

**LA ESTRUCTURA Y LA IMAGEN VIRTUAL. ESTRATEGIAS DE DISEÑO
ESTRUCTURAL EN LA ARQUITECTURA DE LA ERA DEL ESPACIO
CIBERNETICO**

Diego Fernández Paoli.

Este artículo se propone analizar el efecto que la virtualidad, -símbolo inequívoco de casi todas las relaciones culturales en nuestra sociedad actual-, ha causado en la manera de producir arquitectura, indagando específicamente los mecanismos por los cuales un producto de raíz específicamente material que tiende a la solidez y permanencia se puede presentar alternativamente como una entidad desmaterializada y efímera. Análogamente, se analizará en el cuerpo principal del texto como la estructura resistente de los edificios, históricamente representativa de aquella condición material, ha podido adaptarse a las nuevas condiciones expresivas de la arquitectura. Del mismo modo, indagaremos cuales han sido las estrategias reconocidas en una serie de edificios paradigmáticos de la arquitectura reciente que han permitido alterar las tipologías estructurales clásicas para convertirlas en entidades híbridas e irreconocibles como tales.

Introducción

Todo lo que nos rodea es virtual. El mundo en que vivimos se torna cada vez más virtual. El progreso tecnológico, nos guste o no, ha atrapado a todos e indudablemente altera en mayor o menor medida nuestra forma de percibir las cosas y la escala de valores establecidas en nuestra sociedad actual.

A nivel macro, la revolución mediática ha eliminado toda clase de barreras –naturales o artificiales– que existía entre países, en donde la información es difundida sin ningún impedimento tecnológico, pudiéndose estar conectado permanentemente con cualquier lugar del mundo. Esta situación, entre otras, crea un mundo totalmente globalizado y desregionalizado en las altas esferas del poder político y económico.

A nivel micro, la tecnología permite que entre cuatro paredes podamos realizar todo tipo de actividades necesarias para nuestro desarrollo humano, desde transacciones bancarias y comerciales hasta cualquier adquisición a nivel servicios que necesitemos realizar con lo cual, consciente o inconscientemente, vamos perdiendo todo contacto con el mundo exterior, convirtiéndonos en simples robots interactivos autosuficientes y sedentarios. Por otro lado, el vértigo que nos impone actualmente el dinamismo de la actividad laboral, acrecentado por la cada vez mayor velocidad de los medios de transporte en las grandes ciudades y la gran trama de autopistas que conectan pero a su vez aíslan grandes sectores urbanos, hacen aparecer el espacio físico exterior totalmente obsoleto y decadente. Esta última característica de la vida actual genera como resultado la creación de grandes espacios autosuficientes, en donde la vida transcurre indefinidamente dentro de una especie de búnquer urbano, protegiéndonos del peligro que afuera nos acecha.

Todas estas características dominantes del mundo globalizado y consumista de hoy repercuten inexorablemente en el campo de acción específico de la práctica

arquitectónica actual, situación que es potenciada sobremanera por el dominio de las técnicas de simulaciones de formas y espacios en el diseño arquitectónico.

Arquitectura y virtualidad

El problema que surge inmediatamente luego de definir las consecuencias derivadas de esta nueva realidad cibernética, pasa por como incorporar el dinamismo virtual que sugiere el tiempo actual al mundo eminentemente estático del espacio real y utilizarlo como una nueva forma de crear arquitectura. A partir de esta nueva aceptación y posibilidad de percibir lo virtual en una forma real, podemos caracterizar varias posturas que reflejan en mayor o menor medida esta doble sensación que en principio aparentan ser incompatibles:

- Una paulatina pérdida del poder simbólico y comunicacional de la arquitectura como manifestación material, al ser sinónimo de lo estático y permanente y su giro hacia simulaciones dinámicas e inmateriales.
- Pérdida del carácter visual y expresivo del edificio para convertirse en una gran caja contenedora de las más diversas actividades, de características neutras, creando una arquitectura de interiores.
- El edificio como *paisaje*, inmerso dentro de una trama urbanística compleja en donde no interfiera los movimientos o flujos naturales circulatorios y las actividades que en ella se desarrollan.

Este nuevo fenómeno es posible de ser utilizado para crear una especie de nueva naturaleza que responda a este campo virtual y que a través de la arquitectura sea incorporado como parte de la vida real y cotidiana. Esta nueva naturaleza, de características virtuales, intenta su diálogo con lo real a través de ciertas actitudes que aluden a citas o fragmentos que se relacionan con elementos identificables del paisaje natural circundante, pero que a través de los adelantos tecnológicos actuales son creados artificialmente.

Dentro de otras actitudes, el progreso tecnológico es utilizado no como un fin en sí mismo para crear formas virtuales, sino como una oportunidad de acción, como medio de producción dentro del campo específico de la arquitectura. Se busca una complejidad espacial que reproduzca de cierta manera los patrones de crecimiento y adaptación de los organismos naturales y que incorporen el factor temporal como proceso instrumental, dando como resultado una indeterminación programática y funcional del edificio.

Estructura y virtualidad

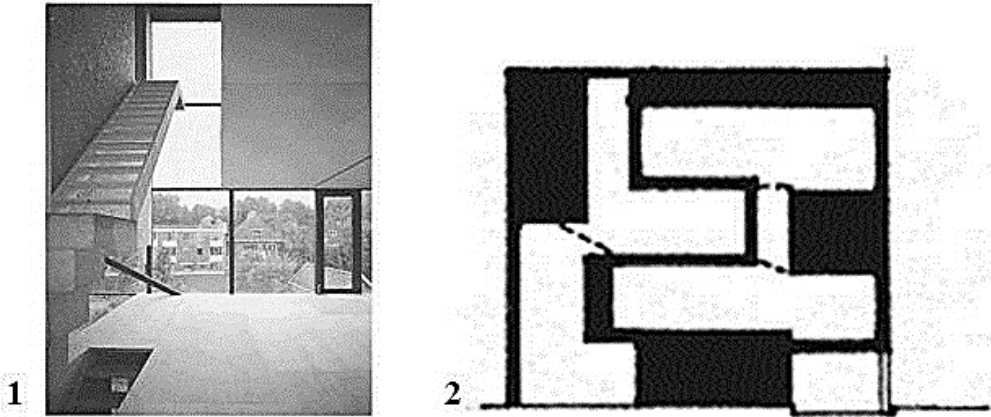
Este dominio actual del mundo virtual como imagen irreal y abstracta, afecta de manera concreta al campo específico de la estructura resistente de los edificios, al ser sinónimo de lo concreto, real y material. Veremos a continuación cuales son los efectos concretos de esta nueva forma de entender la arquitectura y como se manifiesta dentro del campo aludido.

Antes de entrar puntualmente en éstas, es necesario realizar una pequeña reseña histórica que refleje las distintas posturas que se fueron verificando a través de las

distintas épocas respecto al rol de la estructura dentro de la totalidad de la obra de arquitectura. Desde la antigüedad clásica hasta los albores del modernismo a principios del siglo XX, generalmente la estructura permanecía oculta o directamente se difundía dentro de gruesas paredes que cumplían simultáneamente las funciones portantes y de cerramiento. A partir del auge del racionalismo y de las innovaciones desarrolladas en el campo de la tecnología de los nuevos materiales, se pudieron generar nuevas concepciones estructurales que producen por un lado, la incorporación definitiva del diseño estructural desde el inicio mismo del proceso proyectual y por otro, una verdadera explosión formal del ya estabilizado esqueleto portante independiente. En la actualidad, sin embargo, esta situación parece haber alcanzado ya el límite de sus posibilidades estáticas y expresivas. Esta sensación de “agotamiento”, sumado a las características virtuales aludidas, generó la necesidad de una nueva búsqueda formal y expresiva que interese a la estructura resistente acorde con las actuales potencialidades latentes. Los primeros *intentos* deconstructivistas y sobre todo las audaces propuestas basadas en lo *informal* (Balmond, 2010), en donde la estructura es tratada como una huella o signo, de naturaleza híbrida y apariencia caótica, termina de enmarcar el nuevo panorama. Esta nueva postura trae como consecuencia inmediata la ruptura total del esqueleto resuelto de manera rígida, ortogonal, previsible y manifiesto, símbolo de lo estático y permanente, desencadenándose otros efectos que interesan a cada una de las partes que conforman la totalidad del entramado estructural.

Se advierte un progresivo alejamiento del determinismo clásico de Newton, a partir de considerar que la flecha que representa gráficamente las cargas gravitacionales actuantes en todo orden no necesariamente debe seguir una trayectoria vertical constante “hacia abajo” acorde a los *recorridos* naturales de las tensiones que se generan en el interior de la estructura. La cuestión central pasa por considerar a dicha fuerza no como algo estático y equilibrado sino como símbolo de lo dinámico y arbitrario, en donde el flujo de tensiones se pueda distribuir indistintamente hacia cualquier dirección, (Lynn, 1996) liberando de esta manera a los apoyos puntuales o lineales de su regresiva continuidad vertical.

La estructura de la Villa KBWW en Utrecht, Holanda, de MVRDV es un buen ejemplo de esta postura. De acuerdo a una exigencia funcional particular, dos viviendas independientes desarrolladas en altura se van intercalando en diferentes niveles, invadiéndose mutuamente a través del espacio aéreo. Como consecuencia de esto, el esqueleto estructural de la manera en que lo conocemos tradicionalmente era inviable de realizarse, incompatible con esta solución funcional. Se adoptó un sistema alternativo de distribución de cargas que recompone la continuidad aparentemente perdida del sistema de distribución de fuerzas a través de los elementos que conforman las paredes y forjados y de algunos elementos puntuales y que luego se transfieren a los paños de fachada. (imágenes 1 y 2)



Imágenes 1-2

1 Villa KBWW. Imagen interior donde se observa un tubo metálico de descarga lateral. (fuente *Architecture d'aujourd'hui* 316) 2 Paño de fachada que indica los planos de descarga, indicando también la posición de los tubos metálicos que le brindan la continuidad necesaria. (dibujo del autor)

Opera una búsqueda de formas espaciales complejas que reemplacen a aquellas geometrías euclidianas trascendentales, de naturaleza metafísica, que dominaban el mundo de las morfologías establecidas culturalmente a través de los tiempos. Dentro de las posibilidades que aporta la tecnología informática a modo de animaciones dinámicas, el interés pasa por desarrollar nuevas formas que contengan la suficiente fluidez y deformabilidad para adaptarse a condiciones programáticas y contextuales que lo determinan. Asimismo, la incorporación de diagramas como un literal trabajo de ordenamiento propio del proyecto, sugiere la incorporación de técnicas de información basadas en mapeos, análisis topográficos, líneas isostáticas y flujos dinámicos temporales que se convierten en información visible y son considerados como una oportunidad para ser aplicados al campo específico arquitectónico. Dicho de otra manera, lo que se trata es de manipular las formas geométricas ya establecidas y suficientemente desarrolladas y dotarlas de adaptabilidad y flexibilidad de acuerdo a condiciones particulares de cada propuesta. La arquitectura de Reiser y Umemoto interpretan muy bien estos criterios.

En la terminal marítima de Yokohama, Japón, (imagen 3) la complejidad aparece simplemente por la deformación y maleabilidad de una sucesión lineal de arcos triarticulados, resueltos mediante reticulados metálicos, los cuales se van deformando de diferente manera precisamente en esas articulaciones, adaptándose a las distintas perturbaciones programáticas y contextuales que van surgiendo.

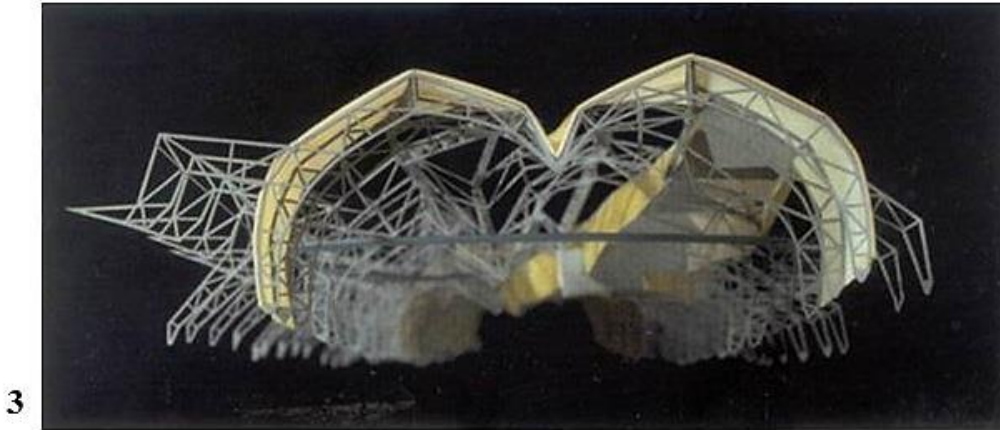


Imagen 3 Terminal marítima de Yokohama. Maqueta de la estructura. (fuente: Andrew Benjamin, 1998)

En el proyecto para la Opera de Cardiff (imagen 4) se desarrolla un sistema estructural relativamente innovador –geodésico-, para una forma libre, con el cual se busca una forma de heterogeneidad programática debido a su gran adaptabilidad espacial. Básicamente a modo de comprender su funcionamiento estático–resistente, el sistema geodésico es una estructura espacial la cual, al tratarse de un sistema esencialmente hiperestático, los nudos que unen las barras se comportan de manera rígida y la direccionalidad que asumen éstas permite transmitir las cargas por el camino más corto posible a través de un entramado que forma un verdadero tejido estructural. Sin embargo, hay que hacer notar que en este caso, a diferencia del desarrollado por Fuller, el sistema geodésico no es autoportante y necesita de un esqueleto o algún otro elemento sustentante que le sirva de contenedor espacial a modo de armazón principal en el cual el tejido geodésico pueda desarrollarse.



Imagen 4 Opera de Cardiff. Vista aérea general. En la parte superior de la imagen se observa el desarrollo de la superficie geodésica propuesta. (fuente: *Assemblage 26*)

1. Una utilización masiva del voladizo como sinónimo de lo inestable e imprevisible. De esta forma, la estructura pareciera estar siempre en una situación de riesgo, en un

equilibrio inestable a punto de romperse. Esta condición sugiere romper con los límites tradicionales que dividían el adentro y el afuera, expandiendo de este modo el edificio mas allá de sus fronteras materiales y fusionarse de este modo con el ambiente en el cual se inserta.

En este punto es esclarecedor el ejemplo a escala doméstica de una casa en Burdeos de Rem Koolhaas. (imágenes 5 y 6) Sobre la base de determinadas premisas programáticas que imponía una planta libre a nivel de terreno, la disposición estructural responde eficazmente, elaborándose una composición que es llevada al límite en cuanto a su condición fundamental de equilibrio. La sustentación de la casa se limita a un pórtico rígido metálico en forma de U dispuesta horizontalmente, ocupa la totalidad del nivel superior y cumple a su vez función de cerramiento. La carga de este pórtico se transmite indirectamente por uno de sus bordes a través de una viga superior de la cual cuelga en forma de gran voladizo. Esta viga superior a su vez, mediante un inteligente equilibrio de fuerzas, trasmite asimétricamente su carga a un cilindro portante que contiene la caja de escaleras y que para restablecer el equilibrio total del sistema, se ancla a un cubo de hormigón empotrado en el terreno a través de un cable.

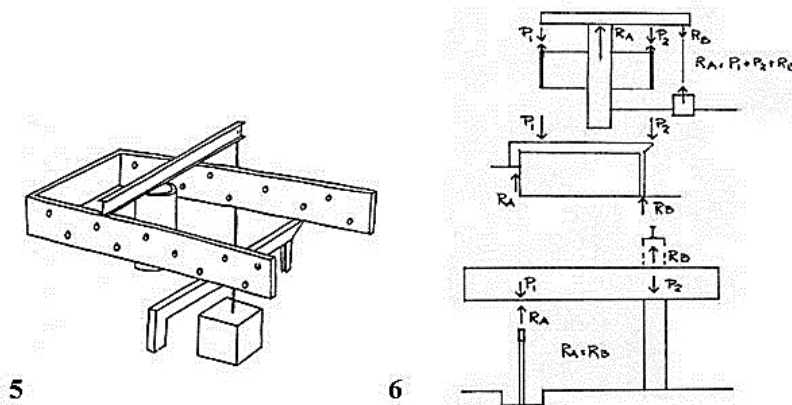
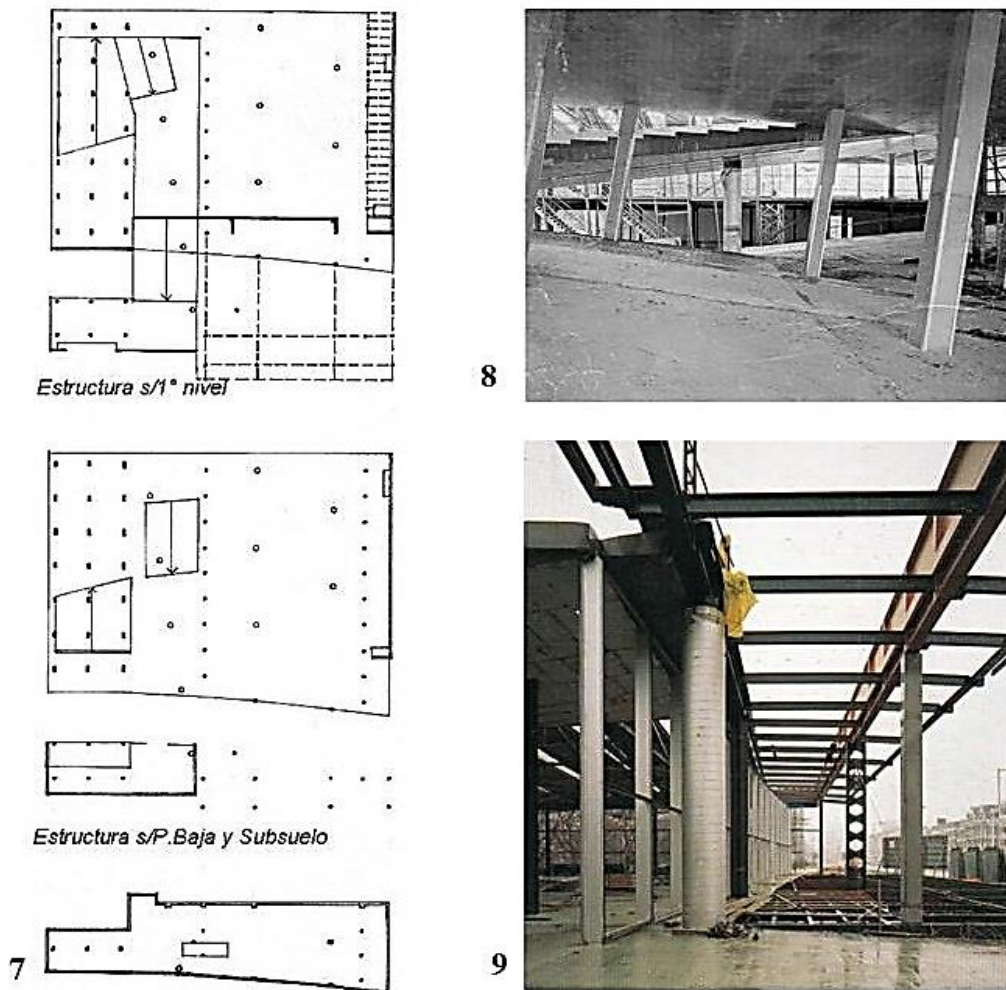


Imagen 5 Casa en Burdeos. Volumetría de la estructura que muestra la alteración de la forma tradicional de apoyo. (fuente: *Arquitectura Viva* 59). 6 Esquemas de transmisión de cargas que muestra la transferencia de las cargas de manera de garantizar el equilibrio. (dibujo del autor)

Apreciamos una alteración formal sistemática o disposición arbitraria fuera de toda lógica geométrica de los elementos tradicionales que componen el esqueleto estructural o su progresiva mutación en otros, exigiéndoles además otras funciones o características para las cuales no estaban diseñados.

En el Kunsthal, Rotterdam, 1987-1992, Rem Koolhaas recurre a una híbrida resolución estructural para adecuarse a las complejas derivaciones funcionales que surgen de pensar el edificio como un circuito continuo dentro de las particularidades de la trama urbana que lo contiene. El ritmo al parecer caprichoso por fuera de toda lógica geométrica adoptado para la disposición de las columnas en una de las salas de exposiciones, (imagen. 7) la inclinación de otras para adecuarse perpendicularmente a la pendiente de la rampa que sirve como auditorio, (imagen 8) las tres columnas de

distinta sección y materiales que se disponen junto al ingreso, (imagen 9) son claros ejemplos de esta eficaz manera de crear complejidad e informabilidad a través de la estructura.



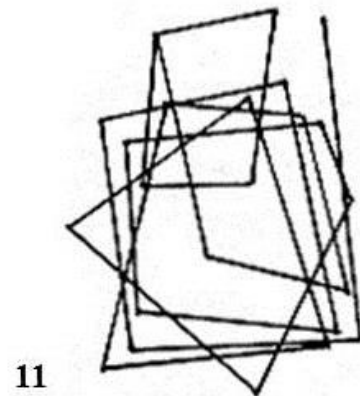
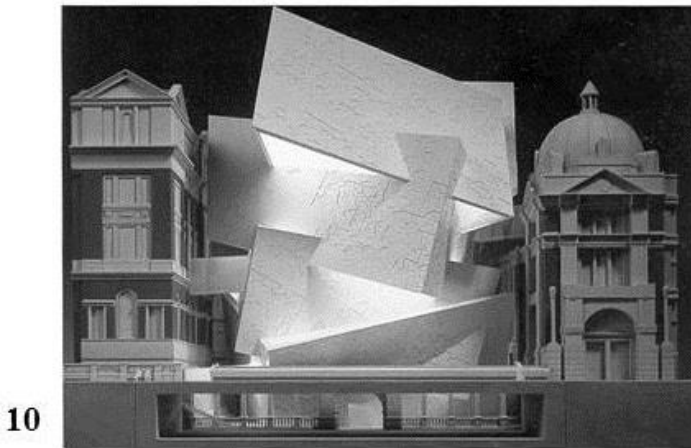
Imágenes 7-8-9

7 Kunsthall. Plantas que reproducen los esquemas estructurales sobre la base de la observación de las fotografías y planimetrías publicadas, que muestran la disposición aleatoria de los elementos estructurales fuera de toda lógica geométrica. (dibujos del autor) 8 Imagen interior que muestra las columnas inclinadas del auditorio. (fuente: El croquis 53) 9 Las tres columnas del frente resuelta con forma y material diferente. (fuente: El croquis 53)

Se advierte una tendencia a utilizar la menor cantidad de elementos estructurales de características diferentes en cuanto a la forma de trabajo predominante, concentrando mayoritariamente la distribución de los esfuerzos en placas macizas o entramadas dispuestas espacialmente de tal forma que son capaces de resistir todas las sollicitaciones producidas en la estructura, permitiendo de esta manera eliminar la clásica grilla ortogonal y generar a su vez múltiples alternativas.

En este punto es esclarecedor el ejemplo de la ampliación del Victoria & Albert Museum en Londres propuesto por Daniel Libeskind. (imágenes 10 y 11) La idea de materializar

una espiral de Arte e Historia que se alza en forma continua sobre un eje vertical virtual en movimiento, tiene su correlato material y estructural en la adopción de una envolvente continua de hormigón armado en forma de pequeñas piezas geométricas –fractiles– que se van encastrando a manera de rompecabezas y que son a su vez estructura y cerramiento. Lo que se emplea entonces es un solo elemento estructural primario, el cual se va desarrollando espacialmente mediante su continuidad en la placa adyacente y a medida que se va elevando y formando la espiral buscada, siempre va encontrando su encastre en una placa inferior, formando puntos de cruce que le brindan sustento material. De esta manera, la espiral se auto sustenta perfectamente, pudiéndose inclinarse libremente mientras se eleva debido a esa continuidad que le brinda la rigidez necesaria. Solamente los suelos horizontales actúan como diafragmas, colaboran mediante su rigidez como placa a la estabilidad general y evitando posibles alteraciones que pongan en riesgo su equilibrio.

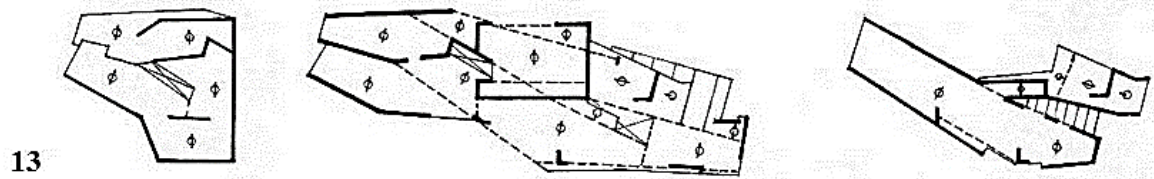


Imágenes 10-11
Ampliación Museo Victoria & Albert. Imagen exterior. (fuente: *Architecture d'aujourd'hui* 325) 11 Dibujo del autor que indica la disposición en planta superpuestas de las placas estructurales formando la espiral. (dibujo del autor)

Existiría un desinterés manifiesto hacia todo determinismo estructural como forma de negación hacia cualquier sistema en el cual se pueda distinguir o expresar claramente la transferencia de cargas. Este planteo trae como consecuencia una compleja e híbrida trama de elementos sustentantes y sustentados, potenciado además por las escasas o nulas aclaraciones de las revistas especializadas en donde se publican las obras.

La casa Moebius, Holanda, de Van der Berkel, (imágenes 12 y 13) ilustra esta manera de pensar la propuesta. Aquí, el esquema estructural es forzado al máximo para generar una deformada volumetría que responda eficazmente a las pautas de proyecto establecidas en cuanto al carácter funcional y su relación contextual. El planteo distributivo está basado en un recorrido continuo y diferenciado según las pautas que dictan las actividades domésticas realizadas, generando una cinta de Moebius que se enrosca sobre si misma formando un circuito cerrado. Sobre la base de esta complejidad funcional la estructura pasa intencionadamente inadvertida, evitando constantemente algún vestigio que permita a simple vista distinguir, no solamente el esquema

organizativo resistente general, sino algún elemento de apoyo que permita intuir la distribución de las cargas. Como ejemplo podemos citar: las vigas de hormigón armado solamente son advertidas en algunos sectores específicos y por lo general se ocultan dentro de la disposición muraria o en cielorrasos; los apoyos verticales se camuflan como parte del mobiliario, son tratados escultóricamente o simplemente son tabiques divisorios que por lo general no se disponen en correspondencia vertical, con lo cual actúan como placas flexionadas que se apoyan entre sí en puntos de cruce concretos dispuestos al parecer arbitrariamente.



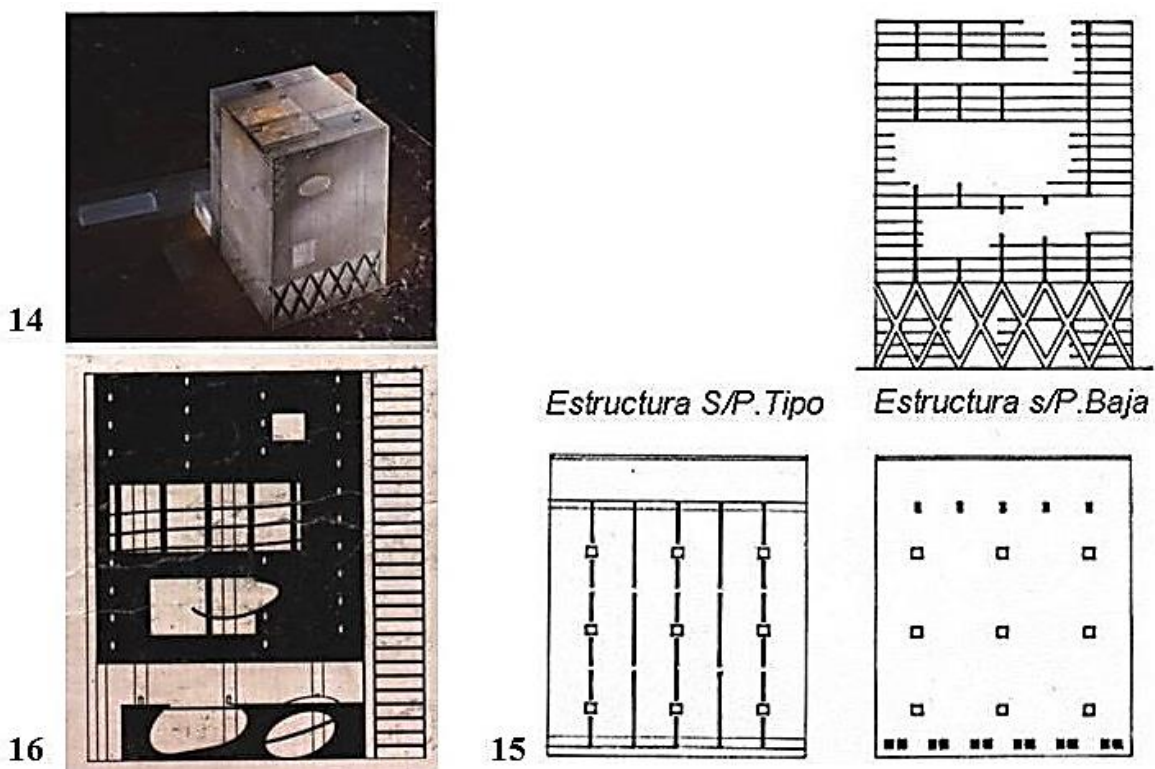
Imágenes 12-13

12 Casa Moebius. Imagen exterior que muestra el voladizo que cubre el sector de ingreso donde se disponen tres tabiques sustentantes que se tuercen en ciertos puntos para adecuarse a la direccionalidad de los tabiques en la planta inferior que le sirve de apoyo. (fuente: *Arquitectura Viva* 65) 13 Plantas que reproducen los esquemas estructurales sobre la base de la observación de las fotografías y planimetrías publicadas. (dibujo del autor)

Puede reconocerse una tendencia a despejar la planta baja del edificio de la mayor cantidad posible de obstáculos estructurales que limitan su continuidad espacial y circulatoria con el nivel urbano y su redistribución hacia los niveles superiores. Esta situación, por otro lado, apelando constantemente a la búsqueda de la ilusión óptica, intenta crear espacios con una evidente carga inmaterial que literalmente parezcan levitar por sobre la superficie, enfatizando a manera de conquista una sensación de libertad espacial.

En el proyecto para la biblioteca de Francia, Koolhaas (imágenes 14,15 y16) responde de manera reaccionaria hacia toda limitación de uso que pueda generar la ubicación de los soportes estructurales, justamente en el nivel en el cual el edificio necesita expresar su total libertad y adaptación al sistema de conectividad urbana. (Koolhaas, 1994) De esta manera, el edificio se desarrolla en su totalidad a partir de la generación de cápsulas espaciales que contienen los usos específicos adoptados en el programa. Estas cápsulas se conectan entre sí y con la planta libre inferior a nivel de la calle a través de nueve ascensores panorámicos. Lo novedoso aquí es la manera en que dichos receptáculos son mantenidos y fijados en su particular posición. El esquema

estructural se desarrolla a partir de la generación de cinco muros estructurales paralelos, perforados en los sectores donde son atravesados por el espacio de uso respectivo al cual le sirve de sujeción en sentido vertical. Estas vigas gigantescas abarcan todos los niveles y descarga a nivel de planta baja en apoyos puntuales. El sistema se completa con la disposición de placas rígidas horizontales que sirven de arriostramiento general del conjunto. Los espacios intersticiales que quedan entre los diferentes habitáculos se comportan como cajas negras, ya que los mismos están limitados por la disposición de las placas verticales y horizontales.



Imágenes 14-15-16 14Biblioteca de Francia. Volumetría exterior. (fuente: *El Croquis* 53) 15 Dibujos que indican la ubicación de las grandes placas estructurales y la posición de la descarga en planta baja. (dibujos del autor) 16 Vista de una las placas estructurales interiores. (fuente: *El Croquis* 53)

Conclusiones

Las distintas mutaciones a nivel formal y expresivo que se ha producido en las entidades arquitectónicas tal como hemos visto, a partir de la consolidación de la imagen virtual como simbología del mundo actual, han evidentemente repercutido en la estructura resistente de los edificios, presentándose éstas de una manera muy distinta de lo era habitualmente. Si lo estático y permanente eran símbolos de un modo de producir arquitectura muy diferente de la actual y la estructura era representada en función de las limitaciones regidas por las leyes gravitatorias asociadas, en la virtualidad actual dichas condiciones, tal como hemos visto en todos los ejemplos analizados, han virado hacia concepciones estructurales mucho más audaces, dinámicas e indeterminadas, donde el

sometimiento absoluto a las leyes de la gravedad ya no es representativo de su condición portante.

Bibliografía

- Balmond, Cecil. *La nueva estructura y lo informal*. *Quaderns Espirales*, 222. (1999): 38-45.
- Balmond, Cecil y Januzzi Smith. *Informal*. Munich: Prestel Verlag, 2010.
- Benjamin, Andrew. *Opening Resisting Forms. Recent projects of Reiser + Umemoto*. *Architectural Philosophy*. Londres y New Brunswick, Nueva Jersey: The Atholone press, 2000, 69-103.
- Bermúdez, Julio y Hermanson, Robert. *Cultura virtual & Cultura material: Una lectura arquitectónica*. *Morphia* (1999) (Consultado el 5 de Julio de 2011)
<http://faculty.arch.utah.edu/people/faculty/julio/texto2.pdf>.
- Koolhaas, Rem. *Delirious New York. A retroactive Manifesto for Manhattan*. N.York: The Monacelli press, 1994.
- Koolhaas, Rem y Bruce Mau. *S, M L, XL*. N.York: The Monacelli press, 1995.
- Lynn, Greg. *Levedad. Circo 3. La cadena de cristal* (1996) (Consultado el 02/10/2015)
http://www.mansilla-tunon.com/circo/epoca2/pdf/1996_034.pdf
- Reiser, Jese y Umemoto, Nanako. *Algunos apuntes sobre geodética. Fisuras de la cultura contemporánea* 3 (1995): 26-31.
- Rojo de Castro, Luis. *Conversaciones con Zaha Hadid. El Croquis* 73. *Zaha Hadid 1992/1995*. (1995): 8-21, 22-29.
- Tschumi, Bernard. 2006. *Seis conceptos*. Artículo postado el 30 de Julio de 2012. (Consultado el día 11/08/2015) <http://enredadosenlaweb.com/2012/07/concepto-contexto-contenido-por-bernard-tschumi/>.