



FREI OTTO Y EL DEBATE SOBRE LA GÉNESIS DE LA FORMA ARQUITECTÓNICA

Juan María Songel

En el debate contemporáneo sobre la génesis y las razones de la forma arquitectónica el concepto de arbitrariedad ha atraído la atención de la crítica para señalar un aspecto que, no dejando de estar presente a lo largo de la historia de la arquitectura, ha quedado silenciado en mayor o menor medida quizás por un cierto rubor ante la necesidad de justificar siempre, desde la teoría de la arquitectura y desde la racionalidad, la forma. Es especialmente en el último cuarto del siglo XX cuando se observa que va cobrando más fuerza la presencia de la arbitrariedad en la arquitectura desde un pensamiento paradójico que pone en entredicho la coherencia como sustancia misma de la arquitectura 1.

Si desde la arbitrariedad se asume que cualquier forma, conocida o inventada, puede convertirse en arquitectura, en contrapartida se situaría aquella arquitectura que hace de la causalidad el origen de la forma. Moneo, en su documentado análisis sobre la arbitrariedad en la arquitectura 2, muestra sendos ejemplos para ilustrar ambas posturas. Así, como claro antecedente del uso del concepto de arbitrariedad para fundamentar el trabajo de numerosos arquitectos en el último cuarto del siglo XX menciona el ejercicio que John Hejduk planteaba a sus estudiantes de Cooper Union pidiéndoles que diseñaran una casa a partir de un cuadro de Juan Gris.

3 / MONEO, José Rafael: op. cit. pág. 29 y 30.

En la actitud contrapuesta se situaría Gaudí, aunque con una profusión de formas fantásticas que a primera vista podrían vincularse con lo arbitrario. Sin embargo detrás de estas formas gaudianas hay una geometría y unos procesos constructivos que nos explican su génesis. Son formas sorprendentes, novedosas, inesperadas, que han surgido no por imposición exterior, sino desde la invención de un proceso de generación. Tal como afirma Moneo, “la invención de la forma coincide con la invención del proceso constructivo”, de tal manera que “Gaudí no inventa formas, las descubre” 3.

Es verdaderamente asombroso descubrir cómo esta actitud de Gaudí exploratoria de la forma arquitectónica llevaba implícita innumerables posibilidades. Muchas de ellas se han hecho explícitas gracias a los trabajos y los experimentos del arquitecto alemán Frei Otto. No en vano la historiografía de la arquitectura de la segunda mitad del siglo XX le ha considerado pionero de nuevas formas, que generalmente han quedado ejemplificadas por el pabellón alemán para la Exposición Universal de Montreal (1967), y por el estadio olímpico de Munich (1972). Pero estas obras, por las que es habitualmente conocido este arquitecto e incluso vinculado a los inicios del *High Tech*, no llegan a desvelar toda su abundante y rica apor-

4 / Para un conocimiento más exhaustivo de la experiencia y el pensamiento de Frei Otto, véase Juan María Songel: “Frei Otto y el Instituto de Estructuras Ligeras de Stuttgart. Una experiencia de metodología, investigación y sistematización en la búsqueda de la forma resistente”, tesis doctoral inédita, U.P.V. Valencia, 2005, y muy particularmente la entrevista mantenida con él, publicada en Frei Otto. *Conversación con Juan María Songel*. G. Gili. Barcelona, 2008.

tación. Sus bóvedas de celosía (Fig. 1), sus estructuras de redes de cables (Fig. 2), sus estructuras neumáticas, sus cubiertas plegables (Fig. 3), y tantas otras invenciones emanadas de su taller en Berlín, y posteriormente en Stuttgart, son fruto de una atenta observación de fenómenos físicos que dan lugar a procesos de autogeneración de la forma.

Los experimentos con películas y burbujas de jabón (Fig. 4 y 5), con amontonamientos de gránulos o con membranas de fluidos viscosos, o los ensayos para investigar estructuras ramificadas (Fig. 6), pliegues o formas antifuniculares (Fig. 7) son algunos de los procesos naturales que han centrado la atención de Frei Otto con el objetivo de observar las formas que se iban generando y desentrañar su lógica propia. Todo ello ha ido revelando en este arquitecto una portentosa capacidad de descubrir lo insólito y lo desconocido en lo cotidiano, lo extraordinario en lo ordinario, en los fenómenos naturales más comunes.

Se perfilan aquí dos cuestiones de indudable actualidad en el debate contemporáneo sobre la génesis de la forma arquitectónica. Por un lado la controversia entre diseño digital y experimentación física, entre procesos informáticos y procesos analógicos, y por otro lado la relación entre naturaleza y arquitectura. Para Frei Otto 4 la generación de formas a través de



1



2



3

1. Pabellón para la Exposición Federal de Jardinería de 1975 en Mannheim (Alemania).

2. Sede del Instituto de Estructuras Ligeras de Stuttgart.

3. Cubierta plegable para gran espacio multimedia. Maqueta de proyecto realizada por Frei Otto y el Instituto de Estructuras Ligeras de Stuttgart.

procesos físicos y la observación de la lógica de estos fenómenos naturales tiene un valor diferenciado con respecto a los ordenadores, ya que éstos se rigen según una lógica creada por el hombre, mientras que los fenómenos físicos se rigen según una lógica de la que todavía queda mucho por descubrir y conocer. Los experimentos físicos con maquetas se constituirían así en instrumento privilegiado para la invención, para encontrar lo no buscado, a diferencia del ordenador, donde, según Frei Otto, sólo encuentras lo que buscas, lo que en realidad conceptualmente ya está en él. Esta metodología experimental implica un conocimiento profundo, cualitativa y perceptivamente, de los procesos físicos, que le permite a Frei Otto inventar los métodos y los experimentos según el tema planteado en cada caso, viendo siempre infinitas posibilidades. Podríamos decir aquí lo mismo que Moneo decía de Gaudí: “la invención de la forma coincide con la invención del proceso constructivo”.

La relación entre arquitectura y naturaleza que conlleva esta metodología de la génesis de la forma arquitectónica consecuentemente no está basada en la imitación ni en analogías formales, sino en el análisis y la observación de procesos de autogeneración de la forma. La naturaleza no se considera como modelo a imitar, y se investigan sus fenómenos en principio sin intenciones premeditadas, sin pretensiones de aplicación inmediata a la arquitectura, tan sólo intentando comprender sus procesos. La arquitectura, por otro lado, se considera ciencia de la naturaleza, y se sitúa en el contexto de una

5 / COLQUHOUN, Alan: "La arquitectura moderna: una historia des-
apasionada". G. Gili. Barcelona, 2005 (2002). Pág. 41.

4. Superficie ondulada formada por ejes paralelos al-
ternando crestas y valles. Maqueta realizada con pe-
lículas de jabón en el Instituto de Estructuras Lige-
ras de Stuttgart.

5. Experimento con espuma de jabón formando agre-
gaciones tridimensionales de burbujas.

6. Maqueta colgada para la obtención de una geome-
tría ramificada y estructura de soportes arborescentes.

7. Red catenaria colgada para obtener la forma anti-
funicular de una bóveda de celosía apoyada en todo
su perímetro.

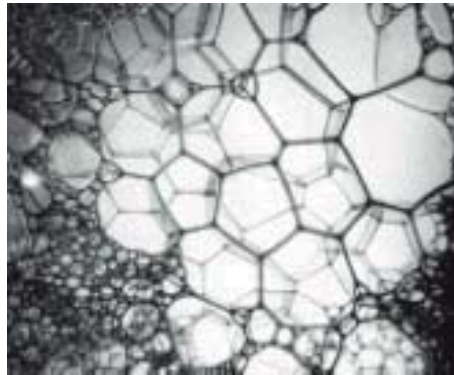
6 / DE SOLÀ-MORALES, Ignasi: "Exploraciones para un tratado de
composición", en Fonatti, Franco: "Principios elementales de la
forma en arquitectura". G. Gili. Barcelona, 1988 (1985). Pág. 7.

visión globalizadora en concordancia con la naturaleza, con el trasfondo de un ideal de economía en un sentido cósmico, que supone acuerdo con el universo, y que hace de Frei Otto uno de los precursores de la sostenibilidad en el campo de la arquitectura.

Esta consideración de la forma como resultado de un proceso de búsqueda forma parte de la tradición alemana de la idea "orgánica", según la cual, en palabras de Alan Colquhoun, "la forma externa de la obra de arte, al igual que la de las plantas y los animales, debería ser fruto de una fuerza o esencia interior, en lugar de venir impuesta mecánicamente desde el exterior" 5. El mismo Goethe reivindicaba el carácter orgánico de la producción poética. Para él el proceso de producción de la obra de arte no va de las partes al todo ni del exterior al interior, sino desde el interior al exterior y del todo a las partes; lo que implica la existencia del todo desde el comienzo, aunque en forma embrionaria, y el crecimiento de cada una de las partes conjuntamente con las otras, siendo lo externo la manifestación de su vitalidad interior. Hay en esta concepción un paralelismo evidente entre la creación artística y los procesos naturales, considerando el arte profundamente enraizado en la naturaleza, de donde saca su propia fecundidad. Para Goethe el arte actúa como la naturaleza, por eso justamente no la imita, sino que la prolonga, creando una nueva realidad que vive por sí misma y según sus propias leyes, una nueva realidad puramente artística. El objetivo principal del arte no sería pues la representación de la realidad natural, sino la instauración de una realidad nueva e independiente.



4



5



6



7

De esta forma podríamos vincular el concepto de "organismo" con el de "abstracción", ya que la creación artística se convierte así en producción de objetos autónomos, dotados de una organización propia, eliminando todo aquello que no pertenece a la economía interna de su forma.

Así el debate entre naturalismo y abstracción, recurrente a lo largo del siglo XX, adquiere una perspectiva menos contrapuesta si observamos que tanto en una postura como en otra estamos más próximos de la lógica de la causalidad que de la arbitrariedad. En efecto, vemos cómo los personajes más vinculados a la concepción abstracta, como Kandinsky o Moholy-Nagy, están empeñados en explorar la lógica interna de la forma, intentando establecer "un inventario analítico de nuestra percepción de la forma" y "organizar, a partir de categorías de la percepción y de la psicología gestáltica, un sistema" 6, que, con una clara finalidad didáctica, sirva de curso de iniciación para cualquier manipulador de formas. Este discurso abstracto de la forma, que intenta llegar a un inventario ordenado de efectos de forma, identificando sus elementos y sus relaciones más específicos, busca en definitiva desvelar el orden de la estructura interna de la forma, es decir, como decíamos antes, las leyes propias de ese "organismo", de esa nueva realidad que vive por sí misma, fruto de la creación artística.

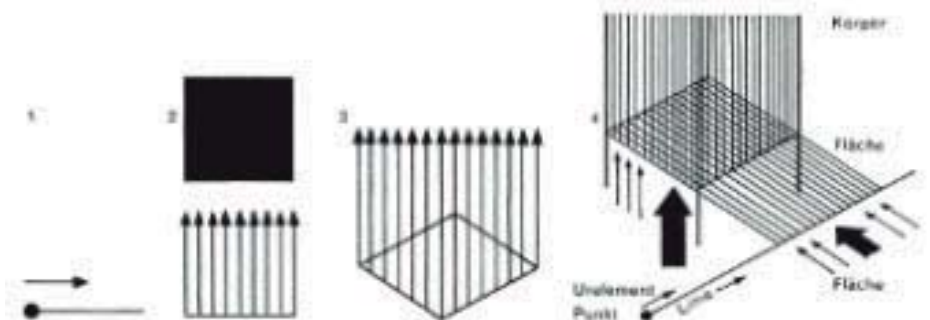
El mismo John Hejduk nos ofrecería ahora un buen ejemplo de estas exploraciones cuando planteaba a sus estudiantes que investigaran las posibilidades de diseño que presenta una estructura geométrica formada por una red de nueve cuadrados. Pero dos



7 / Véase KLEE, Paul: "Das bildnerische Denken. Form- und Gestaltungslehre". Schwabe. Basilea, 1990 (1956). Edición a cargo de Jürg Spiller.

8 / Véase COOKE, Catherine: "Chernikhov. Fantasy and construction". Architectural Design Profile 55. A.D. Volume 54. London, 9/10-1984.

8. Dinámica dimensional del punto a la línea, de la línea al plano y del plano al cuerpo. Esquema de Paul Klee.
 9. Focos, ejes, vectores y tensiones geométricas relacionadas con el círculo. Esquemas de Paul Klee.
 10. Composiciones de elementos lineales y planos en el plano y en el espacio. Sistematizaciones de la forma de Iakov Chernijov.



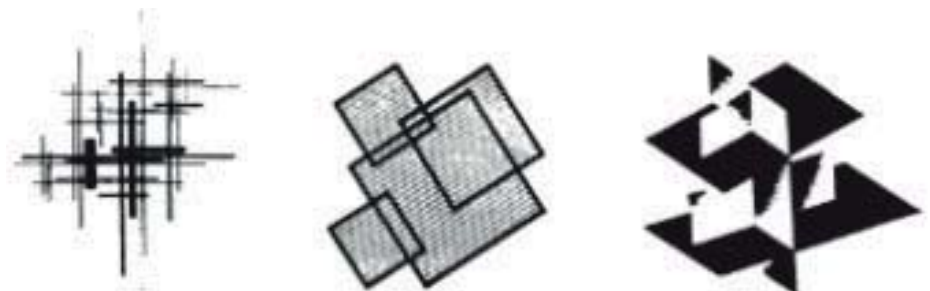
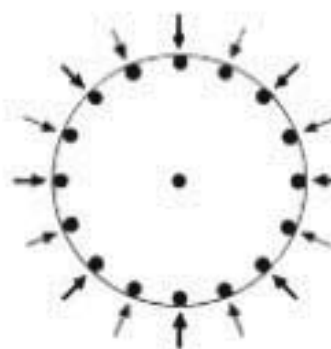
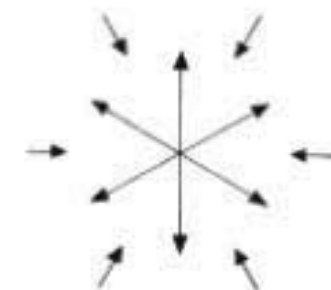
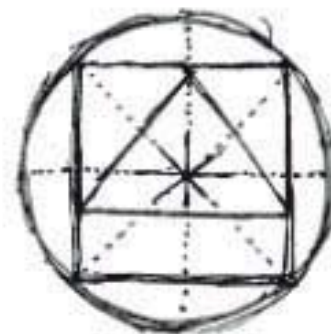
8

de los ejemplos más paradigmáticos de sistematizaciones de la forma basadas en los hallazgos del arte abstracto los podríamos encontrar en dos personajes vinculados a sendas instituciones de las vanguardias artísticas del primer tercio del siglo XX, de importancia clave en este campo de la teoría de la forma, como son la Bauhaus y el Constructivismo ruso. Me refiero a Paul Klee y a Iakov Chernijov.

Las sistematizaciones que podemos encontrar en los escritos pedagógicos y textos de las lecciones en la Bauhaus preparados por Paul Klee 7 responden a una concepción de la forma como proceso, a una concepción dinámica de la generación de la forma a partir de los elementos básicos de la geometría: el punto, la línea, el plano, el es-

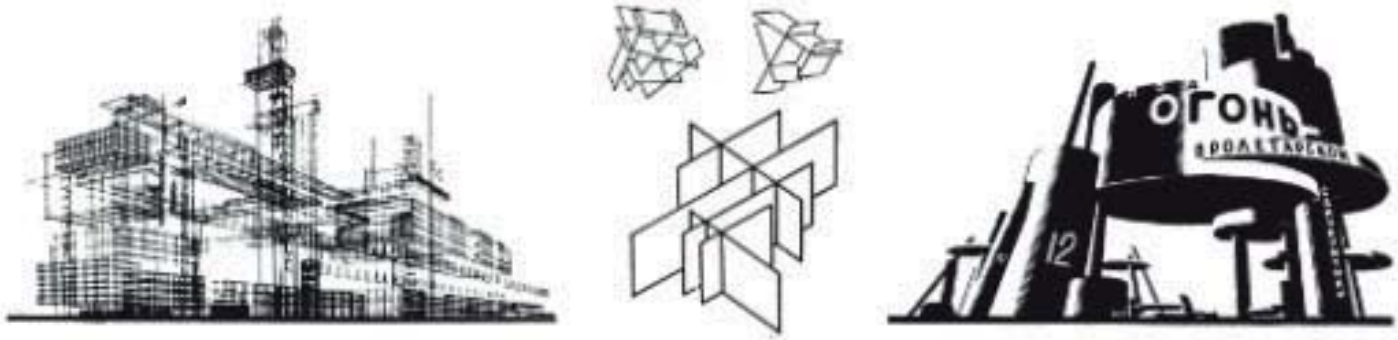
pacio (Fig. 8). "La creación de la forma va asociada al movimiento", reza uno de los primeros epígrafes de estos escritos, donde vemos cómo se intentan identificar vectores, focos, ejes y direcciones principales que nos darían las claves de la dinámica visual y los parámetros esenciales de las tensiones geométricas presentes en la génesis de la forma (Fig. 9). No estamos muy lejos de una concepción de la forma como "organismo", que crece y se desarrolla a partir de una fuerza o esencia geométrica interior.

Por otra parte, las sistematizaciones que encontramos en los textos de Chernijov 8, también escritos con una finalidad didáctica, reflejan la influencia del arte abstracto, particularmente del suprematismo, y de la estética de la

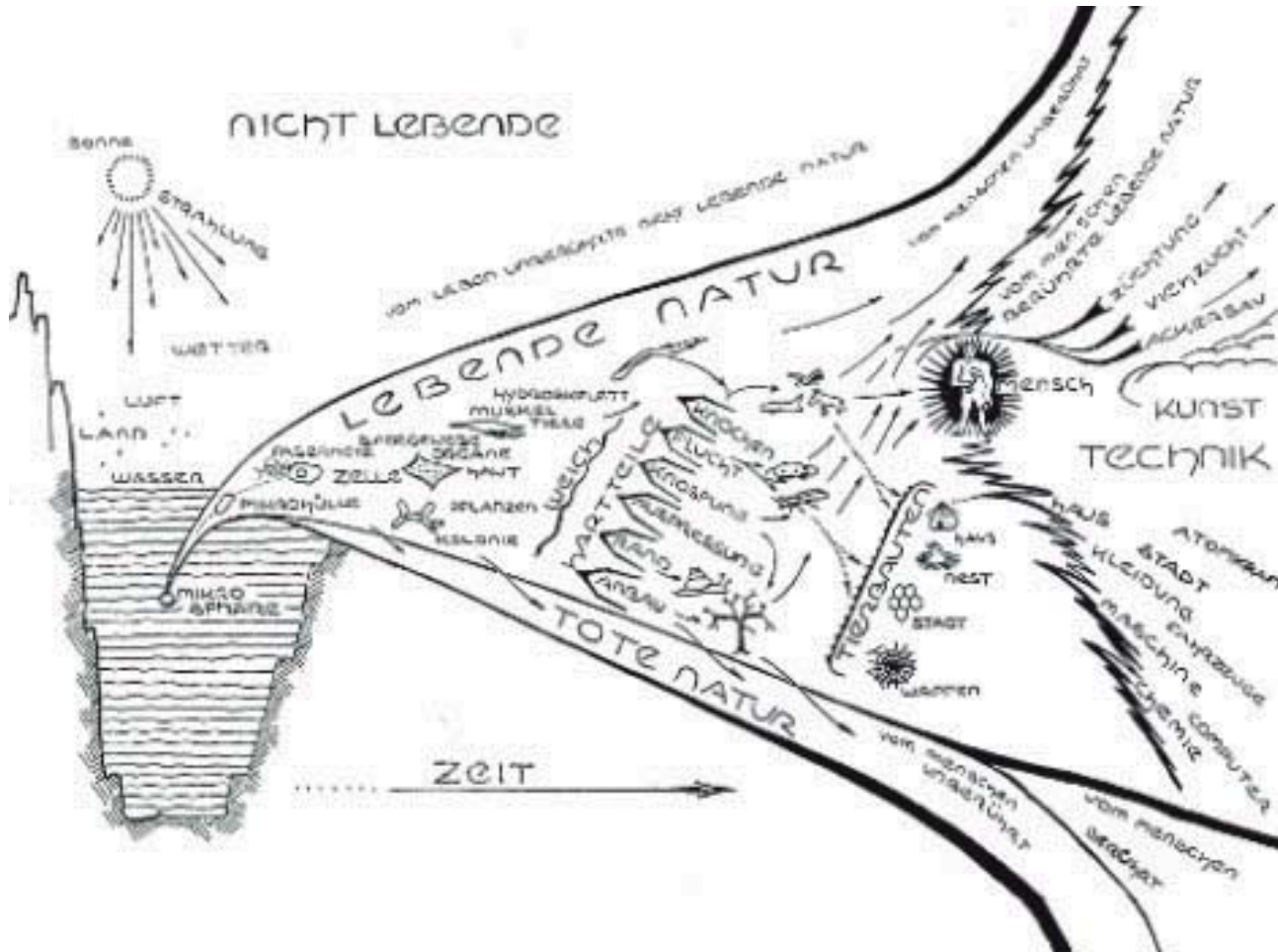


10

9



11



12

máquina, como no podía ser menos. Se intenta en ellas inventariar los elementos de la forma en el plano y en el espacio (Fig. 10), y se investiga con un énfasis especial lo que serían relaciones u operaciones fundamentales con estos elementos básicos de la forma, tales como maclar, abrazar, agarrar,

entrelazar, ensamblar, o emparejar. Es fácil detectar en estas sistematizaciones de Chernijov un interés singular por explorar de forma exhaustiva las posibilidades que pueden generar las combinaciones de diferentes elementos de la forma en estas operaciones (Fig. 11), examinando las característi-

cas de cada categoría para evaluar el potencial de cada una de ellas como materia prima para la génesis de la forma. De nuevo nos encontramos ante un proceso de búsqueda de las fuerzas o esencias internas de la forma.

Frei Otto también se enfrentó con fines docentes a la tarea de presentar



11. Combinaciones de elementos lineales, planos y sólidos para formar composiciones tridimensionales. Estudios acerca de la generación de la forma realizados por Iakov Chernijov.

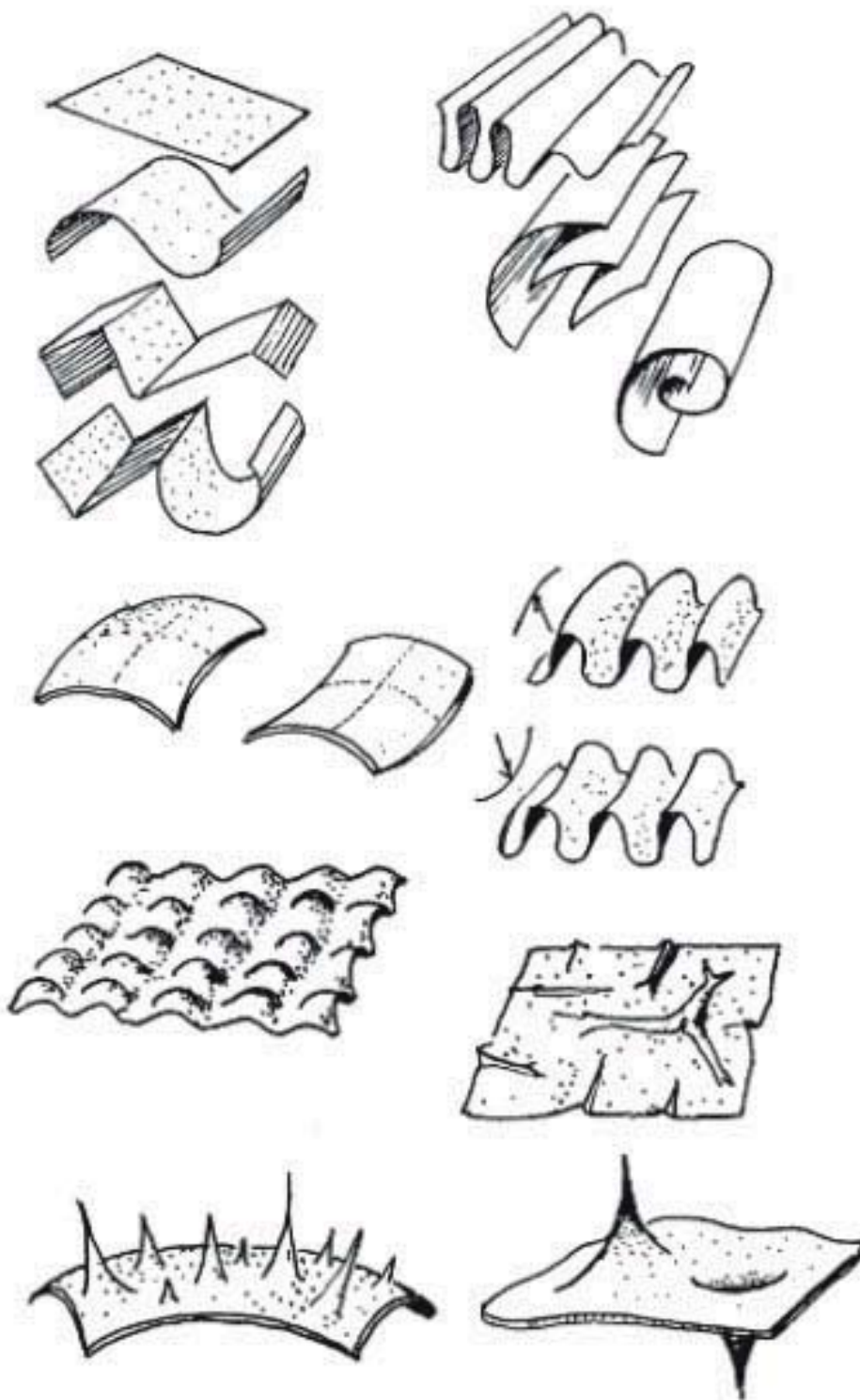
12. Sinopsis evolutiva de la génesis de la forma a lo largo del tiempo, y de los diferentes mundos o grupos de formas. Dibujo de Frei Otto.

13. Clasificaciones de formas posibles con elementos bidimensionales. Dibujo de Frei Otto.

9 / Véase en la citada tesis doctoral inédita del autor: "Cap. IV. Frei Otto y la sistematización de la forma". Pág. 167-194.

un sistema de categorías que diera cuenta y razón de la forma. El objetivo era tan ambicioso como utópico 9. Se trataba de encontrar un método que fuera válido para todos los objetos conocidos, que permitiera arrojar alguna luz sobre la globalidad de la infinita diversidad de formas de los objetos que nos rodean, intentando establecer un cierto orden, una referencia común, en el universo de las formas. Aun siendo conscientes de la imposibilidad de alcanzar una sistematización definitiva y de que lo que es infinito no se puede ordenar al cien por cien, se pretendía incluir en esta sistematización de la forma no sólo los objetos creados por el hombre por medio de la técnica y el arte, sino también los objetos de la naturaleza inanimada, los de la naturaleza animada y los de la naturaleza muerta (Fig. 12), abarcando todas las escalas y extrayendo principios de validez común.

Este planteamiento globalizador de las formas y los objetos refleja las áreas de interés y los objetivos de las investigaciones desarrolladas por Frei Otto y sus colaboradores, donde encontramos, por un lado, la búsqueda de unos principios comunes entre los objetos de la naturaleza y los objetos creados por el hombre, y por otro lado una visión del hombre y de la arquitectura en concordancia con el sistema ecológico que lo rodea para formar con él una misma unidad, una parte inseparable y acorde con el todo. Las categorías que aparecen en esta sistematización de la forma fácilmente evocan los procesos de autogeneración de la forma presentes en los experimentos y las estructuras de Frei Otto. Así las categorías "forma positiva" / "forma negativa", "cavidades" /





10 / Véase Frei Otto. *Conversación con Juan María Songel*. G. Gili. Barcelona, 2008. Pág. 28.

11 / ESPAÑOL, Joaquim: "El orden frágil de la arquitectura". Fundación Caja de Arquitectos. Barcelona, 2001. Pág. 197-199.

12 / ESPAÑOL, Joaquim: op. cit. pág. 198.

13 / MONTANER, J.M.: "Taxonomía de minimalismos", en Savi, V. Y Montaner, J.M.: "Less is more. Minimalismos en arquitectura y otras artes". COAC y ACTAR. Barcelona, 1996.

14 / MONEO, José Rafael: op. cit. pág. 55.

15 / PAREYSON, Luigi: "Conversaciones de estética". Visor. Madrid, 1988 (1966). Pág. 31.

16 / Op. cit. pág. 30 y 33.

17 / Op. cit. pág. 31.

18 / Op. cit. pág. 32.

19 / *Ibidem*.

"cuerpos huecos" nos hacen presentes las estructuras neumáticas, mientras que las categorías "picos y depresiones", "bordes", "esquinas", nos recuerdan con naturalidad las experiencias con redes o membranas (Fig. 13 y 14).

Si en las sistematizaciones de Klee o Chernijov las fuerzas generadoras de la forma eran más geométricas, más abstractas o más conceptuales, en las sistematizaciones de Frei Otto las tensiones que generan las formas son más visibles, más perceptibles, más físicas. Aquí la relación entre tensión y forma es más evidente. La misma forma revela las tensiones que la recorren, es canal y expresión del flujo de tensiones. No obstante no resulta difícil encontrar convergencias en estos dos modos de explorar la forma. Josef Albers, por ejemplo, compañero de Paul Klee en la Bauhaus, planteaba en su curso preliminar ejercicios para explorar la relación entre forma y material mediante la experimentación física con materiales de taller como el papel de periódico o el cartón ondulado. El mismo Walter Gropius, fundador de la Bauhaus, reconoció en Frei Otto un continuador de sus principios 10, un auténtico sucesor de la filosofía y la metodología que impregnó la fundación de la Bauhaus, al no partir de unos planteamientos formales previos, sino considerar la forma como resultado de un proceso de búsqueda.

Quizás uno de los denominadores comunes de estos dos modos de explorar la forma sea un principio que se puede percibir en las obras más reconocidas, independientemente de las tendencias estéticas u opciones lingüísticas, un principio de economía de expresión, que Joaquim Español 11 de-

nomina el "*principio de parsimonia*", y que viene a recuperar la riqueza conceptual del conocido aforismo de Mies que nos planteaba ir a lo más por lo menos. Porque, a diferencia de lo que afirmaba Venturi, el "*menos es más*" no tiene porqué necesariamente deplorar la complejidad ni sugerir la exclusión, sino que, como dice Joaquim Español, "la expresión es fructífera si la redefinimos como un proceso, afirmando que es positivo cualquier movimiento que vaya de menos en los medios a más en los resultados" 12, o como escribió Mies en 1923: "El efecto más grande en los medios más concisos". Esta "búsqueda de una máxima tensión formal y conceptual con un uso restringido de formas geométricas", podríamos afirmar con J. M. Montaner 13 que "no se refiere a una moda o nueva tendencia", sino que se puede reconocer como una de las señas de identidad de la arquitectura del siglo XX, y podríamos añadir con Joaquim Español que no sólo de este siglo.

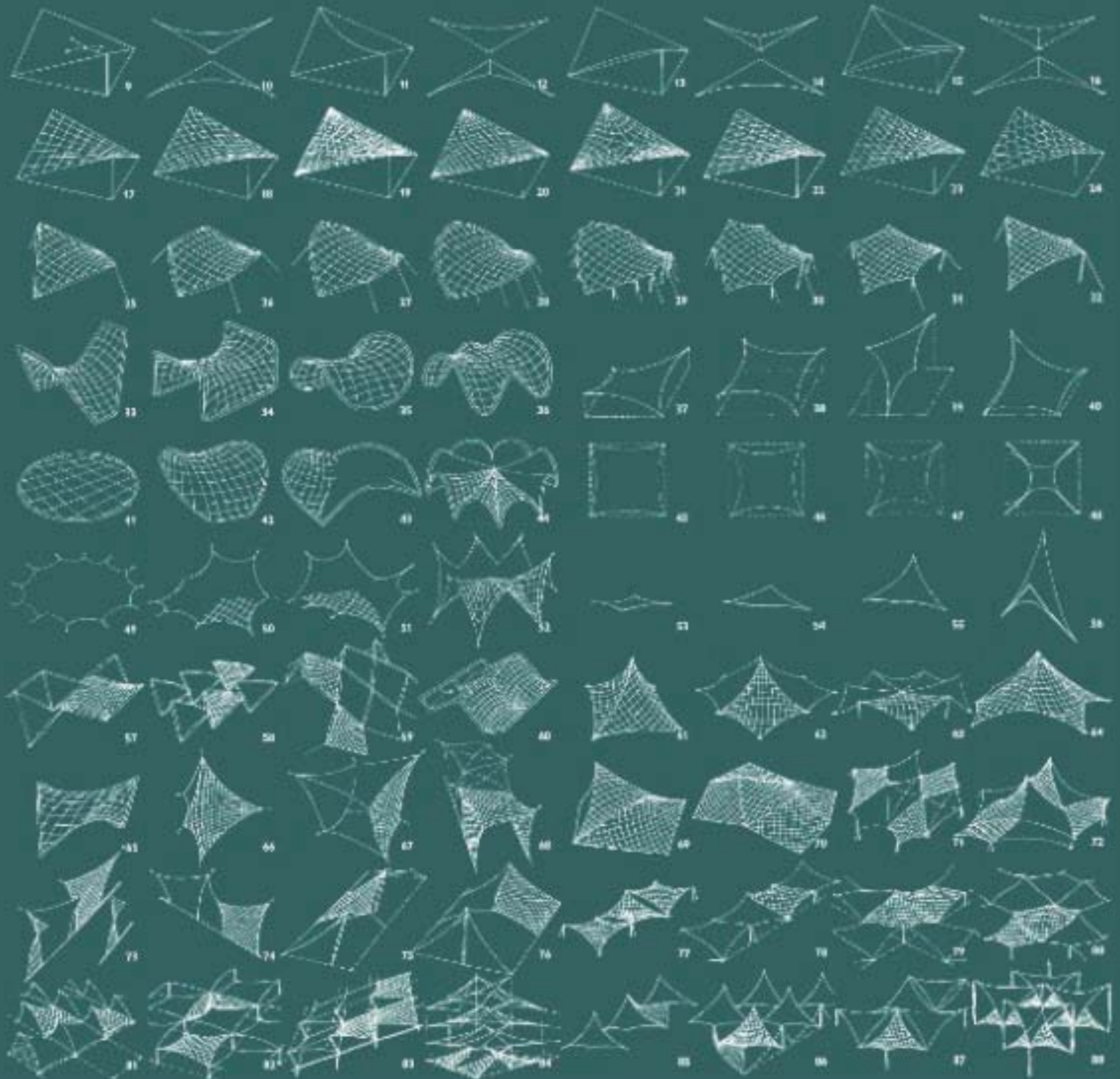
Frente al concepto de arbitrariedad, que tan lejano aparece ya a estas alturas de nuestro discurso, Moneo propone el concepto de "formatividad", tal como lo plantea Luigi Pareyson, para englobar en él tanto la forma arbitraria como la forma sujeta a leyes 14. Se trata de un concepto que intenta explicar la obra de arte desde su propia interioridad, centrando la atención en el proceso de su creación. La formatividad da cuenta del proceso de creación artística desde la simultaneidad entre invención y realización: "formar significa inventar la obra y al mismo tiempo el modo de hacerla" 15. Así, el artista inventa no sólo la obra sino también su legalidad, debe obedecer a

la coherencia interna de la misma obra que él está creando. "Si es cierto que el artista no triunfa si no hace la voluntad de la obra, no es menos cierto que esta voluntad la crea él mismo. [...] Hay, pues, una dialéctica entre la actividad del artista y la intencionalidad de la obra, entre la libre iniciativa de la persona y la teleología inmanente de la forma" 16. La actividad artística aparece así a la vez como "libertad y necesidad, trabajo del artista y voluntad de la obra, aventura y determinación: en una palabra, tanteo y realización ordenada" 17.

En esta dialéctica en la que la obra es a la vez la ley y el resultado de su aplicación, "*forma formata*" y "*forma formans*" al mismo tiempo, se concilian dos términos tan dispares como la arbitrariedad en la elección de los múltiples derroteros posibles que se presentan al artista frente a su obra al principio del proceso de su creación, y la causalidad que aparece una vez terminada la obra, cuando el artista ve cómo entre tanteos, vacilaciones y correcciones uno sólo ha sido camino efectivamente recorrido, "y la misma inmodificabilidad de la obra se le presenta como un signo de la univocidad de aquel recorrido" 18. Dos puntos de vista distintos sobre una misma actividad: el punto de vista del artista frente a la obra que se propone realizar y el punto de vista de la obra concluida ya su ejecución. Ante "este desarrollo orgánico de la obra, indeterminado e imprevisible *a parte ante* y unívoco y necesario *a parte post*," 19 experiencias y aportaciones como la de Frei Otto mantienen su vigencia y su pertinencia al debate siempre actual acerca de la relación entre forma y arquitectura.

14. Variaciones, adiciones y combinaciones de estructuras de redes con formas alabeadas. Sistematizaciones gráficas de Frei Otto.

Fuentes de las ilustraciones:
 Archivo y publicaciones del Instituto de Estructuras Ligeras de Stuttgart: Fig. 3, 4, 5, 12, 13, 14
 Cooke, Catherine: "Chernikhov. Fantasy and construction": Fig. 10, 11
 Klee, Paul: "Das bildnerische Denken": Fig. 8, 9
 Fotos del autor: Fig. 1, 2, 6, 7





1 / A sample to prove this presence of the concept of arbitrariness in contemporary architectural debate would be the well documented survey carried out by José Rafael Moneo in his speech of acceptance as a full member at the Real Academia de Bellas Artes de San Fernando in Madrid, dated in January 2005 and titled "Sobre el concepto de arbitrariedad en arquitectura", as well as the article by Luis Rojo de Castro "De la coherencia a la contradicción, y de la contradicción a la paradoja, o qué hacer con la arbitrariedad en la arquitectura", published in *Arquitectura* no. 326, COAM, Madrid, 2003.

2 / Moneo, José Rafael: op. cit. p. 34-35, and p. 29-31.

3 / Moneo, José Rafael: op. cit. p. 29 and 30.

FREI OTTO AND THE DEBATE ABOUT THE GENESIS OF ARCHITECTURAL FORM

by Juan María Songel

The concept of arbitrariness has drawn the attraction of the critics in the contemporary debate about the genesis and the reasons of architectural form, to point out one aspect that, being always present in the history of architecture, has to a greater or lesser extent remained subdued. The reason for this quietness may be found in the need to justify form always from the point of view of the theory of architecture and rationality. The presence of arbitrariness in architecture is being observed as increasingly relevant, especially in the last quarter of the twentieth century, within the context of a paradoxical thought which questions coherence as belonging to the substance of architecture¹.

If the approach of arbitrariness assumes that any form, known or invented, can become architecture, we would have in contrast the concept of causality as the origin of architectural form. Moneo², in his documented survey about arbitrariness in architecture, shows two examples to illustrate both positions. So, John Hejduk's exercise for his students at Cooper Union asking them to design a house taking as a starting point a painting by Juan Gris, is mentioned as a precedent of the use of arbitrariness as a concept underlying the work of many architects of the last quarter of the twentieth century. Gaudí would be an example of the opposite approach, although with a wealth of fantastic forms which, at first sight, could be described as arbitrary. However, behind these Gaudian forms you can trace a geometry and a building process explaining its genesis. They are surprising, new, unexpected forms which have not been imposed from outside, but have arisen by inventing a generating process. As Moneo puts it, "the invention of form coincides with the invention of the building process", in such a way that "Gaudí does not invent forms; he discovers them"³.

It is really amazing to discover the countless possibilities implicit in Gaudí's exploratory approach of architectural form. Many of them have become explicit thanks to the work and experiments of the German architect Frei Otto. Not for nothing is he held to be a pioneer of new forms by the historiography of architecture of the second half of the twentieth century. They have usually been exemplified by the German Pavilion for the Universal Exposition in Montreal (1967) and the Olympic Stadium of Munich (1972). He is best known through these works, and even linked to the beginnings of High Tech, but they are not enough to reveal all his plentiful and rich contribution. His grid shells (Fig. 1), his cable net structures (Fig. 2), his pneumatic structures, his convertible roofs (Fig. 3), and so many other inventions that came from his workshop in Berlin, and later in Stuttgart, are the result of observing attentively physical phenomena giving rise to self-generating form processes.

4 / To know more about Frei Otto's experience and thought, cf. the author's Ph. D. dissertation: "Frei Otto y el Instituto de Estructuras Ligeras de Stuttgart. Una experiencia de metodología, investigación y sistematización en la búsqueda de la forma resistente", Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, 2005, and most particularly a conversation held with him, published in *Frei Otto. Conversación con Juan María Songel*. G. Gili. Barcelona, 2008.

His experiments with soap bubbles (Fig. 4 and 5), with grain heaps or with viscous liquid membranes, or his tests to investigate branching structures (Fig. 6), folds or antifunicular forms (Fig. 7) are some of the natural processes which have drawn Frei Otto's attention, with the aim of observing the forms that were generating and unravel their own logic. All this has revealed in this architect a marvellous capacity to discover the unknown and the unheard of in the everyday, the extraordinary in the ordinary, in the most common natural phenomena.

Two issues are outlining here, both of them highly topical in the contemporary debate about the genesis of architectural form. On the one hand the controversy between digital design and physical experimentation, between computer and analogical processes, and on the other hand the relationship between nature and architecture. In Frei Otto's view form generation through physical processes and the observation of these natural phenomena's logic has a differential value in relation to computers, as computers are governed by a logic devised by man, whereas physical phenomena are ruled by a logic, on which much remains to be discovered and become known. Physical experiments with models would thus become a privileged tool for invention, to find the unsearched, in contrast with the computer, where, according to Frei Otto, you can only find what you are searching for, what conceptually is already there. This experimental methodology involves a thorough knowledge of physical processes, both qualitatively and perceptually, which lets Frei Otto invent methods and experiments in accordance with the issue raised in each case, always considering countless possibilities. Moneo's assertion about Gaudí could also be applied here: "the invention of form coincides with the invention of the building process".

The relationship between architecture and nature involved in this methodology of the genesis of architectural form is consequently not based on imitation or on formal analogies, but on the analysis and observation of self-generating form processes. Nature is not considered as a model to imitate, and its phenomena are investigated without prior intentions or any pre-established aspirations of immediate application to architecture, just for the purpose of understanding its processes. Architecture, on the other hand, is considered as natural science, within the context of a holistic approach in accordance with nature, with a backdrop of an ideal of economy in a cosmic sense, which assumes agreement with the universe, and which makes Otto one of the precursors of sustainability in the field of architecture.

This consideration of form as the result of a search process belongs to the German tradition of the "organic" ideal, according to which, as Alan Colquhoun puts it, "the external form of the work of art, similarly as in the case of plants and animals, ought to be the result of an internal force or essence, instead of be-

5 / Colquhoun, Alan: "La arquitectura moderna: una historia desapasionada". G. Gili. Barcelona, 2005 (2002). p. 41.

6 / de Solà-Morales, Ignasi: "Exploraciones para un tratado de composición", en Fonatti, Franco: "Principios elementales de la forma en arquitectura". G. Gili. Barcelona, 1988 (1985). p. 7.

7 / Cf. Klee, Paul: "Das bildnerische Denken. Form- und Gestaltungslehre". Schwabe. Basel, 1990 (1956). Edited by Jürg Spiller.

ing mechanically imposed from outside"⁴. Goethe himself claimed the organic nature of poetic work. In his view the production process of the work of art does not proceed from the parts to the whole nor from outside into inside, but from inside into outside and from the whole to the parts. This assumes that the whole exists from the very beginning, although in an embryonic form, and that each part grows jointly with the others, being the external the expression of its internal vitality. There is in this idea a clear parallel between artistic creation and natural processes, whereby art is considered to be deeply rooted in nature, its source of fecundity. In Goethe's view art behaves like nature, and, precisely because of this, art does not imitate nature, but prolongs it, creating a new reality, purely artistic, with an autonomous life ruled by its own laws. The main purpose of art would thus not be to represent natural reality, but to set up a new and independent reality. In this way, we could link the concept of "organism" with that of "abstraction", as, according to this, artistic creation becomes production of autonomous objects which are endowed with an organization of its own, where anything not belonging to the internal economy of its form is removed.

So, the debate between naturalism and abstraction, so recurrent along the twentieth century, becomes less confrontational if we realize that in both positions we are closer to the logic of causality than that of arbitrariness. Indeed, we can see how those more closely linked to the abstract approach, like Kandinsky or Moholy-Nagy, are in fact determined to explore the internal logic of form, trying to set up "an analytical inventory of our perception of form", and "to organize, starting from categories of perception and Gestalt psychology, a system with a clear didactic purpose"⁵, which may be useful as an introductory course for any form handler. This abstract discourse of form, aiming at achieving a well-organized inventory of form effects, where its most specific elements and relationships are clearly identified, is actually searching to reveal the order of the inner structure of form, or, as previously said, the specific laws of that "organism" or new reality with a life of its own, as a result of artistic creation.

John Hejduk himself would provide us with a good example of these explorations when he asked his students to investigate the design possibilities of a geometric structure made up by a nine square net. But two of the most paradigmatic examples of form systematizations based on abstract art discoveries are to be found in two artists linked with the Bauhaus and Russian Constructivism respectively: Paul Klee and Iakov Chernikhov, two figures of key importance in the field of theory of form.

The systematizations that we can find in Paul Klee's pedagogical writings and texts of lessons given at the Bauhaus correspond to an idea of form as a process, to a dynamic conception of form generation, starting from basic elements of geometry: dot, line, plane, space

8 / Cf. Cooke, Catherine: "Chernikhov. Fantasy and construction". *Architectural Design Profile* 55. A.D. Volume 54. London, 9/10-1984.

9 / Cf. Chapter IV of the above mentioned author's Ph. D. dissertation: "Cap. IV. Frei Otto y la sistematización de la forma". pp. 167-194.

(Fig. 8). One of the first epigraphs of these writings says: "Forming is connected with movement". There we can see an attempt to identify vectors, focal points, axes and main directions providing the clues of visual dynamics, and the essential parameters of geometric stresses active in the genesis of form (Fig. 9). We are not far from a conception of form as an "organism", which grows and develops from an internal force or geometric essence.

On the other hand, the systematizations that we can find in Chernikhov's texts⁸, also written with a didactic purpose, reflect the influence of abstract art, most particularly of Suprematism, and of the machine aesthetics, as one would normally expect. They show an effort to make an inventory of the elements of form on a plane and in space (Fig. 10), and to investigate specially the relationships or fundamental operations with these basic elements of form, such as penetration, embracing, clamping, interlacing, mounting, or coupling. One can easily detect in Chernikhov's systematizations an outstanding interest in exploring thoroughly the possibilities that the combinations of different elements of form can generate in these operations (Fig. 11). The characteristics of each category are examined so as to assess its potentialities as raw material for the genesis of form. We find ourselves again confronted with a search process of the internal forces or essence of form.

Frei Otto also faced, for educational purposes, the task to make up a system of categories that should account for form. His target was both ambitious and utopian⁹. The point was to find a method that should be valid for all known objects, in order to cast some light on the wholeness of the infinite diversity of forms of objects surrounding us, trying to establish a certain order and a common ground in the universe of forms. In spite of being aware about the impossibility both to reach a conclusive systematization and to set up a comprehensive order on the infinite, the intention was to include in this systematization of form not only the objects created by man through technology and art, but also the objects of inanimate nature, animate nature and dead nature (Fig. 12), embracing all scales and drawing common principles.

This comprehensive approach regarding forms and objects reflects Frei Otto's interest fields and research targets, where we can find, on the one hand, the search for common principles between objects from nature and objects created by man, and, on the other hand, a vision of man and architecture in accordance with the surrounding ecological system so as to make up with it a whole unity, an inseparable part in compliance with the whole. The categories shown in this systematization of form easily conjure up the processes of self-generation of form active in Frei Otto's experiments and structures. So, the categories "positive form" / "negative form" and "cavities" / "hollow bodies" make you think of pneumatic structures, whereas the categories

10 / Cf. Frei Otto. *Conversación con Juan María Songel*. G. Gili. Barcelona, 2008. p. 28.

11 / Español, Joaquim: "El orden frágil de la arquitectura". Fundación Caja de Arquitectos. Barcelona, 2001. p. 197-199.

12 / Español, Joaquim: op. cit. p. 198.

13 / Montaner, J.M.: "Taxonomía de minimalismos", in Savi, V. Y Montaner, J.M.: "Less is more. Minimalismos en arquitectura y otras artes". COAC y ACTAR. Barcelona, 1996.

14 / Moneo, José Rafael: op. cit. p. 55.

15 / Pareyson, Luigi: "Conversaciones de estética". Visor. Madrid, 1988 (1966). p. 31.

"high and low points", "edges" and "corners" naturally remind us of his experiences with nets or membranes (Fig. 13 and 14).

If the forces generating form in Klee's or Chernikhov's systematizations were more geometric, abstract or conceptual, in Frei Otto's systematizations they are more visible, perceptible and physical. Here the relationship between stress and form is more evident. The form itself reveals the stresses going through it. It becomes channel and expression of the flow of stresses. Nonetheless, it is not difficult to find a common ground in these two ways of exploring form. Josef Albers, for example, a colleague of Paul Klee at the Bauhaus, set in his preliminary course exercises to explore the relationship between form and material through physical experimentation with workshop materials such as newspapers or corrugated cardboard. Walter Gropius himself, founder of the Bauhaus, acknowledged Frei Otto as a follower of his principles¹⁰, and as a true successor of the philosophy and methodology that pervaded the foundation of the Bauhaus, as he does not start from any prior formal approach, but rather considers form as a result of a search process.

Perhaps one common element in these two ways of exploring form would be one principle that can be detected in those works which are most widely recognized, irrespective of their aesthetic tendencies or stylistic options, a principle of economy of expression, referred to as "the principle of parsimony" by Joaquim Español¹¹, which actually retrieves the conceptual richness of Mies' well known aphorism suggesting us to reach the most through the least. As a matter of fact, and in contrast with Venturi's ideas, "less is more" does not necessarily mean to deplore complexity or to suggest exclusion, but, as Joaquim Español says, "this expression is fruitful if we redefine it as a process, asserting that any movement going from fewer means to better results is a positive one"¹², or, as Mies wrote in 1923: "The greatest effect with the most concise means". This "search for a maximum formal and conceptual tension with a restricted use of geometrical forms", taking J. M. Montaner's words, "does not refer to any fashion or any new tendency", but can be recognized as one of the identifying features of twentieth century architecture, and we could also say, as Joaquim Español, not only of that century.

In contrast with the concept of arbitrariness, apparently so far away now at this point of our speech, Moneo proposes the concept of "formativity", as presented by Luigi Pareyson, to embrace in it both arbitrary form and law-abiding form¹⁴. It is a concept attempting to explain the work of art from its own inner being, and focusing attention on its creation process. Formativity accounts for the process of artistic creation considering both invention and realization simultaneously: "to form means to invent the work and at the same time the way to make it"¹⁵. So, the artist invents not only the work but also its laws, and he must abide by the internal coherence

16 / Op. cit. p. 30 and 33.

17 / Op. cit. p. 31.

18 / Op. cit. p. 32.

19 / Ibidem.

Illustration Credits:

Institute of Lightweight Structures in Stuttgart. Publications and archive: Fig. 3, 4, 5, 12, 13, 14

Cooke, Catherine: "Chernikhov. Fantasy and construction": Fig. 10, 11

Klee, Paul: "Das bildnerische Denken": Fig. 8, 9

Author's pictures: Fig. 1, 2, 6, 7

of the work he is creating. "If it is true that the artist does not succeed if he does not do the work's will, it is not less true that he himself creates that will. [...] Therefore, there is a dialectic polarity between the artist's activity and the work's intentionality, between the person's free initiative and the immanent teleology of form"¹⁶. The artistic activity thus appears both as "freedom and need, artist's work and work's will, adventure and determination: in one word, trial and orderly realization"¹⁷.

In the context of this dialectic, where the work is both the law and the result of its implementation, "forma formata" and "forma formans" at the same time, we find the conciliation of two distant terms: on the one hand, arbitrariness in the election of the numerous courses that come up to the artist facing his work at the beginning of its creation process, and on the other hand, causality coming up once the work is finished, when the artist realizes how, among trials, hesitations and corrections, one single way has actually been followed, "and the very unmodifiability of the work arises as a sign of the univocity of the followed route"¹⁸. Two different viewpoints over one single activity: the viewpoint of the artist facing the work he intends to carry out and the viewpoint of the work once its completion is fulfilled. When confronting "this organic development of the work, indeterminate and unforeseeable *a parte ante*, and univocal and necessary *a parte post*,"¹⁹ experiences and contributions like Frei Otto's maintain their validity and pertinence in the ever up-to-date debate about the relationship between form and architecture.

ILLUSTRATION CAPTIONS

1. Pavilion for the Federal Garden Exposition in Mannheim, Germany, 1975.
2. Institute of Lightweight Structures in Stuttgart.
3. Convertible roof for a big multimedia space. Project model made by Frei Otto and the Institute of Lightweight Structures in Stuttgart.
4. Undulating surface made up of parallel axes alternating ridges and valleys. Model made with soap film at the Institute of Lightweight Structures in Stuttgart.
5. Experiment with soap foam making up three-dimensional bubble aggregates.
6. Hanging model producing a branching geometry and branching supports.
7. Hanging chain net producing the antifunicular form of a grid shell supported all around its perimeter.
8. Dimensional dynamics from dot to line, from line to plane and from plane to body. Sketch by Paul Klee.
9. Focal points, axes, vectors and geometric tensions regarding the circle. Sketches by Paul Klee.
10. Compositions of linear and plane elements on a plane and in space. Systematizations of form by Iakov Chernikhov.
11. Combinations of linear, plane and solid elements to make up three-dimensional compositions. Studies about form generation made by Iakov Chernikhov.
12. Evolutionary synopsis on the genesis of form along time, and on different groups or worlds of forms.
13. Classifications of possible forms with two-dimensional elements. Drawing by Frei Otto.
14. Variations, additions and combinations of net structures with warped forms. Graphic systematizations by Frei Otto.