

REIA #03 / 2015  
224 páginas  
ISSN: 2340-9851  
www.reia.es

---

## Nieves Mestre Martínez

Universidad Europea Madrid / [nieves.mestre@uem.es](mailto:nieves.mestre@uem.es)

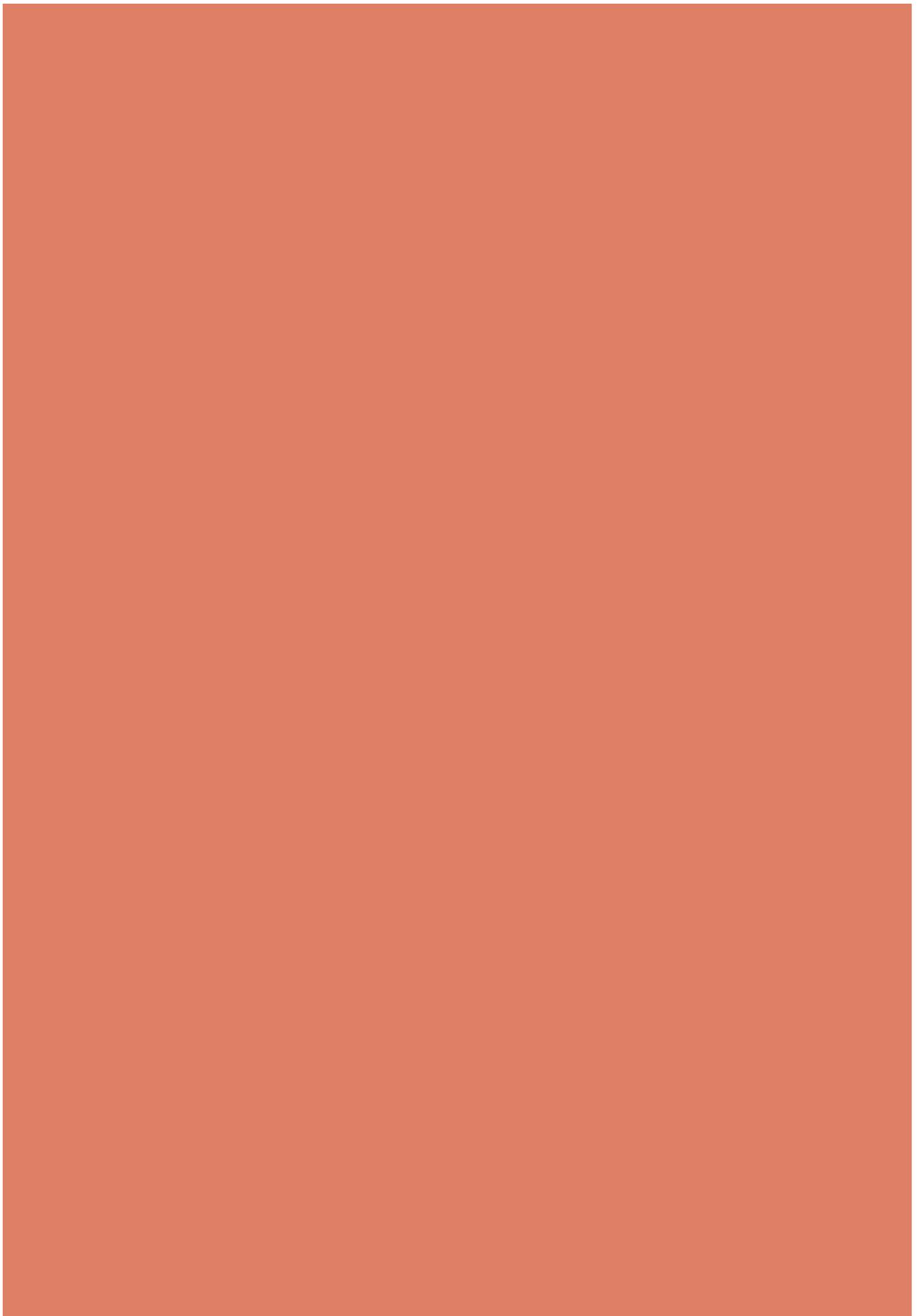
### *Del rendimiento eficiente a la forma ecológica. Por una arquitectura redundante / From efficient performance towards ecological form. For a redundant architecture.*

Este texto pertenece a la tesis doctoral “De la eficiencia energética a la redundancia ecológica. Itinerario conceptual y Sintaxis razonada del híbrido arquitectónico”, presentada por la autora en febrero de 2014. La investigación trata de hallar la correspondencia entre la táctica híbrida en el proyecto de arquitectura y el rendimiento ecológico del mismo. Dichos términos, forma y rendimiento, se sitúan tradicionalmente en polos opuestos del proceso proyectual: esta aparente desconexión se ha considerado sin embargo en términos de complementariedad estratégica, ya que lo ecológico carece de un consenso figurativo en la misma medida que no existe constancia de un rendimiento específico de la arquitectura definida como híbrida. El texto trata de transferir los conceptos genéricos de forma contextual, forma eficiente y forma atractiva hacia los procedimientos de adyacencia, diferenciación y repercusión dimensional. Una nueva independencia híbrida no definida por la estandarización y la eficiencia, sino por la diferenciación y la redundancia.

This article belongs to the PhD thesis “From energy efficiency towards ecological redundancy. Survey and new syntax of architectural hybrids” defended by the author in February 2014. The research aims to find the correspondence between hybridization technique in architecture design and its ecological performance. These terms, related to form and performance, are traditionally placed on opposite poles of the creative process; this apparent disconnection is however considered strategically in terms of a possible complementarity, because ecological architecture lacks a formal consensus to the same extent there is no evidence of a specific performance of that architecture defined as “hybrid”. The text seeks for transferring the concepts of contextual form, efficient form and attractive form towards the proceedings of adjacency, differentiation and dimensional repercussion. A new independency not defined by standardization and efficiency, but rather by differentiation and redundancy.

---

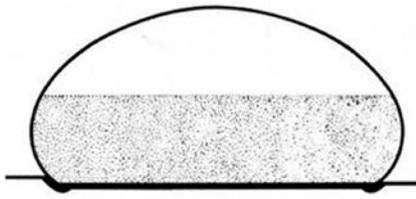
Redundancia ecológica, eficiencia energética, adyacencia, simbiosis, ecología, agregación, heterotopía.  
/// Ecological redundancy, energy efficiency, adjacency, symbiosis, urban ecology, aggregation, heterotopy



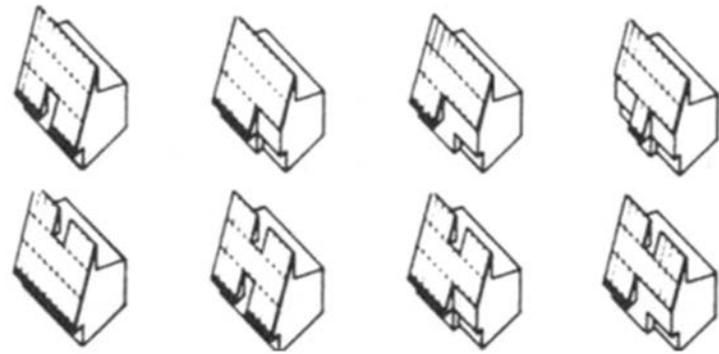
Después de 50 años de “espacio intensamente acondicionado”, el debate formal motivado por el control mecánico del ambiente sobre la disciplina arquitectónica parece obsoleto (Rahim 2005: 177). En la contemporaneidad la discusión se activa en torno a la posibilidad de un consenso figurativo formulado desde distintas agendas para una arquitectura decididamente ecológica. El asunto se inauguró en el contexto anglosajón de los años 50, con una serie de autores<sup>1</sup> decididos a buscar el lenguaje más adecuado para esta “nueva naturaleza” (Vidler 2010: 34). Sus claves debían distinguirse del repertorio bioclimático de la Modernidad, pero también definirse frente a la retórica artefactual del estructuralismo Posmoderno. A pesar de las cada vez más exigentes especificaciones de evaluación energética, este sigue siendo hoy<sup>2</sup> un debate abierto entre un “*eco-mannerismo*<sup>3</sup> radical” y un racionalismo ecológico (Kallipoliti 2010: 14).

Se propone a este respecto un análisis comparado sobre los trabajos de Susannah Hagan y Lance Hosey<sup>4</sup> que, frente a tratados más técnicos, tratan de establecer una agenda práctica en clave de diseño sostenible; una relación holística entre la técnica ambiental y sus medios expresivos. Partiendo de entornos geográficos y culturales muy distantes<sup>5</sup>, sendos textos coinciden en la definición práctica de tres principios formales complementarios: diferenciación o forma eficiente; simbiosis o forma contextual; y visibilidad o forma atractiva.

1. Como Reyner Banham, Colin Rowe o John Summerson en representación de posturas tan alejadas como el *tecno-futurismo*, el formalismo o el funcionalismo (Vidler 2010).
2. Numerosos títulos publicados a partir del 2000 como *Taking Shape*, *The shape of green*, *Aesthetics of Sustainable Architecture*, *Design Ecologies*, *The environmental imagination*, *Morpho-ecologies*, *Solar Aesthetic*, *Green Shift*, etc... así lo avalan.
3. El término se vincula al “*Super-mannerism*” acuñado por Ray Smith en 1977 (Kallipoliti 2010: 124).
4. *Taking Shape: A new contract between architecture and nature* (Hagan 2001) y *The Shape of Green: Aesthetics, ecology and design* (Hosey 2012)
5. Hagan es arquitecta, profesora e investigadora de la escuela de Arquitectura del *London Royal College of Art*. Hosey es arquitecto y director del área en sostenibilidad en la consultora norteamericana RTKL; sus perfiles se decantan respectivamente entre la academia y la estricta práctica profesional.



Forma solar plana frente a forma térmica esférica. Modelos de casa solar, según L.F. Galiano, 1991. Oil Storage Tanks, Frei Otto, 1959



### De la forma eficiente a la redundancia

Descrito como eficiencia o diferenciación<sup>6</sup>, el término en ambos autores reivindica la diversidad tipológica en la arquitectura de las distintas franjas climáticas del planeta frente al poder unificador de la tecnología. Ambos autores<sup>7</sup> defienden una forma específica, y no genérica, capaz de responder adecuadamente a exigencias ambientales específicas. La forma arquitectónica se define así en atención prioritaria a solicitudes climáticas ideales y por tanto estacionarias en el tiempo: estas pueden ilustrarse con los casos tipo relativos a forma térmica, forma solar y forma aerodinámica.

La forma térmica se refiere al grado de exposición entre la temperatura interior y exterior<sup>8</sup> del espacio y se concreta en el área y conductividad de la superficie de contacto entre ambas –o cerramiento–. En términos de geometría, una forma térmica eficiente correspondería pues a un bajo coeficiente de forma<sup>9</sup> y podría describirse como el máximo volumen alojado en la mínima superficie. La mínima resistencia daría lugar a envolventes compactas de baja conductividad térmica, paradigma que define prototipos habitables de larga tradición como la cabaña continental o el iglú. Si, por el contrario, la forma busca facilitar el intercambio de calor –y en ese sentido sería *anti-térmica*– dicho cociente debería maximizar su valor. Estaríamos frente a superficies denticuladas o plegadas que explicarían tanto la morfología del conducto intestinal como el perfil de un arrecife coralino<sup>10</sup>.

6. El término se importa de nuevo desde la biología, contexto en el que indica especialización celular. La diferenciación es una característica de especialización de todos los sistemas naturales, ya sea entre células dentro de un tejido, entre tejidos dentro de un organismo, entre organismos o comunidades y especies en un ecosistema.
7. Hagan distingue una diferenciación tipológica de otra diferenciación orgánico-técnica. La primera se basa en un repertorio de sistemas pertenecientes a la tradición cultural –celosía islámica, chimenea nórdica, captador de viento pakistaní, patio mediterráneo–. La segunda se define como el resultado de la interacción compleja entre componentes dispares y puede vincularse a determinados comportamientos de la materia orgánica (Hagan *op. cit.*).
8. La forma térmica habla en realidad de la permeabilidad de la envolvente, no solo como transferencia térmica por diferencia de temperatura, sino también transferencia de aire y humedad. Bachman, L. 2003. Integrated Buildings. The system basis of architecture. John Wiley & Sons. New Jersey.
9. Relación entre área y volumen. Las primeras consideraciones energéticas en torno al factor de forma fueron enunciadas por Victor Olgyay. Olgyay, V. 1963 Design with climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism. Princeton University Press. Nueva York.
10. Thompson (1961) emplea estos ejemplos al explicar cómo distintos órganos humanos y animales han maximizado su superficie de absorción durante su proceso de evolución morfológica.

Los prototipos *Dymaxion* y *Wichita* ensayados por Buckminster Fuller entre los años 30 y los 50 del pasado siglo ensayaron la eficiencia de la forma térmica en base a una geometría cupular y la construcción monocasco. Esta geometría reduce notablemente la resistencia térmica en invierno, pero su efecto refrigerante en verano es insuficiente para conseguir condiciones de habitabilidad aceptables<sup>11</sup>. Esta controversia le llevará años después a comparar el dentado *skyline* de Manhattan<sup>12</sup> con las aletas de refrigeración de un motor: una situación beneficiosa en verano, pero difícilmente sostenible para mantener el calor en la estación invernal (Steadman 1979). En un clima como el de Nueva York, el problema de la refrigeración es más exigente que el de la calefacción, lo cual explica en parte su disposición urbana (*ibid.*). Una misma geometría es por tanto difícilmente eficiente ante hipótesis térmicas sucesivas de verano e invierno, circunstancia que haría deseable una forma bimodal<sup>13</sup> o, como veremos, redundante.

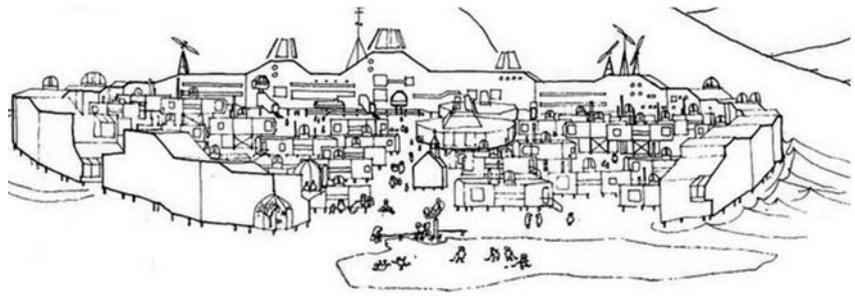
Aunque la esfera es la forma más eficiente en términos de acumulación térmica, un rectángulo plano orientado al sur ofrecería una mejor captación para la radiación solar en invierno y una más fácil defensa frente a la radiación del verano. Aparece entonces el concepto de forma solar, que a diferencia de la térmica, se basa más en la orientación y el tamaño de las superficies acristaladas que en su geometría. En ella, y debido a la variación de la trayectoria solar, la inclinación de las superficies captadoras respecto el plano vertical tiene mayor incidencia que su orientación sobre el plano horizontal. La forma solar es también bimodal, y lo es en mayor grado que la forma térmica<sup>14</sup>. En edificios de bajo coeficiente de forma en especial, la necesidad de exposición solar en la estación fría será reemplazada por una equivalente necesidad de protección solar en los meses cálidos<sup>15</sup>, lo que de nuevo haría recomendable una morfología híbrida.

Las investigaciones de Ralph Erskine y Frei Otto en los años 60 y 70 suponen revisiones clave del principio de eficiencia en la forma construida. Sus propuestas de ciudad en el polo persiguen una forma óptima como resultado de la combinación estratégica de forma estructural, térmica y aerodinámica. Sin embargo, y estando sometidas al mismo rigor

- 
11. Aunque la geometría esférica consigue reducir las cargas de calefacción y refrigeración ambos modelos renuncian casi por completo al aislamiento de la envolvente, cuyo rendimiento entonces es bastante cuestionable. Ver Chu, H. y Trujillo, R. 2009. *New View on R. Buckminster Fuller*. Stanford University Press.
  12. Observaciones que se concretan de forma efectiva sobre su *Dome over Manhattan* (1960), que se decanta claramente por una forma térmica de conservación, y puede considerarse una geometría antitética del perfil real de la ciudad.
  13. El diseño de Drop City por Steve Baer en 1965 supone una versión de la cúpula fulleriana hacia la reunión de forma térmica y forma solar. Ver Sargent Wood, L. 2010. *A more perfect Union. Holistic Worldviews and the Transformation of American Culture after World War II*. Oxford University Press.
  14. La forma aerodinámica tiene también carácter bimodal, aunque con un componente geométrico tridimensional mucho más complejo que obedece a un régimen de variación no cíclico.
  15. El efecto ábside puede reducir la necesidad de artefactos de sombra sobrepuestos a la envolvente. La geometría del nuevo Ayuntamiento de Londres Diseñado por Richard Rogers en 2010. produce su propia protección solar mediante una geometría ovoide, “que reduce hasta  $\frac{3}{4}$  la carga de refrigeración que requeriría un edificio de oficinas en esta latitud” (Hosey *op. cit.*: 39).



Frei Otto / Atelier Warmbronn.  
Envolvente para Ciudad Antártica 1970-71.  
Ralph Erskine Ciudad Ártica 1958.



climático, sus conclusiones geométricas son bien distintas: la ciudad Ártica de Erskine emplea un recurso híbrido de alta eficacia<sup>16</sup>, donde es fácil reconocer figuras que corresponden a cada una de las formas citadas. La primera es una construcción compacta con pocas ventanas en su lado norte, pero abierta al sur con balcones, miradores y galerías, maximizando así la superficie de captación solar. A su amparo, una serie de cubiertas escalonadas que funcionan como plano aerodinámico para desviar el viento sobre el edificio y maximizar la exposición solar. Este diseño, inspirado en construcciones árticas, responde a dos requerimientos climáticos diferenciados: captación solar y protección frente a viento<sup>17</sup>.

Diseñada una década más tarde, la ciudad Antártica de Otto<sup>18</sup> opta por una gran cubierta neumática que se sitúa sobre una arquitectura de aspecto megaestructural y escasa definición geométrica<sup>19</sup>. Pese a su potente implicación escalar la propuesta del alemán no confiaba tanto en la forma térmica o solar como en los suplementos mecánicos de respaldo<sup>20</sup>, nada menos que una central nuclear. La forma unitaria demostró su ineficacia para resolver por sí misma las elevadas exigencias energéticas de una atmosfera acondicionada al estándar de confort europeo.

Estos ejemplos demuestran los beneficios energéticos de la forma híbrida frente a una forma óptima unitaria y aluden a una diferenciación ya no referida al contraste de edificios entre sí (Hagan *op. cit.*) sino al “contraste del edificio consigo mismo” (Soltan 1996: 236). Una diferenciación capaz de operar simultáneamente en condiciones climáticas variables en el tiempo o a necesidades simultáneas de captación y acumulación energética.

16. Este modelo será empleado por Erskine en propuestas posteriores, siendo el conjunto *Bykerwall* en Newcastle la más difundida.
17. “*In the arctic, it is important to catch the sun and avoid the breeze; in the heat it is equally important to avoid the sun and catch the breeze*”. Oshima, T. 2005 “Interview with Ralph Erskine: Reflections on Six Decades of Design”. A+U nº 414.
18. Con 2km de diámetro puede considerarse heredera de la Cúpula sobre Manhattan que Fuller diseña en 1960, cuyo diámetro alcanzaba los 3 Km. Otto sustituye la estructura geodésica por una membrana neumática de menor peralte, que intenta corregir la inviabilidad constructiva del modelo antecedente.
19. Recuerda a las New Town británicas, y tiene en concreto un gran parecido con Cumbernauld Town Centre. Ver Murphy, D. 2014. Frei Otto’s Arctic City. IconEye Magazine. [www.iconeye.com](http://www.iconeye.com).
20. En este sentido la propuesta de Otto puede considerarse otra vez deudora de las investigaciones de Fuller en torno a la cúpula como vínculo entre máquina y naturaleza. Las referencias de *Skybreak*, *Climatron*, *Climatoffice* y *Biosphere* suponen sofisticados soportes de naturaleza mecanizada.

En términos biológicos, una forma híbrida o heterogénea se adecúa mejor a las variaciones externas que una forma unitaria. Esta adecuación se fundamenta en las afiliaciones múltiples que dicha forma permite mantener con el entorno inmediato; o sea, en los beneficios de una condición relacional hiperestática frente a un equilibrio isostático. La heterotopía de la Posmodernidad se transfiere pues desde un plano morfológico a uno energético y se convierte en síntoma de diseño ecológico (Hensel y Menges 2006). La coexistencia de heterotopía e interacción escalar se define como redundancia, y explica la resistencia de los agregados híbridos frente a entidades aisladas (Weinstock 2006)

La resistencia de los sistemas naturales “no se basa, como se ha pensado hasta ahora, en la eficiencia y la estandarización, sino en la redundancia<sup>21</sup> y la diferenciación” (Weinstock *op. cit.*: 27). La *redundancia morfológica* en biología describe la resistencia trófica derivada de la repetición de unidades estructurales en algunas especies de animales. Las formas redundantes permiten mantener la funcionalidad de dicha especie al tiempo que fomentan su evolución experimental. Aplicado a forma arquitectónica, dicha redundancia puede concretarse en la íntima combinación de morfologías definidas por oposición geométrica, lo que les permite adecuarse a la incertidumbre de la oscilación ambiental. La redundancia morfológica en el diseño supone por tanto una “actualización completa del concepto de forma óptima” de la Posmodernidad, que a su vez sustituyó al de forma mínima de la Modernidad (Spuybroek 2008: 198).

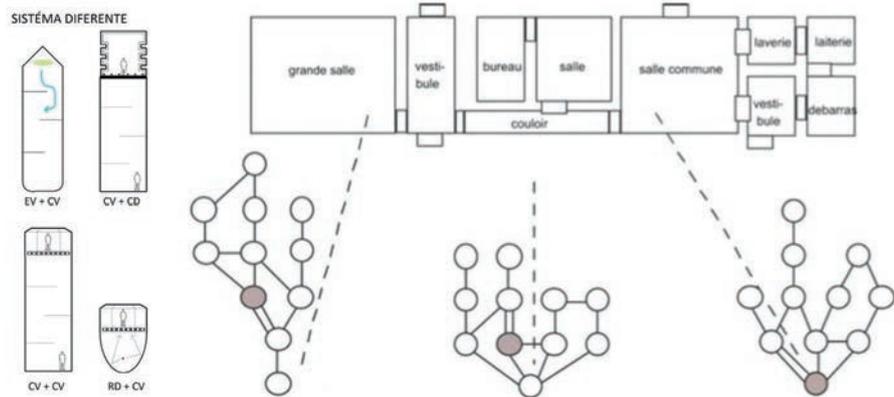
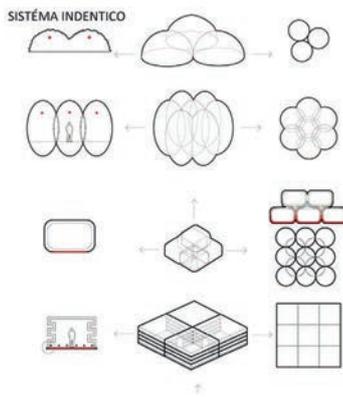
### **De la forma contextual a la sintaxis ecológica**

La forma contextual descrita por Hosey y Hagan se centra en los vínculos estrechos y universales entre construcción y su entorno, y puede considerarse el *sine qua non* de la sostenibilidad. Según Hagan (*op. cit.*: xviii) el término simbiosis define una “relación reactiva y no enfrentada de la arquitectura respecto al medio”, propuesta que ha sido ya defendida por muchas agendas de diseño eficiente. Más concretamente esta hipótesis define un entorno construido que “combata la entropía al modo en que lo hace un sistema natural” según la segunda ley de la termodinámica (*ibid.*: 101). Esta asunción otorgaría al edificio una capacidad metabólica muy elocuente para el diseño, que sin embargo no llega a concretarse en el texto.

Habiendo definido ya la necesidad de una forma bimodal que responda a la incertidumbre ambiental, parece razonable describir a su lado los criterios de colindancia que concreten esta condición de reactividad frente al medio. La simbiosis así definida haría referencia a unos criterios de posición relativa, por tanto contextuales en sentido estricto. Howard T. Odum fue uno de los primeros ecólogos en describir las leyes contextuales implicadas en el diseño de determinados ecosistemas, en base a

---

21. El empleo científico del término surge de la Teoría de la Información de 1924 de Harry Niquist, quien lo acuñó en referencia a las partes prescindibles de un mensaje en favor de una mayor economía. Con la teoría de la Comunicación de Shannon y Weaver en 1948 se demuestra que la redundancia reduce el porcentaje de errores y se considera “fuente de creatividad e innovación”. Ver Ballart, X. 1993. Teoría de la Organización, vol. 2. La dinámica organizativa. Pp.: 226.



Métodos de Sintaxis espacial por Hillier y Hanson (Bartlett School of Architecture 1989) y por Ábalos (ETSAM 2011). Propuesta de F. Franganillo, J. Michavlow, y J. Gómez. Prof. R. Sentkiewicz en el Taller de Gramática y Sintaxis espacial Termodinámica de I. Ábalos en la ETSAM, UPM (Octubre 2011).

sus formas de transferencia energética –producción y respiración–. Sus estudios distinguen los ecosistemas verticales, basados en vectores de transferencia lineal, de los horizontales, basados en patrones radiales. A escala macroscópica existe una predominancia de los sistemas verticales apilados, derivada de la supremacía de la fuerza gravitatoria y el vector solar frente a otras acciones<sup>22</sup>.

En todo caso puede distinguirse una condición de contigüidad o adyacencia ineludible en todos los sistemas ecológicos, tanto naturales como industriales. Esto obedece a los elevados costes asociados al transporte de residuos, que obviamente resienten su rentabilidad. Cuanto más corto sea el circuito de transporte “más eficiente es el aprovechamiento de los materiales y la energía“(Bermejo 2005: 53). El grado de adyacencia entre los puntos de producción y consumo de un ecosistema<sup>23</sup> es por ende proporcional a la eficacia del mismo (Odum 1971: 136). La condición de adyacencia en la arquitectura con pretensión ecológica debe ser pues interpretada en configuraciones espaciales concretas. Ábalos (2011: 3) rescata la sintaxis espacial de Hillier y Hanson y apuesta por una “sintaxis espacial termodinámica”<sup>24</sup>. Sus leyes de transferencia definen agregaciones híbridas por colindancia lateral, apilación vertical, circunscripción concéntrica u otras formas de penetración más complejas.

La agregación entendida como ensamblaje<sup>25</sup> es de hecho una de las técnicas compositivas más extendidas en la Posmodernidad. Se deriva

22. La adyacencia lateral o radial predomina por el contrario a escala molecular, donde prevalece la acción electrostática frente a la gravitatoria.

23. En un bosque la producción primaria la realizan las hojas en la copa del árbol, que al descomponerse en el suelo son captadas por las raíces. En un arrecife esta distancia es la que existe entre las algas verdes microscópicas y las especies embebidas en las mismas. Este hecho puede “explicar el extremadamente eficiente reciclado de materiales que se produce” en el segundo. Ver Jansson, A.M. y Jansson, B.O. 1994. “Ecosystems Properties as a Basis for Sustainability”. Investing in Natural Capital. Island Press.

24. El taller realiza una investigación sobre forma y optimización energética, planteado sobre una unidad experimental híbrida, compuesta por espacios demandantes y disipadores de energía.

25. Término traducido del francés *assemblage*, cuyo origen puede atribuirse a las composiciones de Kurt Schwitters entre 1918 y 1947. Sin embargo según Francisco de Gracia la práctica heterotópica en arquitectura debe distinguirse “del collage o ensamblaje aleatorio”. Ver De Gracia, F. 1992. Construir en lo construido: la arquitectura como modificación. Ed. Nerea, Guipúzcoa. (Pp. 164)

de una acumulación espontánea y heterogénea con un resultado formal provisional, desprovisto en cierta forma de finalidad artística. Su caracterización final puede considerarse pues híbrida, impura y “antítesis del decoro moderno” (Baker 2000: 99). Sin embargo “ni la estética de la Modernidad ni los valores filosóficos del Humanismo” pueden enfrentarse a la superioridad funcional de las formas híbridas (*ibid*: 99). Además de caracterizar la producción posmoderna, la agregación como estrategia compositiva es también rasgo distintivo de diseño ecológico frente al diseño mecánico precedente (Hensel y Menges 2006).

### **De la forma atractiva a la repercusión dimensional.**

El principio de “visibilidad” de Hagan (*op. cit.*: xi) coincide con el de “forma atractiva” en Hosey (*op. cit.*: 7). Con independencia de la forma reactiva y la forma eficiente descritas, ambos autores coinciden en requerir para la arquitectura ecológica una forma visualmente atractiva, de forma que desarrolle una cultura experimental nueva y consciente de sí misma (Hagan *op. cit.*).

La exigencia de una ecología visual se ha demostrado históricamente con la preferencia de la arquitectura por los referentes orgánicos frente a los mecánicos (Ingersoll 1996). El término *biofilia*<sup>26</sup> expresa literalmente *amor a lo vivo*, y se concreta en la preferencia estética<sup>27</sup> por los referentes naturales (*ibid.*; Hosey *op. cit.*). Aplicada a arquitectura ha consistido en proporcionar conexiones efectivas o visuales con el entorno natural y según Hosey (*op. cit.*: 47) puede ser de tipo literal, facsímil o evocativo<sup>28</sup>. La biofilia evocativa existe en la tradición arquitectónica, y puede considerarse la base del manifiesto constructivista con el que Konstantin Mélnikov trató de fomentar determinadas geometrías dinámicas frente al mecanicismo estático.

En lugar de una puesta en escena de factura “verde” se propone visualizar de forma explícita los exigentes requisitos dimensionales ligados a lo energético: una repercusión dimensional especialmente relevante en lo que se refiere a la acumulación térmica. El problema del almacenamiento carece de hecho de “precedentes de lenguaje en la arquitectura moderna” y por tanto, requiere de invención creativa a partir de la Posmodernidad (Smithson 2001: 475).

Los arquitectos de finales del XIX encontraron recursos formales adecuados para incorporar sistemas de acondicionamiento muy voluminosos dentro de la construcción tradicional, evitando con ello un debate contingente sobre la forma (Hawkes 1994). Cuando Sir Charles Barry

---

26. Término tomado de *Biophilia*, escrito en 1984 por Edward O. Wilson. Su autor es también coautor del término *biodiversidad* (*ibid.*).

27. Desde los tratados de Vitrubio hasta el revival organicista de la posmodernidad, la referencia al entorno natural puede considerarse un invariante del canon de belleza (*ibid.*).

28. Esta clasificación se hace en base a los estudios de la psicólogo ambientalista Judith Heerwagen (*ibid.*)

era el arquitecto encargado de la reconstrucción de la Cámara de los Comunes, el ingeniero David Boswell Reid propuso emplear la extracción de aire por sifón térmico. El sistema diseñado por Reid era tan voluminoso que “rivalizaba en escala con el espacio de la Cámara” (Gissen 2005: 193). Una de las primeras objeciones que Barry opuso a su ingeniero era precisamente el enorme volumen del edificio que se vería implicado en la operación, con lo que la potencial eficacia del sistema fue desestimada<sup>29</sup> para no hipotecar la formulación estética del edificio (*ibid.*).

Los arquitectos siguen asumiendo hoy mayores compromisos con la intensificación tecnológica a pequeña escala que por el compromiso dimensional que implican sistemas como los bioclimáticos (Porteous 2001). En la que puede considerarse la primera investigación de casa solar, los investigadores del MIT partieron de los colectores de bobina de cobre añadiéndoles un innovador sistema de almacenaje térmico. Este dispositivo, tan innovador como voluminoso, confiaba en el poder calorífico del agua y demostró pronto su ineficacia. En el caso de la energía solar el problema del almacenamiento es especialmente crítico, dado que la mayor demanda se distancia en meses respecto a la mayor producción.

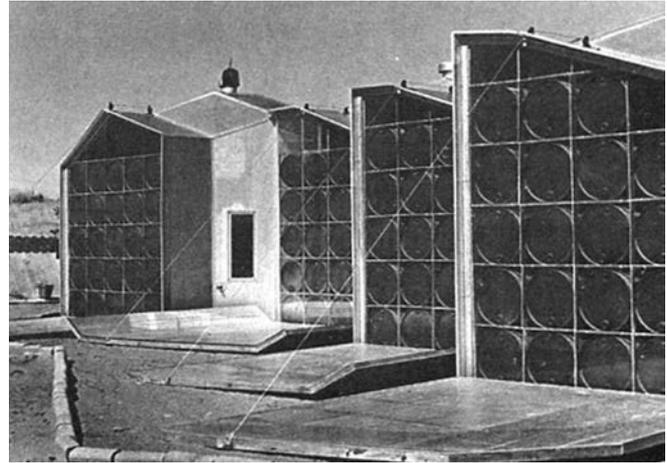
Esta coyuntura y su relevancia en el diseño es patente en las viviendas solares diseñadas entre los años 30 y 70. En estos prototipos, en lugar de domesticar la tipología de invernadero para mejorar su habitabilidad, se partía de modelos de vivienda para optimizar su adecuación solar (Vale y Vale 1975). Son por eso “casas” solares y no invernaderos habitables, que priorizan los requisitos del espacio habitable sobre el espacio productivo. La superficie del dispositivo captador oscila entre el 40 y el 100% de la superficie de la casa, pero su geometría plana se acomoda fácilmente al plano de cubierta y no supone así una penalización de diseño relevante<sup>30</sup>. Pero las imponentes dimensiones del dispositivo acumulador, que se abordan con rigor sólo en los primeros prototipos, consumen entre el 40 y 50% del volumen total de la casa. El problema principal era por tanto determinar un acuerdo entre “la viabilidad económica del volumen de acumulación” y el consumo energético del equipo de respaldo (*ibid.*: 190). Esta repercusión espacial y económica provocó una paulatina reducción de su tamaño y una simétrica mengua de su eficacia.

El sistema de acumulación por agua fue puesto en jaque a través de la *Dover House* diseñada por María Telkes y Eleanor Raymond en 1947. El dispositivo almacenaba la energía a través del cambio de estado reversible de determinadas sales, lo cual reducía considerablemente el volumen y multiplicaba hasta siete veces la capacidad calorífica de las primeras experiencias (Vale y Vale *op. cit.*). La obsolescencia de la acumulación salina hizo retomar la acumulación por agua, lo que en hipótesis de auto-

---

29. Según Peter Collins, Barry no abandonó la propuesta de Reid por completo, cuya impronta puede verse en las chimeneas de ventilación. Ver Collins, P. 1965. *Changing Ideals in Modern Architecture. 1750-1950*. Mc Hill University Press. Montreal

30. La adecuación tipológica estricta a una geometría eficiente obligaría a una inclinación de 67° en cubierta que provocaría gran cantidad de espacio no habitable. Las casas solares suelen optar por una cubierta asimétrica que responde a las necesidades de habitabilidad y captación de forma razonable. Para un estudio gráfico de este razonamiento ver Vale y Vale (*op. cit.*: 21-27).



-----

Ocultamiento y evidencia del almacenamiento energético en el espacio habitable. Casa Solar I del MIT (1936). Casa Solar Zomework de Steve Baer, Albuquerque (1971)

nomía realistas obligaba a depósitos de gran tamaño. El proyecto de la *Autarkic House* de Alexander Pike en 1977<sup>31</sup> supuso una síntesis formidable entre tecnología ambiental y geometría solar. Las dimensiones del colector solar superaban la superficie útil de la casa y requerían de un tanque de 18 m<sup>3</sup>, capaz de asegurar el almacenamiento necesario para el trascurso del invierno. Una de las últimas experiencias registradas, la *Garston House*, dispone de un depósito de 40 m<sup>3</sup> semienterrado, el mayor depósito solar instalado en Inglaterra. Su tamaño relativo, similar al de la primera MIT<sup>32</sup>, permitía que el dispositivo pudiera “resolver el almacenamiento estacional de forma viable” (Behrman 1979: 269). Pero pocas como la de Steve Baer en Nuevo México supieron aprovechar el potencial figurativo de esta exigencia dimensional. El espacio de almacenamiento se resuelve con una serie de bidones llenos de agua que constituyen además el cerramiento del prototipo, regulando su emisividad con un panel abatible que reduce así su exigencia dimensional (Vale y Vale *op. cit.*).

La traducción dimensional visible de los datos de demanda y rendimiento energético se está reivindicando desde distintas agendas sostenibles como garantía de un consumo consciente<sup>33</sup>, pero también puede resultar muy elocuente para el diseño. En *Meta City Data Town*<sup>34</sup>, MVRDV trabaja con hipótesis de máximos de cara a obtener conclusiones relevantes. Los datos absolutos de consumo energético y residuos de esta ciudad genérica se traducen en volúmenes colosales de configuración variable. Aplicados a distintas densidades, estos datos definen una ciudad infraestructural visible, una alternativa a la ingeniería oculta del *Plan Haussmann* (Gissen 2005). Las hipótesis de *Data Town* permiten visibi-

31. Diseñada al amparo académico de la Universidad de Cambridge, la casa tiene de nuevo muchas similitudes formales y conceptuales con la investigación de Fuller, en especial el prototipo *Dymaxion*.

32. La cual según Vale y Vale (*op. cit.*: 198) era la única que hasta la fecha habría conseguido resolver el almacenamiento estacional.

33. Los efectos de visibilizar la repercusión energética del consumo de edificios y vehículos, o la energía embebida del diseño se analizan extensamente en Thackara, J. 2010. “Metrics, or Aesthetics”. *Green Dream. How Cities can outsmart nature*. The Why Factory y Nai Publishers, Rotterdam. Pp.: 248-258

34. La hipótesis se diseña sobre una ciudad autosuficiente de 400 km<sup>2</sup> y una población 4 veces superior a la de Holanda. MVRDV, 1999. *Meta City Data Town*. 010 Publishers, Rotterdam.

lizar los flujos de materia y energía que normalmente discurren por el subsuelo. Para una hipótesis de total autonomía la relación dimensional entre espacios servidores y servidos es muy relevante: producción de oxígeno 7%; producción de energía, en este caso eólica, 48%; producción agropecuaria 45%; depósitos de agua 12%; gestión de residuos sólidos 15%. Cualquiera de ellas supera con mucho al espacio suministrado, el sector vivienda, que ocupa un 5% del total. Pero los destinados a producción energética y agrícola son especialmente exigentes, llegando a consumir más de un 90% del espacio considerado<sup>35</sup>.

La intensificación tecnológica ha favorecido la reducción drástica de un sinnúmero de objetos tecnológicos<sup>36</sup> en las últimas décadas (Hosey *op. cit.*), con un aumento inversamente proporcional de su huella ecológica<sup>37</sup>. La proporción ineludible entre energía y dimensión fue establecida por Darcy Thompson: la relación física entre la dimensión de un organismo y su ganancia o pérdida de energía son bien conocidas. Esta relación metabólica— establecida por el cociente  $P/G$ <sup>38</sup>— aumenta al disminuir el tamaño del sistema, con lo que un sistema más pequeño tendría proporcionalmente más pérdidas de energía que uno grande (Thompson 1961). Menos conocidas son sus analogías con barcos de vapor, donde la “energía real desarrollada” por la máquina obedece a la proporción entre la dimensión del casco y la destinada al cuarto de calderas (*ibid.*: 39). La repercusión dimensional entre espacios productores y consumidores de energía es por tanto un dato relevante quizá poco explotado en términos visuales.

Se ha buscado la traducción de los conceptos genéricos forma contextual, forma eficiente y forma atractiva hacia los procedimientos operativos de redundancia, adyacencia, y repercusión dimensional. Estos implican una figuración *performativa* que acerca definitivamente los valores de forma y rendimiento, alejados tradicionalmente a uno y otro lado del proceso de proyecto. En ese sentido la forma ecológica supone un desafío a la tradicional aproximación al proyecto por medio de “intuiciones tectónicas” (Najle 2012).

---

35. Nótese debido a los solapes espaciales entre algunas funciones, la suma de porcentajes netos superaría un 100%.

36. La tendencia a reducir el tamaño de objetos y edificios gracias a la tecnología fue ya augurada por Buckminster Fuller. “A mayor sofisticación tecnológica en el diseño, menor dimensión del producto” (Hosey *op. cit.*: 35).

37. El *MacBook Air* fue vendido como el portátil más sostenible del mercado, cuyas emisiones en 4 años eran comparables a las de un coche en un mes. Pero las emisiones derivadas de su construcción por unidad de peso son 40 veces más elevadas que las relativas a la fabricación de dicho coche (*ibid.*: 36).

38. Donde P es el calor perdido por radiación y G el ganado por oxidación. ambos varían pues proporcionalmente a la superficie (*ibid.*).

## Bibliografía

- ÁBALOS, I. 2011. Campos prototipológicos termodinámicos. Laboratorio de Técnicas y Paisajes Contemporáneos. Colección de Textos Académicos ETSAM UPM nº III. Mairera Libros, Madrid.
- BAKER, S. 2000. The Postmodern animal. Reaktion Books. Londres.
- BEHRMAM, D. 1979. Solar Energy: The awaking science. Routledge. Londres.
- GISSSEN, D. 2005. "APE". Design Ecologies: Sustainable potentials in Architecture. Princeton Architectural Press. Pp: 62-76.
- HAGAN, S. 2001. Taking Shape. A new contract between architecture and nature. Butterworth Heinenmann, Oxford.
- HENSEL, M. y Menges, A. 2006. Morpho-ecologies. Towards heterogeneous space. AA Publications. Londres.
- HOSEY, L. 2012. The Shape of green: Aesthetics, ecology and design. Island Press. Washington.
- INGERSOLL, R. 1996. "Second nature: on the social bond of ecology and architecture". Reconstructing Architecture. Critical Discourses and Social Practices. p. 119-220.
- KALLIPOLITI, L. 2010. "No more Schisms". EcoRedux. Design Remedies for an Ailing Planet. AD vol 80 nº 6. Pp.: 14-24.
- NAJLE, C. 2012. "A few secrets of the Post-Gravitational Archaic". Thermodynamics applied to Highrise and mixed-use prototypes. Harvard School of Design. Pp: 117-120.
- ODUM, H. T. 1971. Environment, Power and Society. John Wiley & Sons. New Jersey.
- PORTEOUS, C. 2001. The new eco-architecture. Spon Press, Londres.
- SMITHSON, A. y P. 2001. The charged Void: Architecture. Monacelli Press, Nueva York.
- STEADMAN, P. 1979. The evolution of Design. Biological analogy in Architecture and the applied arts. Routledge. Londres.
- SPUYBROEK, L. 2008. "Machining architecture". The Architecture of Continuity. Essays and Conversations. V-2 Publishing. Pp: 184-208.
- RAHIM, A. 2005. "Performativity: beyond efficiency and optimization in architecture". Performative Architecture: Beyond instrumentality. Pp: 177-193.
- THOMPSON, D. 1961. On Growth and form. Cambridge University press. Cambridge.
- VALE, R. y VALE, B. 1975. The Autonomous House. Design and Planning for self-sufficiency. Thames and Hudson, Londres.
- VIDLER, A. 2010. "Whatever happened to ecology. John McHale and the Bucky Fuller revival". EcoRedux. Design Remedies for an Ailing Planet. AD vol 80 nº 6. Pp.: 24-44.
- WEINSTOCK, M. 2006. "Self-Organization and the Structural Dynamics of Plants". Techniques and Technologies in Morphogenetic Design. Architectural Design vol. 76 nº2. April. Pp.: 26-33.

