño natural (...) que permite probar todo los defectos del sistema y profundizar los detalles, así como modificarlos in situ”<sup>24</sup>. Sin embargo, para Wachsmann, las maquetas a escala son un elemento fundamental con el que poder controlar la disposición de los elementos tubulares en las tres dimensiones del espacio, así como para concebir los conectores que permitan la uniones entre estos componentes. La elección de los materiales utilizados es definitoria en los dos proyectos descritos. Ambos buscan la máxima ligereza y economía, así como construcciones móviles, pero desde conceptos constructivos dispares. Prouvé recurre a la chapa metálica, la cual, debido a su falta de rigidez es necesario ir plegando para conseguir un buen comportamiento estático de la misma, convirtiendo esa necesidad en una virtud al dominar el material en función de sus necesidades y sin limitar sus posibilidades creativas, “el hombre está en la tierra para crear”, proclamaba

él mismo<sup>25</sup>. La junta adquiere, debido al material utilizado, un papel protagonista en sus realizaciones cuyo estudio le permite evolucionar hacia una mayor eficiencia y estanqueidad de las mismas. Wachsmann hace uso de perfiles tubulares estandarizados fabricados en masa cuyos puntos de unión son diseñados por él mismo recurriendo de nuevo a componentes normalizados. Jean fabrica maquetas a escala real, en las que poder comprobar y mejorar el buen comportamiento y la eficacia de su creación, las cuales, a modo de prototipo *evolutivo*, le sirven para ir corrigiendo y depurando los detalles constructivos entre sucesivas construcciones. Un ejemplo representativo de su modo de hacer es el repertorio formado por las variantes que componen los diferentes sistemas de su *Alfabeto de estructuras*<sup>26</sup>. A su vez, Wachsmann emplea los prototipos, los cuales combina con representaciones axonométricas, para poder tener un mayor control de las piezas dispuestas en el espacio siguiendo una modulación tridimensional, como si de una malla tejida se tratara. Ambos emplean al límite la técnica con la que trabajan. Prouvé desde la limitación conferida por el material utilizado y la maquinaria disponible, cuya optimización determina la forma final del elemento, expresión misma del proceso técnico utilizado. Wachsmann a través de la

23. Wachsmann, Konrad: *Una svolta nelle costruzioni*, 2º ed. Milán: Il saggiatore, 1975, p. 139.

24. Coley, Catherine: *Jean Prouvé*. Paris: Centre Georges Pompidou, 1993, p. 25.

25. Lavalou, Armelle (ed.). *Conversaciones con Jean Prouvé*. Barcelona: Gustavo Gili, 2005, p. 11.

26. Una recopilación del *Alfabeto de estructuras* de Prouvé se encuentra en: Huber, Benedikt., Steinegger, Jean-Claude (ed.): *Jean Prouvé. Prefabrication: Structures and Elements*. London: Pall Mall Press, 1971, pp. 28-29.

búsqueda de un *sistema constructivo universal*, que pueda ser utilizado en todo tipo de construcciones al permitir uniones en cualquiera de las direcciones<sup>27</sup>, mediante el cual conseguir superficies ilimitadas en las que el conector se convierte en el elemento clave, evolucionando de un conector con movimiento bidimensional a un conector que permite giros tridimensionales de todas las barras que confluyen en él (figura 12) y que utiliza en un proyecto que realiza posteriormente, los hangares de la *U.S. Air Force*.

#### CONCLUSIONES

Las maquetas de Prouvé necesariamente debían ser realizadas a escala real ya que la forma de sus elementos constructivos, siguiendo la aplicación de sus principios, dependía del material con que eran concebidos y de las máquinas disponibles en taller en ese momento, así como de los esfuerzos a los que estaban sometidos, bajo la premisa de la obtención de la *forma eficaz* caracterizada por la optimización del material en función de la resistencia necesaria. Eran variables relacionadas con el tamaño del elemento, siguiendo los principios de Galileo, quien por primera vez en el pasado había considerado que las leyes formales, *"la geometría y las proporciones (...) no podían controlar (por sí solas) el comportamiento estructural del producto, que estaba ligado también a la Materia, es decir, al tamaño y (...) al material con el que la máquina está construida"*<sup>28</sup>. Se puede afirmar que las obras de Prouvé estaban concebidas desde el punto de vista de la fabricación y el montaje. Esta forma de proceder obligaba a conocer las características resistentes y las cualidades del material con el que se trabajaba. Si bien es cierto que, en el modo de hacer de Jean Prouvé, al menos en sus inicios, las formas eran resultado más de la intuición y experiencia adquirida que de un proceso de cálculo riguroso.

En cambio, la realización de maquetas a escala y la representación tridimensional eran utilizadas por Konrad Wachsmann para entender espacialmente un proyecto al permitir tener un mayor control de todas las secciones y posibilitar una visión simultánea del conjunto de las mismas. La tridimensionalidad, como estrategia de proyecto, favorece la creación de una arquitectura que deja de ser frontal, entendiéndose como tal aquella arquitectura que nace respondiendo principalmente con la fachada al entorno inmediato, para ser capaz de hacerlo en todas sus dimensiones de la misma forma. El resultado obtenido es, utilizando las palabras de Robert Le Ricolais<sup>29</sup>, una *Construcción tridimensional* más que una *Estructura espacial*, es decir, una construcción compuesta por células que se repiten siguiendo un patrón espacial. Konrad Wachsmann entiende la arquitectura<sup>30</sup> como algo universal que depende de su relación con el espacio, al cual no intenta imponerse, siendo ella misma la que se reconoce en él como una extensión del mismo, es decir, "una arquitectura infinita".

Cabe reseñar también algunas semejanzas entre Jean Prouvé y Konrad Wachsmann, los cuales entendían la nueva arquitectura como un campo en evolución donde era necesaria la innovación y la experimentación. En ambos se observa un modo de hacer afín a la manera de proyectar de aquellos ingenieros que, como dice D. Billington, considerados pioneros del *Arte Estructural* cuyos ideales son *"eficiencia (mínimos materiales), economía (mínimo coste) y elegancia (máxima expresión estética)"*<sup>31</sup>, se ocupaban de *"crear formas artificiales que controlan las fuerzas naturales... y cuanto más claramente el proyectista pueda visualizar esas fuerzas, más seguro estará él de su forma"*<sup>32</sup>. Si se quiere crear artificialmente una forma eficiente, cuanto más se conozca la forma natural de actuar de estas fuerzas, más cercano se estará del éxito de la forma resultante elegida. Cada

27. Wachsmann, Konrad: *Una svolta nelle costruzioni*, 2ª ed. Milán: Il saggiatore, 1975, p. 76.

28. Tzonis, Alexander; Lefaivre, Liane: "La mecanización de la arquitectura y la doctrina funcionalista". En Fernández-Galiano, Luis (Ed.): *Arquitectura, técnica y naturaleza en el ocaso de la modernidad*. Madrid: Servicio de Publicaciones Secretaría General Técnica, 1984, p. 40.

29. Le Ricolais, Robert: "Dreidimensionale Konstruktionen". Manuscrito depositado en la Akademie der Künste que posteriormente fue publicado en la revista *L'Architecture d'Aujourd'hui*, septiembre 1954.

30. Argan, Giulio Carlo: "Prefazione". En: Wachsmann, Konrad: *Una svolta nelle costruzioni*, 2ª ed. Milán: Il saggiatore, 1975, p. 12.

31. Billington, David P.: *La torre y el puente. El nuevo arte de la ingeniería estructural*. Valencia: Cinter divulgación científica, 2013, p. 26.

32. *Ibidem.*, pp. 39-40.

13. Konrad Wachsmann trabajando con sus alumnos del departamento *Advanced Building Research*.  
 14. Cuadro comparativo entre el *Aeroclub Rolan Garrós* y el proyecto *Mobilar Structure*.



13 14

uno de ellos lo hacía siguiendo sus propios principios. Jean Prouvé proclamaba un uso eficiente del material y de manera personalizada mediante el pliegue de la chapa, mientras que Konrad Wachsmann apostó por una arquitectura de carácter tridimensional mediante el uso de elementos estandarizados conectados entre ellos. Ambos utilizaban la maqueta y la realización de prototipos desde las fases iniciales del proyecto, valiéndose de ellos como herramienta de proyecto y no como simple representación de la imagen final del edificio. Tanto para Prouvé como para Wachsmann, la forma final no suponía un requisito a priori sino que era consecuencia de la estrategia de proyecto que cada uno de ellos

aplicaba. El trabajo en equipo era también una constante para ambos. Prouvé consideraba que el binomio diseño-fabricación era indisoluble y en el cual todos los trabajadores eran partícipes, mientras Wachsmann contaba en sus proyectos con la colaboración de diferentes ingenieros así como, desde que comenzó a trabajar como profesor en el *Institute of Design* en el que creó el *Advanced Building Research*, con la ayuda de sus alumnos, con quienes realizaba modelos de estudio empleando diferentes materiales (figura 13).

A modo de síntesis se adjunta un cuadro sinóptico (figura 14) en el que se han recopilado las semejanzas y diferencias entre los dos proyectos analizados. ■

		<i>Aeroclub Rolan Garrós</i>	<i>Mobilar Structure</i>
SEMEJANZAS	Utilización de maquetas y prototipos	Herramienta de proyecto	
	Trabajo	Colaborativo, en equipo	
	Técnica	Eficiencia, optimización e innovación	
	Características del edificio	Prefabricación, ligereza, rapidez de construcción y movilidad	
	Forma del edificio	Consecuencia de la estrategia de proyecto y de la técnica aplicada	
DIFERENCIAS	Prefabricación	Artesanal y personalizada	Abierta
	Material	Chapa metálica	Elementos tubulares estandarizados
	Estrategia de proyecto	El plegado del material y la junta	La modulación tridimensional y el conector
	Procedimiento	Intuición y métodos experimentales	Cálculo estructural y modulación

**Bibliografía citada:**

- Argan, Giulio Carlo: *El Arte moderno. Del iluminismo a los movimientos contemporáneos*. Madrid: Ediciones Akal, 1998.
- Billington, David P.: *La torre y el puente. El nuevo arte de la ingeniería estructural*. Valencia: Cinter divulgación científica, 2013.
- Calduch, Juan: *Materia y técnica: de la firmitas a la tecnología*. Temas de composición arquitectónica, vol.4. San Vicente (España): Editorial Club Universitario, 2001.
- Coley, Catherine: *Jean Prouvé*. Paris: Centre Georges Pompidou, 1993.
- Cortés, Juan Antonio: "Rigor y necesidad en la arquitectura y la crítica contemporáneas". En *Apuntes del Seminario de teoría y crítica de la arquitectura y ciudad*. Universidad Politécnica de Valencia, 2016. (Documento inédito).
- Foster, Norman: "Jean Prouvé: maestro de la forma estructural". En *AV Monografías*, nº149. Madrid: Arquitectura Viva, 2011.
- Guiheux, Alain: "L'architecture inverse". En Guidot, Raymond; Guiheux, Alain: *Jean Prouvé constructeur*. Paris: Editions du Centre Pompidou, 1990.
- Gropius, Walter. *Programm zur Gründung einer allgemeinen Hausbaugesellschaft auf künstlerisch einheitlicher Grundlage, m.b.H.*, 1910. Dicho manuscrito se encuentra depositado en el archivo de Walter Gropius en el *Bauhaus-Archiv* en Berlín.
- Herbert, Gilbert: *The dream of the Factory-made house. Walter Gropius and Konrad Wachsmann*. Cambridge: MIT Press, 1984.
- Huber, Benedikt., Steinegger, Jean-Claude (ed.): *Jean Prouvé. Prefabrication: Structures and Elements*. London: Pall Mall Press, 1971.
- Lavalou, Armelle (Ed.): *Conversaciones con Jean Prouvé*. Barcelona: Gustavo Gili, 2005.
- Le Corbusier: *Hacia una arquitectura*, 2º ed. Barcelona: ediciones Apóstrofe, 1998.
- Le Ricolais, Robert: "Dreidimensionale Konstruktionen". Manuscrito depositado en la *Akademie der Künste* en Berlín (Signature: KWA 500) que posteriormente fue publicado en la revista *L'Architecture d'Aujourd'hui*, septiembre 1954.
- Lods, Marcel: "Club de aviación Roland Garrón". En *Arquitectura de hoy (versión castellana de L'Architecture d'Aujourd'hui)*, año primero, num. 5, 1947.
- Mumford, Lewis: *Técnica y civilización*. Madrid: Alianza editorial, 1982.
- Naya, Carlos. *Arquitectura y razón técnica en los escritos de la vanguardia europea*. Pamplona: Servicio de publicaciones de la Universidad de Navarra, 1996.
- Sulzer, Peter: *Jean Prouvé. Oeuvre complète/Complete Works. Volume 2: 1934-1944*. Basel - Boston - Berlin: Birkhäuser - Publishers for Architecture, 2000.
- Torres, Jorge: *Le Corbusier: visiones de la técnica en cinco tiempos*. Madrid: Fundación Caja de Arquitectos, 2004.
- Tzonis, Alexander; Lefavre, Liane: "La mecanización de la arquitectura y la doctrina funcionalista". En Fernández-Galiano, Luis (Ed.): *Arquitectura, técnica y naturaleza en el ocaso de la modernidad*. Madrid: Servicio de Publicaciones Secretaría General Técnica, 1984.
- Wachsmann, Konrad: *Una svolta nelle costruzioni*, 2º ed. Milán: Il saggatore, 1975.
- Wachsmann, Konrad: *Timebridge 1901-2001. Konrad Wachsmann an Autobiography*. Autobiografía incompleta no publicada, depositada en la *Akademia der Künste*, Berlín (Signature: 2128).

**Ruth Arribas Blanco** (Valencia, 1979) es Arquitecta (2004) por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia, Máster en Industrialización y Prefabricación Arquitectónica (2011) por la Universidad CEU - Cardenal Herrera de Valencia y Máster en *Innovazione nella progettazione, riabilitazione e controllo delle strutture: valutazione e adeguamento in zona sismica* (2012) por la Universidad Roma Tre de Roma. En la actualidad realiza la tesis doctoral en la Universidad de Navarra bajo la supervisión del catedrático Miguel Ángel Alonso del Val. En el año 2015 realizó una estancia de investigación en la *Akademie der Künste* (Berlín) y en *Bauhaus-Archiv* (Berlín). Desde el año 2013 es profesora asociada en el Departamento de Ingeniería de la Construcción de la Escuela de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Valencia.

## JEAN PROUVÉ Y KONRAD WACHSMANN. DOS FORMAS DE UTILIZAR LA MAQUETA COMO HERRAMIENTA DE PROYECTO

### JEAN PROUVÉ AND KONRAD WACHSMANN. TWO WAYS OF USING THE SCALE MODEL AS A TOOL FOR PROJECTING

Ruth Arribas Blanco

**p.57** Widely regarded as the engines of progress, science and industry marked a period of great development at the end of the 19<sup>th</sup> century. It should be highlighted that, as Lewis Mumford says<sup>1</sup>, it was necessary a change of mindset of society which, together with the huge technical development that was taking place, resulted in the emergence of great inventions. Ultimately, it made “the machine” possible. On the other hand, it is important to point out that the development of industry before that time had been unable to bring about the changes that were decisive for the conception of a new society characterised by the emergence of the factory and mechanization. The application of scientific knowledge to daily life prompted the emergence of “*systematic and calculated invention. Here is a new material: problem: to find a new use. Or else, this is a new instrument: problem: to find the theoretical method to produce it*”<sup>2</sup>. These years are witness to the advent of new projecting strategies as a result of shifts of paradigms that occurred due to the evolution of the architectural construction from a “uniform system” (sterotomic) to a “heterogeneous system” (tectonic), in which new variables came into play. This was brought about by the emergence of industrialization and the application of science – especially mathematics and physics- to the architecture, which had an impact on “not only the very concept of architecture but also on the whole process of technical realization (design and material), as it introduces the norm of effectiveness as a priority value of this rationale”<sup>3</sup>, that is to say, “the pursuit of maximum profit at minimum cost in the construction or functionality of the buildings”<sup>4</sup>.

It is essential to emphasize that these influences were initially evident in large buildings and civil engineering works, such as the *Crystal Palace* (1850) and the bridge in the *Firth of Forth* (1890). Some years were yet to pass until these influences unequivocally influenced the world of architecture in which, in a period characterised by shortage of housing, some architects viewed industrialization with great enthusiasm as a solution to the problem. Walter Gropius, for example, in a memorandum drafted in 1910 addressed to the well-know industrialist Walter Rathenau, wrote: “*the solution can only come from industrial production, which can be economical and high quality*”<sup>5</sup>. Le Corbusier, in turn, who called housing *the machine for living*, understands accommodation as “*a series of typified components that the architect, as a creative subject, can access with the freedom given by a self-imposed system of laws, as he conceived, for instance, the regulating lines*”<sup>6</sup>. Architects used prototypes to experiment and test a technique they did not fully master and to investigate new forms derived from it. We can find some of the first examples in the two aforementioned architects. Le Corbusier’s *Maison Citrohan*, for instance, emerged as a paradigm of house series construction with standardized mass-produced elements<sup>7</sup>. Or the *Maison d’Artiste*, conceived “*as a theoretical study which forces an examination into ‘typical needs’ to meet them in the same way as was done with ‘wagons, tools, etc.’*”<sup>8</sup>, which was also planned using new techniques. At the same time, the *Bauhaus*, understood as an *experimental laboratory*, developed models or prototypes of objects that society demanded, be it chairs or even a home, which should be subject to mass production by mechanical methods. As a result, the final shape of the object, understood as its formalization and materialization process, but not limited to its external appearance<sup>9</sup>, had to be subject to repetition. The creation of prototypes was traditionally crafted, taking into account the their functional, economic and technical requirements, in order to be subsequently produced externally in industries linked to the School. This was a completely new way of dealing with the architectural object which transformed the starting premises and was also applied to the “manufacture” of homes. In 1923 the *Haus am Horn*<sup>10</sup> was built to serve as a prototype and apply the ideas defended by Walter Gropius on the series production of housing for the subsequent construction of the *Bauhaus-Siedlung Am Horn*. However, this was never realized due to lack of resources. It was not until 1926 that Gropius was able to put his ideas into effect –until then only developed in theory. He was commissioned by the city of Dessau to build the *Siedlung Törten* (for which Georg Muehe and Richard Paulick also had the chance to build a prototype steel house). Later, in 1927, he Gropius took part in the *Weissenhofsiedlung*<sup>11</sup>.

### **p.59** TWO ARCHITECTS AND THEIR INFLUENCES

Jean Prouvé (1901-1984) and Konrad Wachsmann (1901-1980) suffered in a different way the vicissitudes of The Great War. In the interwar years, they became renowned for their way of understanding and performing architecture, strongly marked by its constructive aspect and materiality. Both used scale models and prototypes as working tools in an architectural work in which the three-dimensional or volumetric component was a constant. Besides, although they used disparate projecting strategies, both reappraised and recovered the technique-constructive dimension of an architecture that reflected the spirit of a society marked by an incipient industrialization.

The main difference between them lies in Prouvé’s more handcraft and personal way of using industrialization, handling the materials more efficiently, in which limits were imposed by the available machinery and the characteristics of the material. All components were assembled as a whole unit. As in a car or a plane, the continuity of elements was essential, with special attention to the joints (figure 1). Meanwhile, Wachsmann always resorted to standardized parts which could be mass produced. These parts were arranged in a thoroughly-studied modular mesh on which the success of the system depended (figure 2). Prouvé made a customizable employment of the technique, while Wachsmann focused on the search for a more open and universal architecture. The main reasons for their different projecting approaches can be traced in their own personal lives and working experiences.

Jean Prouvé was the son of one of the founders of the *École de Nancy*. From his early childhood, he spent time in his father's workshop, where he had first-hand experience with the world of handcraft. There he learned to observe nature and scrutinise the essence of forms, which would be later reflected on his way of building, where sections of the elements were determined by load resistance and functionality. His education was closely linked to how to do things. His first works were collaborations in different blacksmith workshops. In 1924, he opened his own workshop where he continued working with wrought iron. Later, he began using sheet metal as main building material. When he spoke of *equivalent resistance* – without specifying if the design represented a piece of furniture or a building – he referred to the form of the objects he designed to counter the loads they were subjected to, with greater resistance where load was meant to be heavier. This way of proceeding is already evident in any of his first chairs and tables, of which he said: “*a chair always breaks in the rear joint, by the angle between the legs and the seat, this is why all my pieces have equivalent forms of resistance*”<sup>12</sup>. Another good example is shown in the way he designs a table board whose resistant component coincides with the cover of the *AéroClub Roland Garros* in which the elements subject to bending are larger where bending stress is more acute (figure 3).

p.60

It is important to highlight the role that furniture design had in the evolution of Prouvé's work, as stated by A. Guiheux in 1990: “*the experience of furniture allows a change to scale, an increase that favours the shift from furniture to room*”<sup>13</sup>. In 2011 N. Foster expressed that “*from the furniture we just needed to clamber up a rung on the scale to industrialize all the building envelope*”<sup>14</sup>.

On the other hand, Wachsmann, of non-conformist nature, started to train as a carpenter and cabinetmaker at the age of 16. Later, he got a job in *Christoph & Unmack*, the most important wood construction company that existed in Europe at the time. This was his first contact with mass production, an experience that made him realise that “*industrialisation was not a simple technological event but that is was the answer to construction and as such it was incredibly important*”<sup>15</sup>. This was a turning point for his life, and had a great impact on the work he developed later. From direct experience, he learned everything related to wood technology and mass production, organization and teamwork. During his years in the company, he contributed to its evolution and development, designing catalogues of wood building products and introducing a modular building system in the company. For the first time in Europe, they offered prefabricated components to make buildings instead of completely finished houses. Customers were able to draw their own homes thanks to these catalogues in which modularity was represented by means of a mesh. Konrad successfully put into practice what Gropius had advocated in his 1910 memorandum, cited above, where he proposed the series production of houses using standardised combinable elements to avoid monotony<sup>16</sup>. Modularity became then pervasive in Wachsmann's projects as a fundamental condition for the use of standardised components and an improvement of mass manufacture. This may be identified as the *triggering factor*<sup>17</sup> that influenced his subsequent accomplishments. Years later, in 1938, Wachsmann arrived in France, where we would leave for America fleeing persecution of Jews. There he had the chance to observe several constructions made with linear metallic elements, such as the *Pont Transbordeur* built in the port of Marseille in 1905 or the streetlights in Grenoble, which served him as an inspiration<sup>18</sup>. He felt fascinated by the three-dimensional constructions made with metallic elements and by their constructive, static and space possibilities, whose origins dates back to Graham Bell's experiments who, at the end of the 19th century, was immersed in the construction of kites using the tetrahedron. Wachsmann acknowledged Bell as a pioneering figure in the mass production of standardized prefabricated tetrahedrons from metal bars, thereby obtaining very simple spatial constructions, which would have been, however, of great complexity had they been made using conventional tools<sup>19</sup> (figure 4).

p.61

## TWO PROJECTS, TWO STRATEGIES.

The *AéroClub Roland Garros* in Buc (1935), by Jean Prouvé (built in collaboration with the architects Marcel Lods and Eugène Beaudouin), and Konrad Wachsmann's *Mobilar Structure* (1939)<sup>20</sup> are two projects close in time, where the use of models and prototypes on scale 1:1 was fundamental. They are two aviation-related buildings but with completely different programmes.

The *AéroClub* (figure 5) was a parallelepiped with a height of 4.59m. and a ground plant size of 9.07m. x 27m., measuring inter-axial distance. It was spatially divided in two horizontal sections, one of them double-height, where a restaurant and a bar were located, leading to an outside terrace through glass sliding doors that covered the total height of the building. On the double-height section, there were the service areas. The frame structure, which was part of the enclosures, governed the modularity of the rest of constructive elements: inner walls, sliding doors and façade panels, which were all elements designed and made entirely in the workshop of the *rue des Jardiniers*. For Prouvé, it was the first building made entirely with folded sheet, and the lifeblood of this was its rapid construction and relatively easy transportation to another location. Consequently, he designed a construction composed of 12 cubic modules of equal dimension which were first manufactured in a workshop and then assembled in their final location<sup>21</sup> (figure 6).

p.62

Wachsmann's *Mobile Structure* was aimed at creating a spatial construction system with an unlimited area to serve as a place for aircraft housing under the premises of being prefabricated, removable and transportable. This new system comprises the development of a nodal point or connector, where perpendicular trusses join, and of annexed surfaces



**p.63** as movable walls (figure 7). It was the first project where Wachmann used standardised metal tubular elements to obtain a space that was as open and flexible as possible, by repeating the same pattern. The resulting hangar could have a variable size depending on the number of modules used. In turn, its size could be easily modified, without loss of material or functionality, so that it could be adapted to any formal or programme requirements (figure 8).

Both viewed the building plan as an integrated *whole* in which each element was a central part of it. For this aim, an exhaustive control of all components was necessary. Therefore, prototypes were manufactured to test intuitions. In what follows, we will analyse in detail these two projects in order to gain insights into their project strategies and mechanisms.

Jean Prouvé, whose buildings consisted of a structure and its envelope, as mentioned above, designed the load-bearing structure of the *AéroClub* with metal sheets of varying thickness. The columns were composed of three sheets, two lateral and an inner one that closed the hollow section. These sheets were folded to confer firmness to the section and, at the same time, left a cleft to fit the façade panels. Inside the columns, at the height where the beams were positioned, two welded tubes were laid between them forming a "T", which were, in turn, also welded to the three metal plates that made up the column. In this "T", which slightly jut out from perimeter to provide the necessary thickness for the welded connection, the corresponding beam was anchored through a few bolts, thereby ensuring the transmission of forces between the supporting elements of the hollow section<sup>22</sup> (figure 9). The façade panels were made up of two metal sheets, one indoor and one outdoor, and of insulating material in the intermediate space created. They were 4.50m. x 2.25m.

**p.64** in size so that the joint between the panels meets the distance between the horizontal and vertical axes of the bearing elements, thus avoiding possible leaks as far as possible. They were in turn slightly curved to increase the rigidity of the sheets, which eased the maintenance and control of their outer smooth and flat appearance. The sheet that formed the panels was folded outwards in its lower part to improve water evacuation from the façade and to increase their resistance.

These were anchored to the columns by means of an elastic joint embedded in the clefts in the columns to procure sealing. Joints were studied carefully to limit their number to a bare minimum and to make them meet the pillars, thus increasing tightness. The building envelope's columns and panels were jointly designed, complementing and adapting each other to ensure correct assembly, as in car manufacturing. Joints were improved and evolved Prouvé's next project, again with architects Lods & Beadouin: *The Maison du Peuple* in Clichy. The main difference was that the structure of this building was made with laminated profiles whose modularity did not match the enclosure's, as the panels were now smaller to avoid the problems caused in Buc by their excessive size. Consequently, the envelope was attached to the upper and lower frames to achieve the necessary stability. Lots of variations in the joints between panels were developed on the basis of the one in Buc. In the final solution, vertical edges were folded outward to achieve rigidity against horizontal forces, as they were not attached to the vertical structural elements as in Buc. In this way, they prevented the entry of water. No additional elements were necessary to ensure good static behaviour. For this reason, variations in size due to temperature fluctuations caused fewer problems, as they were absorbed by the gap between the panels, whose lower width also guaranteed better behaviour (figure 10).

**p.65** Unlike Prouvé's building, Wachsmann's hangar construction was composed by a cover with bearing function and some independent mobile walls, both formed as three-dimensional bodies to gain stability and maximum lightness. They were made up of trusses where tubular parts were welded together. The bigger spans were divided into several standardized sections to facilitate their transport and subsequent assembly in the building site. The connectors were designed so that the latticework structures were dry-assembled and could be easily removed without fracturing any pieces. Besides, they may be used interchangeably in the roof, columns or any other building components made of steel tubular parts that transferred the tensions by axial stress, since they were not designed to resist eccentricities that might only be countered with more complex solutions. Each of the tubes or bars had two sheets of different thickness welded on their ends, with rounded shape and with central perforation, which were united asymmetrically with respect to the axial shaft of the bar. One of the sides of the thicker sheet coincided exactly with the axis of the tube, and the thinner sheet was welded to oppose eccentricity so that, when two bars were united, the sheets complemented each other and the flaps remained with their central holes aligned so that they could be spanned by an upright bolt that secured the tubes. In this type of connector, only two bars whose axes were located in a same plane could come together. It was also possible to bind several bars in different planes obtaining intersections of main trusses, straps and horizontal sections (figure 11).

As Wachsmann expresses in the project report, the union of two bars might have been effected with a male/female fitting system. However, Konrad pursued a solution in which only a type of piece was used to unite to opposing coaxial bars, in accordance with his own view on industrialization and mass production. This type of union, furthermore, allowed the two bars to rotate with a two-dimensional and perpendicular movement with respect to the bolt in such a way that the trusses could fold. However, this system would not work with the use of tubes running perpendicularly to them, consequently "*while the building is solid enough in its longitudinal direction (...) in the cross direction lattice wires are used*"<sup>23</sup> to ensure the solidity of the system.

**p.66** Prouvé uses prototypes as a resource to verify the stability of his creations before the building was constructed. As C. Coley said in 1993, "*a natural size experiment (...) that allows to test all defects of the system and further details, as well as modify them on site*"<sup>24</sup>. However, for Wachsmann, scale models are essential to control the layout of the tubular elements in the three-dimensions of space, as well as to conceive the connectors that join these components together. The choice of materials is distinctive in the two projects described here. Both seek maximum lightness, economy and movable constructions, but from different constructive ideas. Prouvé resorts to metal sheet, which, due to its lack of rigidity, must be progressively folded to procure a good static behaviour, turning that need into a virtue to handle the material according

to his needs and without constraining his creative possibilities, “*the man is on Earth to create*”, proclaimed himself<sup>25</sup>. Due to the material used, the joint plays a vital role in his work, evolving gradually towards greater efficiency and tightness. Wachsmann uses mass manufactured standardized tubular profiles, whose connecting points or clusters were designed by Wachsmann with the aid of standardised components. Jean manufactures real-size scale models to test and improve the proper functioning and effectiveness of its creation, which, as an *evolutive* prototype, served him to modify and fine-tune the constructive details in successive buildings. A representative example of his work is the repertoire including the variants that comprise the different systems of his *Alphabet of structures*<sup>26</sup>. Likewise, Wachsmann uses prototypes, which he combines with axonometric representations, in order to have a greater control of the parts displayed in the space following a three-dimensional modulation, as if it were a mesh. Both of them make the most of the technique they use. Prouvé does so within the limitations of the materials and machinery he uses, whose optimisation determines the final form of the object as an outcome of the technique employed. Wachsmann, in turn, searches for a *universal constructive system* that can be used for all kinds of buildings, as unions are possible in all directions<sup>27</sup>. This system provides an unlimited number of surfaces where connectors are key elements. These connectors evolve from two-dimensional movement to three-dimensional rotation that converge on them (figure 12). He used these in his later project of the *U.S. Air Force hangars*.

p.67

### CONCLUSIONS

Prouvé’s models had to be necessarily made real-size because the shape of its constructive elements, according to the application of his principles, depended on the material with which they were devised and the machinery available at that time, in addition to the stress they had to bear, with an aim to obtaining the *effective form*, characterised by the optimization of the material according to the necessary resistance. These were variables related with the size of the elements, following Galileo, who was the first to consider that formal laws, “*the geometry and the proportions (...) could not control (by themselves) the structural performance of the product, which was also linked to the matter, namely to the size and (...) material with which the machine is built*”<sup>28</sup>. It can be said that Prouvé’s works were conceived from the point of view of manufacturing and assembly. This way of proceeding required the knowledge of the resistant features and the qualities of the material. However, it is true that in Jean Prouvé’s works, at least in his early years, the forms were the result more of intuition and experience than of a process of rigorous calculation.

On the other hand, Konrad Wachsmann utilised scale models and three-dimensional representation to spatially understand a project, as they allowed greater control and a holistic vision of all sections. Three-dimensionality, as a projecting strategy, favours the creation of an architecture that is no longer frontal –understood as such the architecture that was born mainly to respond with the façade to the immediate environment–, as it now attempts to respond equally in all its dimensions. The result is, in Robert Le Ricolais’s words<sup>29</sup>, a *three-dimensional Construction* rather than a *spatial structure*, that is to say, a construction made up of cells which replicate along a spatial pattern. Konrad Wachsmann views architecture<sup>30</sup> as something universal that depends on its relationship with the space, on which it does not try to impose itself. On the contrary, architecture sees itself as an extension of space, that is as “*an infinite architecture*”.

Some similarities can also be noted between Jean Prouvé and Konrad Wachsmann, both of whom understood the new architecture as an evolving field where innovation and experimentation were necessary. Both show an approach similar to the projecting methods of the engineers so-called pioneers of *Structural Art*, whose ideals, as stated by D. Billington, were “*efficiency (minimum materials), economy (minimal cost), elegance (maximum aesthetic expression)*”<sup>31</sup>, and strived to “*create artificial forms that control natural forces (...) and the more clearly the designer can visualise those forces, the more certain he can be of his form*”<sup>32</sup>. In order to create an efficient form artificially, the more we know about the natural behaviour of these forces, the closer we are to succeed with the resulting form chosen. Each architect worked under his own principles. Jean Prouvé proclaimed an efficient and personal use of the material through folded metal sheets, while Konrad Wachsmann focuses on a three-dimensional architecture through the use of standardized interconnected elements. Both made use of the scale model and prototypes from the early stages of the project as projecting tools, not as mere representations of the final image of the building. For Prouvé and Wachsmann, the final result was not an *a priori* condition but a consequence of their applied project strategy. Teamwork was also a constant for both. Prouvé considered that design-fabrication was an indissoluble binomial in which all workers took part, while Wachsmann’s projects counted on the assistance of several engineers. Since he became professor at the *Institute of Design* (where he set up the *Advanced Building Research*), he also counted on the help of his students, with whom he developed study models using different materials (figure 13).

p.68

As a synthesis of the above, the following table (figure 14) gathers the main similarities and differences between the two projects examined.

1. Mumford, Lewis: *Técnica y civilización*. Madrid: Alianza editorial, 1982, pp. 21-22.
2. Ibid p. 238.
3. Calduch, Juan: *Materia y técnica: de la firmatas a la tecnología*. Temas de composición arquitectónica, vol.4. San Vicente (España): Editorial Club Universitario, 2001, p. 28.
4. Zonis, Alexander; Lefaivre, Liane: “La mecanización de la arquitectura y la doctrina funcionalista”. Fernández-Galiano, Luis (Ed.): *Arquitectura, técnica y naturaleza en el ocaso de la modernidad*. Madrid: Servicio de Publicaciones Secretaría General Técnica, 1984, p. 31.
5. Gropius, Walter: *Programm zur Gründung einer allgemeinen Hausbaugesellschaft auf künstlerisch einheitlicher Grundlage, m.b.H., 1910*. This manuscript is deposited in the archive of Walter Gropius at the Bauhaus-Archiv in Berlin. A summary of translated into Spanish is compiled in: Gropius, Walter: “Programa para la fundación de una

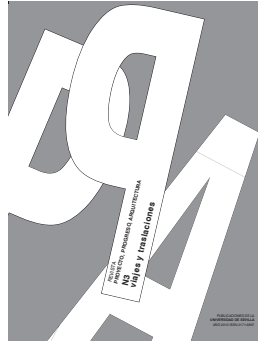
- sociedad general de construcciones con una base artística unitaria". Wingler, Hans M. (Ed.): *La Bauhaus. Weimar, Dessau, Berlin. 1919-1933*, 2ª ed. Barcelona: Gustavo Gili, 1980, pp.28-30. For the consultation in English: "Gropius At Twenty-Six". En *Architectural Review*, CXXX, Julio 1961, pp. 49-51.
6. Torres, Jorge: *Le Corbusier: visiones de la técnica en cinco tiempos*. Madrid: Fundación Caja de Arquitectos, 2004, p. 93.
7. Le Corbusier: *Hacia una arquitectura*, 2ª ed. Barcelona: ediciones Apóstrofe, 1998, p. 201.
8. Torres, Jorge, op. cit. Supra, nota 6, p. 85.
9. Naya, Carlos. *Arquitectura y razón técnica en los escritos de la vanguardia europea*. Pamplona: Servicio de publicaciones de la Universidad de Navarra, 1996, p. 302.
10. This was posed initially by Georg Muehe, who built it together with Adolf Meyer: a light housing mounted with a dry system. However, due to the economic situation and the possible lack of sufficient technical knowledge, it was finally done with masonry blocks and prefabricated joists.
11. Walter Gropius's theoretical work along his career is widely known. He left a written legacy of significant value for the architectural history of the 20th century. In addition to his writings, at the beginning of the 1920s, he also carried out some projects in which he tried to apply his ideas about home series manufacturing, which, due to the economic situation, remained only in theory. This is the case of the spatial cell-based system known as *Wabenbau*, which he developed with the collaboration of Fred Forbat, and the best known *Baukasten im Großen*, an evolution of the former.
12. Lavalou, Armelle (ed.): *Conversaciones con Jean Prouvé*. Barcelona: Gustavo Gili, 2005, p. 26.
13. Guiheux, Alain: "L'architecture inverse". In Guidot, Raymond; Guiheix, Alain: *Jean Prouvé constructeur*. Paris: Editions du Centre Pompidou, 1990, p. 31.
14. Foster, Norman: "Jean Prouvé: maestro de la forma estructural". In *AV Monografías*, nº149. Madrid: Arquitectura Viva, 2011, p. 112.
15. Wachsmann, K: *Timebridge 1901-2001. Konrad Wachsmann an Autobiography*, p. 31.
16. Later, Konrad Wachsmann and Walter Gropius worked together in the development of the *Packaged House System*. Wachsmann mainly provided the necessary technical part while Gropius provided "the conceptual framework of his philosophy of unity and variety, flexibility and growth, stability and change, standardization and individual choice". They complemented and enriched each other. In: Herbert, Gilbert: *The dream of the Factory-made house. Walter Gropius and Konrad Wachsmann*. Cambridge: MIT Press, 1984, p. 259.
17. The concept *triggering factor* is used by Juan Antonio Cortés to define an event that causes a fundamental change both in the author's own architecture and in architecture in general. As, for example, the change of shape in the columns profile by Mies van der Rohe in the unbuilt project for the ITT library that influenced his later works, producing a decisive transformation in the resulting architectural space. Cortés, Juan Antonio: "Rigor y necesidad en la arquitectura y la crítica contemporáneas". En *Apuntes del Seminario de teoría y crítica de la arquitectura y ciudad*. Universidad Politécnica de Valencia, 2016. (Unpublished manuscript).
18. In his unpublished autobiography he recalls twice that, once in New York sitting next to Le Corbusier, he told him that the most beautiful structure that he remembered was the Pont Transbordeur (p.110), as he also named Grenoble streetlights as objects of inspiration (p. 96). In Wachsmann, Konrad: *Timebridge 1901-2001. Konrad Wachsmann an Autobiography*. Incomplete unpublished autobiography, deposited in *Akademia der Künste* in Berlin. pp. 96 y 100.
19. Wachsmann, Konrad: *Una svolta nelle costruzioni*, 2nd ed. Milán: Il saggiatore, 1975, pp. 39-40.
20. In 1939, the initial idea was formed while he was exiled in France. However, it was not until the mid-1940s that he had the opportunity to develop the project in greater detail thanks to the funding of the *Atlas Aircrafts Products* which came into contact with Wachsmann after his initial success with the *Packaged House System*.
21. Lods, Marcel: "Club de aviación Roland Garros". *Arquitectura de hoy* (Spanish version of *L'Architecture d'Aujourd'hui*), año primero, num. 5, 1947, pp. 32-33.
22. Sulzer, Peter: *Jean Prouvé. Oeuvre complète/Complete Works. Volume 2: 1934-1944*. Basel - Boston - Berlin: Birkhäuser - Publishers for Architecture, 2000, p. 119.
23. Wachsmann, Konrad: *Una svolta nelle costruzioni*, 2nd ed. Milán: Il saggiatore, 1975, p. 139.
24. Coley, Catherine: *Jean Prouvé*. Paris: Centre Georges Pompidou, 1993, p. 25.
25. Lavalou, Armelle (ed.). *Conversaciones con Jean Prouvé*. Barcelona: Gustavo Gili, 2005, p. 11.
26. A compilation of Prouvé's *Alphabet of Structures* can be found in: Huber, Benedikt., Steinegger, Jean-Claude (ed.): *Jean Prouvé. Prefabrication: Structures and Elements*. London: Pall Mall Press, 1971, pp. 28-29.
27. Wachsmann, Konrad: *Una svolta nelle costruzioni*, 2nd ed. Milán: Il saggiatore, 1975, p. 76.
28. Tzonis, Alexander; Lefavre, Liane: "La mecanización de la arquitectura y la doctrina funcionalista". Fernández-Galiano, Luis (Ed.): *Arquitectura, técnica y naturaleza en el ocaso de la modernidad*. Madrid: Servicio de Publicaciones Secretaría General Técnica, 1984, p. 40.
29. Le Ricolais, Robert: "Dreidimensionale Konstruktionen". Manuscript found in the *Akademie der Künste* which was later published in the journal *L'Architecture d'Aujourd'hui*, September 1954.
30. Argan, Giulio Carlo: "Prefazione". In: Wachsmann, Konrad: *Una svolta nelle costruzioni*, 2nd ed. Milán: Il saggiatore, 1975, p. 12.
31. Billington, David P.: *La torre y el puente. El nuevo arte de la ingeniería estructural*. Valencia: Cinter divulgación científica, 2013, p. 26.
32. *Ibidem.*, pp. 39-40.



PPA N01



PPA N02



PPA N03



PPA N04



PPA N05

N01. EL ESPACIO Y LA ENSEÑANZA DE LA ARQUITECTURA (mayo, 2010) / N02. SUPERPOSICIONES AL TERRITORIO (mayo 2010) / N03. VIAJES Y TRASLACIONES (noviembre 2010) / N04. PERMANENCIA Y ALTERACIÓN (mayo 2011) / N05. VIVIENDA COLECTIVA: SENTIDO DE LO PÚBLICO (noviembre 2011)



PPA N06



PPA N07



PPA N08

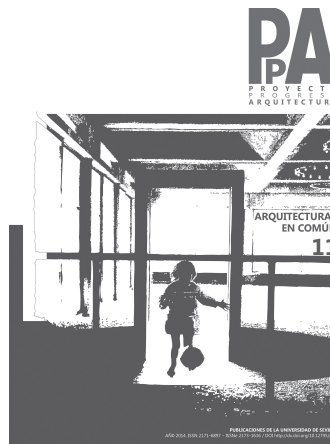


PPA N09

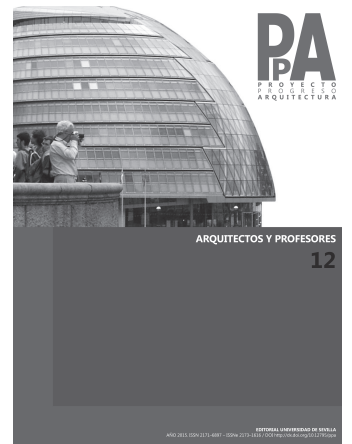
N06. MONTAJES HABITADOS: VIVIENDA, PREFABRICACIÓN E INTENCIÓN (mayo, 2012) / N07. ARQUITECTURA ENTRE CONCURSOS (noviembre 2012) / N08. FORMA Y CONSTRUCCIÓN EN ARQUITECTURA (mayo 2013) / N09. HÁBITAT Y HABITAR (noviembre 2013)



PPA N10

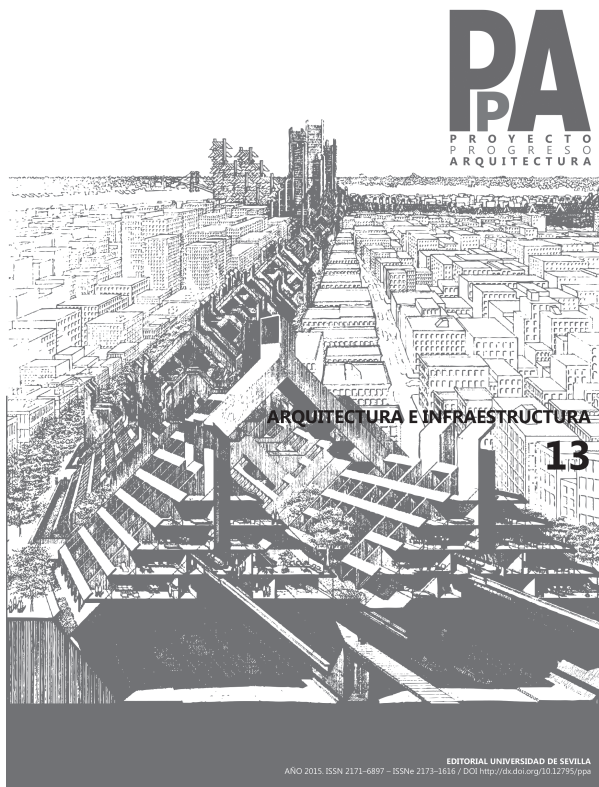


PPA N11



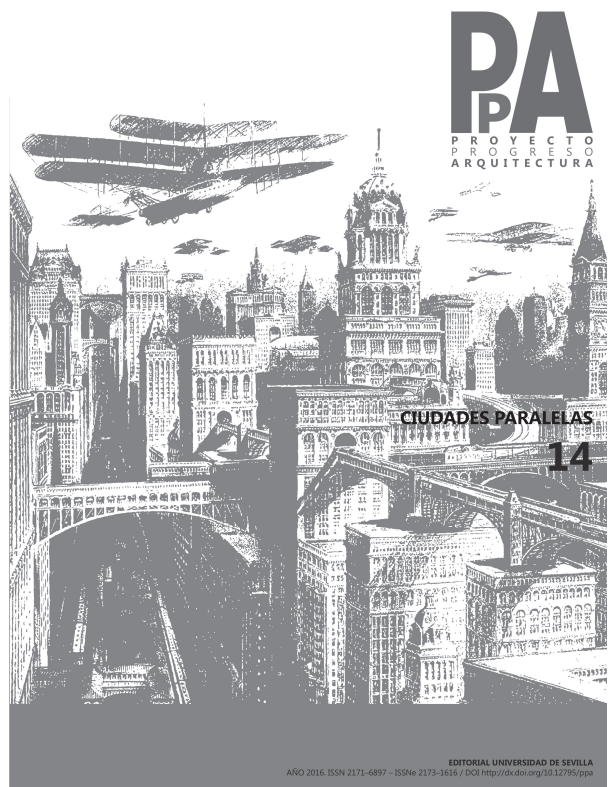
PPA N12

N10. GRAN ESCALA (mayo 2014) / N11. ARQUITECTURAS EN COMÚN (noviembre 2014) / N12. ARQUITECTOS Y PROFESORES (mayo 2015)



**PPA N13 ARQUITECTURA E INFRAESTRUCTURA (AÑO VI noviembre 2105)**

A. Ramos Carranza - A. González Capitel - A. Martín Ramos - A. Clúa Uceda - M. López-Marcos - N. Fernández Villalobos - F. J. Castellano Pulido - D. Martínez Navarro - P. Villalonga Munar - D. García-Escudero; B. Bardí i Milá - José Manuel López Peláez - Miguel Ángel de la Cova Morillo-Velarde



**PPA N14 CIUDADES PARALELAS (AÑO VII mayo 2016)**

F. Montero-Fernández - J. A. Cabezas-Garrido - E. Díaz Caro - L. M. Lus Arana - J. C. Ortiz de Vallajos Carrera - M. García Alonso - M. Jiménez; M. Fernández-Maroto - N. Álvarez-Lombartero - I. García-Odinaga - F. de la Iglesia Salgado

## Autor imagen y fuente bibliográfica de procedencia

Información facilitada por los autores de los artículos:

página 17, 1 (Gabriel Granado Castro, José Antonio Barrera Vera, Joaquín Aguilar Camacho); página 18, 2 (Gabriel Granado Castro, José Antonio Barrera Vera, Joaquín Aguilar Camacho), 3 (De Roux, Antonine; Faucherre, Nicolas; Monsaingeon, Guillaume: Les plans en relief des places du Roy. París: Adam Biro, 1989. p. 73); página 20, 4 (Capel, Horacio; Sánchez, Joan Eugeni; Moncada, Omar: De Palas a Minerva. La formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII. Madrid: Ediciones del Serbal y Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1988. p. 68); página 22, 5 (de Roux, Antonine; Faucherre, Nicolas; Monsaingeon, Guillaume: Les plans en relief des places du Roy. París: Adam Biro, 1989. p. 136), 6 (Gabriel Granado Castro, José Antonio Barrera Vera, Joaquín Aguilar Camacho); página 23, 7 (Digitalización cortesía del Museo de las Cortes, Cádiz), 8, 9 y 10 (Gabriel Granado Castro, José Antonio Barrera Vera, Joaquín Aguilar Camacho); página 25, 11, 12 y 13 y página 26, 14 (Gabriel Granado Castro, José Antonio Barrera Vera, Joaquín Aguilar Camacho), 15 (España. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Archivo General de Simancas. MPD,53,048. Copia digital Ministerio de Educación, Cultura y Deporte); página 31, 1 (AA.VV.: "Un nuevo módulo volumétrico". En *Arquitectura*. Marzo 1960, Nº 15. Madrid: Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. 1959. p. 20); página 32, 2 (The Architects' Journal, 31 de octubre de 2002. En Wilson, Robin: "A Present Presence: The Work of Warren & Mosley in The Architects' Journal". En Wilson, Robin: *Image, Text, Architecture. The Utopics of the Architectural Media*. Farnham: Ashgate, 2015, p. 79), 3 (Library of Congress, Prints & Photographs Division, Balthazar Korab Archive at the Library of Congress, [reproduction number, LC-DIG-krb-00572]<<http://hdl.loc.gov/loc.pnp/krb.00572>>); página 34, 4 (José Manuel Aizpúrua: Archivo General de la Universidad de Navarra. AGUN/203/Carrete 44); página 35, 5 (Brunet, Jordi: *Maquetas*. Gerona: Diputación Provincial de Gerona, 1968. Catálogo de exposición. pp. 22-23), 6 (Library of Congress, Prints & Photographs Division, Balthazar Korab Archive at the Library of Congress, [reproduction number, LC-DIG-krb-00716]<<http://hdl.loc.gov/loc.pnp/krb.00716>>); página 36, 7 (Fototeca del Instituto del Patrimonio Cultural de España, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte), 8 (Fundación Fernando Higuera); página 37, 9 (Fundación Miguel Fisac. Caja 8. Proyecto AFF 246); página 39, 10 (Fundación Fernando Higuera), 11 (Archivo Carlos Flores), 12 (Ricardo Bofill, Taller de Arquitectura. <<http://www.ricardobofill.com/EN/666/architecture/portfolio/walden-7.html>>); página 40, 13 (Archivo Familiar Bar Boo), 14 (Archivo Municipal. Ayuntamiento de Llanos del Caudillo, Ciudad Real); página 44, 1 (1a. Catálogo para la subasta especial número 50 llamada "Mies van der Rohe in Berlin", 2007. Copyright auction house Hauff and Auvermann, Berlin. Todos los derechos reservados. 1b. Catálogo para la subasta especial número 50 llamada "Mies van der Rohe in Berlin", 2007. Copyright auction house Hauff and Auvermann, Berlin. Todos los derechos reservados. 1c. Catálogo para la subasta especial número 50 llamada "Mies van der Rohe in Berlin", 2007. Copyright auction house Hauff and Auvermann, Berlin. Todos los derechos reservados. 1d. Valentín Trillo Martínez); página 45, 2 (Valentín Trillo Martínez); página 46, 3 (Autor desconocido. Arxiu Històric Fotogràfic. Col. Roisin. Institut d'Estudis Fotogràfics de Catalunya, Barcelona. Ref: ACM-9-5308v); página 47, 4 (Library of Congress Prints and Photographs Division Washington, D.C. 20540 USA. Ref: LC-DIG-ppmsca-30544); página 48, 5 (5a y 5b. Pérez de Rozas. Arxiu Fotogràfic de Barcelona, marzo 1926. Ref: 1 y 7); página 49, 6 (6a. Catálogo para la subasta especial número 50 llamada "Mies van der Rohe in Berlin", 2007. Copyright auction house Hauff and Auvermann, Berlin. Todos los derechos reservados. 6b. Luis González de Boado, 2010); página 50, 7 (Valentín Trillo Martínez); página 51, 8 (8a. Autor Familia Cuyàs. © Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, Barcelona. Ref: 6272. 8b. Valentín Trillo Martínez. En Trillo Martínez, Valentín Mies en Barcelona. Arquitectura, representación y memoria. Director, Ángel Martínez García-Posadas. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, 2015); página 53, 9 (9a. Valentín Trillo Martínez. En Trillo Martínez, Valentín Mies en Barcelona. Arquitectura, representación y memoria. Director, Ángel Martínez García-Posadas. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, 2015. 9b. Valentín Trillo Martínez. En Trillo Martínez, Valentín Mies en Barcelona. Arquitectura, representación y memoria. Director, Ángel Martínez García-Posadas. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, 2015); página 54, 10 (Valentín Trillo Martínez); página 59, 1 (Sulzer, Peter: Jean Prouvé. Oeuvre complète/Complete Works. Volume 2: 1934-1944. Basel - Boston - Berlin: Birkhäuser - Publishers for Architecture, 2000, p. 117), 2 (SAKademie der Künste, Berlin, Konrad-Wachsmann-Archiv 135 F.12); página 60, 3 ((arriba): Sulzer, Peter: Jean Prouvé. Oeuvre complète/Complete Works. Volume 1: 1917-1933. Basel - Boston - Berlin: Birkhäuser - Publishers for Architecture, 1999, p. 106. (abajo): Sulzer, Peter: Jean Prouvé. Oeuvre complète/Complete Works. Volume 2: 1934-1944. Basel - Boston - Berlin: Birkhäuser - Publishers for Architecture, 2000, p. 117); página 61, 4 (Graham Bell, Alexander; McNeil, Hector P. Connection device for the frames of aerial vehicles and other structures. U.S. Patent nº 856.838, 11 de junio de 1907); página 62, 5 (Sulzer, Peter: Jean Prouvé. Oeuvre complète/Complete Works. Volume 1: 1917-1933. Basel - Boston - Berlin: Birkhäuser - Publishers for Architecture, 1999, p. 116); 6 (Sulzer, Peter: Jean Prouvé. Oeuvre complète/Complete Works. Volume 2: 1934-1944. Basel - Boston - Berlin: Birkhäuser - Publishers for Architecture, 2000, p. 124), 7 ((izquierda): Akademie der Künste, Berlin, Konrad-Wachsmann-Archiv 137 F.3a - Akademie der Künste, Berlin, Konrad-Wachsmann-Archiv 137 F.5); página 63, 8 (Akademie der Künste, Berlin, Konrad-Wachsmann-Archiv 136 F.8); página 64, 9 (Sulzer, Peter: Jean Prouvé. Oeuvre complète/Complete Works. Volume 2: 1934-1944. Basel - Boston - Berlin: Birkhäuser - Publishers for Architecture, 2000, p. 119); página 65, 10 ((izquierda): Sulzer, Peter: Jean Prouvé. Oeuvre complète/Complete Works. Volume 2: 1934-1944. Basel - Boston - Berlin: Birkhäuser - Publishers for Architecture, 2000, p. 122. derecha): Sulzer, Peter: Jean Prouvé. Oeuvre complète/Complete Works. Volume 2: 1934-1944. Basel - Boston - Berlin: Birkhäuser - Publishers for Architecture, 2000, p. 195), 11 (Akademie der Künste, Berlin, Konrad-Wachsmann-Archiv 134 F.1. (abajo): Akademie der Künste, Berlin, Konrad-Wachsmann-Archiv 134 F.8a); página 68, 12 (Akademie der Künste, Berlin, Konrad-Wachsmann-Archiv 123 F.4a); página 68, 13 (Akademie der Künste, Berlin, Konrad-Wachsmann-Archiv 126 F.48), 14 (Ruht Arribas Blanco); página 72, 1 (VV.AA. Charles L'Éplattenier 1874-1946. Hauterive: Ed. Attinger, 2011); 2 ([www.UN.org](http://www.UN.org) ( U.N. 309228)); página 74, 3 (Stern, Robert: Raymond Hood. New York: Rizzoli, 1982, p. 80), 4 (Dudley, George A.: A workshop for peace : designing the United Nations headquarters. Cambridge (MA): MIT Press, 1994, p. 63); página 75, 5 ([www.lawrencemodern.com](http://www.lawrencemodern.com)), 6 (Le Corbusier: La Ville radiieuse : éléments d'une doctrine d'urbanisme pour l'équipement de la civilisation machiniste. París: Vincent, Fréal & Cie, 1964 (1ª ed.: Éditions de l'Architecture d'Aujourd'hui, Collection de l'équipement de la civilisation machiniste, Boulogne-sur-Seine, 1935), p. 133); página 76, 7 ([www.UN.org](http://www.UN.org) ( U.N. 102877)), página 77, 8 (Ferriss, Hugh: The Metropolis of tomorrow. New York: Ives Washburn, Pub. 1929, p. 63), 9 (VV.AA.: Le Corbusier Plans. DVD Collection. Vol.9. Tokyo: Echelle-1. FLC. 2010. FLC 31673 y 31678); página 78, 10 (Stern, Robert: op. cit. ilustración 3, p. 73); página 79, 11 (Fondation Le Corbusier. FLC L1-5-89-001), 12 (Columbia Digital Library Collections (Columbia L.C.100010184)), 13 ([www.UN.org](http://www.UN.org) ( U.N. 102878)); página 80, 14 (Boesiger, W. (ed.): Le Corbusier. Oeuvre Complète. Volume 5. 1946-52. Basel: Birkhäuser, 1999 (1ª ed.: 1953), p. 232); página 82, 15 (Fondation Le Corbusier . FLC W1-6-57-001); página 85, 1 (Boceto: Louis I. Kahn. Kahn Collection. Brownlee, David B.; De Long, David G.: Louis I. Kahn: en el reino

de la arquitectura. Barcelona: Gustavo Gili, 1998. p. 136. Fotografía: Louis I. Kahn Collection, University of Pennsylvania; Steele, James: Salk Institute. Louis I. Kahn. Londres: Phaidon, 1993. p.14), 2 (Dibujo superior: Louis I. Kahn. Colección de Sue Ann Khan. Hochstim, Jan: The Paintings and Sketches of Louis I. Kahn. New York: Rizzoli, 1991. p. 275. Dibujo inferior: ibídem. p. 265); página 87, 3 (Fotografía cedida por: González de la Fuente, Arturo); página 88, 4 (Fotografía: © Bettman, Corbis. McCarter, Robert: Louis I. Kahn. Londres: Phaidon, 2009. p. 90, figura 29), 5 (Fotografía superior: The Isamu Noguchi Foundation. Torres, Ana María: Isamu Noguchi. Un estudio espacial. Valencia: IVAM, 2011. p. 140. Fotografía inferior: © Noble, Kevin; The Isamu Noguchi Foundation; ibídem. p. 142); página 90, 6 (Planta: elaborada y cedida por: Tamargo Niebla, Leonardo; Zhivkoz Beremski, Zhivko. p.19. Maqueta: Fotografía: Louis I. Kahn Collection, University of Pennsylvania. McCarter, Robert op. cit. p. 254, figura b); página 91, 7 (Izquierda: Ronner, Heinz: Louis I. Kahn: complete work 1935 -1974. Basel: Birkhäuser, 1987. Fotografía, © Pohl, George; p.234, SNC .1. Derecha: ibídem. Fotografía, © Pohl, George; p. 240, SNC. 28); página 92, 8 (Izquierda: Fotografía, © Pohl, George; McCarter, Robert op. cit. p. 283, figura g. Derecha: Roner, Heinz op. cit. Fotografía, © Pohl, George; p. 265, SNC. 15), 9 (Ibidem. Superior: Fotografía, © Pohl, George; p. 266, IEP. 1. Inferior: Fotografía, © Dewar Studios, Edinburgh, Scotland; p. 270, IEP. 22); página 93, 10 (Ibidem. Superior: Fotografía, © Pohl, George; p. 267, IEP. 10. Inferior: Fotografía, © Pohl, George; p. 268, IEP. 11); página 94, 11 (The Architectural Archives, University of Philadelphia, donado por Richard Saul Wurman. Norberg-Schulz, Christian: Louis I. Kahn, idea e imagen. Madrid: Xarait Ediciones, 1981. p. 2. Derecha: Ronner op. cit. Fotografía, © Pohl, George; p. 37, MDM. 9), 12 (Ronner op. cit. Izquierda: Fotografía, © Pohl, George; p. 306, DMC. 21. Derecha: Fotografía, © Pohl, George; p. 313, ANP. 8); página 95, 13 (Ibidem. Fotografía, © Pohl, George; p. 421, AAC. 5); página 97, 14 (Ibidem. Izquierda: p. 217, IIM. 55. National Institute of Design, Paldi, Ahmedabad. Derecha: Fotografía, © Pohl, George; p. 221, IIM. 84); página 98, 15 (Izquierda: Fotografía, © Pohl, George. Giurgola, Romaldo; Mehta, Jaimini: Louis I. Kahn. Arquitecto. Barcelona: Gustavo Gili, 1976. p. 48. Derecha: Fotografía, © Pohl, George. Ronner op. cit. p. 362, HUS. 1); página 103, 1 (Victor Rodríguez Prada), 2 (Hertzberger, Herman: Architecture and Structuralism. The Ordering of Space. Rotterdam: Nai 010 Publishers, 2015, pp.13-14), 3 (Ligtelijn, Vincent; Strauven, Francis: Aldo van Eyck. Writings. Amsterdam: SUN Publishers, 2008, p. 268); página 104, 4 (Murray, Irena. Canadian Architecture Collection. Montreal: McGill University, 2001), 5 (Fotografía aérea: Hertzberger, Herman: Lessons in architecture. Space and the architect. Rotterdam: 010 Publishers, 2010, p. 198. Plano: Ligtelijn, Vincent; Strauven, Francis: Aldo van Eyck. Writings. Amsterdam: SUN Publishers, 2008, p. 314); página 105, 6 (Lüchinger, Arnulf: Herman Hertzberger. Buildings and Projects 1959-1986. La Haya: Arch-Edition, 1987, pp. 48,51-52. Fotografía aérea 1966, planta en 1968 y planta en 1981); página 106, 7(Maqueta: Heuvel, Wim JA van den: Structuralism in Dutch architecture. Rotterdam: Uitgeverij 010 Publishers, 1992, p. 63. Esquemas: Stijt, Jurriaan van: "Proefkamp voor de prix de rome 1962." En Forum. Nº1, 1963, p 4), 8 (Bloom, Piet. "Proefkamp voor de prix de rome 1962" En Forum. Nº1, 1963, pp 28,33); página 109, 9 ( McCarter, Robert: Herman Hertzberger. Rotterdam: 010 Publishers, 2015, p.313); página 108, 10 (Hertzberger, Herman: Architecture and Structuralism. The Ordering of Space. Rotterdam: Nai 010 Publishers, 2015, p.44), 11 (Eyck, Aldo van: Sonsbeek Paviljoen. Maqueta 1965. Fundación Kröller-Müller. Otterlo); página 109, 12 (Lüchinger, Arnulf: Herman Hertzberger. Buildings and Projects 1959-1986. La Haya: Arch-Edition, 1987, pp. 86, 102); página 110, 13 (Hertzberger, Herman: Lessons in architecture. Space and the architect. Rotterdam: 010 Publishers, 2010, p. 91); página 114, 1 (Archivo EMBT y Fundació Enric Miralles); página 115, 2 (Archivo EMBT y Fundació Enric Miralles); página 116, 3(© Lourdes Jansana. Archivo EMBT i Fundació Enric Miralles), 4 (Musée National d'Art Moderne - Centre Georges Pompidou), 5 (© Lourdes Jansana. Archivo EMBT i Fundació Enric Miralles); página 117, 6 (© Isabel Zaragoza); página 118, 7 (Archivo EMBT y Fundació Enric Miralles), 8 (©Lourdes Jansana. Archivo EMBT y Fundació Enric Miralles); página 120, 9 (© Man Ray Trust, VEGAP, Barcelona, 2016); página 121, 10 y 11 (Archivo EMBT y Fundació Enric Miralles); página 122, 12 (© Isabel Zaragoza. Archivo EMBT y Fundació Enric Miralles) 13, (© Giovanni Zanzi. Archivo EMBT y Fundació Enric Miralles); ; página 123 y 125, 14 y 15 (Archivo EMBT y Fundació Enric Miralles); página 129, 1 (Fondation Cartier pour l'art contemporain: Ron Mueck, 2013. (dossier de prensa de la exposición) [citado el 3-3-2016]. Disponible en <[http://presse.fondation.cartier.com/wp-content/files\\_mf/argumueck\\_gb03\\_web.pdf](http://presse.fondation.cartier.com/wp-content/files_mf/argumueck_gb03_web.pdf)>); página 131, 2 (Ingleby Gallery: Rachel Whiteread [citado el 3-3-2016]. Disponible en <<http://www.inglebygallery.com/edition/rachel-whiteread-untitled/>>), 3 (Demand, Thomas: Thomas Demand: phototrophy, Exposición en Kunsthaus Bregenz. Munich: Schirmer/Mosel, 2004. p. 98); página 132, 4 (Ursprung, Philip: Naturgeschichte. Zürich: Lars Müller, 2005. p. 324), 5 (Ibid. p. 325); página 133, 6 (Ibid. p. 322-323); página 135, 7 y 8 (Thomas Schütte at Kunstmuseum Luzern. Contemporary Art Daily. 2014 [citado el 20-9-2016]. Disponible en <<http://www.contemporaryartdaily.com/2014/02/thomas-schutte-at-kunstmuseum-luzern/>>); página 139, 1 (Mónica Val Fiel, 2010, Marcel Duchamp, 1951, MoMA); página 141, 2 (Mónica Val Fiel, 2010, Sol Le Witt, 1966, MoMA); página 142 y 143, 3 y 4 (Eisenman Architetcs, El Croquis nº 83 - Peter Eisenman 1990-1997. Madrid: El croquis editorial, 1997, p.49 y p. 167 respectivamente); página 144, 5 y 6 (Val Fiel Mónica, Beteta Marco Miguel, 2014, EUBIM. Encuentro de usuarios BIM 2014. 2º Congreso Nacional BIM, Editorial Universitat Politècnica de València, p.58 y p. 56 respectivamente); página 146, 7 y 8 (Mónica Val Fiel, 2011, Anand Naiknavare, proyecto en exposición en la AA, Londres), 9 (Fotografía del autor, 2013, prototipado por Modla, Londres); página 147, 10 (Fotografía del autor, 2011, proyecto en exposición en la AA, Londres)

# 15

- **EDITORIAL • VIDA DE LAS MAQUETAS: ENTRE LA REPRESENTACIÓN Y LA SIMULACIÓN / LIVE OF THE MODELS: BETWEEN REPRESENTATION AND SIMULATION.** Miguel Ángel de la Cova Morillo-Velarde • **ARTÍCULOS**
- **LA MAQUETA DE CÁDIZ DE 1779. UTILIDAD MILITAR O METÁFORA DE PODER / THE SCALE MODEL OF CADIZ 1779. MILITARY UTILITY OR POWER METAPHOR.** Grabiél Granado Castro; José Antonio Barrera Vera; Joaquín Aguilar Camacho • **RETRATANDO SUEÑOS. FOTOGRAFÍAS DE MAQUETAS DE ARQUITECTURA MODERNA EN ESPAÑA / PORTRAYING DREAMS. PHOTOGRAPHS OF MODERN ARCHITECTURE MODELS IN SPAIN.** Iñaki Bergara Serrano • **TRASLACIONES MIESIANAS / MIESIANAS' TRANSLATIONS.** Valentín Trillo-Martínez • **JEAN PROUVÉ Y KONRAD WACHSMANN. DOS FORMAS DE UTILIZAR LA MAQUETA COMO HERRAMIENTA DE PROYECTO / JEAN PROUVÉ AND KONRAD WACHSMANN. TWO WAYS OF USING THE SCALE MODEL AS A TOOL FOR PROJECTING.** Ruth Arribas Blanco • **BOCETANDO UNA "SÍNTESIS DE LAS ARTES". LE CORBUSIER MODELA EN NUEVA YORK / SKETCHING A "SYNTHESIS OF ARTS". LE CORBUSIER MODELS NEW YORK.** Miguel Ángel de la Cova Morillo-Velarde • **LOUIS I. KAHN, EL PAISAJE TELÚRICO Y LAS MAQUETAS DE ARCILLA / LOUIS I. KAHN, THE TELLURIC LANDSCAPE AND CLAY MODELS.** José María Jové Sandoval • **LA GENERACIÓN DEL ESTRUCTURALISMO HOLANDÉS A TRAVÉS DE SUS MAQUETAS. EL CASO DE HERMAN HERTZBERGER, 1958-1968 / DUTCH STRUCTURALISM GENERATION THROUGH ITS MODELS. THE CASE OF HERMAN HERTZBERGER, 1958-1968.** Víctor Rodríguez Prada • **ENRIC MIRALLES Y LAS MAQUETAS: PENSAMIENTOS OCULTOS ENTRECruzADOS Y OTRAS INTUICIONES / ENRIC MIRALLES AND MODELS: HIDDEN INTERTWINED THOUGHTS AND OTHER INTUITIONS.** Jesús Esquinas Dessy; Isabel Zaragoza de Pedro • **ARQUITECTURAS MINIATURIZADAS Y SU CONTEXTUALIZACIÓN EN EL ARTE CONTEMPORÁNEO / MINIATURISED ARCHITECTURE AND ITS CONTEXTUALISATION IN CONTEMPORARY ART.** Angélica Fernández-Morales; Luis Agustín Hernández; Aurelio Vallespín Muniesa • **LA MAQUETA CONCEPTUAL EN LA ARQUITECTURA PARAMÉTRICA: LA MATERIALIDAD DIGITAL COMO ICONO / THE CONCEPTUAL MODEL IN PARAMETRIC ARCHITECTURE: DIGITAL MATERIALITY AS AN ICON.** Mónica Val Fiel • **RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS**
- **FEDERICO LÓPEZ SILVESTRE: MICROLOGÍAS O HISTORIA BREVE DE ARTES MÍNIMAS.** Inmaculada Murcia Serrano