Revista de Edificación. **RE** • Nº 15 • Septiembre 1993

El aligeramiento como respuesta al desafío energético

RUFINO J. HERNANDEZ MINGUILLON, DR. ARQUITECTO

RESUMEN. ***El desarrollo tecnológico de la construcción moderna responde, en gran medida, a las obligaciones impuestas por el desafío energético. Así, las últimas tendencias llevan hacia el límite del espacio tridimensional. En su desarrollo se ve el cambio de materiales impuesto por la industralización de los procesos productivos.***

La construcción ligera utiliza principalmente materiales multilaminares, y en pocos casos las estructuras resistentes cumplen la misión de cerramiento. La actitud moderna se fundamenta, para muchos, en el desarrollo tecnológico.

SUMMARY. *The technological development of modern construction greatly responds to the responsibilities imposed by the enery challenge. Thus, the latest tendencies lead to a limit in three-dimensional space. In its development, the change in material imposed by the industrialization of manufacturing processes can be seen.*

Ligth construction mainly uses multi-laminated material, and in few cases do resistant structures comply with the job of locking.

The modern attitude is based, for many, on technological development.

INDICE GENERAL

1. Más allá del límite. Utopía o ciencia 2. En busca de modelo - utopía 3. Optimización científica de la técnica 4. Los nuevos materiales ligeros 5. Actitud moderna frente a programa y formalismo 6. Notas

1. MAS ALLA DEL LIMITE. UTOPIA O CIENCIA

Desde los tiempos más remotos el hombre ha tendido a identificarse con su entorno, del que al mismo tiempo debe defenderse, y a reproducir, imitar y emular a la Naturaleza. El afán por la realización de espacios más amplios y edificios más elevados existe también desde tiempos antiguos, y sólo ha disminuido su ímpetu con la posibilidad de sobrepasar el límite de la tierra para construir en el espacio.

El **desafío energético** ha constituido un factor de gran importancia para entender algunas etapas del desarrollo tecnológico de la construcción moderna. La aparición de materiales de mayor resistencia, el aumento del conocimiento sobre su comportamiento y de las estructuras de las que forman parte, así como el gran avance logrado en los métodos de cálculo, han sido promovidos en parte con objeto de sobrepasar los límites establecidos en busca de una nueva frontera.

Entre los factores que influyen en el desarrollo tecnológico de la construcción no se puede olvidar la búsqueda del nuevo **límite**, el cual una vez superado abre las puertas a otro nuevo. Desde tiempos antiguos este desafío ha sido el motor de actuaciones difícilmente justificables por otros motivos. Los límites estáticos han sido batidos en innumerables ocasiones, y en otras sólo el desinterés ha impedido su consecución (como sucedió con el proyecto de Frank Lloyd Wright para un rascacielos de una milla de altura) (figura 1).

2. EN BUSCA DE MODELO – UTOPIA

Esta falta de linealidad en la serie de objetivos, causa de los cambios de orientación en el desarrollo tecnológico, es tan sólo aparente y depende de la **variación del modelo utópico.** La utopía arquitectónica del siglo XIX tenía por modelo el **barco**, gran es-

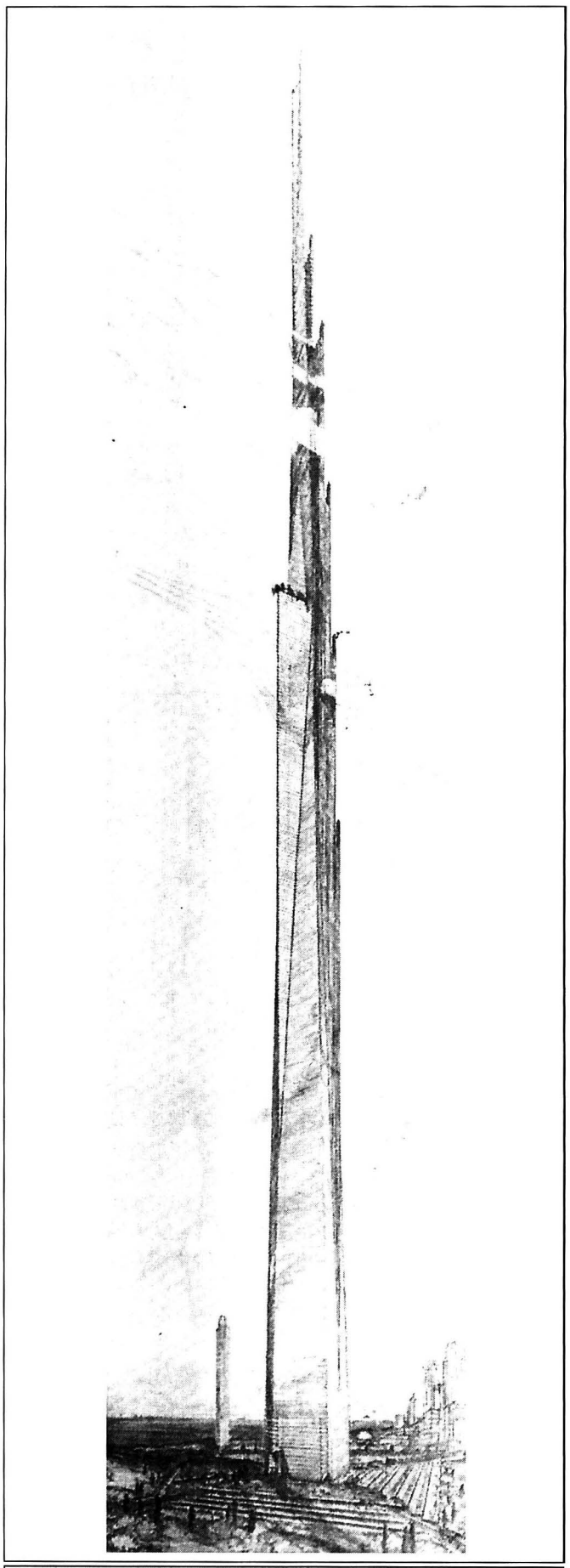


Figura 1

pacio unitario en el que todo estaba regulado como en un reloj. El barco, modelo reducido de la ciudad perfecta, será exaltado desde Víctor Considérant hasta Le Corbusier, pasando por Julio Verne. Actualmente cabe preguntarse, como hace Michel Ragon, cuál será la utopía arquitectónica del futuro: *"¿Será transformada la utopía arquitectónica del siglo XXI por otro modelo: el vehículo espacial?"*[1].

Hasta tiempos relativamente recientes el desafío consistía en sobrepasar las dimensiones espaciales: largo, ancho, alto; el mito de la **megaestructura** parece alentar toda la historia de la arquitectura moderna apoyada en la industria. El Palacio de Cristal de Joseph Paxton (Londres, 1851) (figura 2) y la Galería de las Máquinas de C.L.F. Dutert y Víctor Contamin (París, 1889) son inmensas estructuras, destinadas a promocionar la industria del acero en los contenedores (los propios edificios) y los productos-máquina contenido. Ragon compara los grandes pabellones de las Exposiciones universales con el contenedor-barco considerado como modelo-utopía[2].

Las propuestas de ciudades espaciales (formadas por mallas tridimensionales y plataformas suspendidas), las obras en los años 60 de Yona Friedman, Kenzo Tange, Kisho Kurokawa, Arata Isozaki, Richard Buckminster Fuller y otros, e incluso el rascacielos de una milla de Wright, constituyen ejemplos de megaestructuras-contenedores (figuras 3 y 4). Sin embargo, con la aparición de algunos factores nuevos, la arquitectura-construcción abandona el mito de la megaestructura-contenedor-barco como modelo utópico. Es la época de los movimientos mecanicistas, metabolistas, etc.; la inclusión del movimiento como objetivo y del edificio dinámico; de la carrera espacial y la posibilidad de realizar construcciones ingrávidas, subterráneas, solares o submarinas (figuras 5 y 6).

Sobrepasado el límite de la arquitectura de soportes-símbolo, el límite del espacio tridimensional atado al suelo, la arquitectura parece caminar ha-

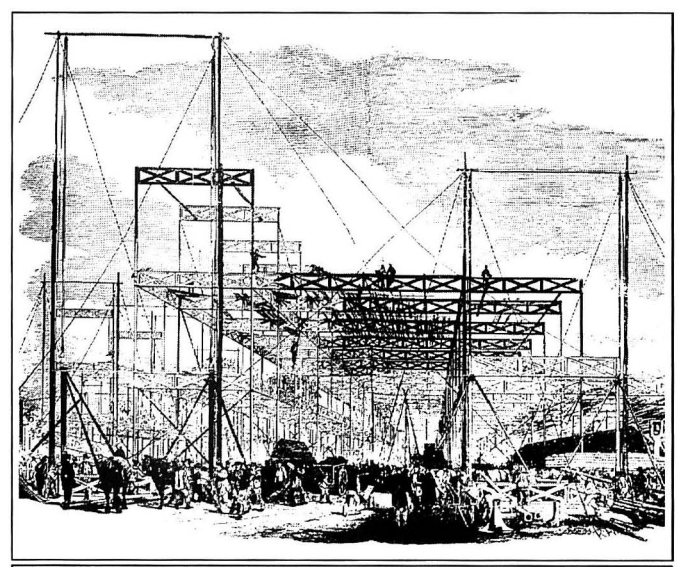


Figura 2

cia nuevos cauces en integración completa con el resto de las ciencias humanas, especialmente las relacionadas con la biología y la ecología. Es cuando se producen las propuestas más atrevidas. No se trata de estructuras colgadas o neumáticas, sino de ciudades móviles que se desplazan (figura 7), de ciudades que se entierran para aprovechar al máximo la superficie productiva externa, de cúpulas sobre ciudades completas. Es el momento de la fantasía, de la ficción, de la arquitectura dibujada.

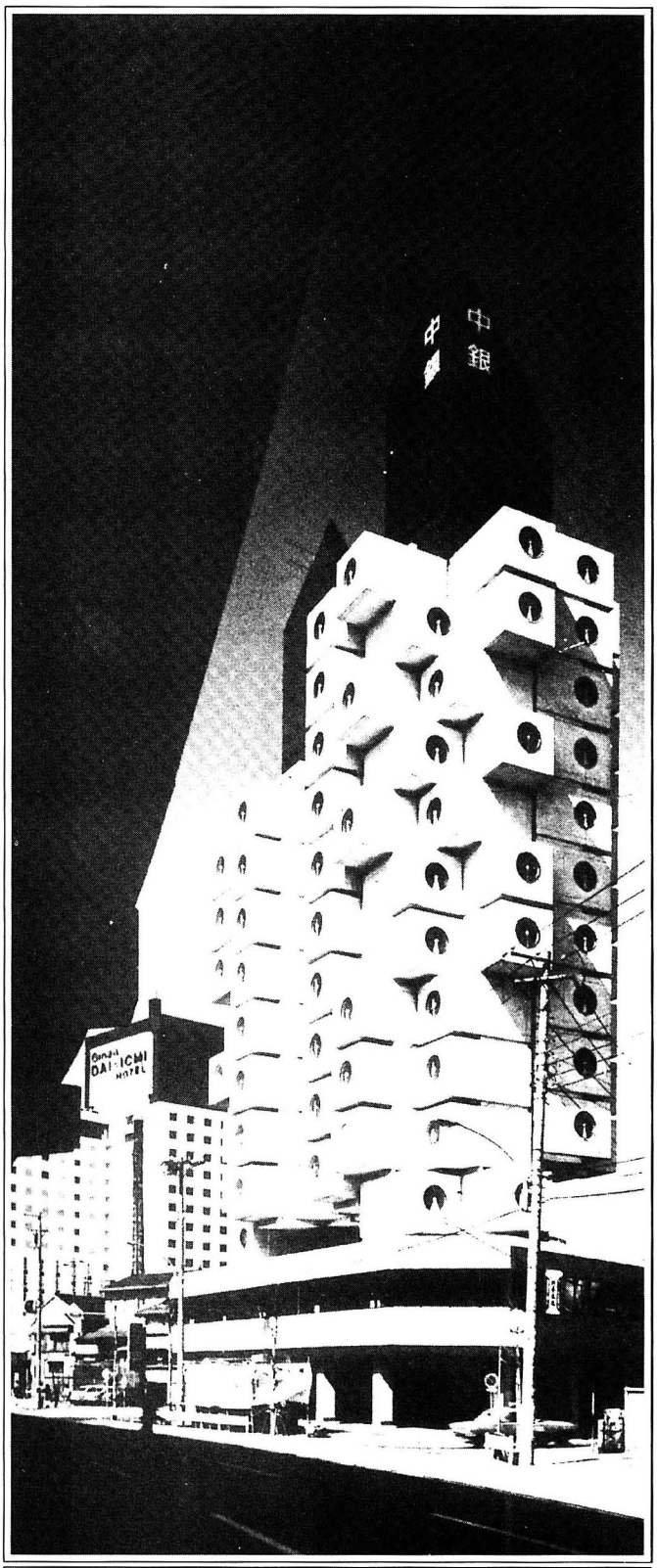


Figura 3

¿Cuál es el siguiente límite? ¿El de los elementos flotantes que señala M. Salvadori, soportados por campos electromagnéticos? ¿El que describe Wachsmann ya en 1957, con su visión de edificios sin soportes, donde los conceptos de muro, ventana o puerta dan paso a los de superficies opacas, transparentes y móviles?[3] ¿O acaso el que imagina Frei Otto, construyendo los volúmenes sin empleo de materiales?[4] Los límites y los métodos aparecen ante nosotros confusos. Parece cierto que, como señala Michel Ragon en su artículo **Architecture, industrie, futurologie**: *"el desarrollo tecnológico de la construcción dependerá en un futuro de las aportaciones de la física y especialmente de la química"*[5].

3. OPTIMIZACION CIENTIFICA DE LA TECNICA

La arquitectura-construcción como ciencia aplicada compleja se ha alimentado indefectiblemente con las ciencias puras, pero de una forma in-

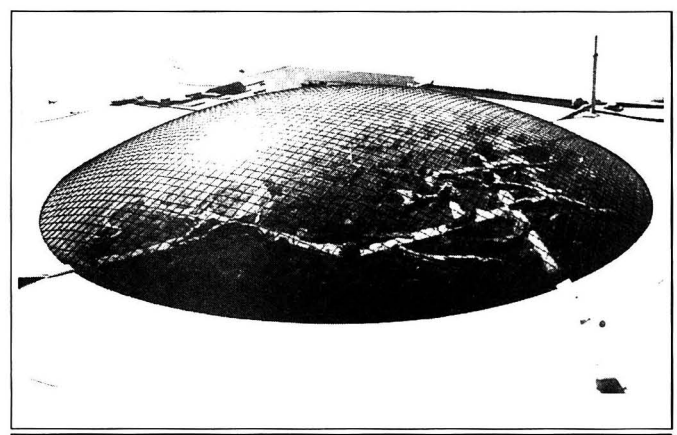


Figura 4

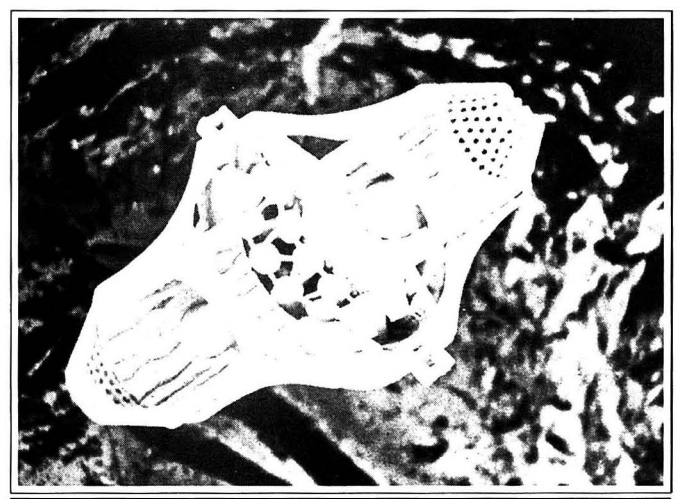


Figura 5

consciente, oculta bajo el manto del arte, tras sus otras cualidades. La ciencia ha emergido siempre que se ha pretendido superar el límite, cuando se ha exigido un rendimiento impensable, pero está presente siempre contribuyendo al proceso de innovación.

Desde las primeras construcciones duraderas la evolución ha caminado hacia la optimización del uso de los materiales, empleando progresivamente soluciones que exigen un menor aporte de material para obtener las mismas o superiores prestaciones; sin embargo, una gran parte de la producción arquitectónica se realiza con considerable sobredimensionamiento y gratuidad en la elección de las opciones utilizadas.

La optimización permite una reducción de materia y por lo tanto de costo, pero supone medios de cálculo importantes. Estos son obligatorios cuando se trata de concebir obras de ingeniería tales como puentes, grúas, plataformas petrolíferas, barcos, aviones, etc., donde los elementos son sometidos a esfuerzos máximos para un mínimo de materia.

Se constata, en cambio, que la arquitectura se sitúa en general en un nivel menos exhaustivo y prefiere la seguridad de métodos profusamente comprobados. Y esto sucede aunque la reducción de problemas en los componentes utilizados, la posibilidad de aumento de luces, la economía de peso en el montaje, etc., deberían constituir serias ventajas dignas de consideración[6] (figura 8).

Las construcciones tradicionales están basadas en el uso de materiales naturales extraídos en el entorno de utilización, obtenidos con un costo bajo y en grandes cantidades (arcilla, arena, piedra). La construcción ligera emplea por el contrario materiales manufacturados de producción compleja y por lo tanto más caros, pero utilizados en menor cantidad (metales, plásticos, fibras, etc.) (figura 9).

Mientras que los materiales tradicionales son en general específicos de la construcción, los componentes de elementos ligeros son fabricados por firmas no englobables en este sector, lo que disminuye los riesgos de una dependencia sectorial excesiva y aumenta la capacidad industrial disponible. Simultáneamente se consigue una introducción más rápida de técnicas de producción avanzada en la industria de la construcción y en los propios edificios.

Por otra parte, la industrialización de los procesos productivos exige la realización de elementos susceptibles de ser utilizados en edificios de características y dimensiones diversas, que puedan ser construidos con rapidez y por pocos operarios. Esta exigencia, difícilmente asumible por los sistemas de prefabricación pesada, es perfectamente posible en la construcción ligera.

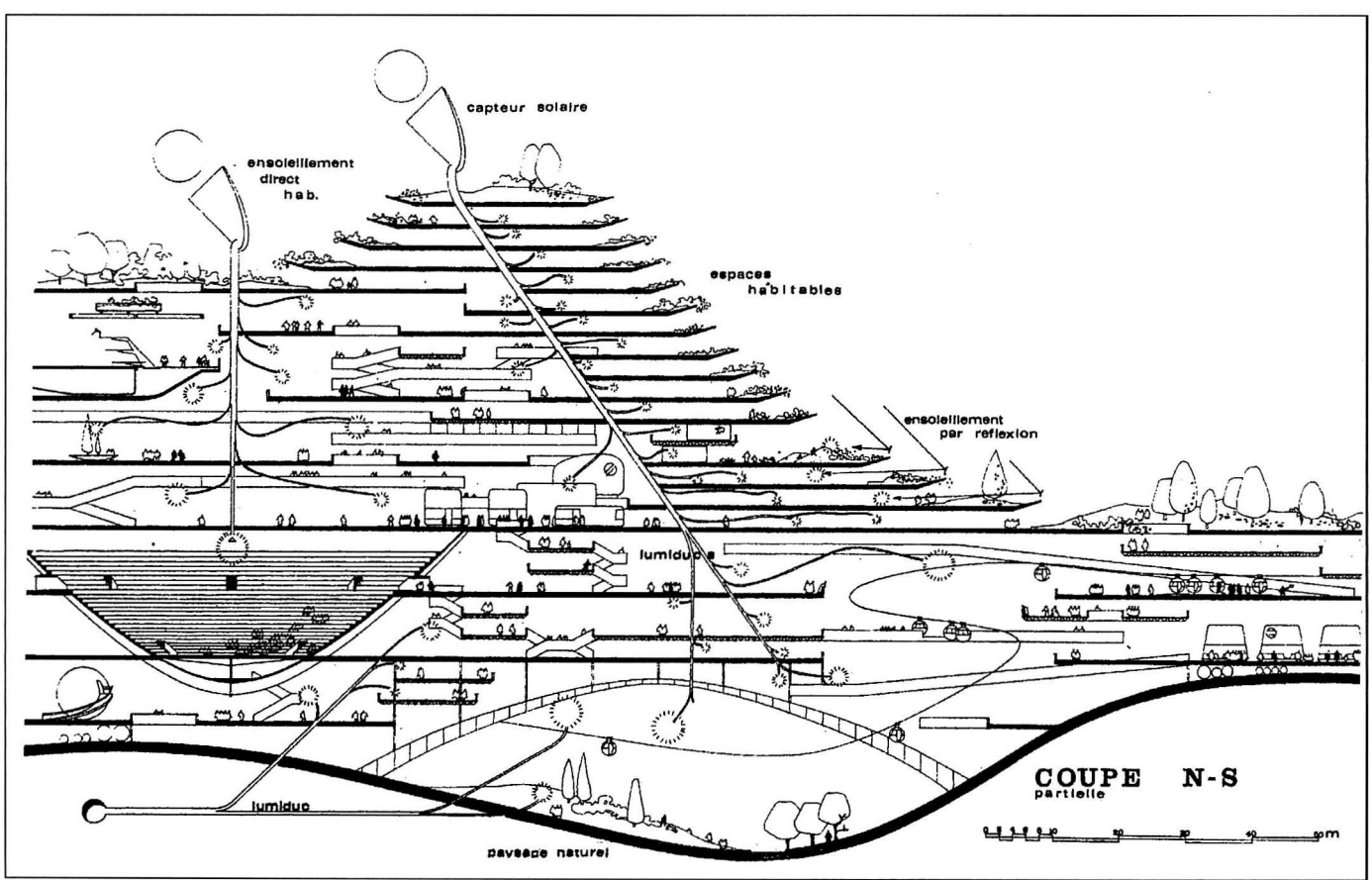


Figura 6

4. LOS NUEVOS MATERIALES LIGEROS

En la construcción ligera los elementos resistentes y los elementos de cerramiento o división constituyen unidades claramente diferenciadas y separadas, condición importante para su uso en múltiples propuestas. Ambos subsistemas tienden progresivamente a la utilización de elementos de carácter multilaminar o de composición compleja, con uso de distintos materiales seleccionados según sus propiedades características para cumplir los requisitos exigidos. Ello exige un estudio minucioso del comportamiento y la compatibilidad de los materiales y medios de unión utilizados, y por lo tanto la cooperación de los fabricantes de los mismos en la resolución de los problemas derivados de su utilización conjunta (vidrios antirreflexivos o antideslumbrantes y siliconas estructurales, aceros de alta resistencia y hormigón, etc.).

En casos excepcionales las estructuras resistentes cumplen la misión de cerramiento. Esto ocurre en construcciones de dimensiones reducidas como pequeños pabellones y habitáculos de una planta, y en grandes construcciones neumáticas y colgantes tensadas (tiendas). Es importante constatar que en estos casos la estructura-cerramiento está realizada con una lámina de un único material, exoesqueleto que alberga el resto de los elementos del edificio, del que solamente emergen las conducciones de alimentación y evacuación.

La comparación biológica se hace necesaria al tratar estas construcciones, ya que una de las grandes innovaciones es el planteamiento del cerramiento como elemento continuo (figura 10). Este subsistema edificatorio está aún muy poco evolucionado, ya que cumple únicamente una función de protección respecto al exterior, o a lo sumo de acondicionamiento térmico mediante capas internas añadidas para tal fin. Sin embargo se puede hablar ya de una auténtica piel, y supone un paso importante hacia un cerramiento continuo plurifuncional, que como la piel biológica resuelva correctamente funciones de protección, control de temperatura y humedad, comunicación con el exterior, ventilación, dilatación-contracción, etc.

Es difícil imaginar algunas de las posibilidades mencionadas anteriormente, dotadas de límites inmateriales o formadas por estructuras electromagnéticas como lugares habitables. Sin embargo, la posibilidad de solucionar un cerramiento de forma continua, sin juntas apreciables que creen discontinuidades en su comportamiento lleva camino de hacerse realidad. Una realidad tan patente como los ya generalizados cerramientos de vidrio sin carpintería.

Los materiales compuestos multilaminares, armados con fibras diez veces más resistentes que el acero, o las técnicas de unión de metales mediante injertos plásticos son ya utilizados en campos industriales próximos a la construcción, como la fabricación de fuselajes de avión o la confección de material deportivo.

Incluso cuando se utilizan materiales tradicionales en la construcción ligera[7], las características exigidas, la relación con otros elementos constructivos y las técnicas empleadas difieren notablemente de las habituales en los sistemas tradicionales. No obstante, hay que considerar que, aunque pueden ser utilizados distintos componentes ligeros en combinación con otras alternativas constructivas[8], la utilización en el edificio de sistemas complementarios dentro de un planteamiento unitario y coherente ofrece mayores ventajas[9].

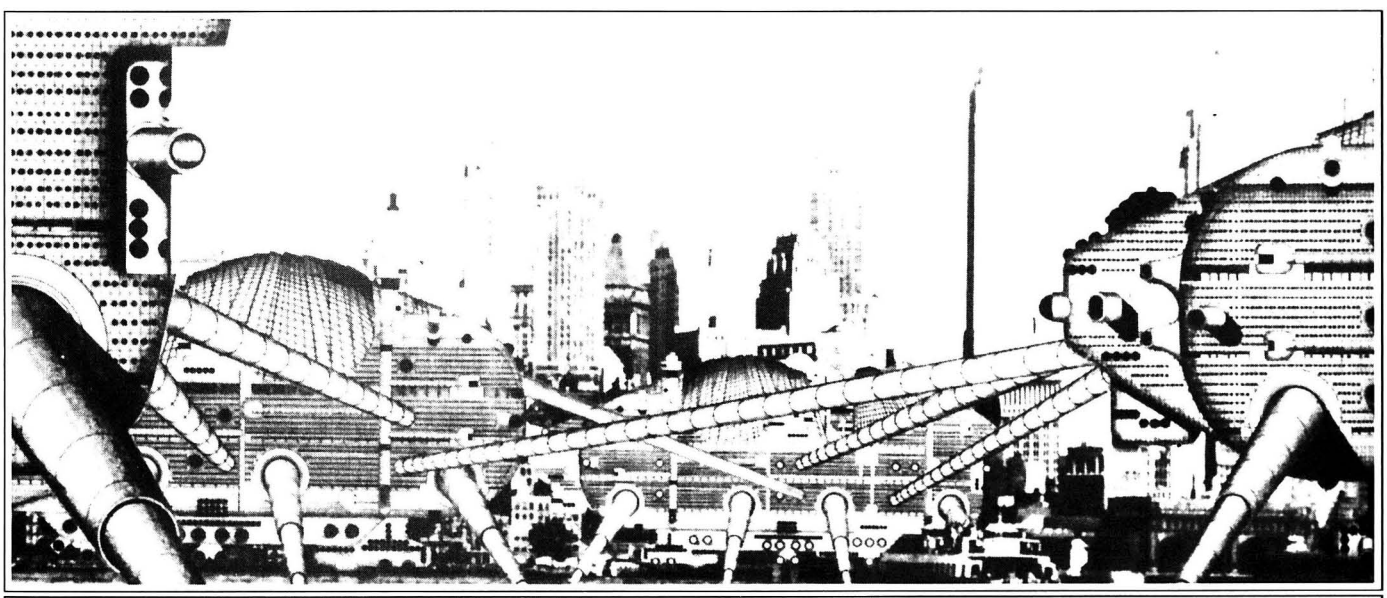


Figura 7

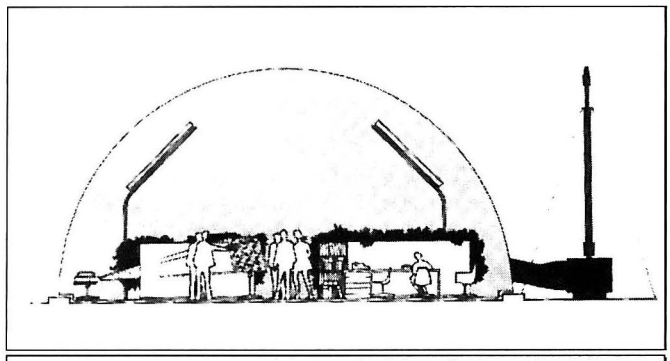


Figura 8

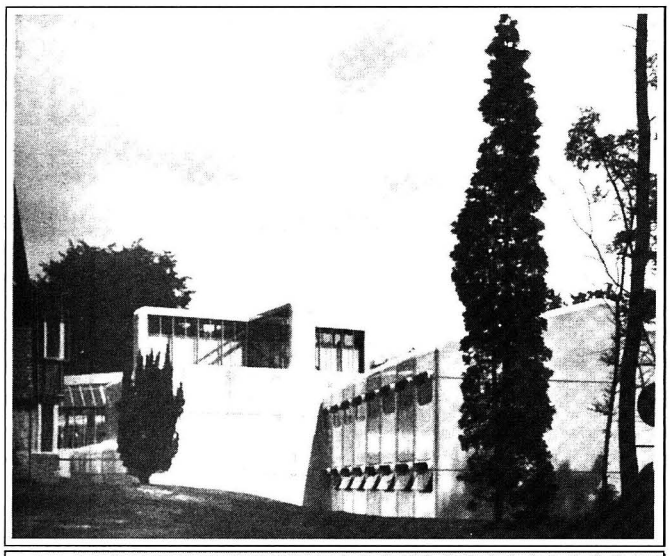


Figura 9

5. ACTITUD MODERNA FRENTE A PROGRAMA Y FORMALISMO

Quizá el gran reto de la arquitectura actual resida en encontrar la vía para **incorporar los avances tecnológicos** con una fluidez similar al resto de los campos industriales.

En la primera mitad de este siglo, el Movimiento Moderno consiguió romper la monolítica estructura tipológica de la arquitectura tradicional, incorporando tipos que recogiesen las nuevas funciones requeridas por la creciente complejidad de la estructura social y que se adaptasen a las variaciones sufridas por usos arraigados: residencial, hospitalario, comercial, administrativo, etc. (figura 11).

Los arquitectos modernos incorporaron esquemas funcionales adaptados a los nuevos requerimientos e imágenes nuevas, fundamentadas en la respuesta lógica de los edificios a las exigencias impuestas por la misión desempeñada.

La actitud de los arquitectos e ingenieros **modernos** se materializó en nuevas estructuras y formas edificatorias apoyadas constructiva e ideológicamente en el desarrollo tecnológico.

Sin embargo, la sociedad no ha modificado totalmente sus hábitos, basados en la imitación de modelos establecidos, sino que ha incorporado los correspondientes a la arquitectura moderna.

Después de unos pocos decenios la situación ideológica y conceptual de la arquitectura-construcción se enfrenta a los mismos planteamientos que un siglo atrás: se aceptan los avances tecnológicos, se admite de buen grado la incorporación de nue-

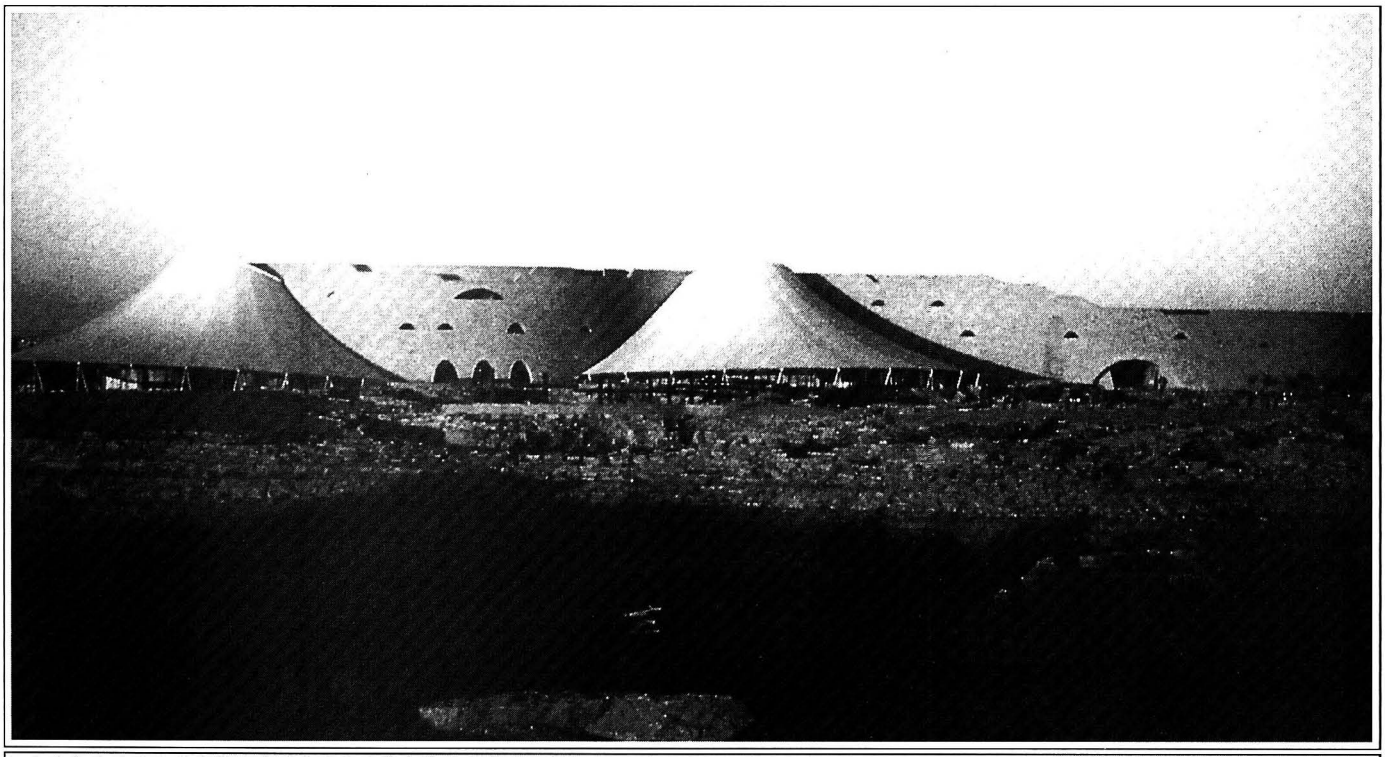


Figura 10

vos materiales, elementos y sistemas, pero hay una oposición hacia la modificación de las características externas, de los tipos visuales.

Para quienes identifican lo moderno con una imagen estereotipada, o con algún concepto monolítico, la arquitectura moderna ciertamente ha muerto.

Los que concebimos la modernidad como una actitud, desvinculada de la rigidez de los programas ideológicos o de los formalismos mezquinos, nos alegramos por cada nueva obra maestra moderna y por el renacimiento vigoroso de la actitud moderna en la sociedad.

La arquitectura moderna actual, rastreable en la obra de muchos y variados arquitectos y claramente patente en la de algunos maestros, sigue siendo el camino abierto que ha sido siempre, una vía de límites imprecisos en la que predomina la lógica de la razón sobre los estilismos, la semiología e incluso sobre la mera funcionalidad.

6. NOTAS

1 RAGON, M.: *Architecture et industrie. Passé et Avenir d'un mariage de raison.* Architecture, industriel, futurologie. AA.VV. París, Centre de Creation Industrielle, Centre Georges Pompidou, 1985; p 245.

2 RAGON, M.: Op. cit., p. 245.

3 WACHSMANN, K.: *The Turning Point of Building. Structure and Design,* Reinhold Publishing Co. Nueva York, 1961; pp 230-232.

4 RAGON, M.: Op. cit., p. 250.

5 RAGON, M.: Op. cit., p. 250.

6 Es preciso indicar que estos planteamientos conservadores están más arraigados en la construcción residencial, y que han sido las demandas de equipamiento público o industrial las que han dado origen a un número considerable de estructuras colgadas, hinchables, geodésicas, tridimensionales, metálicas hiperligeras, etc.

7 De entre los materiales de la construcción tradicional, también uno de los más usados desde la antigüedad, la madera, tiene un papel fundamental en el desarrollo de los sistemas de construcción ligera. Para ello se utiliza generalmente en forma de tablero de fibras, láminas o tablas de pequeña sección, unidas formando unidades estructurales o como parte de elementos complejos. Los materiales pesados, como el hormigón o la piedra, son también usados en construcción ligera, aunque tiene mayor importancia el empleo de materiales y componentes producidos industrialmente.

8 No debemos pensar únicamente en la construcción tradicional o en la prefabricación pesada, puesto que en proyectos de arquitectura **bioenergética**, arquitecturas enterradas y submarinas, etc. se utilizan estos componentes con misiones específicas.

9 Como se indicó anteriormente, las razones de la combinación de soluciones y componentes tecnológicamente desarrollados con arquitecturas existentes o nuevas de carácter tradicional están mentalmente influenciadas por el mantenimiento de los arquetipos edificatorios que se extienden desde las formas hasta los materiales.

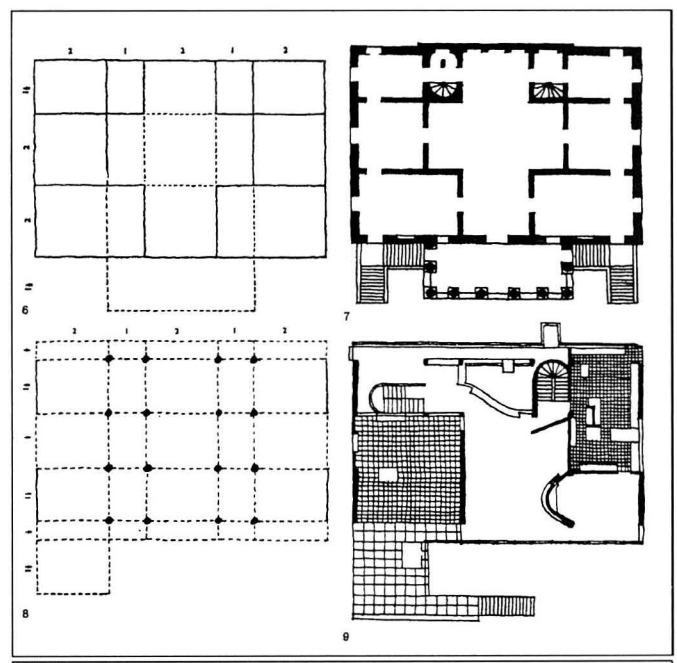


Figura 11