



[F1] Eneropa. Una división energética del continente europeo. Reinier de Graaf. OMA

Javier Maroto Ramos  
Profesor titular Departamento de Proyectos Arquitectónicos  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la U.P de Madrid

# Lo material depende de lo ambiental

Arquitectura, energía, reciclaje, ambiente, ecología



El artículo profundiza en una serie de aspectos que influyen en la construcción del espacio arquitectónico contemporáneo, desde la sostenibilidad, el uso de la energía verde y las fuentes renovables, hasta el concepto de equilibrio y el balance entre el orden y el desorden asociados con las leyes de la termodinámica y la analogía con la simetría y la asimetría en la naturaleza. La energía y sus flujos podrían determinar diversas formas arquitectónicas. Podría ser interpretada como lugar, contexto o paisaje, también como programa, estructura y material. Su estudio y asociación con el espacio arquitectónico, como se propone en este escrito, permite un mayor entendimiento de los aspectos inmateriales e intangibles que aún permaneciendo ocultos son esenciales en cualquier proceso de diseño.

Nociones vinculadas a la teoría de la evolución como es la adaptación al medio pueden abrir un debate sobre la modificación del medio y la fijación de los nuevos límites entre el territorio y la ciudad. Este concepto puede ser también útil para proponer nuevas formas de desarrollo urbano y paisaje.

La sostenibilidad se puede asociar con el equilibrio, el balance, y la adaptación al medio y la ecología con el uso de tecnologías de bajo consumo de energía, -Low-Tech-, y el reciclaje, de manera que se pueda fijar de una manera mas eficaz el ciclo de vida de los materiales y los sistemas que aseguren además la flexibilidad en el uso futuro del espacio.

Architecture, energy, recycling, environment, ecology



The article explores a number of aspects of sustainability that influence the construction of contemporary architectural space, the use of green energy and renewable sources, even the concept of equilibrium and balance between order and disorder associated with thermodynamic laws and the analogy with the symmetry and asymmetry in nature. The energy and its flows could determine different architectural forms. It could be interpreted as place, context or landscape, also as, program, structure and material. Its study and association with the architectural space, as proposed in this paper, allows a better understanding of immaterial and intangible aspects yet that remaining hidden, are essential in any design process.

Notions related to the evolution theory as the adaptation to the environment may open a debate on the process changing and set new limits between territory and city. This concept may also be useful to propose new forms of urban development and landscape.

Sustainability can be associated with equilibrium, balance, and adaptation to the environment and ecology through the use of technologies low consumption-Low-Tech-, and recycling can be secured an more efficient life cycle of the materials and systems and ensure flexibility in the future use of space.

Es previsible que a lo largo de este siglo se sustituyan las fuentes energéticas no renovables por otras más sostenibles. En este sentido se ha elaborado un documento de referencia en la Unión Europea, *“Roadmap 2050, a practical guide to a prosperous low carbon Europe” Brussels 2010*,<sup>[1]</sup> con el que se establece una hoja de ruta para cumplir este objetivo y con una guía práctica en el uso energético que permitirá la reducción del noventa por ciento en las emisiones en el año 2050. Como ha señalado Dirk Althaus *“ex und hop architektur”, temporary throw away architecture*<sup>[2]</sup> es imprescindible reequilibrar el gasto energético,

ajustándolo con el ciclo de vida de los edificios para que sean más sostenibles aumentando progresivamente el uso de las energías renovables. La eficiencia debería ser el resultado del balance expresado en forma de cociente entre la calidad y la energía utilizada.

La calidad en un edificio sostenible se puede medir con un conjunto de índices y en siete categorías diversas, de las que tan solo las dos primeras suelen ser citadas ya que el resto requiere un conocimiento experto para su evaluación.

- Nombradas con sus acrónimos:
- PEnr. “Non renewable primary energy”. Energía primaria consumida de fuentes no renovables.
  - GWP. “Global warning potencial”. Potencial de daño global
  - RPE. “Renewal primary energy”. Energía primaria de fuentes renovables.
  - ODF. “Ozone deflection factor”. Factor de deflexión en la capa de ozono.
  - AF. “Acidification factor”. Factor de acidificación
  - EF. “Eutrophication factor”. Factor eutrófico
  - TO. “Tropospheric ozone factor”. Factor de ozono en la troposfera.

La energía está cada vez más presente en los procesos de diseño. En este sentido, y como señala Ulrich Knaack en “*Imagine as Energy*”<sup>[3]</sup>, el diseño sostenible tiene que reunir tres atributos: un propósito original, capacidad de reciclaje y flexibilidad futura. Conviene destacar que ésta última cualidad no depende tanto del uso del espacio en el presente, con la compartimentación o la diversidad funcional como se propuso en el Movimiento Moderno, sino con la posible adecuación a otros en el futuro, lo que condiciona el reciclaje de construcciones obsoletas para darles otros usos a los que tuvieron cuando fueron proyectadas extendiendo su ciclo de vida. Por esta razón, aparecen nuevos paradigmas en el proyecto arquitectónico con la reproposición programática de los edificios, e incluso con la hibridación y las técnicas que permiten su reconstrucción y transformación.

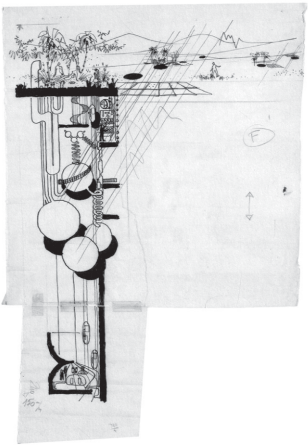
El acrónimo TABS –*thermally activated building with sun protection*- se refiere a la necesidad de definir un conjunto de medidas activas o pasivas que dependen de las condiciones climáticas del entorno. El diseño debe garantizar un nivel de confort adecuado e incrementar el ahorro en el gasto en la energía operativa del edificio. Cualquier proyecto debería ser completado con un análisis ecológico riguroso de los materiales, su ciclo de vida y los sistemas constructivos que se van a emplear.

De esta manera podrían establecerse tres categorías de energía en los edificios que podrían ayudar para fijar su ciclo de vida:

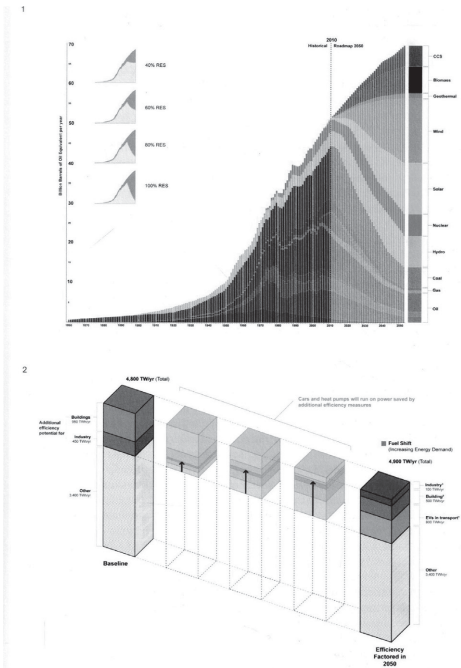
1. *Energía de transporte*. El gasto necesario para alimentar o disponer la energía en la acometida del edificio desde las fuentes primarias, de producción y distribución. Este valor está relacionado con la distancia, el tipo de consumo, y la densidad edificatoria del medio.
2. *Energía operativa*. La necesaria para el funcionamiento de los edificios, considerando el coeficiente de simultaneidad máximo en el gasto de los distintos tipos de energía. Si se quiere optimizar este valor, reduciéndolo, se tienen que relacionar distintos factores ecológicos con la cantidad de energía que puede ser absorbida en función del tipo y el área de la envolvente.
3. *Energía acumulada*. “*Embodied energy*” -*término acuñado por Spreng*<sup>[4]</sup> en el año 1989-. Es la cantidad total de energía que se requiere para construir un edificio y para disponer de él reciclandolo después de asegurar su ciclo de vida. Su valor es la suma del gasto energético de extracción de las materias primas, la producción, la transformación y el mantenimiento de los materiales y los sistemas utilizados. Puede llegar al cincuenta por ciento del consumo energético total. En este gasto es la estructura el factor que más influye.

El acrónimo LCA –*life cycle assesment*- sirve para definir el ciclo de vida lógico de los edificios garantizando una correcta proporción entre las tres categorías de gasto energético que he descrito.

En este sentido, existen distintos certificados, –*DGNB en Alemania, BREEM LEED en Inglaterra, y el “American green building certificate” en EE.UU.*-, y otros tantos que pueden servir de referencia-, con los que se establecen valores diversos para este concepto de duración sostenible. Lo que se pretende es fijar el periodo idóneo de tiempo en el que se debe usar el edificio antes de que sea recomendable su rehabilitación con el reciclaje de los materiales o bien con la transformación de los sistemas constructivos y funcionales. Si se toma a Suiza como referencia, este índice se fija en una media de treinta años. Un tiempo relativamente corto que obliga a una gran planificación energética. Este periodo se propone al consideran que al cumplirse tiene que alcanzarse un valor próximo a la unidad como



[F2] Yves Klein. Air architecture 1951. The evolution of art towards the immaterial. 1951. Yves Klein archives/catalogue. Antagonismes 2 l'object. MDAD Paris. 1962



[F3] Evolución histórica del aporte energético y asunción de la previsible en el futuro. Eficiencia energética y reducción del uso de combustibles derivados del petróleo. Fuente: Energy. Ulrich Knaack

1. Road Map 2050. A practical guide to a prosperous low carbon Europe. Brussels. 2010. The European Climate Foundation. Energy atlas : future concept : renewable Wilhelmsburg. 2010. Berlin: Jovis

2. ALTHAUS, Dirk: *Die Ökologie des Dorfes*. Wiesbaden: Bauverlag, 1984

3. KNAACK, Ulrich: *Energy ... [et ál.]* Rotterdam: Uitgeverij 010, 2011

4. SPRENG, Daniel et ál: *Tackling long-term global energy problems : the contribution of social science...* Dordrecht, New York, Springer, 2012

resultado del cociente entre la energía acumulada “*embodied energy*”, -EE- y la energía operativa, -OE-. Sin embargo, la cuantía del LCA en otros países europeos, como es el caso de Alemania, es mucho mayor y oscila entre cincuenta años como mínimo y cien como máximo.

La energía acumulada, -EE- depende del conjunto de los materiales que se empleen en la construcción, de manera que si tuvieran un alto valor de -EE- habría que reducir proporcionalmente la cuantía de la energía operativa, -EO-. Esto condicionaría aspectos como la construcción, el peso, el volumen, la forma, y también la flexibilidad y el ciclo de vida, -LCA-, necesarios para optimizar el balance energético. Si se construyera, para ilustrarlo con un ejemplo, con materiales o sistemas pesados, con valores de densidad elevados entre 1,5 o 2 tn/m3, el índice de la -EE- aumentaría considerablemente, y si por el contrario se utilizaran materiales y sistemas ligeros, se produciría entonces una reducción en el conjunto de la -EE-. En cuanto al volumen y la forma, hay que tener en cuenta el valor del cociente entre el área y el volumen del edificio como un parámetro que influye de una manera proporcional en la energía acumulada. La flexibilidad a la que me refiero debe permitir la reutilización del edificio en el futuro con su adaptación a distintos usos al finalizar su ciclo de vida, -LCA-, y está condicionada, sobre todo, por la vida de la estructura sustentante. El mejor diseño debería permitir la separación de los distintos materiales por capas, teniendo en cuenta su durabilidad y reciclaje. En el caso de que estos tengan además un ciclo de vida corto debe procurarse que sean accesibles y reemplazables.

Los valores de la EE son muy importantes para poder establecer el balance energético del edificio al que ya me he referido y podría hacerse una clasificación innovadora de los materiales en función de su energía acumulada, -EE- lo que permitiría racionalizar y optimizar su uso en relación con el ciclo de vida del edificio:

|                                         |                  |
|-----------------------------------------|------------------|
| PEnr                                    |                  |
| 1. minerales (hormigón y vidrio)        | 1 a 18 MJ/kg     |
| 2. madera.                              | 3,5 a 14.5 MJ/kg |
| 3. metales                              | 145 a 210 MJ/kg  |
| 4. sintéticos                           | 60 a 150 Mj/kg   |
| 5. aislamientos, minerales y sintéticos | 5 a 30 Mj/kg     |

En los índices expuestos se puede apreciar el enorme gasto energético en los metales sobre todo si se los compara con otros alternativos como los minerales y las maderas.

En el libro “*Dimensiones de la sostenibilidad*” su editor Andrew Scott contrapone como hechos diversos la acción humana de construir con los resultados de los procesos naturales. En este sentido, señala que no sería recomendable el uso de analogías entre ambos procesos. Las reglas y los sistemas que se derivan de ellos son distintos. Esta manera de pensar puede ser comparada con la crítica que hace Andrew Ross (“*Ecoculture*” *Artforum* XXXI n<sup>º</sup>4)<sup>[5]</sup> quien también resta valor a cualquier tipo de analogía entre los fenómenos naturales y su posible reproducción con copias o réplicas. Sin embargo, la biomímica o “biomimicry” como se la denomina en la literatura anglosajona, se opone a esta separación. Mi opinión es más solidaria con este último planteamiento y creo que es posible el aprendizaje y porqué no las analogías desde los hechos naturales. En todo caso, si éstas no fueran pertinentes o bien se demostraran insuficientes, habría que buscar en los procesos de diseño los mecanismos de adaptación entre los artificios y los hechos naturales. En mi opinión la arquitectura ha sostenido siempre este compromiso a lo largo de la historia.

Ian Mcharg en “*Fitness, the evolutionary imperative*”<sup>[6]</sup> propone la segunda ley de la Termodinámica, -en la que se dice que en toda transferencia de energía surge siempre la entropía cuya contrapartida es paradójicamente que una parte de la materia deba agruparse en un estado de orden mayor-, para explicar el equilibrio, en sus palabras la adaptación, entre los sistemas de orden y desorden que surgen en cualquier sistema. Un ejemplo de ello sería la tabla periódica de elementos y la manera en la que estos se clasifican. Los procesos de orden surgen de situaciones de desorden previas y por tanto nunca permanecen estables al necesitar formas de gestión y adaptación en cada momento. Para Buckmeister Fuller la transformación de la entropía, lo que llama “syntropy”, un término tomado de Schrödinger, implica además algo creativo, o como ocurre en el caso de Robert Smithson tiene que demostrar un carácter monumental con la transferencia de la energía de unos lugares a otros, “*Entropy and the new monument*”<sup>[7]</sup>.

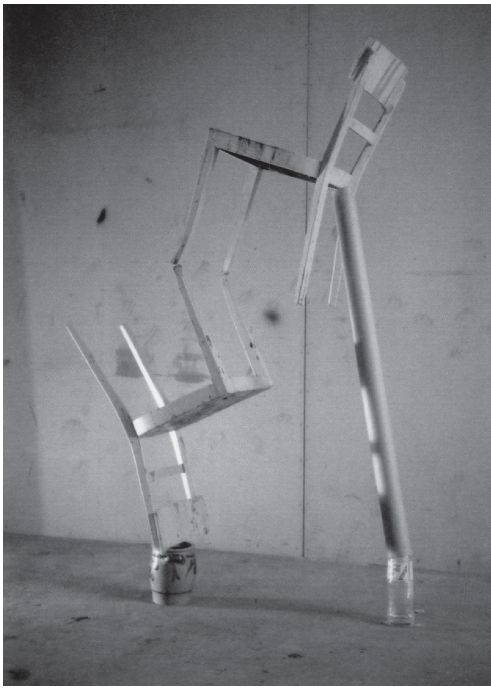
El término que Mcharg ha usado para referirse a lo que hoy llamamos sostenibilidad es adaptación, en inglés, “fitness”, seguramente pensando al mismo tiempo en la teoría de la evolución de Darwin, en la que el organismo tiene que adaptarse al ambiente y para ello se

5. ROSS Andrew: *The exorcist and the machines = Der Exorzist und die Maschinen* / [translation. SCHNEIDER, Nikolaus G.: *Documenta und Museum Fridericianum* *Veranstaltungs-GmbH, Kassel. Ostfildern, Germany, Hatje Cantz, 2011*

6. MCHARG, Ian L: *Values, process, and form*

7. DELL, Simon; RIDER, Alistair & WOOD, William: *On location: siting Robert Smithson and his contemporaries*. London: Black Dog, 2008





[F4] [F5]. Fischli and Weiss. Equilibres. Outlaw. A new day begins.

ve forzado a evolucionar constantemente en su especialización para subsistir, y en la teoría de *Henderson*<sup>[8]</sup> para quien los seres vivos son los que causan la modificación del medio. Lo interesante es que McHarg no desecha ninguna de las dos opciones, todo lo contrario, recoge lo mejor de ambas sintetizándolas en los procesos de diseño para definir una nueva ecología del hábitat. La creatividad reside en este caso en la forma de la adaptación, “creative fitting” y su entendimiento conduce al éxito en cualquier parte del proceso. Su método es bien conocido y ha sido utilizado recurrentemente tanto en el proyecto del paisaje como en el estudio del impacto ambiental de la arquitectura y las infraestructuras en el medio. Una breve descripción puede ayudar a comprender su potencial: se distribuye la información de un lugar y sus condiciones ambientales en una serie de capas gráficas heterogéneas disponiéndolas con un orden cronológico, de manera que se pueda crear una base completa de información con los parámetros y las condiciones que interactúan en el lugar, y estudiando sus incidencias en todas las escalas. Se puede comprobar así el impacto de cualquier construcción en el medio y el sistema de capas “Syntropic layers” permite además establecer las mejores estrategias antes de intervenir en un lugar con lo que se puede convertir en una herramienta del proyecto.

Cualquier construcción acumula energía potencial al disponer la materia en el espacio organizándola con un patrón de orden condicionado por el peso y la altura. El entendimiento de la fuerza de la gravedad, las condiciones del equilibrio y la estabilidad necesaria de la materia en el espacio, la estática, condicionan el proyecto de cualquier edificio. En este sentido, el trabajo de los artistas suizos *Peter Fischli y David Weiss “The way things go” “Equilibres”*<sup>[9]</sup> puede ser considerado una investigación inteligente sobre el estudio de los momentos de balance y equilibrio de los objetos considerándolos “ready mades” energéticos.

El poder de los objetos es precisamente su autocontención como consecuencia de la lógica espacial del material al que se le fijan unos límites, Rubens Azevedo<sup>[10]</sup>. La materia, el peso y la manera en la que ésta se dispone, dependen tanto de la densidad de ocupación como de la lógica constructiva. El balance es necesario entre los sistemas de orden y desorden al ser su equilibrio inestable. La entropía tiende a crecer y por ello tiene que ser compensada con equilibrios, como ya he señalado. Esto ocurre también con cualquier sistema de espacios que acumulen y transfieren energía entre si. Por ello pienso que la organización de la materia y el flujo energético pueden ser explicados desde la arquitectura al construir las condiciones idóneas de equilibrio. Esto se hace evidente en proyectos muy diversos como ocurre con los de Philippe Rahm o Ecosistema Urbano.

Es difícil establecer la noción de lugar con un valor de independencia con el contexto y sin usar referencias históricas, espaciales, o ambientales que lo puedan cualificar. El estudio de la energía y su relación con el contexto permiten hacer una lectura mas integradora revelando diferentes escalas y señalando las conexiones espaciales que se producen con otros espacios. Los planos elaborados por Reinier de Graaf en OMA sobre el flujo de la energía describen Europa como un territorio lleno de límites virtuales que representan separaciones entre las distintas zonas energéticas. Esta investigación ha sido utilizada en

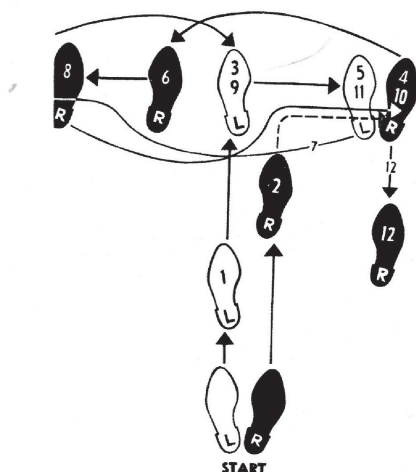
8. HENDERSON, W. D: *Biology*. London, T. D. & E. C. Jack. New York, Dodge Pub, 1913

9. FISCHLI, Peter; WEISS, David: *Equilibres*. Köln: W. König, 2006

10. SCHÖNING, Pascal; LÖFFLER, Julian & AZEVEDO, Rubens: *Cinematic architecture*. Architectural Association: London, 2009



[F6] Oskar Schlemmer. Diagramas del movimiento del cuerpo. 1926



[F7] Andy Warhol. Dance Diagram, 1962

la escala de la arquitectura en diversos proyectos por OMA. También Stephano Boeri<sup>[11]</sup>, un arquitecto próximo a las ideas de Koolhaas, ha estudiado nuevos límites entre la ciudad y el medio natural descubriendo un conjunto de territorios híbridos que se han construido con fragmentos heterogéneos y límites difusos.

El consumo energético se refleja también como una huella indeleble en la forma de las cosas. Al fin y al cabo, todo lo que nos rodea puede ser considerado el resultado de un proceso en el que hay un gasto energético. Los objetos tienen un marcado carácter documental, forense, como resultado de diversas formas de energía que se explican mejor desde algunos diagramas o desde el dibujo de los flujos que como algo fijo y estático. Y sin embargo, y como señala Pawel Althamer "Path"<sup>[12]</sup>, en toda obra artística sería deseable que hubiera un cierto nivel de desinformación sobre los procesos dinámicos que la producen para generar mayor tensión en el espectador

El diseño es una herramienta de precisión que debe garantizar en cada etapa la flexibilidad en los procesos de construcción de los objetos. Roland Barthes en su análisis de las planchas de la Enciclopedia de Diderot y D'Alambert<sup>[13]</sup> define tres tipos de objetos: el antológico, que permanece aislado y tiene un sistema de referencias propio, el anecdótico que forma parte de una secuencia, como ocurre con la viñeta o con la estructura narrativa de un libro, y por último el genético que explica su filiación, origen y antecedentes. Creo que La arquitectura tiene la capacidad de reunirlos en un solo cuerpo, y opino que esto es más explícito si se hace además desde la energía y el clima. El libro de Victor Olgyay "Design with climate"<sup>[14]</sup>, publicado en su primera edición en el año 1963 en la Universidad de Princeton, sigue siendo considerado un texto pionero y de referencia en lo que se conoce de una manera genérica como arquitectura bioclimática y sostenible. En él se evalúa la importancia de la relación del hombre con la tierra y la vida para proponer un método de diseño centrado en el análisis climático y en la adaptación al medio. Para ello se proponen técnicas que aún hoy se siguen utilizando como las gráficas bioclimáticas para definir el confort higrotérmico en función de determinados valores como la temperatura de bulbo seco, la humedad relativa, la radiación solar y su relación entre la elección del emplazamiento. Estos principios se han extendido universalmente influyendo además en el diseño urbano, de hecho, el concepto "verde" representa hoy un indicador importante en otros campos como la economía con el que se puede valorar tanto el nivel de respeto por el medioambiente como el uso de las energías limpias y la reducción del impacto del hábitat humano en el medio. En mi opinión, la ecología es hoy el mejor marco para poder entender la sostenibilidad y favorecer el uso inteligente de la energía. La arquitectura debe garantizar el equilibrio con el medio ambiente sin renunciar al uso de un pensamiento complejo de la ciudad y su posible analogía, casi metabólica, con un organismo vivo. Una analogía que ha sido utilizada con frecuencia. (Warren & Weaver "Science and complexity, a quarter century in the natural sciences", Jane Jacobs "La vida y la muerte de las grandes ciudades americanas", Natalie Roseau "Rescaling urban matter".

Incluso se puede extender también la ecología a un nuevo concepto de geografía y estética, Hashim Sarkis, "New Geographies, notes on an emerging aesthetics"<sup>[15]</sup>. Esta transposición de las escalas y el uso de la complejidad como herramientas del diseño se pueden encontrar en diversas partes del libro "Content" de OMA, en el que se profundiza además en la importancia del lenguaje visual y la estética de la imágenes como si se tratara de vectores energéticos que asocian de una manera sintética innovación, representación, producción y creación. OMA ha construido así un conocimiento polivalente e inédito en el objeto arquitectónico que ha sido reciclado en distintos escenarios, escalas y situaciones, e incluso también con distintos proyectos.

La analogía con los flujos energéticos es evidente en el trabajo del artista Olafur Eliasson<sup>[16]</sup>. La presencia de la naturaleza y sus elementos más simbólicos, la luz, el agua, y el aire es explícita en las realidades transformadas de sus objetos, instalaciones y espacios en los que estos se insertan construyendo un escenario consciente y dinámico de la vida y las acciones naturales.

Toda arquitectura aspira a establecer un credo en la aplicación de un conjunto de reglas precisas como ha descrito el crítico del New York Times Christopher Hawthorne "On Credit"<sup>[17]</sup>, explicando y comparando las raíces etimológicas, similares de estas dos palabras, crédito y credo. Lo que la arquitectura hace posible es la extensión de todas estas posibilidades, desde la fe y la confianza, determinando un conjunto de límites y normas precisas.

Hay también una nueva manera de entender la belleza desde la sostenibilidad, Iñaki Ábalos<sup>[18]</sup> o Sanford Kwinter, en la que se señala el desplazamiento del interés en la arquitectura desde la tectónica y lo material hacia la termodinámica, lo que Ábalos llama

11. KOOLHAAS, Rem; BOERI, Stefano; KWINTER, Sanford; TAZI, Nadia, OBRIST, Hans Ulrich: *Mutations. Harvard Project on the City. Multiplicity*. Actar: Barcelona, 2001

12. ALTHAMER, Pawel: *The Vincent van Gogh bi-annual award for contemporary art in Europe*. Edición Ineke Kleijn. Ostfildern-Ruit: Hatje Cantz; Maastricht: Bonnefantenmuseum, 2004

13. Encyclopédie. ou, Dictionnaire raisonné des sciences. L'univers de l'Encyclopédie. [Les 135 plus belles planches de l'Encyclopédie de Diderot et d'Alambert. Précédées de] Roland Barthes: [Image, raison, déraison] Robert Mauzi: [Une souveraineté éphémère] Jean-Pierre Seguin: [Courte histoire des planches. Paris] Les Libraires associés, 1964

14. OLGAY, Victor: *Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism*. Some chapters based on cooperative research with Aladar Olgyay. Princeton, N. J., Princeton University Press, 1963

15. SARKIS, Hashim: *Publics and architects: re-engaging design in the democracy*, 1995

16. OLAFUR, Eliasson: *The weather project. Unilever project*. Tate Modern. Oct 2003/ Mar 2004

17. HAWTHORNE, Christopher: "On credit". Source: *Harvard design magazine*. n.32, p.68-73, 164, portraits. Massachusetts. Abstract: *On giving credit for the design of a building*. 2010 Spring-Summer



cadenas medioambientales. Es éste un cambio contemporáneo que asegura una mayor conexión con la naturaleza y que fortalece el respeto por el medio ambiente y el uso de recursos “low tech” con un bajo consumo de energía. Este compromiso, el de la economía y la sostenibilidad, se puede encontrar en un amplio conjunto de los mejores proyectos actuales, tanto en la arquitectura de Lacatton y Vassal como en el uso que se hace del aire o el ambiente como material en la construcción del espacio, como se puede apreciar en la obra de Kazuyo Sejima y Philippe Rahm, entre otros. Este último en “*Climate constructions*”<sup>[19]</sup> contrapone dos modelos espaciales, el clásico, cuya referencia sería la simetría de lo visible como sucede con Vitrubio o Alberti y también con la estética de Hegel, con la asimetría y el dinamismo de la forma que tiene su origen en los equilibrios inestables termodinámicos que construyen el mundo inmaterial e invisible. Greg Lynn en su libro “*Animated form*”<sup>[20]</sup> hace referencia a este último modelo para hablar de una nueva metodología de proyecto que opera entre el programa y sus formas espaciales, estudiando nuevos tipos de organización. En este proceso de diseño la topología asegura la reunión de múltiples vectores y la multiplicidad de diversos tiempos en una misma superficie. Su teoría se expresa espacialmente en lo que llama, paisajes topológicos, formados por “blobs”, polisuperficies isomórficas que en mi opinión son también una expresión de la síntesis entre la materia y la energía. Entre estos dos modelos, el estático y el dinámico puede haber inversiones o intercambios cuya aparición produce, sin embargo, discontinuidad. Si para Rahm la forma y la función siguen al clima, para Lynn no hay momentos, solo movimiento. Lo material depende de lo ambiental, este podría ser un nuevo paradigma en la arquitectura de este tiempo.

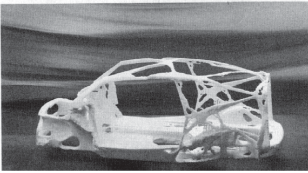
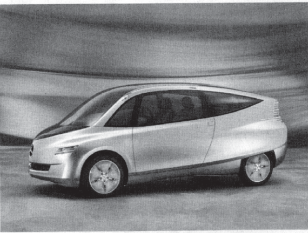
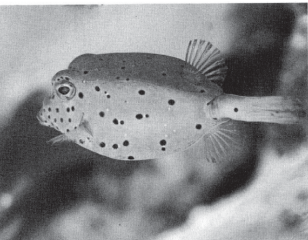
Si se reconoce que se está produciendo una aproximación de la arquitectura a la naturaleza y a la vida con una renovada actitud “pastoral”, se tiene que abordar el debate del balance entre el orden y el desorden con la aplicación de una nueva metodología en el proyecto arquitectónico. La vida y sus formas de expresión surgen de una entropía negativa, *Edwin Schrödinger* “*What is life*”, y con el reconocimiento de una cierta proporción de desorden desde la que se pueden construir nuevas formas de orden más complejas. Compatibles tanto con la asimetría como con la simetría, o en otras palabras sin la renuncia de lo estático o lo dinámico.

El nuevo valor de lo ambiental, “*Atmosphere*” como lúcidamente lo llama *Bruno Latour*<sup>[21]</sup>, o la emergencia del diseño que integra lo artificial y lo natural, como defiende Fuller, incluso dando un paso más con la apología y la búsqueda de la materialización y la visibilidad de lo inmaterial e invisible desde los flujos de la energía y la entropía, en los diversos escritos “*Collected writings*” de *Robert Smithson*<sup>[22]</sup>, son indicios y los antecedentes de una nueva manera de pensar.

El reflejo de la naturaleza en la arquitectura contemporánea no es tan solo una cuestión ornamental o mimética sino que se extiende también a la búsqueda y producción de nuevos sistemas de innovación como señala Janine Benyus en “*Biomimicry*”<sup>[23]</sup>, quien demuestra cómo se pueden obtener soluciones mas integradoras, creativas e innovadoras en los procesos del diseño arquitectónico usando como referencia la naturaleza, asociándolas con la eficiencia, la diversidad, y la resiliencia. El diseño biofílico -“*Biophilic Design*”-*Kellert, Heerwagen, Mador*-<sup>[24]</sup> propone estrategias duraderas de sostenibilidad en la arquitectura on un bajo impacto medioambiental desde formas y estructuras orgánicas. Para ponerlo en práctica, se requiere utilizar el lugar como una fuente primaria de energía y entender que la arquitectura es un producto del paisaje, y no tanto un objeto aunque demuestre ser capaz de establecer diversos vínculos entre la cultura y la ecología.

Se trata de estimular, sobre todo, el sentido del lugar y su conocimiento, -René Dubos-<sup>[25]</sup> como la manera más eficaz para garantizar su conservación. Los seis elementos que identifican el diseño biofísico pueden ser sintetizados en los siguientes puntos: la relación con el medioambiente, el uso de las formas, las estructuras, los procesos, y los patrones de la naturaleza, el valor de la luz y el espacio, el fortalecimiento de las condiciones específicas del lugar incrementando sus vínculos con otros y, por último, el impulso de una relación respetuosa de los seres humanos con el medio. -*Reneé Dubos* “*Wooing of the Earth*”. El objetivo es relevante, ya que el equilibrio entre la actividad humana y su asiento en el lugar es capaz de mejorar estos atributos, integrándolos para evitar cualquier dominación jerárquica. La modificación respetuosa de ambos produce sistemas de adaptación inteligentes que mantienen el respeto por el medio ambiente.

Una primera conclusión de lo dicho es que la arquitectura tiene que comprometerse con la ligereza y esto se justifica desde el balance energético y su huella ecológica. El libro de *Adriaan Beukers* “*Lightness*”<sup>[26]</sup> pone en valor esta estrategia como la más sostenible, tanto en los sistemas como en los materiales utilizados. El concepto de ligereza implica una



[F8] Modelo de Daimler-Chrysler 70 mpg replicando la forma de un coral conocido como Boxfish. Biophilic design elements by nature

18. ÁBALOS, Iñaki: *Beauty from Sustainability?* Source: Harvard design magazine [1093-4421] iss:30 pp:14 -18. 2009

19. RAHM, Philippe; STALDER, Lauren: *Meteorological encyclopedia*. Cit en Praxis: journal of writing & building 2011, n.13, p.102-111 Year: 2011.Source:Archithese, 2010 Mar.-Apr., v.40, n.2, p.88-93, photographs, illustrations, computer drawings.

20. LYNN, Greg: *Animate form*. Princeton Architectural Press, New York, 1999

21.GARCÍA-GERMÁN, Javier: *De lo mecánico a lo termodinámico: por una definición energética de la arquitectura y del territorio*. Gustavo Gili, Barcelona, 2010

22. SMITHSON, Robert: *Works. Robert Smithson, the collected writings*. Jack Flam, Berkeley, University of California Press, 1996

23. BENYUS, Janine M.: *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. New York: Morrow, 1997

24. KELLERT, Stephen R. *Building for life: designing and understanding the human-nature connection*. Island Press: Washington, DC, 2005

25. DUBOS, René J.: *The wooing of Earth*. Athlone Press: London, 1980. Island Press: Washington, 2005

[F9] "Light Weight Chair" del diseñador Marcel Wanders, producida dentro del Droog dry tech I Project del año 1996



reducción de la materia, el peso y la energía utilizada y depende de una terna de conceptos, el material, la forma, y el proceso de realizar o construir algo. La integración de estos tres aspectos se puede encontrar en el desarrollo técnico de los materiales compuestos, sobre todo, y como Beukers señala, en las construcciones compuestas. En realidad, esto no es nuevo, este esfuerzo aparece recurrentemente en la historia y en todos los artefactos que se han producido en las distintas culturas a lo largo de ella, como ha ocurrido, por poner un ejemplo, con útiles, máquinas y enseres utilizados por los seres humanos para su actividad. Lo que es relevante es que Beukers explica la ligereza más desde la evolución de todas estas referencias históricas y los sistemas que desde la mera reducción del peso de los materiales. O en otras palabras, como el resultado de un proceso cultural.

El grupo holandés “Droog Design”<sup>[27]</sup> formado en el año 2003 por un historiador de arte, Renny Ramakers y el diseñador industrial Gijs Bakker, nació con el objetivo de reunir dos conceptos, por una parte aplicar una tecnología orientada y creativa con las posibilidades que ofrecen hoy los materiales y sistemas compuestos, y por otra un diseño seco, sobrio, lo que es la traducción literal de la palabra holandesa “droog”. Un diseño ajustado y estricto en el que la belleza sea la expresión misma de la innovación y la tecnología y no del estilo. La “Light weight chair”, que ilustra esta reflexión, del diseñador Marcel Wanders producida dentro del Droog dry tech I Project del año 1996, es un exponente modélico de esta filosofía. Realizada con una estructura liviana en la que se dispone un marco de alambre reforzado y tejido con una urdimbre de malla reforzada de nudos y fibras de plástico, aramida y fibra de carbono, materiales sintéticos y termoestables. En el proceso de fabricación se teje, en primer lugar, la urdimbre utilizando un molde y a continuación se impregna con resina epoxi, colgándola posteriormente de un marco que permite su secado y que adquiera su forma final por la acción de la gravedad.

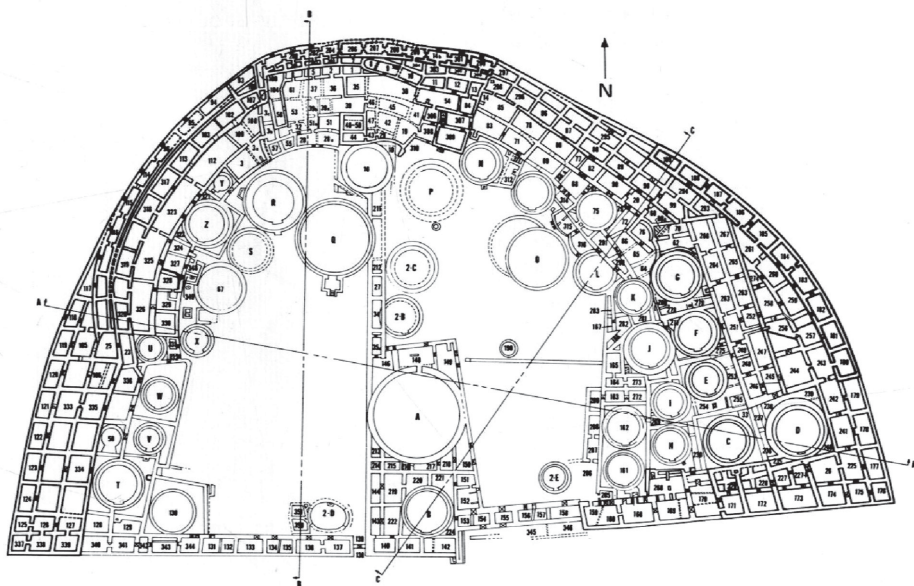
En la naturaleza se producen continuamente cambios en la estructura física espacio temporal de los elementos, como ocurre en los procesos de recolocación y transformación de la materia por la acción de procesos dinámicos. Todo interactúa constantemente. La forma y la estructura de los asentamientos se alteran por la acción de estas acciones. Para los seres humanos construir implica la aparición de mecanismos de prueba y error como sucede también en el reino vegetal y animal, de manera que las respuestas se tienen que hacer cada vez más expertas, eficaces y adaptables a las distintas situaciones del entorno, “Energy and form” *An ecological approach to urban growth*. Ralph L. Knowles<sup>[28]</sup>. En los planos levantados por el arqueólogo N.M. Judd entre los años 1921-1927 se dibujan los asentamientos indios en “Old Bonito” y “New Bonito” en el Cañón del Chaco en Nuevo Méjico. En ellos se describe cómo las habitaciones y construcciones situadas en el interior de la cavidad rocosa se curvan con un sentido de adaptación y protección, también para aumentar el aprovechamiento solar con la orientación al sur al aprovechar la máxima insolación en el invierno y reducirla al mínimo en el verano – “The architecture of Pueblo Bonito”. Mi interés es que Knowles desarrolla con el estudio de diversos casos que parten de estos planos un modelo teórico

26. BEUKERS, Adriaan: *Lightness: the inevitable renaissance of minimum energy structures*. Van Hinte: Rotterdam, 1998

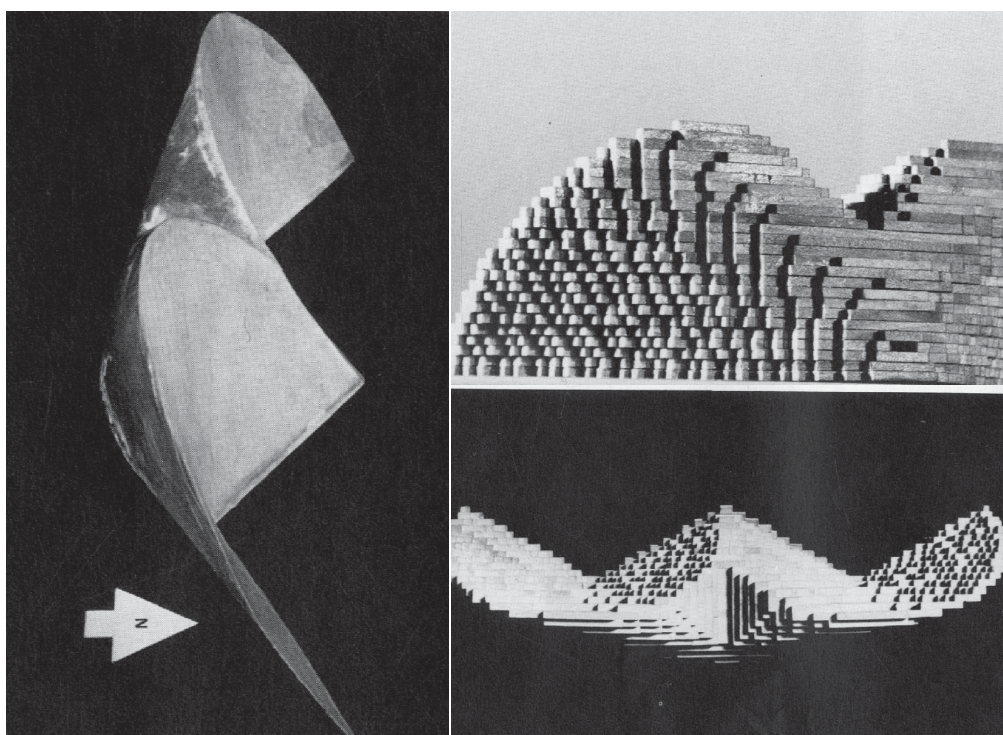
27. RAMAKERS, Renny; BAKKER, Gijs: *Droog Design: spirit of the nineties*. Introduction by Paola Antonelli. 010 Publishers: Rotterdam, 1998

28. KNOWLES, Ralph L.: *Energy and form; an ecological approach to urban growth*. MIT Press: Cambridge, Mass, 1974





[F10] Pueblo New Bonito AD/ 106/1080. Neil M. Judd. The architecture of Pueblo Bonito. Levantamiento



[F11] Ralph L. Knowles Energy and form

de crecimiento espacial, colectivo y urbano, y con el estudio del sistema de protección de las sombras aplicado a un patrón de crecimiento que depende de la densidad y el mínimo coste energético,- E.P. Odum "The strategy of Eco-System Development" Science, 164 (1969), 262-270-. Para ello realiza una colección de maquetas con estructuras que optimizan esta relación, empleando un módulo variable formado por tetraedros configurados desde la localización de las sombras en el suelo y en la situación del orto solar.

Al revisar el libro "Ecotec" Architecture of the in between editado por Amerigo Marras<sup>[29]</sup> descubro la definición de este sofisticado término desde la asociación de las dos palabras con raíces etimológicas distintas oikos-logos y tekné-logos. El lugar y la tecnología se asocian desde la preocupación medioambiental y las propuestas pioneras realizadas a lo largo de los primeros años noventa por Ezio Manzini en la Domus Academy de Milán, las del grupo alemán "Baubology Site" y el desarrollo de la ingeniería medioambiental en la oficina de Ove Arup. Todas ellas pueden ser consideradas hoy reacciones valiosas a la moda postmodernista y deconstructivista que imperaba en el escenario arquitectónico de la época. Estos antecedentes pueden ayudar en la transformación de los efectos en afectos desde los que la responsabilidad, la sensibilidad medio ambiental y la participación ciudadana cuentan más y no acaben siendo meras formas cosméticas para el poder político. Se debe ser consciente de que la colonización del planeta puede considerarse completada y que los sistemas de presión sobre el territorio y la falta de espacio natural nos tiene que hacer

29. MARRAS, Amerigo: ECO-TEC: architecture of the in-between. Princeton Architectural Press: New York, 1999

progresar en nuevas formas de proyectar, lo que debe constituir una nueva ecología. He de reconocer, a los que sean mas escépticos con esta idea, que nuestra sofisticada cultura tecnológica constituye una ecología, pero debo decir también que en mi opinión es tan solo una de las posibles y ha demostrado ciertas limitaciones.

Arquitectos como Neil Denari o Paul Virilio con su “Avant travaux” ya se plantearon nuevos tipos de ecologías en la década de los años ochenta. En el caso de *Neil Denari* o *Denis Dollens*, entre otros, la lógica era, en el caso del primero, la de la máquina como organismo y la biomímesis, en el caso del segundo. En ambos casos la arquitectura se entiende desde un modernismo futurista concienciado con la sostenibilidad y en el que se propone una reacción al síndrome historicista de la época. Paul Virilio abrió por su parte y desde la escuela de Arquitectura de la Villette en París el debate de la relación de la arquitectura con el medio ambiente proponiendo un nuevo paradigma de referencia que estimulaba la producción de nuevas herramientas de trabajo al introducir en el proyecto nuevos métodos asociados con las ciencias de la complejidad, la lógica difusa, la meteorología, la biología y la geología.

¿Existe acaso una filosofía, un marco intelectual o al menos una línea de pensamiento común que ampare todas estas iniciativas? *Félix Guattari* lo ha llamado *Ecosofía* <sup>[30]</sup> desde la producción de un nuevo término, “Chaosmosis”, que dio título a su último libro publicado en el año 1992 y en el que se establecían cuatro categorías en el mundo: la energía y los materiales, lo que llama semiótica y flujos, las máquinas abstractas y concretas, en sus palabras, los “philum”, los universos virtuales que construyen los valores, y por último, las existencias finitas, lo que llama territorios.

La arquitectura tiene una vocación termodinámica y siempre la ha demostrado. Luís Fernández Galiano en su libro “El fuego y la memoria” <sup>[31]</sup> hace un profuso repaso histórico y crítico de las diversas transformaciones que ha tenido en la historia, desde la arquitectura fría a la caliente dibujando una dimensión ambiental entre el tiempo y la energía. Ocupar un espacio no es sino establecer un conjunto de transferencias entre la materia y la energía, y como escribe Galiano la arquitectura es un sistema termodinámico abierto y atravesado constantemente por flujos de energía y materiales. Los equilibrios y las organizaciones espaciales adquieren de esta manera un conjunto de formas que pueden explicarse desde la síntesis de materiales y flujos. El espacio de la arquitectura es un espacio térmico, es construcción y combustión y en él hay siempre una dimensión de lo visible y lo material a la que se le superpone sutilmente lo intangible y lo invisible e inmaterial. En esto reside su fuerza.



ARQUITECTURA  
ENERGÍA  
RECICLAJE  
AMBIENTE  
ECOLOGÍA

30. GUATTARI, Félix: *Chaosmosis: an ethico-aesthetic paradigm*. Traducción Paul Bains y Julian Pefanis. Indiana University Press: Bloomington, 1995

31. FERNÁNDEZ-GALIANO, Luís: *El fuego y la memoria: sobre arquitectura y energía* Alianza Editorial: Madrid, 1991