



FUNDACIÓN EDUARDO TORROJA

ACTAS / PROCEEDINGS

International Conference on Construction Research
Eduardo Torroja

Architecture, Engineering and Concrete
AEC

FUNDACIÓN EDUARDO TORROJA

Edición y Diseño / *Editor and Designer*

Pepa Cassinello – Director

Antonio Blázquez

Maribel Sánchez Rojas

Ángel Sorlí

Maquetación / *Layout*

Enrique Ramírez

@ textos sus autores / *texts the authors*

@ imágenes sus autores / *images the authors*

ISBN: 978-84-941820-8-2

Depósito Legal / *Deposit record No.:* M-33169-2018

Impresión: Printed by DAYTON S.A. 2018 Madrid, España / *Spain*

<i>Tenorio Ríos, José Antonio; Julián Domínguez.</i> Guidelines and criteria to promote industrialization in the construction of residential buildings.....	699
<i>Trimboli, Antonio; Ruth Arribas Blanco.</i> The use of special couplers to lock the ties in concrete jacketing of existing R.C structures.....	705
<i>Trout, Edwin; Bill Addis.</i> Testing of physical models at the Cement and Concrete Association (UK) 1951-1973.....	713
<i>Zaparín Hernández, Fernando; Jorge Ramos; Pablo Llamazares.</i> La estructura de hormigón de las “villas blancas” de Le Corbusier.....	721
<i>Zapatero Rodríguez, María Elena.</i> Underground water supply tanks from the “Canal de Isabel II”: Hidden interventions on concealed architectures in Madrid.....	729
<i>Zastavni, Denis.</i> Structural concepts and artisanal construction in R. Maillart's design principles.....	737



LA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN DE LAS “VILLAS BLANCAS” DE LE CORBUSIER

Fernando ZAPARAÍN

Profesor Titular Proyectos Arquitectónicos. Universidad de Valladolid. zaparain@gmail.com

Jorge RAMOS

Profesor Ayudante Doctor Proyectos Arquitectónicos. Universidad de Valladolid.
jerjular@gmail.com

Pablo LLAMAZARES

Estudiante de doctorado. Universidad de Valladolid. pablollamazaresblanco@gmail.com

ABSTRACT

This paper focuses on the analysis of the structural plans of the "white villas" of Le Corbusier, which have not been published and are preserved in his Foundation. In them he experimented with the most characteristic structural system of modernity: the "plan libre" grid. He used the concrete in a traditional way, but he converted the beams and pilotis into plastic elements, that coexist with the partitions to create a visual "promenade". This is how a cubist space is configured by superimposing different views and times. The structural grid dissolves, but gains in complexity and multiplicity, incorporating the fragmented structure to the movement. This is possible due to the characteristics of concrete, without whose moldability this assemblage of purist and object forms could not be articulated.

RESUMEN

Se analizan los planos de estructura de las "villas blancas" de Le Corbusier, que apenas han sido publicados. En ellas experimentó con el sistema estructural más característico de la modernidad: la retícula de planta libre. Utilizó porticos convencionales de hormigón, pero convirtió las vigas y pilotis en elementos plásticos, que se despliegan entre las divisiones para crear una "promenade" visual. Así se configura un espacio purista por superposición de diferentes vistas y tiempos. La trama se altera y disuelve, pero gana en complejidad y multiplicidad, incorporando la estructura fragmentada al movimiento. Se sirve de las características del hormigón, sin cuya moldeabilidad no se podría articular este ensamblaje de formas objetuales.

Palabras clave: Le Corbusier, estructura, hormigón, villas blancas, promenade, planta libre.

1. INTRODUCCIÓN

El primer objetivo de este trabajo es identificar los planos de estructura de las villas realizadas por Le Corbusier en los años veinte, para posteriormente analizar sus características técnicas y, sobre todo, comprobar en qué medida las opciones estructurales utilizadas tienen relación con el universo formal resumido en los “cinco puntos”. El campo de estudio se ha limitado a estas viviendas individuales porque representan la etapa inicial, se desarrollan en un marco espacio-temporal acotado y utilizan un sistema constructivo homogéneo, lo que propicia la paulatina decantación de un repertorio de soluciones similares muy características.

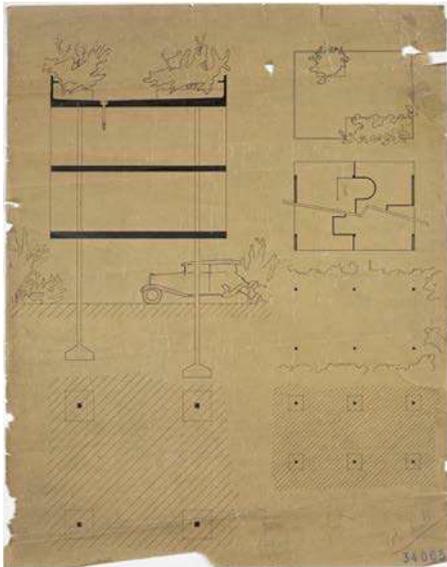


Figura 1: Esquema conceptual de la “planta libre” (FLC 34065).

En esta primera década de actividad en París, el sistema porticado de hormigón es casi omnipresente. Solo a partir de los treinta iría combinándose con entramados de acero, muros de carga o bóvedas.

Además, se aspira a llamar la atención sobre la importancia de unos documentos inéditos, apenas considerados por la abundante bibliografía, más centrada en la planimetría arquitectónica.

En la Fondation Le Corbusier, se han localizado planos de prototipos como Domino, Citrohan, Stuttgart o Frugés. En cuanto a las villas propiamente dichas, hay documentación de: Besnus (1922), La Roche (1923), Ozenfant (1923), Lipchitz (1924), Cook (1926), Monzie (1926), Baizeu (1929) y Savoye (1929).

2. CARACTERÍSTICAS DE LOS PLANOS

Una primera nota de los planos de estructura utilizados por Le Corbusier es que están dibujados y calculados en coordinación con una empresa especializada, como todavía hoy se acostumbra en la praxis francesa para los proyectos ejecutivos. Así lo aclaraba con ocasión del contrato para el Centrosoyus (FLC H2 9 67): “Nunca calculamos el hormigón armado de un edificio; el constructor responsable de la solidez de la obra tiene sus propios ingenieros que trabajan según sus métodos de organización de obra. Nuestro papel consiste en revisar los planos para verificar si las disposiciones tomadas por el ingeniero son conformes



a los planos establecidos (dimensión de vigas, pilares, etc...)"

En el taller de Ozenfant figura el calculista "Cimentarmé PIERRE VIE" (FLC H1 7 196), de quien parece ser también la casa Lipchitz-Miestchaninoff (FLC 07985 y H1 1 493). La Villa Savoye está firmada por "Entreprise CORMIER", que además fue el contratista general (FLC H1 13 298).

En todos los demás casos, la responsable es "Entreprise de ciment armé G. SUMMER ing." (que incluso llegó a empezar la Villa Savoye: FLC H1 13 296). Sus datos aparecen, por ejemplo, en un plano de la casa Cook (FLC 8355). Aunque normalmente no hay membrete y solo se indica el nombre del promotor con el número de dossier, es fácilmente reconocible la misma mano, por la rotulación y la manera de dibujar.

Hay muchas copias (al ferropusado) y pocos originales, casi siempre a tinta. Solo algunos se conservaban en el estudio, y son conocidos. Muchos otros han ido llegando a la Fondation desde otros archivos y permanecen inéditos.

La escala suele ser 1:50, con detalles a 1:20. Sorprende la delineación por su calidad y eficiencia. Hay numerosas cotas y anotaciones para describir todas y cada una de las variantes. Como sigue ocurriendo ahora, el orden general se establece en plantas de techo, donde se enumeran y definen las líneas principales y secundarias. Desde ahí, se remite a secciones de las distintas barras y a las armaduras de cada pórtico. Es muy detallado el replanteo de viguetas y huecos. También son abundantes las cotas que manifiestan hasta los más

pequeños retallos de pocos centímetros. Estamos ante una arquitectura de apariencia constructiva convencional, pero de gran precisión y exhaustividad, detrás de la cual se adivina a Pierre Jeanneret.

Frente a la práctica en arquitecturas domésticas, de limitarse a las plantas, llama la atención el recurso a secciones completas, e incluso alzados, donde aparecen tramados los elementos estructurales para diferenciarlos de la fábrica, como vemos en la casa Cook (FLC 08354). Algo que puede derivar de la complejidad de encuentros requerida por una espacialidad tan rica, que necesita expresarse tridimensionalmente, combinando planta y sección. La empresa de estructuras, no hacía más que seguir, para esto, las secciones generales proporcionadas por el estudio, en las que también se había diferenciado concienzudamente cada sistema (FLC 08299). Un elemento que se desarrolla mucho son las escaleras, algo lógico por su carácter objetual exento, que convertía en portantes hasta los petos, como vemos en la Villa Savoye (FLC H1 13 313).

3. USO PARADÓJICO DEL SISTEMA PORTICADO UNIDIRECCIONAL

En todos los casos aquí estudiados se recurre a la misma tipología estructural: pórticos con pilares y vigas de hormigón, a veces de canto, con forjados unidireccionales de viguetas y bovedillas. Solo en el prototipo Citrohan y en el modelo doble de Stuttgart se ensayan pilares metálicos. Tanto en los detalles, como en las armaduras y secciones, se observa una práctica perfectamente consolidada, que hoy, casi cien años

después, sigue siendo el estándar, en nuestro entorno, para construcciones pequeñas.

De todas formas, Le Corbusier hace una interpretación compleja de este sistema. En el Dom-ino y otros esquemas conceptuales (FLC 34065), acepta la independencia entre estructura y cerramiento, propia de la “planta libre”, pero renuncia a evidenciar el esqueleto tridimensional, y usarlo para articular la forma, por contraposición a Perret con el que se había formado (1908-9). Este definió toda una retórica de nervios vistos de hormigón, por analogía con las estructuras medievales de madera y plementería. Era un primer paso para independizar y singularizar las barras estructurales de los rellenos y mostrar sinceramente el funcionamiento del edificio.

En cambio, Le Corbusier intenta suprimir las jácenas de canto y englobarlas en una losa teóricamente isótropa. Los pilares se retranquean de fachada y en el interior no todos son visibles. Se diluye así la morfología del pórtico de hormigón, derivada del sistema arquitrabado clásico y luego del entramado de madera. Al evitarse las vigas descolgadas y los pilares en los bordes, el esquemano se aprecia como una “jaula” o “botellero”, sino como una tabla apoyada en “caballetes”,o incluso como unas baldas “pinchadas” en finas patas.

Esta representación es didáctica, pero ambigua, porque la estructura real no mantiene esa isotropía. El forjado no es una losa maciza y sigue resolviéndose con vigas en una dirección y viguetas en otra.

En la casa Cook, por ejemplo, se parte de una isometría incluso volumétrica, con un cubo de 10x10x10 m dividido en módulos de 5x5 m. Pero los planos de estructura desvelan el continuo recurso a las excepciones. Para empezar, se combina paradójicamente un modelo de placas apiladas tipo “sándwich” exento por todas sus caras, con una caja abierta solo en dos lados, un “mégaron” con dos muros de carga enfrentados y ciegos. Entre ellos, queda un solo pórtico intermedio de dos vanos y tres pilares. Ya no estamos ante el esqueleto de hormigón autónomo de la modernidad, sino ante un híbrido. También se suprimen muchas zonas de forjado para crear vacíos contrapeados, lo que todavía diluye más el teórico apilamiento.

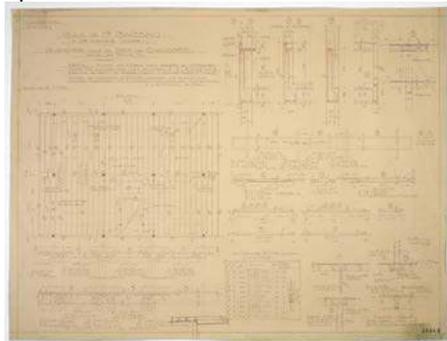


Figura 2: Transición de vigas de canto a planas, villa en Baizeu (FLC 24948).

Además, aparece el canto en las jácenas, allí donde la lógica del cálculo lo aconseja, aunque se tiene buen cuidado de mostrar el borde de fachada como una losa, que en realidad no es. Esto exige detallarla estereotomía necesaria para pasar, en el pilar extremo, de una viga de canto a otra plana en vuelo (FLC 08355). En Baizeu, incluso, alguien tuvo

necesidad de hacer un pequeño croquis en axonometría para entenderlo (FLC 24948).

Los planos de estructura que estamos examinando suponen un recorrido paradójico de ida y vuelta. Le Corbusier parte de una retícula regular, independiente de los demás sistemas, según la definición de “planta libre”. Después, la reduce a pórticos estándar bidireccionales, paralelos unos a otros, con un sistema secundario de viguetas. Pero, finalmente, estos pórticos no muestran su tridimensionalidad e incluso pierden su carácter lineal con las diversas alteraciones necesarias para fragmentar dinámicamente el espacio interior. De esa forma, la estructura acaba siendo un complejo mecanismo al servicio de juegos plásticos, con muchas barras y nudos alterados, como puede comprobarse en el atormentado pórtico de fachada de la terraza de la Villa Savoye, que contrasta con su regularidad convencional en planta.

Como en este ejemplo, hasta en las plantas más sencillas se suprimen o desplazan pilares, hay vigas planas, pero también de canto hacia abajo e incluso hacia arriba. Se alteran los niveles, con barras intermedias para dinteles o baldas. Los pilotis no siempre son un cilindro autónomo, sino de la sección más conveniente según criterios compositivos. Y sobre todo, los apoyos pierden el carácter exento que tenían en la planta libre, para mezclarse con los cerramientos allí donde la idea espacial lo requiere.

Esta dicotomía entre una retícula de base muy clara y su continua alteración en los detalles, puede parecer desconsiderada

con la lógica racional, pero obedece a la búsqueda de un contrapunto entre el orden y la riqueza formal de un espacio nunca homogéneo, sino lleno de incidentes relacionales.

4. EL DETALLE EN HORMIGÓN COMO RECURSO FORMAL

Los planos que estamos analizando, muestran una llamativa cantidad de pequeños detalles en hormigón armado que alteran la simplicidad del sistema, o ni siquiera son estructurales.



Figura 3: Variantes de vigas y zunchos, casa Cook (FLC 08356).

Es frecuente encontrar relieves que se practican en elementos estructurales de borde como vigas o zunchos, pero también en pilares. En algunos casos son funcionales, como el curioso canalón curvo de la viga de coronación de la terraza de la Villa Savoye (FLC H1 13 310), o los rehundidos para estores en Monzie (FLC 10575), los hasta seis tipos de rebajes en zunchos de Baizeu (FLC 24950) o las innumerables variantes de vigas en la casa Cook (FLC 08356).

Otras veces, las prioridades formales llevan a forzar sin problemas la trama

homogénea de soportes cilíndricos. En casas tan sencillas en apariencia, la excepción es el pilotis estándar y encontramos cuadros de pilares con todo el surtido de posibilidades: cuadrados, rectangulares, cortados a bisel, elípticos, mixtos o quebrados, como en la Villa Savoye (FLC H1 13 310) o en Baizeu (FLC24950).

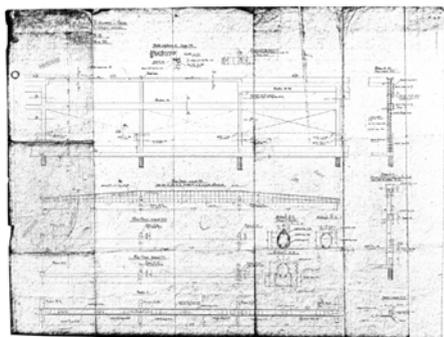


Figura 4: Pórtico noroeste de la Villa Savoye (FLC H1 13 310).

Además, se definen muchos elementos no estructurales, casi de mobiliario fijo, pero realizados en hormigón. Esto permite que sean más finos, hasta de 5 cm, lo que lleva al límite las posibilidades de armado y recubrimiento. Se trata de alféizares, baldas, costillas, aleros o barandillas, cuya misión principal es articular la fachada y prolongar conceptualmente su grosor.

Recordemos que la “planta libre”, desde el sistema Domino (1914), separa estructura y cerramiento propiciando la “fachada libre” porque carece de función portante cuando los pilares se retrañean de ella. La piel exterior se reduce a una superficie diáfana que

puede llegar a ser tan delgada como un vidrio. A partir de ahí, parece como si, una vez alcanzada la posibilidad de que la fachada sea prácticamente una tela tensada, Le Corbusier se hubiera aplicado a darle un grosor virtual habitable, en forma de muebles y accesorios, que irá enriqueciéndose hasta llegar a los “brise soleil”.

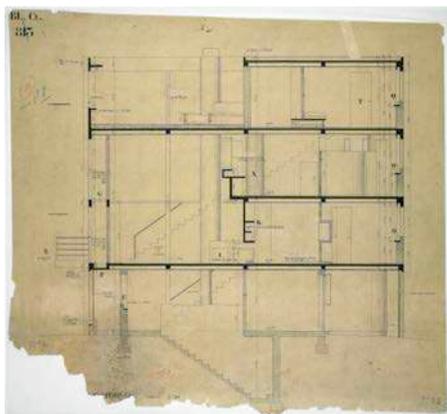


Figura 5: Detalle de elementos en hormigón, sección de la casa en Stuttgart (FLC 07792).

Esta operación se encomienda sobre todo al hormigón, por sus posibilidades de moldeado y su capacidad autoportante.

En aquella época se asumía como natural el encofrado artesanal con tablillas para cualquier cosa, aunque luego se hayan impuesto los sistemas industriales. Esto propiciaba que no fuera sorprendente ni gravoso realizar relieves, petos y hasta bañeras o muebles en hormigón armado.



5. RENUNCIA A LA MATERIALIDAD DEL HORMIGÓN

En este periodo, Le Corbusier adopta la práctica de recubrir siempre el hormigón con el mismo enlucido que la fábrica. Así, renuncia a su presencia moldeable y pétreo, que tanto explotaría después. Primero establece la independencia de estructura y cerramiento, para luego deliberadamente fundirlos con el mismo revestimiento, que puede mantener su color crema muy claro (no blanco) o bien ser pintado en tonos homogéneos, para lograr diversos niveles de profundidad. Esto, que parece sencillo, requiere una exhaustiva definición reflejada en los prolijos planos de estructura. En ellos hay delicados detalles, sobre todo para proteger los elementos de hormigón más expuestos a escorrentías. Por ejemplo, es característica la solución para los petos sin albardilla, con una caída hacia el interior hecha de mortero más rico, para que el agua no manche la fachada.

La decisión de ocultar el hormigón, cuando el discurso de la “planta libre” ensalza la presencia autónoma de la estructura, puede parecer paradójica... y lo es, como tantas cosas en Le Corbusier. En realidad, demuestra que al llegar el momento creativo, las relaciones plásticas están por encima de los enunciados teóricos. Se da prioridad a la búsqueda de los sólidos ideales y blancos bajo la luz mediante la continuidad compositiva de todos los elementos. La estructura importa, pero como una mezcla de orden subyacente y objeto expresivo, que Le Corbusier siempre necesita para llegar a la poesía. No tiene ese valor generador de la forma que le dieron Perret o Mies. Es un elemento más de los muchos

acumulados por superposición purista sobre la planta, convertida en espacio pictórico. Los planos que se vienen examinando, demuestran, por ejemplo, un uso desinhibido de los pilares, que a menudo se ocultan entre la fábrica, desaparecen o cambian de sitio.

Para dar prioridad a las formas puras, no solo se distorsiona la estructura, sino que se llevan al límite las prácticas constructivas, al pasar el mismo enlucido sobre materiales incompatibles, como el hormigón y la cerámica, con las inevitables fisuras, puentes térmicos y condensaciones, que desde el principio han acompañado la vida de estas villas.

6. CONCLUSIÓN. LA ESTRUCTURA AL SERVICIO DE LA FORMA

Los poco conocidos planos de estructura de estas conocidas obras corbuserianas, permiten observar su planimetría más habitual desde un nuevo prisma. Frente a la teórica retícula homogénea preconizada por la “planta libre”, surgen todo tipo de excepciones al servicio de una mayor intensidad formal. Las decisiones compositivas pesan en el proceso de cálculo y definición de la trama estructural. Por ejemplo, los numerosos detalles necesarios, son síntoma de una exigente volumetría final que requiere continuas variantes.

Aunque inicialmente se simplifique la isotropía a favor de pórticos unidireccionales, son tantos los vacíos y excepciones, que se hacen necesarios brochales y barras en todas las direcciones para atar el esqueleto, cuya configuración final vuelve a ser más tridimensional de lo que sugieren las plantas.

También se comprueba cómo se eligen las piezas más adecuadas para conseguir la forma deseada, con cambios de sección, transiciones de vigas planas a otras de canto, pilares ocultos o petos portantes.

Le Corbusier, en las “villas blancas” no se limita a manifestar explícitamente el entramado que la planta libre había independizado. Explora nuevas potencialidades del binomio estructura-cerramiento desde la ambigüedad. Enriquece las relaciones entre ambos al mezclar el orden de la retícula con sustracciones, superposición, desplazamientos y ocultación.

Todo lo deducido hasta aquí se podría definir como “complejidad en el orden”. Desde la sencillez inicial del sistema Dom-ino se llega al convulso esqueleto de la Villa Savoye, que gracias al análisis detallado de sus planos de estructura, representamos aquí en primicia.

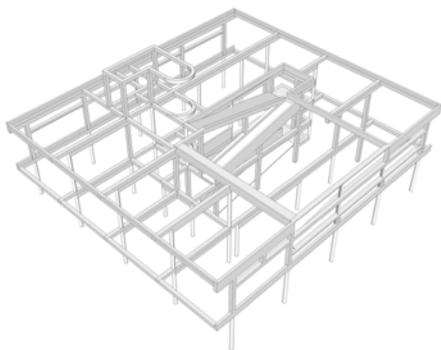


Figura 6: Axonometría de la estructura de la Villa Savoye (dibujo de los autores).

REFERENCIAS

- [1] E. Corres, “Proyecto Dom-ino: el sistema estructural”, *Massilia*, 2002.
- [2] J.A. Cortés, *Historia de la retícula en el siglo XX. De la estructura Dom-ino a los comienzos de los años setenta*. Valladolid: Ed. Universidad de Valladolid, 2013.
- [3] A. Hebly, “The 5 points and Form” en *Raumplan versus Plan Libre*, M. Risselada, Ed. Delft: Delft University Press, 1991.
- [4] J. Lowman, “Corb as structural rationalist”, *Architectural Review*, nº 956, pp. 229-233, 1976.
- [5] B. Miatland, “The grid”, *Oppositions*, nº 15/16, 1980.
- [6] A. Rosellini, “Le pilotis de Le Corbusier” en *La colonne: nouvelle histoire de la construction*, R. Gargiani, Ed. Laussane: Presses polytechniques universitaires romandes, 2008.
- [7] J. Tatsumi, “La maison Dom-ino: d’une ossature constructive à une structure spatiale”, tesis, Escuela de Arquitectura de Paris-Belleville, 1997.
- [8] P.V. Turner, “Romanticism, Rationalism and the Domino System” en *The Open Hand. Essays in Le Corbusier*, R. Walden, Ed. Cambridge (Massachusetts): MIT Press, 1977.