

# **DE ELEFANTES Y PAJAROS**

**Sobre la estructura. De cómo la  
arquitectura se aligera**

PUBLICADO EN

Memoria de curso 2011-2012, ETSAM, Madrid, 2012

Principia Architectonica, Madrid, 2012 (1º ed)

## DE ELEFANTES Y PAJAROS

Sobre la estructura. De cómo la arquitectura se aligera

Observamos que las estructuras de muchos edificios se hacen y se harán cada vez más ligeras. Por razón de la economía, de los materiales y de la tecnología que avanza a pasos agigantados. Y también por cambios de mentalidad en la concepción del espacio por parte de los arquitectos. Cada vez más lejos de la cueva y más cerca de la cabaña.

Si antes se tendía a eliminar pilares por razón de una mayor diaphanidad, o de la transparencia, o del espacio continuo, ahora se podría decir que los pilares “se desglosan” o, con palabras más pedagógicas, que los huesos grandes se cambian por huesos pequeños. Que el “húmero” se cambia por “falanges”. Los huesos pequeños sustituyen a los huesos grandes, aumentando su ligereza pero también su cantidad cuando de soportar la misma carga se trata, o hay otras razones para ello. Más pilares, pero más finos. La sala hipóstila recupera actualidad, aunque abandonando el orden claro de la geometría clásica. El bosque *versus* la sala hipóstila como nos propone tantas veces Kazuyo Sejima. La Arquitectura, como los pájaros, cambia el tamaño y la cantidad de sus huesos para remontar el vuelo. Esperemos que no le suceda lo que a Ícaro.

### FOSTER, PIANO Y ROGERS

La Torre Hearst<sup>1</sup> de Norman Foster, en Manhattan, asoma orgullosa su cabeza de 182 metros de altura desde su posición privilegiada junto a Columbus Circle. Su fachada de rombos, que es pura estructura, emerge reconocible sobre el resto de los otros edificios.



Pero lo que más nos interesa es que parte de una idea clara, la de que la estructura es lo primero. No se trata de un mero cambio formal, sino que es la consecuencia de utilizar una estructura diferente que mejora las condiciones de una convencional. Su estructura aparece racionalmente desglosada, elaborada con más piezas que se llevan todas a fachada. Logra ser más ligera a fuer de más racional. Se diría que es como un manifiesto de lo que se analiza en este texto. Una

estructura que cambia los grandes huesos por otros de menor tamaño que, además, se llevan a fachada. Y que adoptan una forma menos convencional, romboidal en vez de ortogonal, en aras de una mayor eficacia estructural.

Claro que también la postura contraria puede ser válida. Tras desglosar estructura y cerramiento se puede llevar la estructura más adentro y dar más libertad a la fachada. Gran parte de la Arquitectura contemporánea lo ha hecho así. Pero si esa estructura exterior se resuelve de manera desglosada, con barras y con formas geométricas que respondan a una mayor lógica estructural, bienvenida sea a la fachada.

Quando se habla de la “desaparición de la fachada” se habla de un imposible. Salvo que llegue el día en que vivamos en una nube transparente invisible construida con aire. Sin embargo sí es posible, por razón del acero, desglosar los elementos portantes del cerramiento, de la piel. Se pueden llegar a conseguir así fachadas de extraordinaria ligereza, como la propuesta por Mies para su ligerísimo Rascacielos de Cristal de hermosas curvas de 1922.<sup>2</sup>

Pero si hablamos de estructuras desglosadas y llevadas a fachada, no podemos no hablar aquí del Centro Pompidou<sup>3</sup> en París, de Piano y Rogers, de un ya lejano 1977. Toda la fachada es estructura.

Porque ¿qué es el Pompidou sino una operación de aligerar la estructura, apostando por unas cerchas tridimensionales de barras que se llevan con lógica aplastante a la fachada? ¿No se podría considerar como un manifiesto de este desglose de los huesos de las estructuras?

El artefacto de Piano y Rogers resiste el paso de los años. Y además de cumplir a la perfección con las funciones previstas, fue capaz de dar a París una imagen nueva que recuperó por un tiempo para la capital francesa su liderazgo arquitectónico. No se equivocaron Jean Prouvé y Philip Johnson cuando, como jurado, eligieron aquel proyecto de Piano y Rogers.

## ESTRUCTURA

Está bien clara la importancia de la estructura en la Arquitectura. El proyecto es la estructura, y la estructura es el proyecto. La estructura

que no sólo transmite las cargas de la gravedad al suelo sino que, sobre todo, establece el orden del espacio.

La búsqueda “unidad del hecho arquitectónico”, que es inherente a cualquier creación artística, no trata de la uniformidad ni de la simpleza. Una Arquitectura puede ser muy compleja y a la vez unitaria. La Estructura y la Construcción en un edificio son tan importantes como la “disposición” de las partes a la hora de concebirlo. Se trata de que en la Idea del Proyecto, desde su concepción unitaria, intervengan todos los temas. No podría ser de otra manera.

En nuestra Escuela de Arquitectura de Madrid, se nos enseña no sólo a concebir las estructuras sino también a calcularlas. Y entiendo que es muy importante para un arquitecto el conocer a fondo las estructuras. No me cansaré de insistir en que no se puede concebir la arquitectura desde sólo la forma, esperando que vengan otros detrás a hacer que se aguante, como si de un ejercicio de ortopedia se tratara. La estructura no sólo es una cuestión de transmisión de las cargas al suelo, es, fundamentalmente, el establecimiento del orden del espacio.

Por eso cuando se habla de Elefantes y Pájaros, de muchos huesos pequeños frente a pocos huesos grandes, no sólo se intenta hacer una reflexión meramente estructural, sino que es básicamente proyectual.

## MIES

Cuando Mies Van der Rohe, tanto en la Casa Tugendhat<sup>4</sup> como en el Pabellón de Barcelona,<sup>5</sup> construye sus pilares cruciformes y brillantes, como espejos, no hace más que materializar su denodado intento de que los pilares desaparezcan a base de reflejos, se esfumen. Para que el plano superior, el techo, flote. Claro que Mies siempre trabaja sus estructuras con huesos, con pilares completos, con precisos perfiles laminados perfectos, con soldaduras que quieren desaparecer. Él, que se pasó la vida haciendo Arquitectura con mayúsculas, con huesos mayúsculos, con perfiles atléticos, no dejó de perseguir en otros momentos algo de lo que hablamos.

En la Arquitectura contemporánea aparece cada vez con más fuerza la idea de cambiar los huesos grandes por más huesos más pequeños. En el pasado la Arquitectura había transmitido las cargas de manera

4



5



directa, con estructuras continuas que, como la piedra y el ladrillo, trabajaban básicamente a compresión. Solo la madera, aun con sus problemas de durabilidad y conservación, podía trabajar de otra manera.

## HISTORIA

Al final del periodo gótico también se produce un cierto fenómeno de este desglose. Recientemente ha aparecido un libro de Antonio Mas Guindal, Profesor Titular de Estructuras de la Escuela de Arquitectura de Madrid, con el sugerente título de *Cuando las Estructuras no se calculaban*. La misma portada ya nos muestra dibujos de cresterías góticas en piedra, auténticos encajes que parecen imposibles. Los góticos aligeran sus estructuras por arriba no sólo para perder peso allí, sino para tomar más y más luz de lo alto. Pero en cualquier caso, si de huesos se tratara, convierten los húmeros en falanges. Cambian pocos húmeros por muchas falanges.

Cuando a principios del siglo pasado aparecen algunas estructuras compuestas, de acero, se conciben generalmente para construcciones de tipo industrial o para grandes puentes. Para salvar luces mayores. Y se llegaba a las estructuras compuestas, en celosía, por motivos directamente de economía y de lógica y de viabilidad técnica. Toda la bellísima arquitectura industrial y los puentes de aquel tiempo, son testigos de esta descomposición lógica de la estructura.

## TECNOLOGÍA

Claro que la tecnología tiene que ver con todo esto, y mucho. Para hacer las primeras estructuras compuestas se confían las uniones a los roblones y bulones, a los tornillos y a las tuercas. Más adelante ya se pudo confiar en la soldadura. Mies, como no podía ser menos, trabajó ya con uniones soldadas.

Y lo que en aquellos primeros puentes y edificios industriales en acero, se hacía por razón sólo de economía, ahora se hace por razones también espaciales, a la búsqueda de una mayor ligereza o de una mayor penetración de la luz.

## TEMA CENTRAL FORMAL

En la Arquitectura, en general, nunca como hasta ahora se había planteado este cambiar los huesos grandes por más huesos más pequeños. Sustituir las potentes vigas de acero laminado de una pieza por perfiles compuestos vistos como lo más natural. Y hacer gala de ello. Incluso, convertirse en el tema central formal.

Cuando Alejandro de la Sota en los años sesenta construye el Gimnasio Maravillas<sup>6</sup> en Madrid, no sólo resuelve la cubrición de la luz de la gran sala con una estructura compuesta, siguiendo la forma de la catenaria, sino que “ocupa esa estructura”. Se atreve a ubicar las aulas entre las vigas que, para colmo, deja vistas. Algo de premonición de este desglose de la estructura latía ya en ese edificio.



Finalmente serán personajes del panorama internacional como Fuller quienes plantearán directamente, y por razones claras de economía, la utilización generalizada de esas estructuras de barras, de huesecillos.<sup>7</sup>



Como pasar de los elefantes a los pájaros.

## DE ELEFANTES Y PÁJAROS

Cuando alguna vez ustedes han comido algún pájaro bien cocinado han constatado lo molesto que es, para limpiarlo, un animal con tantos huesecillos, por muy sabroso que sea. Y aunque ustedes no hayan comido nunca elefante, yo tampoco, pueden suponer que la carne vendría a la mesa sin el hueso. Aunque después comparemos la belleza del vuelo de los pájaros con la torpeza de los andares del paquidermo.



Les invito a que analicen los esqueletos de los elefantes<sup>8</sup> y de los pájaros,<sup>9</sup> después de ver imágenes del perfecto esqueleto humano.<sup>10</sup> Son esculturas maravillosas de un artista muy sabio en las que el tamaño de los huesos va siendo menor conforme nos acercamos a las extremidades.



Claro que los pájaros tienen que volar y los elefantes no. Claro que los pájaros tienen que transmitir las cargas de la gravedad directamente sólo cuando se posan. Cuando vuelan, las fuerzas que actúan son más complejas. Y cuando los pájaros andan, lo hacen a brincos, como danzando.



La arquitectura contemporánea, cuando construye espacios de grandes luces, ya sea en horizontal o en vertical, cuando construye “elefantes”, desglosa sus estructuras por razón de la economía y de la estabilidad. Con el espíritu de los “pájaros”.

Así los puentes que salvan grandes luces con cargas pesadas, se suelen resolver con estructuras compuestas, ya sea con grandes celosías o con potentes cables de acero capaces de soportar enormes tensiones.

Y también las torres más altas, que por efecto del viento pueden ser consideradas como grandes vigas en voladizo en relación con el globo terráqueo. Sus estructuras tienen, no les queda más remedio, que ser compuestas.

## LA ESTRUCTURA ES LA CLAVE

Cuando hablo a mis estudiantes de la importancia de la estructura, del esqueleto, les pongo un ejemplo que no se les olvida jamás. Les digo que si Halle Berry, la actriz americana, está estupenda, que lo está, es porque antes de todo tiene un esqueleto perfecto, que lo tiene, una estructura perfecta. Su estructura, su esqueleto, ha establecido desde el primer momento un perfecto orden del espacio corporal, que luego ha sido completado convenientemente. Todos sonríen pero a ninguno se le olvidará ya en la vida la importancia de la estructura en la Arquitectura.

Un elefante no puede tener huesos pequeños, delicados. No puede tener el esqueleto de un pájaro. Ni un pájaro puede tener los potentes huesos de un elefante. Se debe pensar en cómo a lo largo de la construcción de un edificio se pueden cambiar muchos elementos como una puerta o una ventana, o un material o un color, o una textura o un detalle. Pero lo que no se puede ni se debe, es cambiar la estructura. No se puede pretender a algo que ha nacido elefante ponerle los huesecillos de un pájaro. Ni tampoco lo contrario.

Si tuviéramos que citar a algunos de los arquitectos contemporáneos que en muchas de sus obras usan más huesecillos que huesos hablaríamos de Foster o de Piano. Foster, siguiendo al pie de la letra los consejos de Fuller cuando le inquiría: *“How much does your building*

*weight, Mr. Foster?*".<sup>11</sup> O Renzo Piano, que a falta de un Fuller que le riñera, parece seguir puntualmente la prescripción "omit needless words" de W. Strunk y E.B. White en su libro *The Elements of Style*, que tan bien conocen todos los escritores en inglés, y que debieran conocer y practicar todos los arquitectos.



Pero es quizás Kazuyo Sejima, SANAA, quien de manera más provocativa plantea esta cuestión en algunos de sus últimos edificios. Tanto en el Park Café como en los proyectos de Yokohama y de Naoshima o en el Centro Rolex<sup>12</sup> de la EPFL de Lausanne. Hay una muy interesante Tesis Doctoral de J. Jaraiz donde se estudia este espacio Parque de Sejima frente al espacio hipóstilo tantas veces usado en la historia de la arquitectura.



## ADENDA

En algunos de mis últimos proyectos, cuando ha habido razones claras para ello, he tratado de aplicar este sistema de hacer más ligera la estructura, de cambiar los huesos por huesecillos, pocos húmeros por muchas falanges.

Como en la primera solución del Centro de Interpretación del Paisaje en las Salinas de Janubio<sup>13</sup> en Lanzarote. El edificio "volaba" sobre la fuerte pendiente existente, por lo que se resolvía la estructura en voladizo con unas grandes cerchas trianguladas. Con mucha altura, 6 metros, suficiente para alojar en su interior las funciones pedidas, diagonales incluidas. El regalo era un gran espacio bien tensado por la estructura y la luz, donde aquellas barras diagonales daban una especial cualidad cuando uno se movía entre ellas. Como no podía ser menos, la estructura era la protagonista del espacio.<sup>14</sup>



Finalmente las ordenanzas nos cambiaron el sitio por otro completamente plano y el proyecto debió cambiar. En el nuevo proyecto, todo él asentado sobre ese plano, no tenía ningún sentido repetir la solución estructural de aquel gran voladizo que la solución anterior reclamaba.<sup>15</sup>



En el espacio de *Porta Milano* para el Aeropuerto de Malpensa, proyectado con el arquitecto portugués Paulo Duraó, planteamos una estructura etérea paralelepédica compuesta de huesecillos pintados de blanco. Una doble piel, una por fuera y otra por dentro, ambas de





vidrio traslúcido laminado, resolvía el acondicionamiento tanto respecto a la estanqueidad como al factor térmico. Unas perforaciones ordenadas en la lámina traslúcida que une los vidrios, tanto en el exterior como en el interior, permitían el paso de la luz sólida perforando el espacio de luz traslúcida. Los rayos del sol atravesando la gran nube que era aquel gran espacio interior. Todo esto, tan claro, se basaba en una estructura tridimensional de pequeñas barras pintadas de blanco que, entre las dos pieles traslúcidas, se difuminaba adecuadamente.<sup>16</sup>

16



Similar solución de doble piel traslúcida abrazando una estructura ligera de pequeños pilares blancos, es la que planteamos en el primer proyecto para la pieza de ingreso al MIA, el *Museum of Italian Art* para los Olnick Spanu en Nueva York. Una pieza cúbica de 10x10x10 metros, semienterrada, de la que la mitad superior emergente era medio cubo traslúcido que daría una muy especial luz y cualidad a ese espacio. Para levantar ese medio cubo traslúcido se construía una estructura ligera de delicados pilares blancos. Una estructura de huesecillos. Esta estructura llevaba una doble piel de vidrio laminado donde el butiral era traslúcido. La piel exterior, con carpintería, resolvía los temas de estanqueidad y control térmico. La piel interior era más delicada en su construcción al estar ya resueltos aquellos problemas. Ambas pieles tenían perforaciones transparentes en el butiral, muchas y pequeñas, de manera que cuando pasaba el sol, el espacio traslúcido interior era atravesado por los rayos de la luz solida, cuyo movimiento, por la escala, llegaba a hacerse visible. Lográbamos así un espacio de luz difusa atravesado por luz sólida en movimiento. Una nube atravesada por el sol.<sup>17</sup>

17



## FINALE

¿Aligerar las estructuras? ¿En busca de la levedad perdida? En Arquitectura se trata siempre de hacer las cosas con sentido. Si este buscar la levedad estructural se hace por algo, ¡bienvenida sea! En nuestro Museo en Nueva York había claras razones para elaborar la caja de vidrio traslúcido con una estructura ligerísima. La más ligera que podíamos construir. No sólo buscábamos una mayor ligereza sino a la vez una mayor luminosidad. Y a la vez intentar que la estructura se disolviera en la bruma que habíamos construido de la mano de la geometría y del vidrio traslúcido.

Las estructuras del futuro serán más ligeras. Claras en su concepción y sencillas en su construcción. Perfectas en su ejecución, y resistentes y sencillas en su mantenimiento. La estructura volverá a ser, como lo ha sido siempre a lo largo de la historia, tema central y clave de la propia Arquitectura. La estructura que establece el orden del espacio.





