

## **APLICACIÓN DEL DIBUJO ARQUITECTÓNICO EN 3D PARA EL ANÁLISIS HISTÓRICO DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS INDUSTRIALIZADOS**

**PÉREZ CARRAMIÑANA, Carlos<sup>(1)</sup>; MATEO GARCÍA, Mónica<sup>(2)</sup>; PIEDECAUSA GARCÍA,  
Beatriz<sup>(3)</sup>; MACIÁ MATEU, Antonio<sup>(4)</sup>**

<sup>(1)(2)(3)</sup> Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Alicante  
Alicante, España  
c.perez@ua.es  
monica.mateo@ua.es  
piedecausa@ua.es

<sup>(4)</sup> Departamento de Ingeniería de la Construcción, Obras Públicas e Infraestructura Urbana,  
Universidad de Alicante  
Alicante, España  
antonio.macia@ua.es

### **Resumen**

La condición tridimensional de la construcción edificatoria precisa del uso del dibujo en 3D como la mejor herramienta de proyecto y transmisión de conocimientos técnicos y formales.

El objetivo de esta comunicación es mostrar la aplicación de la expresión gráfica en 3D en un análisis histórico sobre la evolución de la envolvente industrializada en arquitectura, identificando sus principales condicionantes técnicos y constructivos.

El estudio compara la evolución del uso de sistemas constructivos industrializados mediante un análisis gráfico de las soluciones constructivas más destacables.

La metodología empleada se basa en la identificación y estudio de determinados sistemas constructivos industrializados compuestos por materiales ligeros así como de obras de arquitectura representativas por su influencia en la evolución de la envolvente arquitectónica en la segunda mitad del siglo XX.

La representación gráfica en 3D ayuda a comparar las obras analizadas desde aspectos tecnológicos y formales, constatándose la utilidad del dibujo asistido por ordenador en el análisis constructivo realizado.

En conclusión, el uso del dibujo arquitectónico en 3D contribuye, por la mejor comprensión de las características espaciales de las soluciones constructivas, al análisis de las propiedades materiales y funcionales de los sistemas constructivos industrializados y su aplicación al diseño arquitectónico, ayudando a perfeccionar su conocimiento e incrementando la calidad constructiva y compromiso social de las propuestas arquitectónicas.

**Palabras clave:** sistemas constructivos industrializados, materiales ligeros, envolvente, dibujo arquitectónico

## **Abstract**

### ***Application of 3d architectural drawing for historical analysis of industrialized building systems***

The three-dimensional condition in building construction requires the use of 3D drawing as the most effective project and technical and formal knowledge transfer tool.

The aim of this paper is to show the application of 3D graphic expression in a historical analysis of the evolution of industrialized enclosure in architecture, identifying its main technical and construction requirements.

The study compares the evolution of the use of industrialized building systems using a graphical analysis of the most outstanding construction solutions.

The methodology used is based on the identification and study of certain industrialized building systems composed of light materials as well as works of architecture representative for its influence on the evolution of architectural enclosure in the second half of the twentieth century.

The 3D graphical representation helps to compare the works analyzed from technical and formal aspects, proving the usefulness of computer assisted drawing in the constructive analysis done.

In conclusion, the use of 3D architectural design contributes, due to a better understanding of the spatial characteristics of constructive solutions, to the analysis of material and functional properties of industrialized building systems and its application to the architectural design, helping to improve their knowledge and increasing construction quality and social commitment of the architectural proposals.

**Keywords:** industrialized building systems, light materials, building enclosure, architectural drawing.

## **1. Introducción**

### **1.1. Fundamento**

La construcción edificatoria con su inherente desarrollo tridimensional precisa del uso del dibujo en tres dimensiones como la mejor herramienta de proyecto y transmisión de conocimientos técnicos y formales.

El período posterior a la II Guerra Mundial constituye una época de importante avance tecnológico, con el desarrollo de nuevos materiales ligeros y de sistemas constructivos industrializados en edificación.

El uso del dibujo arquitectónico como herramienta de estudio y análisis de las innovaciones tecnológicas de la segunda mitad del siglo XX en arquitectura, con el progresivo desarrollo e implantación de una construcción de sistemas industrializados y materiales ligeros basada en sistemas de anclaje y adhesivos frente a la tradicional construcción masiva y de adición, debe contribuir a la mejor comprensión y análisis de sus características materiales y funcionales, y a perfeccionar su conocimiento y aplicación al diseño arquitectónico incrementando la calidad constructiva y compromiso social de las propuestas arquitectónicas.

### **1.2. Antecedentes**

Existen muchas investigaciones vinculadas a la tecnología de la edificación, a la prefabricación y la industrialización.

Sin embargo, destaca la carencia de trabajos de investigación que indaguen en la naturaleza bidireccional de las vinculaciones existentes entre el diseño arquitectónico y la evolución en los materiales y sistemas constructivos.

Circunstancia que hace pertinente la aplicación del dibujo arquitectónico como una herramienta para conocer y entender mejor las características del proceso de diseño y razonamiento productivo de la industria de la construcción, y su vinculación a la arquitectura actual.

### **1.3. Hipótesis**

La hipótesis formulada se fundamenta en la convicción de la notable influencia que los avances técnicos tuvieron en la concepción arquitectónica de las décadas de estudio, y su contribución posterior como base de determinados aspectos formales y constructivos inmanentes a la arquitectura actual.

La investigación planteada pretende mostrar, mediante el uso del dibujo arquitectónico, la confluencia de intereses y aportaciones mutuas entre el pensamiento arquitectónico y la evolución de la construcción industrializada.

## **2. Objetivos**

El objetivo es exponer la aplicación de la expresión gráfica en 3D a través de un análisis histórico sobre la evolución de la envolvente industrializada en arquitectura, identificando sus principales condicionantes técnicos y constructivos y analizando y valorando las posibles vinculaciones entre los nuevos aspectos técnicos y formales que influyeron en el proceso proyectual de las envolventes arquitectónicas del período estudiado y que ayudan a explicar, entender y conocer mejor las principales características técnicas y compositivas de la arquitectura actual.

Mediante el estudio razonado de los nexos existentes entre los conceptos arquitectónicos planteados por el Movimiento Moderno y los conceptos constructivos relacionados, se investiga cómo han sido llevados a término durante las décadas posteriores a la II Guerra Mundial, considerando las características específicas de los materiales ligeros y sistemas constructivos industrializados, y su aplicación en una serie de obras de arquitectura seleccionadas.

## **3. Método y Proceso de Investigación**

La metodología empleada se basa en la identificación y estudio de determinados sistemas constructivos industrializados compuestos por materiales ligeros así como de obras de arquitectura representativas por su influencia en la evolución de la envolvente arquitectónica en la segunda mitad del siglo XX.

De esta forma, mediante un análisis gráfico de las soluciones constructivas más destacables en las obras de arquitectura seleccionadas, se estudia y compara la evolución del uso de sistemas constructivos industrializados.

El proceso de investigación ha consistido en una triple línea de trabajo simultánea y transversalmente vinculada, consistente en:

1. Identificar y analizar los nuevos materiales ligeros y sistemas constructivos industrializados de mayor innovación tecnológica cuya aparición, desarrollo o aplicación en la arquitectura queda enmarcada en las décadas posteriores a la Segunda Guerra Mundial.
2. Identificar y analizar obras de arquitectura que, por las intrínsecas relaciones entre las características compositivas y constructivas de sus fachadas y envolventes, puedan ser consideradas representativas del período temporal seleccionado.
3. Analizar, valorar y extraer conclusiones sobre las vinculaciones existentes entre los aspectos formales y técnicos que más han influido en la concepción de la envolvente arquitectónica, e identificar y valorar su contribución en los relevantes avances experimentados en la arquitectura europea hasta la actualidad.

La metodología seguida plantea establecer relaciones entre conceptos arquitectónicos planteados en las primeras décadas del siglo XX y siguientes, y su extrapolación a conceptos constructivos y su reflejo en el pensamiento arquitectónico.

Con tal fin, las obras seleccionadas son analizadas centrándose en los aspectos técnicos y formales que resultan de interés para el hilo argumental de la investigación, considerándose de especial interés los planteamientos arquitectónicos del autor y los condicionantes más influyentes en la consecución final de sus propuestas.



Fig. 1. Sección constructiva Sede Central Piloto IBM, Cosham, Reino Unido (1970-71). Autor: Norman Foster

El análisis arquitectónico se basa en la realización de infografías sobre obras de arquitectura que se han considerado representativas de las temáticas destacadas de la investigación, evidenciando aquellos aspectos más recalcados de la discusión realizada, para facilitar su comparación y valoración.



Fig. 2. Ejemplos de infografías realizadas sobre las obras de arquitectura seleccionadas. Izquierda: Casa del Futuro Monsanto, California, EEUU (1957). Autores: Marvin Goody & Richard Hamilton. Derecha: Casa Stahl, Los Ángeles, EEUU (1959-60). Autor: Pierre Koenig

El dibujo arquitectónico sirve así para analizar los distintos aspectos del pensamiento arquitectónico y de las obras seleccionadas, procediendo a la síntesis y determinación de los principales invariantes técnico-formales que se puede considerar más influyentes en la evolución de la envolvente arquitectónica desde la perspectiva de su contribución a la arquitectura contemporánea.

#### 4. Resultados y Conclusiones

La representación gráfica en 3D ayuda a comparar las obras analizadas desde aspectos tecnológicos y formales, constatándose la utilidad del dibujo asistido por ordenador en el análisis constructivo realizado.

El dibujo arquitectónico asistido por ordenador posibilita destacar, de manera muy visual e intencionada, aspectos característicos de la construcción industrializada de la segunda mitad de siglo XX.

Así, por ejemplo, la descomposición del modelo tridimensional en capas y objetos que facilitan su tratamiento diferenciado permite potenciar a nivel gráfico aspectos constructivos como la tendencia de la construcción industrializada hacia una prefabricación abierta de sistemas y componentes independientes e intercambiables [5], estableciendo interesantes relaciones entre la forma de operar con estas metodologías gráficas y las propias características de las metodologías constructivas de la realidad edificatoria. Una traslación al funcionamiento de las herramientas de dibujo que facilita expresar en la documentación gráfica generada la separación funcional entre los sistemas constructivos y su progresiva especialización, evidenciando una reformulación de la imagen arquitectónica fundamentada en la separación vs síntesis del sistema estructural, sistema envolvente, y sistema instalaciones.

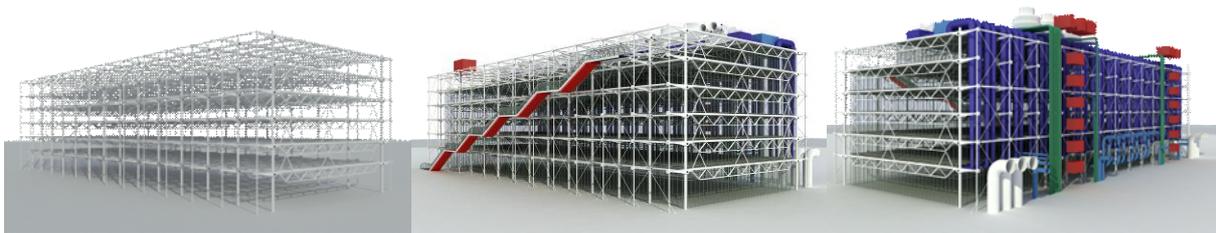


Fig. 3. Separación por capas. Centro Georges Pompidou, París, Francia (1971-77). Autores: Richard Rogers y Renzo Piano [1]

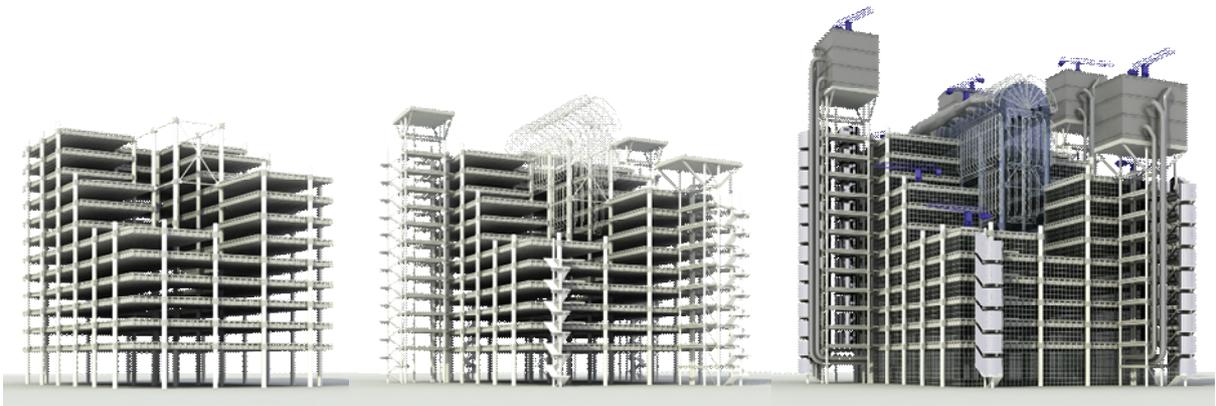


Fig. 4. Separación por capas. Sede del banco Lloyds, Londres, Reino Unido (1978-86). Autor: Richard Rogers

Los aspectos técnicos y formales identificados en este trabajo y su vinculación con conceptos arquitectónicos destacables de la modernidad, permiten argumentar que en las décadas objeto de esta investigación se produce la génesis y desarrollo de una construcción industrializada basada en sistemas y componentes estandarizados e intercambiables configuradora de una tendencia hacia la prefabricación abierta con gran influencia en el proyecto arquitectónico.

El uso intencionado del color y de las posibilidades de reflexión y refracción de los materiales del modelo virtual han servido para acentuar determinadas características de los materiales industrializados, enfatizando la influencia que sobre la imagen arquitectónica tuvo el desarrollo en los años sesenta y setenta de paneles poliméricos y metálicos. [8]

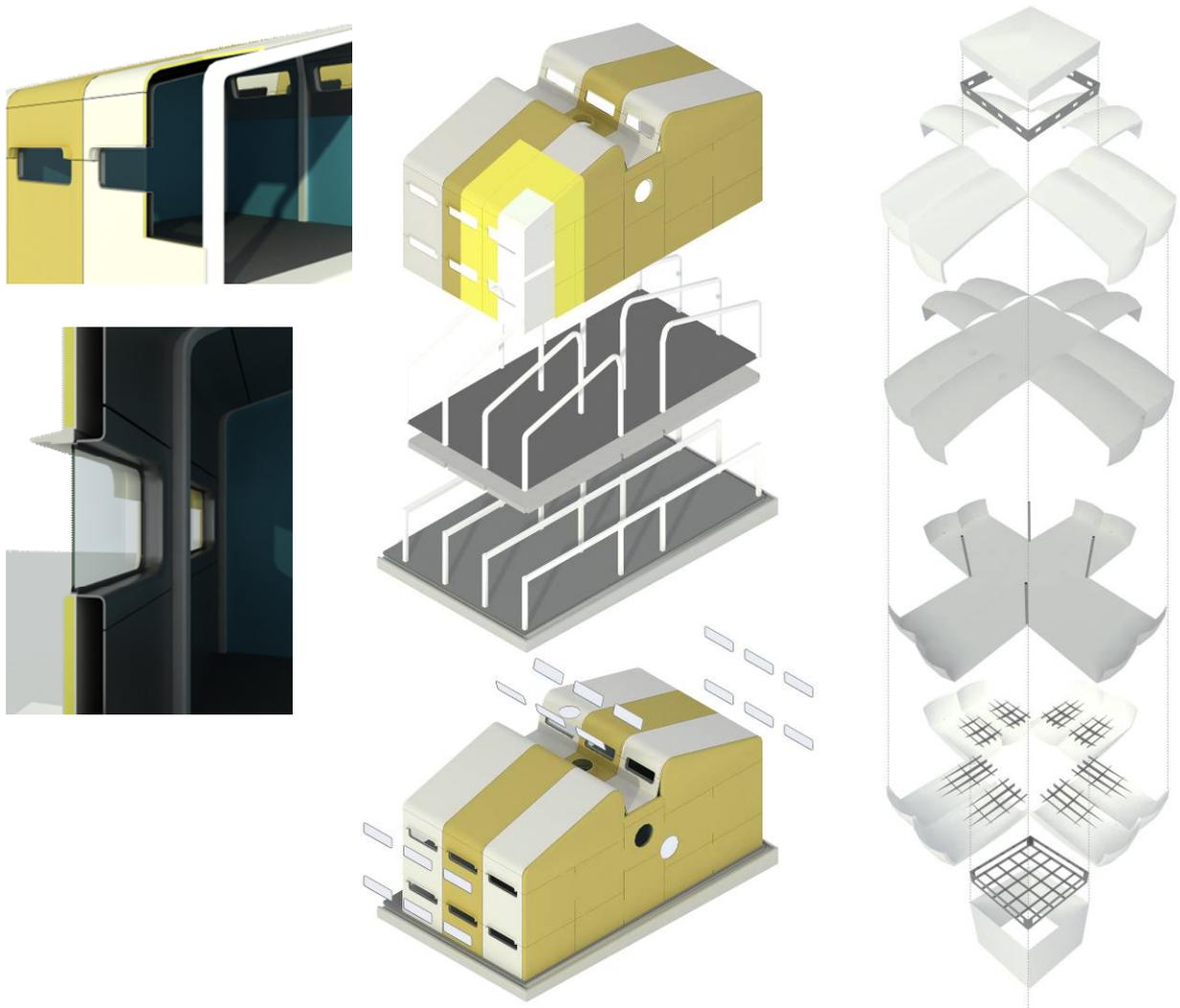


Fig. 5. Aplicaciones en plástico. Izquierda: Centro de formación Olivetti, Haslemere, Reino Unido (1969-72) Autor: James Stirling. Derecha: Casa del Futuro Monsanto, California, EEUU (1957). Autores: Goody & Hamilton

Las obras de arquitectura estudiadas y los análisis realizados muestran la importante aportación al pensamiento arquitectónico que supone esa condición de la construcción industrializada más asociada a sus procesos de montaje y descomposición en elementos que a las características concretas de los materiales. Los dibujos realizados tienden a hacer prevalecer la preeminencia del concepto constructivo industrializado y sus condicionantes sobre las cualidades matéricas de sus componentes. [4]

El enfoque de los dibujos realizados centra su atención en evidenciar la reducción de masa y espesor característica de los cerramientos industrializados con materiales ligeros desarrollados tras la II Guerra Mundial, haciendo manifiesta la descomposición del muro tradicional y la pérdida de la función sustentante del cerramiento moderno [10]. Las secciones constructivas realizadas acentúan aspectos técnicos como la merma de inercia térmica y de resistencia producida por el menor espesor de los elementos constructivos, mostrando y ayudando a comprender la necesidad de incrementar las prestaciones de la envolvente industrializada vinculando estos nuevos materiales al concepto de multiplicación de capas enunciado por Le Corbusier, como medio óptimo para un correcto comportamiento mecánico y aislamiento térmico y acústico. [3]

Comparativas como la evolución de los muros cortina de Mies van der Rohe en los años cincuenta y sesenta [8] permiten discutir sobre la irresolución técnica de las exigencias de confort evidenciadas por las primeras soluciones constructivas del incipiente proceso de transición del cerramiento masivo al cerramiento ligero, y ayudan a explicar la manifiesta necesidad en esos años de implementar los avances técnicos y el incremento de prestaciones de los componentes industrializados mediante la multiplicación de capas y su especialización funcional.

Los detalles constructivos realizados muestran los avances técnicos desarrollados en las décadas posteriores a la II Guerra Mundial, que permitieron entender que la materialización física de la transparencia y reflexión de la envolvente moderna no sólo estaba vinculada a la contribución de los avances en las cualidades visuales del vidrio, sino también a la síntesis de la nueva relación entre piel acristalada y estructura, fundamentada en la pérdida de la función portante del cerramiento enunciada por el Movimiento Moderno, y a la evolución de soluciones constructivas que han posibilitado la progresiva desaparición de la perfilería y la mejora del comportamiento resistente de los acristalamientos [6]. Así, la fabricación de vidrios de mayor resistencia y seguridad en los años cincuenta y sesenta hizo posible el desarrollo de nuevos conceptos estructurales de acristalamiento en los años setenta y la síntesis de una nueva relación estructura-piel en arquitectura, donde la epidermis acristalada adopta un nuevo papel de cerramiento resistente con mayor autonomía como envolvente arquitectónica.

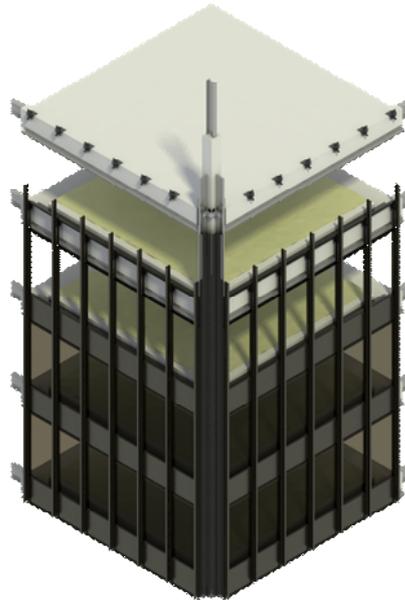


Fig. 6. Torre Seagram, Nueva York, EEUU (1954-58). Autor: Mies van der Rohe

La alteración conceptual y compositiva que supone el tratamiento indiferenciado entre fachada y cubierta con la puesta en cuestión de los límites funcionales entre el paramento vertical y horizontal, implica nuevos retos constructivos y la apertura de nuevas vías de libertad formal. Los cerramientos industrializados, en su nueva naturaleza de pared que se hace cubierta o piel que se hace estructura, contribuyeron a la configuración de una condición de envolvente arquitectónica industrializada como superficie formalmente continua constituida por componentes prefabricados.



Fig. 7. Centro Sainsbury de Artes Visuales, Norwich, Reino Unido (1974-78). Autor: Norman Foster [2]

Las potentes herramientas actuales de dibujo asistido por ordenador se configuran como un medio óptimo para representar con precisión las envolventes continuas de doble curvatura cuyo ferviente

desarrollo con estructura laminares de hormigón armado en los años cincuenta, se vio potenciado en los años sesenta y setenta con el uso de materiales ligeros y sistemas constructivos industrializados, hasta desembocar en los años noventa en la proliferación de geometrías cada vez más complejas.

Sin embargo, el progresivo auge de expresivas formas arquitectónicas en las últimas décadas del siglo XX con cerramientos ligeros, acentuado con el desarrollo de las nuevas herramientas gráficas y de cálculo estructural basadas en las posibilidades de parametrización de las modernas aplicaciones informáticas, ha evidenciado al mismo tiempo el creciente desfase entre los avances en los instrumentos de diseño y el retraso tecnológico existente en las metodologías constructivas. [9]

A través de los dibujos realizados se pretende mostrar la vigencia del debate sobre la influencia de la industria en la creatividad arquitectónica, si bien se quiere subrayar que éste se ve progresivamente matizado por las nuevas posibilidades que ofrece la construcción industrializada que tiende a sistemas abiertos de componentes intercambiables, aportando mayor flexibilidad y opciones de adaptación respecto a los requerimientos y creatividad del proyectista. Aspectos que constituyen la base conceptual de una necesaria reformulación del debate sobre la influencia de la industria en la creatividad arquitectónica.

En conclusión, el uso del dibujo arquitectónico en 3D contribuye, por la mejor comprensión de las características espaciales de las soluciones constructivas, al análisis de las propiedades materiales y funcionales de los sistemas constructivos industrializados y su aplicación al diseño arquitectónico, ayudando a perfeccionar su conocimiento e incrementando la calidad constructiva y compromiso social de las propuestas arquitectónicas.

Mediante el uso del lenguaje visual aportado por las infografías en tres dimensiones, el estudio realizado permite identificar nexos existentes entre conceptos arquitectónicos planteados por el Movimiento Moderno y conceptos constructivos desarrollados durante las décadas posteriores a la II Guerra Mundial, evidenciando así determinados aspectos técnicos y formales fundamentales para poder comprender los avances en el proceso de proyecto del cerramiento del edificio en las décadas estudiadas y en la actualidad.

## 5. Referencias bibliográficas

- [1] AAVV. Piano & Rogers. *Architectural Design*. 1975, Vol. XLV, nº 5, p. 276 y p. 311.
- [2] AAVV. Sainsbury Centre for the visual arts, University of East Anglia, Norwich. *Architectural Review*. Diciembre 1978, nº 982, p. S347-62.
- [3] ÁBALOS, Iñaki; HERREROS, Juan. *Técnica y arquitectura en la ciudad contemporánea*. 2ª ed. Madrid: Editorial Nerea, 1992. 262 p. ISBN 84-86763-74-6.
- [4] BENDER, Richard. *Una visión de la construcción industrializada*. Traducido por ROVIRA LLOBERA, Ángeles. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1976. 167 p. Traducción de A Crack in the Rear-View Mirror. A View of Industrialized Building. ISBN 84-252-0636-7.
- [5] DEL ÁGUILA, Alfonso. *Las tecnologías de la industrialización de los edificios de vivienda*. Tomo 2, Madrid: Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, 1986. 173 p. ISBN 84-7740-010-5.
- [6] PARICIO, Ignacio. *El vidrio estructural*. Barcelona: Ediciones Bisagra, 2000. 83 p. ISBN 84-931320-2-0.
- [7] PARICIO, Ignacio, Tres observaciones inconvenientes sobre la construcción en la obra americana. *A&V Monografías de Arquitectura y Vivienda*. 1986, nº 6, p. 68-69.
- [8] STRIKE, James. *De la construcción a los proyectos*. Traducido por RIVAS, María Jesús. Barcelona: Editorial Reverté, 2004. 229 p. Traducción de The Influence of New Methods of Construction on Architectural Design 1690-1990. ISBN 84-291-2101-3.
- [9] ZAMORA I MESTRE, Joan Lluís; AVELLANEDA, Jaume; AGULLÓ, Claudi. Cobertes complexes. *Quaderns d'arquitectura i urbanisme*, Invierno 2007, nº 256, p. 94-99.
- [10] GROPIUS, Walter. *La nueva arquitectura y a Bauhaus*. Traducido por DE MOURA, Beatriz. Barcelona: Editorial Lumen, 1966. 121 p. Traducción de *The new architecture and the Bauhaus*. Depósito Legal B. 7306-1966.