

## PONENTE

70/85

## TÍTULO

**“A Wall for all Seasons”, un modelo sostenible de “piel” tersa de vidrio**

## AUTOR

**Rosana Rubio Hernández.**

Universidad Camilo José Cela. “Doctor Arquitecto (UPM ETSAM, 2016), Premio Extraordinario de Doctorado UPM 2015-16”. Doctor Arquitecto (UPM ETSAM, 2016), Master in Advanced Architectural Design and Research (GSAPP Columbia University, 2008) y Arquitecto (UPM ETSAM, 1999). Compagina su labor profesional con la docencia y la investigación. Actualmente Profesora Asociada y Secretaria Académica en la ESAyT de la Universidad Camilo José Cela (Madrid). Anteriormente docente en la Universidad Antonio de Nebrija (2013-2014), Universidad Pontificia de Salamanca (2010-2015), University of Virginia School of Architecture (2008-10) y en la ETSAM (2004-05). Profesora invitada en la School of Architecture University of Liverpool (2010-13). Becaria de la Fundación Rafael Escolá (2002-04) y de la Fundación la Caixa (2006-08). Entre 2007 y 2011 responsable de las exposiciones asociadas a The Columbia University Conferences on Architecture, Engineering and Building Materials.  
rrubio@ucjc.edu

## **“A Wall for all Seasons”, un modelo sostenible de “piel” tersa de vidrio. “A Wall for all Seasons”, a sustainable model of a smooth glass “skin”** \_Rosana Rubio Hernández

### **METODOLOGÍA**

Las experiencias y métodos de investigación que voy a explicar a continuación dieron lugar a mi tesis doctoral, de la que derivaron posteriormente otros escritos; entre ellos el que nos ocupa: “A Wall for all Seasons”, un modelo sostenible de “piel” tersa de vidrio.

El título del escrito hace alusión al artículo del arquitecto británico Mike Davies, publicado en 1981 por el *RIBA Journal*, “A Wall for all Seasons”, que no solo es el centro de la investigación objeto de esta ponencia, sino que dio origen a todo mi trabajo en torno al vidrio; explicaré el por qué.

Conocí ese texto en 2002 (19 años después de su publicación) mientras realizaba los cursos de doctorado en la ETSAM, y despertó mi interés lo que Davies imaginaba como un nuevo tipo de vidrio de altas prestaciones, compuesto por capas micrométricas, con capacidades inéditas de interacción con la luz. Estos nuevos vidrios serían receptivos a los estímulos del entorno, y con capacidad de adaptar dinámicamente sus propiedades, energéticas y visuales, a condiciones imprevistas (climáticas, de uso, de ocupación, etc.), conservando, al mismo tiempo, la calidad tersa de las fachadas de las primeras propuestas de rascacielos de Mies van der Rohe. Me sedujo la analogía que Davies establecía entre la fachada de vidrio y la piel orgánica, en cuanto a su capacidad de regulación climática, sin necesidad de incorporar prótesis añadidas.

Casualmente, ese mismo año, supe de una convocatoria de beca de investigación de la Fundación Rafael Escolá, en la que solicitaban propuestas para desarrollar, durante dos años, un proyecto de investigación aplicada sobre arquitectura sostenible. Recordando el artículo de Davies, concurrí a la convocatoria con un proyecto de fachada de vidrio, inspirada en su modelo, con el que obtuve la beca. Los primeros meses de trabajo consistieron en analizar el estado de la cuestión en lo referente a las últimas tecnologías aplicadas al vidrio, seleccionar la más interesante para producir un prototipo y establecer contactos con empresas e institutos de investigación que pudieran estar interesados en desarrollarlo. La tecnología seleccionada, de entre todas las posibles, fue el electrocromatismo, una propiedad que exhiben algunos materiales de oxidarse y reducirse de forma reversible (con la consecuente variación de coloración y permeabilidad a la radiación solar visible y térmica), al pasar por ellos una corriente eléctrica de reducido voltaje. El prototipo se desarrolló en el Laboratorio Ångström de la Universidad de Upsala en Suecia, en colaboración con el laboratorio de Domótica Integral de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicaciones de la UPM, junto con la empresa Guardian Glass. El resultado fue un sándwich de vidrio pixelado, que incorporaba una serie de capas micrométricas, que se activaban mediante un sistema informático, cumpliendo con una doble función como filtro solar variable y pantalla de información.

Con esta experiencia vi materializados con éxito (el prototipo recibió varios premios) algunos aspectos del modelo de Davies y comprendí el interés que podía tener para la arquitectura. Pero también descubrí las dificultades técnicas que entraña el trabajar con nuevos materiales, para lograr los efectos deseados; también me topé con una industria del vidrio resistente a invertir en investigación sobre estos nuevos vidrios de altas prestaciones (tal y como reconocía Davies en su artículo), con lo que no fue posible llevar el prototipo a un estadio más avanzado de desarrollo.

El rumbo que tomó mi trabajo sobre el vidrio a partir de ese momento, se vio motivado por el hecho de ser arquitecto y no sentirme satisfecha únicamente con el desarrollo tecnológico de ese material. La experiencia en la Fundación, había despertado mi curiosidad sobre el vidrio desde otros puntos de vista, como la historia y la teoría de la arquitectura y nuevamente tuve ocasión de ocuparme de estos otros aspectos, esta vez becada por la Fundación la Caixa, para cursar estudios de postgrado en la Graduate School of Architecture, Planning, and Preservation, de la Universidad de Columbia en Nueva York, de 2006 a 2008.

Allí pude concentrarme, como digo, en un trabajo teórico sobre el vidrio y otros materiales, de la mano de profesores como Michael Bell, Felicity Scott, Joan Ockman y Detlef Mertins; las teorías de los dos últimos sobre la analogía orgánica de la envolvente de vidrio, se mencionan en el artículo.

Esta investigación se materializó en el comisariado y diseño de una serie de exposiciones sobre la historia tecnológica y cultural de algunos materiales, entre ellos el vidrio, celebradas en Columbia entre los años 2007 y 2011, con motivo de The Columbia Conferences on Architecture, Engineering and Materials. En estas exposiciones se representaba con un

diagrama, el entramado de relaciones culturales y tecnológicas que tenía cada material con la arquitectura y con el proyecto de arquitectura. En el caso que nos ocupa, este trabajo me proporcionó la perspectiva histórica y teórica que me permitió ubicar el Wall for all Seasons en la línea genealógica que relato en el artículo.

Durante mi estancia en Columbia, también desarrollé otro prototipo de vidrio, en este caso utilizando la tecnología de los cristales líquidos, con la que se obtenían otros efectos de control de la radiación y de la producción de imágenes. El modelo se patentó provisionalmente en EEUU a través de la Science and Technology Venues de la Universidad de Columbia, pero nuevamente encontré la dificultad de llevar el prototipo a un estadio de desarrollo tecnológico mayor, aumentando mi escepticismo sobre la viabilidad real de materializar el modelo de Davies.

De vuelta en España comencé a escribir mi tesis doctoral, “El vidrio y sus máscaras. El sueño de la arquitectura de cristal”, en la que argumento el papel informativo que ha desempeñado el vidrio en la historia de la arquitectura, mediante modelos, incluido el Wall for all Seasons, ideados por una serie de visionarios. Mientras la redactaba y para cerrar el círculo, consideré oportuno entrevistarme con el último integrante de esta saga de “iluminados”, Mike Davies, para conocer al personaje que, de algún modo, había estado detrás de todo mi periplo y poder contrastar con él mis experiencias y preguntarle por su punto de vista actual sobre el modelo que había planteado, hace ahora treinta y seis años. En la entrevista me encontré con un hombre divertido, nada dado a las ideas convencionales (como denota su atrevido atuendo, que en él es casi un uniforme) y optimista incombustible en lo que al desarrollo tecnológico se refiere. Por supuesto, sigue creyendo en la validez de su modelo que, a pesar de su edad, espera aún ver realizado: sigue trabajando para ello. Como apunto en las conclusiones de mi artículo, yo soy más escéptica, pero secundo su confianza en algunos aspectos del modelo, no tanto en los relacionados con el control climático, que no han progresado mucho desafortunadamente, como en lo que respecta a la aplicación de estas tecnologías a las megapantallas de información, cuyo desarrollo e implantación urbana parecen imparables.

## TEXTO DE REFERENCIA

(Publicado en rita\_08)

### Palabras clave

Vidrio, piel, orgánico, energía, sostenibilidad, Mike Davies, high-tech, contracultura verde, RIBA Journal, Whole Earth Catalog.

Glass, skin, organic, energy, sustainability, Mike Davies, high-tech, green counterculture, RIBA Journal, Whole Earth Catalog.

### Resumen:

“A Wall for all seasons” es un modelo de envolvente adaptativa de vidrio multicapa, ideada por el arquitecto británico Mike Davies en los años 1980. Con él pretendía superar los problemas energéticos que plantea el material, sin perder la tersura característica del curtain wall miesiano. Este modelo es el último exponente de una analogía orgánica, que funda su razón estética en la naturaleza, en su condición de principio regulador de procesos. Analogía que fue adoptada por la cultura del vidrio de los años veinte del siglo XX, en las corrientes expresionista y constructivista y asimilada por el movimiento moderno, pasada por el high-tech británico y la contracultura verde norteamericana de los años setenta, que a su vez evoluciona hacia la cibernética. En el artículo se narra esta genealogía y las influencias directas que tuvo el autor en el desarrollo del modelo. A continuación se expone la discusión existente en aquellos años sobre la sostenibilidad de la arquitectura de vidrio, recogida por el RIBA Journal, donde se publicó la propuesta de Davies, que también se describe. Por último, se presenta el estado actual de los “vidrios de altas prestaciones”, comentando su escasa aplicación en la arquitectura contemporánea y se cuestiona la viabilidad futura del modelo de Davies.

“A Wall for All Seasons” is an adaptive multilayer glass envelope designed by the British architect Mike Davies in the 1980s. It was intended to overcome the energy problems posed by the material, without losing the characteristic smoothness of the Miesian curtain wall. This model is the last example of an organic analogy, which bases its aesthetic reason on nature, on its condition as process regulator. This Analogy was adopted by the glass culture of the 1920s, in the expressionist and constructivist movements, and assimilated by Modernism, transformed by British high-tech and North American green counterculture of the 1960s, which evolves into cybernetics. This genealogy and the direct precedents that influenced the author in the development of his model are narrated in the article. It also compiles the discussion around the sustainability of glass architecture that was taking place at that time and that was collected by the RIBA Journal, where Davies' proposal was published. Davies' model is described and the current state of “high performance glasses” is presented, commenting on its limited application in contemporary architecture. Finally, the future viability of the model is questioned.

Collins sitúa el comienzo de la formulación de la analogía –que él denomina biológica–, como idea influyente en arquitectura, alrededor del año 1750, tiempo en el que se publicaron dos libros científicos, *Species Plantarum* de Linneo (1753) y la *Histoire Naturelle* de Buffon (1749), que inauguraron –especialmente este último– la contribución de dicha analogía a los debates arquitectónicos en torno a la forma, su evolución y su relación con la función <sup>1</sup>.

Ockman afirma ver en la obra de Joseph Paxton una analogía con los sistemas orgánicos e inorgánicos, con lo natural y lo mecánico, y dice que esa analogía se transformará en una dialéctica constante en el movimiento moderno <sup>2</sup>.

Marchán sitúa las raíces de la inspiración del expresionismo cristalino de Bruno Taut en los filósofos, escritores, artistas y arquitectos románticos. Todos ellos, según este autor, estaban motivados estéticamente por el fenómeno natural de la cristalización –proceso de crecimiento que en aquella época se entendía similar tanto para minerales como para organismos vivos–, y que venía

estudiándose de forma intuitiva, hasta que en 1801 el científico francés René Just Haüy inicia un análisis del tema en su *Histoire Naturelle*. Según Marchán, el crecimiento de los cristales se asemeja al de los seres biológicos más elementales, tendiendo con ello un puente entre el mundo mineral y la materia viviente. Esta cualidad, afirma, junto con el resplandor de su belleza, se han conjugado para estimular la imaginación de artistas y arquitectos, desde el romanticismo hasta nuestros días <sup>3</sup>.

Mertins ha acuñado el término “bioconstructivismo” para referirse a la producción artística de los movimientos Expresionista y Constructivista de mediados de los años veinte del siglo pasado, para los que el vidrio representaba un nuevo estado de desarrollo de la tecnología, que integraba la biología en una visión del mundo híbrida, mitad inorgánica y mitad orgánica, inspirada en las teorías biónicas de científicos como el botánico austriaco Raoul H. Francé <sup>4</sup>. Las teorías de este botánico, que se introdujeron en los círculos artísticos en torno al año 1923 <sup>5</sup>, influyeron en autores como Laszlo Moholy-Nagy, El Lissitzky, Mies van der Rohe, Hannes Meyer, Frederick John Kiesler o Siegfried Ebeling.

Podemos ver esta influencia, por ejemplo, en la concepción arquitectónica de Lissitzky, en la que las estructuras son solamente instantes estáticos en un proceso continuo de transformación, a través del cual la naturaleza amorfa toma forma, para disolverse después otra vez en lo informal; también en los proyectos de rascacielos de Mies de 1921 y 1922, en el dinamismo de sus formas y en el de los propios reflejos del vidrio de su fachada o en la teoría biotécnica expuesta por Kiesler en 1939, en la que muestra su interés por los procesos formativos de la naturaleza, no solo desde el punto de vista formal, sino también funcional y como expansión de los sentidos humanos a través de la tecnología –interés que comparte con Lissitzky– <sup>6</sup>; y por último, en Ebeling, el arquitecto y teórico “cosmológico” alemán, formado en la Bauhaus de Weimar, cuyo libro *Space as Membrane* es especialmente influyente y cercano al modelo de envolvente sostenible de vidrio del arquitecto inglés Mike Davies <sup>7</sup>, del que se ocupa este artículo.

El libro de Ebeling, publicado en 1926, plantea la posibilidad de un espacio arquitectónico conformado por una envolvente que crece orgánicamente desde el cuerpo humano, unificando su piel con el entorno, con la periferia de la ciudad, la región o el continente e, incluso, con la atmósfera de la tierra por entero <sup>8</sup>, en lo que puede entenderse como un precedente de alguna de las ideas expuestas por Buckminster Fuller en Estados Unidos en años posteriores, como su proyecto de cúpula geodésica sobre Manhattan <sup>9</sup> [1], y también, de forma muy directa, de algunos proyectos de Archigram.

Es en Estados Unidos donde veremos cómo se localizan las fuentes de influencia directa de Mike Davies: en la obra de Buckminster Fuller, en las teorías sobre cibernética de Norbert Wiener y en los movimientos ecologistas de finales de los años cuarenta y cincuenta; ingredientes que convergen en la contracultura verde norteamericana de los años sesenta, y que el arquitecto y activista Stewart Brand canaliza y difunde a través del *Whole Earth Catalog*, entre los años 1968 y 1972 [2]. En aquellos años, la actualidad de los primeros vehículos enviados a la luna y el conocimiento que tuvo la humanidad, por vez primera en su historia, de la imagen de su propio planeta visto desde el espacio exterior, se ve reflejada en la portada del primer número de la revista. El hombre empieza a tomar conciencia, a escala real, de la fragilidad de la envolvente atmosférica como una delgada membrana, como una “piel”, en cuyo exiguo espesor se desarrolla la vida [3].

### “New Roles for Glass”

Mike Davies escribe en 1978 un texto por encargo de Pilkington Glass Ltd., publicado resumidamente por el *RIBA Journal* en 1981, en pleno apogeo del *high-tech* británico [4]. Se trata del artículo “A Wall for all Seasons” <sup>10</sup>, que preconizaba un nuevo tipo de productos de vidrio de altas prestaciones, cuyo funcionamiento adaptativo, polivalente y dinámico se asemejaba al de la piel orgánica.

Aquel número del *RIBA Journal*, llevaba el título de “New Roles for Glass”, y planteaba la cuestión de si el vidrio era o no un material adecuado, para construir de un modo sostenible, en un momento en que la crisis energética constituía un factor prioritario en el diseño de edificios, según el editor de la revista <sup>11</sup>. Los artículos incluidos en la misma, además del de Davis, analizan todas las estrategias adoptadas hasta esa fecha para mejorar el comportamiento energético del vidrio como cerramiento. Los articulistas se enfrentan en algunos casos a las directrices de las normativas edificatorias británicas, que proponían materiales pesados, mucho aislamiento y pequeñas ventanas, para lograr esa mejora de las envolventes, y plantean, a través del análisis de edificios británicos de aquel momento, el estado de la cuestión en lo referente al comportamiento energético del vidrio. Los ejemplos seleccionados van desde aquellos que emplean métodos de climatización mecánica, hasta los que optan por sistemas pasivos de acondicionamiento, o aquellos que utilizan ambas estrategias en mayor o menor medida. Se incluyen edificios conocidos, como la *Willis Faber and Dumas* de Norman Foster (Ipswich, 1975) o la *Lloyd's of London* de Richard Rogers (Londres, 1986), que aún estaba en construcción, junto a otros menos difundidos <sup>12</sup> [5].

De ese modo, el número de la revista cubre todo el espectro de alternativas posibles, desarrolladas tras un periodo de sesenta años de evolución, inaugurado con los proyectos visionarios de la *Bürohochhaus* (Berlín, 1921) y la *Glashochhaus* (Berlín, 1922) de Mies van der Rohe o el *Centrosoyus* (Moscú, 1929), y la *Cité de Refuge* (París, 1933) de Le Corbusier [6]. En

aquellos primeros ejemplos modernos, los paños de vidrio sencillo en la mayoría de los casos empeoraban las condiciones de confort en el interior del edificio, en comparación con los cerramientos masivos tradicionales, provocando un aumento del consumo de energía de climatización<sup>13</sup>.

Es a raíz de la detección de esos problemas cuando empezaron a investigarse soluciones, exponentes de esa dialéctica entre lo natural y lo mecánico según apuntaba Ockman, como las planteadas por Le Corbusier: el *mur neutralisant*, con el complemento de regulación activo de la *respiration exacte*<sup>14</sup>, y el pasivo del *brise-soleil*. Estos sistemas inauguran una línea de soluciones “defensivas” frente al ambiente exterior, que continuaba vigente en los años ochenta, cuando se publica la revista, y también en la actualidad.

Resumiendo, la revista hace un recorrido por las distintas tendencias de la arquitectura de vidrio del momento, exponiendo los factores diversos que intervienen para definirla, y dejando clara, en última instancia, la dependencia de la localización del edificio para el buen funcionamiento de la envolvente. Y esto, después de sesenta años de investigación transcurridos desde que Le Corbusier iniciara sus trabajos sobre el *pan de verre*, con la aspiración de convertirlo en un “muro universal”.

En este contexto, el título del artículo de Davies, “*A Wall for all Seasons*”, parece de lo más inoportuno, pues vuelve a poner la discusión en el punto de partida, al proponer una piel, de nuevo con carácter universal, capaz de adaptarse, por sí misma, a todos los condicionantes externos, independientemente de su localización geográfica y de la estación del año.

El planteamiento de Davies respecto al uso del vidrio es optimista, como el del resto de los articulistas de la revista, aunque se desmarca de ellos al centrar su propuesta en el desarrollo del material –en el vidrio en sí–, sin entrar en consideraciones relativas a las instalaciones, a la construcción, al espacio o al programa del edificio, y apostando por una solución con tintes de ciencia ficción, que avanza posibles aplicaciones de la ingeniería de materiales del momento al vidrio arquitectónico, dando un salto hacia el futuro, al más puro estilo Archigram<sup>15</sup>.

Si bien la propuesta, por su carácter tecno-orgánico, podría ser obra de sus colegas ingleses de ese grupo<sup>16</sup>, el artículo trasciende la sugestiva imagen iconográfica que la tecnología proporcionaba a los utopistas de Archigram, haciendo una reflexión realista y crítica sobre la aproximación de los arquitectos al tema, sobre la industria, y sobre los nuevos materiales disponibles en el momento, para concluir con el claro convencimiento de que el modelo que propone es, sin duda, una solución factible para remediar los problemas de control ambiental y energético del “terso” *curtain wall* miesiano.

Davies afirma, refiriéndose al muro cortina de la *Glashochhaus*, que “[...] después de él, no se ha formulado un concepto de piel de vidrio más claro y esencial”<sup>17</sup>. De hecho, Davies ilustra su artículo con unos diagramas, que explican el funcionamiento del “*Wall for all Seasons*”, según las distintas horas del día, que recuerdan a la planta en forma de ameba del segundo proyecto de rascacielos de Mies en Berlín; o a la de su descendiente, en lo que a forma y proporción de la planta y tersura de la piel de vidrio se refiere, la *Willis Faber and Dumas* [8] [9] [10]. Por lo tanto, el referente figurativo al que aspira el autor con su solución es un muro cortina desnudo, en el que las distintas jerarquías estructurales, carpinterías y juntas pasan desapercibidas, dejando a la superficie de vidrio el absoluto protagonismo en la morfología del edificio. Sin embargo, al margen de la admiración que siente Davies por el refinamiento de este modelo, es consciente de los problemas energéticos, económicos, y de funcionamiento que entraña. Pero aún así, se resiste a renunciar a él y manifiesta sus dudas respecto a la estética de las arquitecturas que incorporan sistemas de control climático –pasivos o mecánicos–, entendemos que por comparación con la belleza y elegancia de la tersa piel miesiana<sup>18</sup>.

Expone también su descontento con las soluciones propuestas por la industria: triples y cuádruples acristalamientos, cámaras llenas de gas, o el aumento de la reflectancia; en definitiva y según el autor “elementos que funcionan bien en una situación y pobremente en otras”<sup>19</sup>, y que realmente lo que generan son más beneficios económicos para los fabricantes. Explica que esta vía industrial de desarrollo del material no es la oportuna para atender a las demandas de confort y energéticas, afirmando que en una o dos décadas, el futuro del vidrio debería recaer en productos de altas prestaciones y con mejor comportamiento térmico que los existentes hasta esa fecha, aunque expresa las dificultades que observa para que esto fuera viable<sup>20</sup>. Basa esta opinión en la investigación sobre la industria que realizó para Pilkington, antes mencionada, en la que demuestra que no iba a producirse ese cambio radical fácilmente, ya que entre las grandes empresas británicas la actitud era clara: “la producción de vidrio básico es lo que da dinero y los productos de vidrio de altas prestaciones son, de hecho, productos secundarios”<sup>21</sup>. Se queja también de que los procesos de fabricación estaban obsoletos. Ante esas circunstancias, acaba concluyendo que lo que se necesita para progresar es una completa revisión de la forma en que se producía el vidrio en aquel momento<sup>22</sup>.

### “*A Wall for all Seasons*”

Tras esta argumentación crítica, Davies se dispone a enunciar las bases de su propuesta, que se fundamenta en dos ideas: la primera, aprovechar las ventajas del vidrio como material al que sitúa como referente entre los ecológicos, pues su compo-

nente básica, la sílice, lo es y además es abundante<sup>23</sup>; y también porque es un material de ciclo cerrado, reciclable, inerte, fácil de mantener y duradero; y la segunda, incorporar a ese vidrio capas de materiales que pudieran ser controladas dinámicamente por los usuarios; que fueran simples pero efectivas, como lo eran las de la arquitectura tradicional –cortinas, contraventanas, persianas, o celosías–; y se pregunta cómo serían físicamente estos dispositivos para que no interfirieran en la límpida imagen miesiana. Según él la solución es, “*A Wall for all Seasons*”.

El muro de vidrio propuesto por Davies, heredero de la tradición organicista asociada al vidrio, no es sino un símil tecnológico de la morfología y funcionalidad de la piel orgánica y sería el encargado de conseguir un edificio “vivo”, que mejorase dinámicamente el ambiente interior del mismo, tanto desde el punto de vista térmico como lumínico, optimizando su comportamiento energético. Todo ello sin dejar de lado los logros estéticos de la arquitectura de vidrio, que para Davies, como vimos, están relacionados con la tersura de su piel<sup>24</sup>.

Estaría compuesto por capas de materiales “activos” cuyos efectos –fotocrómicos, piezoeléctricos, fotovoltaicos, termoeléctricos, electro-orientables y electro-orgánicos, luminiscentes y electromagnéticos, entre otros– incorporados al vidrio, harían de él, según el propio Davies, “el primer material de construcción adaptable, con un amplio rango de posibilidades y propiedades”<sup>25</sup>.

Lo conformaban los siguientes elementos que enumera en la sección que dibuja del mismo [11]:

- 1-“Piel de sílice [vidrio] exterior como barrera climática y sustrato de deposición de capas”.
- 2-“Capa externa de sensores y control lógico”.
- 3-“Rejilla de puntos de luz [pantalla]”.
- 4-“Capa de radiación térmica y de absorción selectiva”.
- 5-“Deposición electro-reflectante”.
- 6-“Capas micro-porosas para flujo de gases”.
- 7-“Deposición electro-reflectante”.
- 8-“Capa interna de sensores y control lógico”.
- 9-“Piel de sílice [vidrio] interior y sustrato de deposición de capas”<sup>26</sup>.

Vemos que en realidad esta descripción se corresponde de una manera aproximada con lo que es –y era, cuando Davies escribió el artículo– la sección de las pantallas de información planas, que consisten en un sándwich de vidrio (capas 1 y 9) que contiene una serie de capas funcionales (capas 2, 3 y 8). En esas pantallas ya se hacía evidente la “implosión eléctrica” de la que hablaba McLuhan<sup>27</sup>, en tanto que en ellas es indiscernible el artificio que hace posible la generación de la imagen, quedando solo patente el aspecto vítreo de la misma. Davies parece querer conseguir lo mismo, pero aplicado en su caso a las fachadas de los edificios. En cuanto al resto de las capas que menciona, sin ser propias de la tecnología en la que se inspira, algunas, como la “capa de radiación térmica y de absorción selectiva”, parecen recordar a tecnologías existentes en aquel momento –circuitos de radiadores térmicos impresos en el vidrio y capas selectivas de la radiación solar–. Otras, como las “capas micro-porosas para flujo de gases”, parecen una fantasía del autor, en su deseo de llevar hasta las últimas consecuencias la analogía del muro con la piel, respondiendo a otro de los deseos que suscita en él esa fachada de vidrio: renunciar a las ventanas sin prescindir de la ventilación natural, lo que en esta analogía se realiza a través de la capa de “poros”. Davies pudo haber incluido en su modelo otras muchas capas con funciones deseables para la envolvente, muchas de ellas ya en proceso de desarrollo en los años ochenta, que han seguido evolucionando y que en la actualidad se encuentran en distintos estadios de desarrollo, desde las fases más experimentales hasta las de desarrollo industrial y comercialización.

Pero, además de estas prestaciones funcionales, Davies vislumbra también un campo de posibilidades estéticas y de “naturalización” de la tecnología como podemos comprobar en este evocador párrafo con el que cierra su artículo:

“[El muro polivalente] alza la vista hacia una envolvente de tonalidades pálidas cuya superficie es un mapa instantáneo de su funcionamiento, que roba energía del aire con una sacudida iridiscente y mece sus retículas luminosas a medida que las nubes pasan sobre el sol; un muro que a medida que cae el frío de la noche, esponja sus plumas y se vuelve blanco en su cara Norte y azul en la Sur, cierra los ojos pero no sin recordar insuflar un poco de luz baja para el portero nocturno, despejar una mirilla para los amantes del nivel 22 del lado Sur y volverse un 12 por ciento plata justo antes del amanecer”<sup>28</sup>.

La analogía orgánica del muro de Davies se hace evidente en su artículo, tanto explícitamente –se refiere al muro como una “piel de camaleón”–, como gráficamente, –la sección en perspectiva del dispositivo recuerda a un dibujo anatómico–. Pero, al margen de esta analogía formal directa con un tejido orgánico, de una forma más profunda, el símil se hace evidente en las propiedades dinámicas y adaptativas de los materiales que componen este sándwich de vidrio. Es precisamente ahí donde radica la belleza estética del modelo; una estética del efecto, de la energía embebida en la materia. Su belleza deriva, en los

términos que Simón Marchán emplea al referirse a la cristalización, en su similitud con la “*natura naturans*”: la naturaleza en su condición de principio regulador de procesos <sup>29</sup>.

Con su propuesta de piel tersa y adaptable, Davies, como el resto de sus contemporáneos del movimiento *high-tech*, continúa con la tradición de su país en lo referente a la analogía orgánica de la arquitectura, en el sentido de que atiende a la posibilidad de ajuste, a la flexibilidad, a no ser una forma terminada sino un proceso en curso <sup>30</sup>. Sin embargo, difiere del *high-tech* al uso, en lo que se refiere al planteamiento formal del detalle constructivo del muro. Plantea un cambio sustancial de escala, llevando la analogía orgánica más allá, al resolver las funciones de la envolvente arquitectónica en dimensiones nanométricas, asimilando a una piel lo que en la arquitectura de sus coetáneos se resolvía a una escala mayor, en detalles que suponían además rasgos distintivos del estilo mecánico que Davies rechaza explícitamente en su artículo, cuando apunta que el muro opera a nivel molecular –como los organismos–, en lugar de a nivel mecánico. Esta operatividad del muro a nivel molecular es la clave de su tersa imagen miesiana, pues los elementos de control ambiental son imperceptibles para el ojo humano; no operan, usando la terminología de Fernández-Galiano, en el ámbito de las “dimensiones intermedias” en las que se maneja la arquitectura <sup>31</sup>.

Además de su filiación con el *high-tech* británico, hemos de tener muy presente que Davies había estudiado en la UCLA en 1970, precisamente en la época en la que Brand dirigía la sorprendente e influyente revista-catálogo antes mencionada. En su “*Wall for all seasons*” encontramos ecos de lo que fue el espíritu del *Whole Earth Catalog*, que reivindicaba el espacio común entre el capitalismo y el ecologismo, entre la naturaleza y la cultura. Era una publicación en la que contraculturalistas y tecnólogos se cuestionaban de forma holística, cómo la tecnología podría unificarse mejor con la naturaleza <sup>32</sup>, proporcionando a sus lectores, de forma optimista y práctica, libros, tecnologías alternativas, listas de materiales, herramientas y guías de *how-to* para un grupo de gente, no necesariamente arquitectos o diseñadores, que se había “refugiado” en comunas en las montañas y en los bosques, entre 1967 y 1970. La revista tenía como fin hacer llegar los avances técnicos a estos *back-to-the landers* <sup>33</sup>.

El muro polivalente de Davies, al igual que los artefactos propuestos por el *Whole Earth Catalog*, tiene la finalidad de lograr una mejor relación de intercambio energético con el entorno, estableciendo un “campo de posibilidades” basadas en complejas interacciones probabilísticas entre los habitantes, el ambiente interior y exterior y los eventos que los relacionan, en un sistema socio-técnico altamente fluido proporcionado por la cibernética.

### El futuro de la piel de vidrio tersa y adaptable

Treinta y nueve años después de la aparición del artículo de Davies, su temor a que nos viésemos obligados a renunciar a la piel tersa de vidrio, parece no solo no haberse hecho realidad, sino que, por el contrario, esa piel se usa más que nunca, pese a no haber resuelto sus problemas energéticos.

Si analizamos los resultados obtenidos a día de hoy por la industria <sup>34</sup>, no podemos dejar de reconocer que, en el vidrio, la transparencia y el paso de luz, siguen estando reñidas con la radiación térmica y el flujo de calor a través del mismo. Por eso, en la arquitectura actual se percibe con frecuencia la aceptación del uso del vidrio meramente como envoltorio decorativo terso [12]. Señalaba recientemente Ignacio Paricio cómo, por encima de la transparencia y la inmaterialidad, es fundamentalmente la tersura del vidrio lo que nos cautiva de él: precisamente uno de los atributos que seducía a Davies y que los filtros y las “prótesis” mecánicas añadidas ponen en peligro <sup>35</sup> [13]. Aunque como Paricio señala, esas “prótesis”: parasoles, cortinas, visillos, persianas, toldos, etc. muchas de ellas con cientos de años a sus espaldas, siguen siendo actualmente las ayudas más eficaces, sencillas y económicas para paliar los problemas del vidrio.

Algunas de estas prótesis han sido puestas al día en ciertas arquitecturas *high-tech*, pero habría que añadir que de una forma bastante aparatosa y desde luego menos económica que la tradicional.

¿Es entonces la analogía entre la envolvente de vidrio y la piel tersa y adaptable la expresión de un deseo inalcanzable? El hecho es que, hasta la fecha, los edificios construidos utilizando vidrios de altas prestaciones, son escasos y su relevancia arquitectónica poco destacable. Por lo que hemos podido comprobar, aún no existe ningún edificio construido que utilice plenamente el potencial que teóricamente ofrece esta tecnología y que se deriva de las posibilidades de adaptación de la envolvente edificatoria.

Actualmente la industria se enfrenta con dificultades de índole diversa en el desarrollo de los vidrios de altas prestaciones. Unas son tecnológicas, ya que al estar compuestos por materiales relativamente jóvenes, existe un conocimiento imperfecto de los mismos, lo que hace que se encuentren en un estadio de desarrollo embrionario. Otras dificultades derivan de la inercia que aún prevalece entre los fabricantes a perpetuar sistemas productivos que se saben rentables, como apuntaba Davies, y cuyo cambio supondría enormes inversiones: como consecuencia de ello, el elevado costo de los productos de este tipo que van apareciendo en el mercado, limita su uso. A pesar de todo, los institutos de investigación y la industria siguen trabajando en este campo.

No sabemos lo que deparará el futuro en la gestión de la energía de arquitectura de vidrio y en concreto en lo referente a este el último exponente de la analogía orgánica que es el "*Wall for all Seasons*" de Davies. Lo que sí podemos afirmar es que este modelo aún tiene un largo camino por delante para su desarrollo tecnológico. Quizá, los avances de la nanofotónica y la biotecnología aplicados al vidrio, como continúa sosteniendo Davies <sup>36</sup>, hagan que sus aplicaciones se vean incrementadas en arquitectura, al corregir aquellas propiedades matéricas, que a día de hoy lo hacen ineficiente energéticamente. Pero también puede suceder que otros materiales, como el grafeno o los metamateriales, entren en competencia con el modelo de Davies y acaben sustituyéndolo. O, incluso, que la vía del uso de "prótesis" siga afinando sus recursos formales y tecnológicos y desvíe el interés despertado por la analogía orgánica de la piel tersa y adaptable.

#### Notas:

- <sup>1</sup> COLLINS, Peter. "La analogía biológica". Los ideales de la arquitectura moderna: Su evolución (1750-1950). Barcelona: Gustavo Gili, 1970, pp. 151-160.
- <sup>2</sup> OCKMAN, Joan. "A Crystal World: Between Reason and Spectacle". BELL, Michael y KIM Jeannie (eds.). Engineered Transparency: The Technical, Visual, and Spatial Effects. Nueva York: Princeton Architectural Press, 2009, p. 47.
- <sup>3</sup> MARCHÁN FIZ, Simón. La metáfora del cristal en las artes y en la arquitectura. Madrid: Ediciones Siruela, 2008, pp. 10, 11 y 24.
- <sup>4</sup> MERTINS, Detlef. "Bioconstructivism". Engineered Transparency, pp. 33-38.
- <sup>5</sup> Para una muestra de la influencia de las teorías de Francé en la producción artística de estos artistas ver los números 8 y 9 de la revista Mertz de abril y junio de 1924.
- <sup>6</sup> MERTINS, Detlef. "Bioconstructivism". Engineered Transparency, p.37.
- <sup>7</sup> Mike Davies arquitecto británico, graduado por la Architectural Association en 1968 y Master of Architecture and Urban Design por UCLA en 1970. Trabajó en los años setenta en la construcción del Centro Pompidou y a su vuelta al Reino Unido, en la Lloyd's of London, entre otros edificios destacables. Es experto en planeamiento urbano y en tecnología, investigación y desarrollo científicos. Davies fue nombrado Chevalier de la Légion d'Honneur en 2010 y es actualmente Socio Senior de la oficina internacional de arquitectura con sede en Londres Rogers Stirk Harbour + Partners LLP (RSH). "Mike Davies", Rogers Stirk Harbour + Partners LLP, acceso el 6 de agosto de 2012, [http://www.rsh-p.com/practice/team/mike\\_davies](http://www.rsh-p.com/practice/team/mike_davies). En junio de 2012 la autora mantuvo una entrevista con Davies; conversación en la que se fundamenta en parte el contenido de este artículo. La entrevista inédita puede consultarse en los anexos de la tesis doctoral de la autora. RUBIO HERNÁNDEZ, Rosana. "El vidrio y sus máscaras. El sueño de la arquitectura de cristal". Directores: Gabriel Ruiz Cabrero y Sergio Martín Blas. Universidad Politécnica de Madrid, ETSAM, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, 2016, pp.819-840.
- <sup>8</sup> EBELING, Siegfried. Space as Membrane. London: AA Publications, 2010.
- <sup>9</sup> Por ejemplo, la casa Dymaxion, de 1927, tiene cierta similitud con un proyecto de casa metálica de Ebeling de 1926, lo que hace pensar que podía haber tenido conocimiento de él.
- <sup>10</sup> DAVIES, Mike. "A Wall for all Seasons". RIBA Journal 88, n° 2 (1981), pp. 55-57.
- <sup>11</sup> MURRAY, Peter. "Crystal glazing". RIBA Journal, vol.88, n° 2 (1981), p. 3.
- <sup>12</sup> Simultáneamente a las mejoras "estratégicas" ideadas por arquitectos e ingenieros que recoge este número del RIBA Journal, tanto la industria de las instalaciones como la del vidrio trabajaban en los años 1980, en el mismo sentido, optimizando el rendimiento de las luminarias, de las máquinas de climatización y ventilación forzada, y las prestaciones del material en sí. La optimización del vidrio se venía logrando bien desde el punto de vista térmico, mejorando su transmisión térmica (a base de sumar paños de vidrio con cámaras de aire intercaladas), o bien desde el punto de vista de la selección de la radiación, mediante tintado en masa del vidrio (a partir de los años cincuenta), por deposición de capas metálicas reflectantes (desarrolladas en los años sesenta), por inclusión de capas selectivas de la radiación (los vidrios llamados de control solar, fabricados a partir de los años ochenta). La propuesta de Davies enuncia un último estadio de perfeccionamiento tecnológico del vidrio, en el que en la actualidad, la industria y los institutos de investigación continúan trabajando.
- <sup>13</sup> Ya en los primeros años de la modernidad, arquitectos como Heinrich Tessenow o Reginald Blomfield, se habían mostrado críticos con la arquitectura de cristal; el segundo de ellos, en un controvertido escrito de 1934, Modernismus, había denunciado la inadecuación térmica de la arquitectura del Movimiento Moderno en general. FERNÁNDEZ-GALIANO, Luis. El fuego y la memoria: Sobre arquitectura y energía. Madrid: Alianza Editorial, 1991, p.114.
- <sup>14</sup> En nuestro país, Sáenz de Oiza, en la "Divagación" que abre su famoso y extenso artículo de 1952 "El vidrio y la arquitectura", parece hacerse eco de los planteamientos tecno-orgánicos del pan de verre corbuseriano, haciendo un análisis de lo que denomina "la especie arquitectura" o "el ser arquitectura". Plantea la arquitectura como un ser viviente, en la que las instalaciones, los implementos mecánicos que le dan la vida, hacen de los modernos edificios "organismos superiores". En un dibujo que acompaña al artículo se representa una analogía entre un sistema orgánico sensible y el sistema respiratorio humano con las instalaciones de un edificio y apunta: "La piel del ser superior está dotada de elementos sensibles al medio que automáticamente regulan la función metabólica, en la misma idéntica forma con que los nuevos sistemas de control automático regulan en todo momento, en la casa, frente a las cambiantes condiciones de clima y ambiente, el nivel de termalidad". SÁENZ DE OÍZA, Francisco Javier. "El vidrio y la arquitectura". Revista Nacional de Arquitectura (RNA), n° 129-130. Madrid, 1952, p.21 [7].
- <sup>15</sup> En la entrevista mantenida con Davies, éste expuso cómo estuvo y está en estrecha relación con los miembros de Archigram.
- <sup>16</sup> Para un estudio detallado sobre la analogía con lo orgánico en Archigram ver: SANTOS FELICIANO, Ana Marta. "La metáfora del "organismo" en las arquitecturas visionarias de los años sesenta: la obra del "Grupo Archigram" como reinención de un nuevo habitar". Director: Yago Bonet Correa. Universidad Politécnica de Madrid, ETSAM, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, 2008.
- <sup>17</sup> DAVIES, Mike. "A Wall for all Seasons", p. 55.
- <sup>18</sup> Ibid., p. 55.
- <sup>19</sup> Ibid., p. 56.
- <sup>20</sup> En la entrevista, Davies comenta que percibe una cierta apertura de la industria, respecto a los años en que escribió el artículo, en cuanto a su voluntad de producir vidrios especializados, lo que mantiene su optimismo ante la viabilidad de su modelo, apoyándose también en los grandes avances de la ingeniería de materiales que se están llevando a cabo en los últimos años. RUBIO HERNÁNDEZ, Rosana. "El vidrio y sus máscaras", p. 822.
- <sup>21</sup> DAVIES, Mike. "A Wall for all Seasons", p. 55.

<sup>22</sup> Ibid., p. 55.

<sup>23</sup> Resulta ciertamente poético pensar que la mayoría de los depósitos de sílice, componente vitrificante del vidrio (del cual constituye el 70%), se originaron cuando hacen su aparición los primeros animales marinos a lo largo de las costas del planeta, hace unos quinientos millones de años. Estos depósitos inconmensurables de materia prima, que hacen del vidrio un material sostenible, se generaron a partir de los sedimentos bioquímicos de esos animales. La inmensa mayoría de estos primitivos y elementales organismos acuáticos, que aún pueblan los mares, fabrican estructuras de soporte y protección de carbonato cálcico (otro de los materiales que intervienen en la composición del vidrio), pero al menos, cuatro taxones importantes depositan sílice en forma de caparzones y espinas. Estos grupos de organismos son: los radiolarios, las crisofitas, las diatomeas y los hexactinélidos o esponjas de silicio cuyas delicadas estructuras, de inmensa variedad de formas maravillosas, han subyugado al hombre desde su descubrimiento, y por su complejidad y belleza han sido fuente inagotable de inspiración científica, tecnológica, artística y, evidentemente, arquitectónica. Observando el vidrio desde esta óptica, parecen difuminarse los límites entre lo que comúnmente entendemos por orgánico e inorgánico. MARGULIS, Lynn y DOLAN, Michael F. *Los inicios de la vida. La evolución en la tierra precámbrica*. Valencia: Publicacions de la Universitat de Valencia, 2009, p.182.

<sup>24</sup> Así describe Davies el muro para todas las estaciones en su artículo: "... un diodo ambiental un dispositivo térmico y espectral, activo y progresivo; un procesador dinámico, interactivo y de múltiples capacidades actuando como la piel del edificio. El diodo estará basado lógicamente en las notables propiedades del vidrio pero tendrá que incorporar un mayor rango de capacidades de adaptación visual y térmica en un único producto polivalente. Este diodo ambiental, un muro polivalente como envolvente del edificio, hará que la distinción entre lo macizo y lo transparente desaparezca, y siendo capaz de reemplazar ambas condiciones y regular dinámicamente el flujo de calor en ambas direcciones dependiendo de las condiciones internas y externas, monitorizará y controlará los niveles de lux y rangos de contraste como sea necesario en cada uno de los puntos de la envolvente. El muro será capaz de transmitir energía a lo largo de su superficie, añadiendo o liberando energía de zonas del edificio que estén demasiado calientes o frías, compensando el exceso de energía con la falta de ella. El muro polivalente es pues una piel de camaleón que se adapta para proporcionar las mejores condiciones interiores posibles. El muro, actuando como un elemento multifuncional, colector, radiador, reflector, filtro e instrumento de transferencia, necesitará nodos micro-lógicos y sensores conectados a un procesador de control que contiene la información de horarios, hábitos y datos del comportamiento ambiental de los usuarios del edificio. Así, los usos del edificio, el funcionamiento de la piel y las condiciones del ambiente interior y exterior se optimizarán para conseguir el mejor balance energético y condiciones de confort, en un sistema cibernético en constante evolución. El muro polivalente opera a nivel molecular, en lugar de a nivel mecánico, aprovechando la energía de la red de fuentes de alimentación del entorno dependiendo de las condiciones ambientales. Es un elemento de funcionamiento dinámico, que responde constantemente a las condiciones del entorno en continuo cambio". DAVIES, Mike. "A Wall for all Seasons", pp. 56, 57.

<sup>25</sup> Ibid., p. 57.

<sup>26</sup> Ibid., p. 57.

<sup>27</sup> McLuhan entiende por "implosión eléctrica" el cambio que se ha producido en el paso desde la fácil "legibilidad" de los elementos que integran los sistemas mecánicos, al aparente misterio que entrañan los "indescifrables" sistemas eléctricos. McLUHAN, Marshall. *Comprender los medios de comunicación: Las extensiones del ser humano*. Barcelona: Paidós, 2009, p. 335.

<sup>28</sup> DAVIES, Mike. "A Wall for all Seasons", p. 57.

<sup>29</sup> MARCHÁN, Simón, *La metáfora del cristal*, p. 28.

<sup>30</sup> Colin Davies en su libro "High Tech Architecture" considera precisamente la arquitectura y el arte alemán del entorno de la Bauhaus y el constructivismo ruso internacional (especialmente a El Lissitzky), entre los precedentes de este movimiento británico. Según C. Davies el high-tech de los años setenta tiene como características: sus materiales clave son el metal y el vidrio, que se emplean con un estricto código de honestidad de expresión, encarna ideas sobre la producción industrial, emplea la industria como una fuente de tecnología e ingeniería y por último, establece como prioridad la flexibilidad de uso. DAVIES, Colin. *High-Tech Architecture*. London: Thames and Hudson, 1991, pp.6-21.

<sup>31</sup> FERNÁNDEZ-GALIANO, Luis. *El fuego y la memoria*, p.21. Fernández-Galiano extrapola el término físico de dimensión intermedia, para definir la escala de la arquitectura, que es la escala del hombre, los edificios, la ciudad y el territorio; en contraste con las dimensiones muy grandes o muy pequeñas del cosmos y de la materia, respectivamente.

<sup>32</sup> TURNER, Fred. *From Counterculture to Cyberculture. Stewart Brand, the Whole Earth Network, and the Rise of Digital Utopianism*. Chicago: The University of Chicago Press: 2006.

<sup>33</sup> Este tipo de información, digamos de tecnología accesible (como por ejemplo los domes de Steve Baer, inventor norteamericano, influido por la filosofía de Lewis Mumford y colaborador también del Whole Earth Catalogue), está en la línea de la propuesta de Davies, y de las fotografías de varios "artefactos" que ilustran su artículo del RIBA Journal; dos de ellas del propio Davies: el light mat de 1971, un sistema de control lumínico operado neumáticamente, y una casa que auto regula su gasto energético, así como otros "inventos" como el telescopio solar Kitt Peak, que regula su temperatura a base de un fluido incorporado en el revestimiento y la fotografía de una célula fotovoltaica; inventos todos que recuerdan al tipo de contenido del catálogo de Brand.

<sup>34</sup> Para una información detallada sobre el tema ver: VSCHITTICH, Christian, STAIB, Gerald, BALKOW, Dieter, SCHULER, Matthias y SOBEK, Werner. *Glass Construction Manual*. Basilea: Birkhäuser, 2007, pp. 129 - 140.

<sup>35</sup> PARICIO, Ignacio, "La obsesión por la tersura", *Arquitectura Viva*, n° 168 (2014), pp. 58-62.

<sup>36</sup> Davies comenta en la entrevista, que su artículo sigue despertando interés entre los institutos de investigación. Menciona el caso concreto de la Universidad de Northumbria, donde colabora con biotecnólogos, nanotecnólogos e ingenieros de sistemas. RUBIO HERNÁNDEZ, Rosana. "El vidrio y sus máscaras", p. 830.

3 Esta exposición fue expuesta el 2016 en Venecia en la IUAV, en el contexto de la 15ª Exposición Internacional de Arquitectura de Biennale di Venezia. Posteriormente, el mismo año, estuvo en la ciudad de Zagreb en Oris House of Architecture, como parte de la realización del evento "Days of Oris".

4 Mistral, Gabriela. Prólogo a *El libro de Benjamin Subercaseaux. Chile o una loca geografía*. Santiago: Ediciones Ercilla, 1949, p.17.

#### Bibliografía:

BELL, Michael y KIM Jeannie (eds.). *Engineered Transparency: The Technical, Visual, and Spatial Effects*. Nueva York: Princeton Architectural Press, 2009.

COLLINS, Peter. *Los ideales de la arquitectura moderna: Su evolución (1750-1950)*. Barcelona: Gustavo Gili, 1970.

DAVIES, Colin. *High-Tech Architecture*. London: Thames and Hudson, 1991.

DAVIES, Mike. "A Wall for all Seasons", *RIBA Journal*, vol. 88, n° 2. London, 1981.

EBELING, Siegfried. *Space as Membrane*. London: AA Publications, 2010.

FERNÁNDEZ GALIANO, Luis. *El fuego y la memoria: Sobre arquitectura y energía*. Madrid: Alianza Editorial, 1991.

MARCHÁN FIZ, Simón. *La metáfora del cristal en las artes y en la arquitectura*. Madrid: Ediciones Siruela, 2008.

MARGULIS, Lynn y DOLAN, Michael F. *Los inicios de la vida. La evolución en la tierra precámbrica*. Valencia: Publicacions de la Universitat de Valencia, 2009.

McLUHAN, Marshall. *Comprender los medios de comunicación: Las extensiones del ser humano*. Barcelona: Paidós, 2009.

MURRAY, Peter, editor. "New Roles of Glass", RIBA Journal, vol. 88, n° 2. London, 1981.

PARICIO, Ignacio. "La obsesión por la tersura", Arquitectura Viva, n° 168. Madrid, 2014.

RUBIO HERNÁNDEZ, Rosana. "El vidrio y sus máscaras. El sueño de la arquitectura de cristal". Directores: Gabriel Ruiz Cabrero y Sergio Martín Blas. Universidad Politécnica de Madrid, ETSAM, Departamento de Proyectos Arquitectónicos, 2016.

SÁENZ DE OÍZA, Francisco Javier. "El vidrio y la arquitectura". Revista Nacional de Arquitectura (RNA), n° 129-130. Madrid, 1952.

SANTOS FELICIANO, Ana Marta das Neves. "La metáfora del "organismo" en las arquitecturas visionarias de los años sesenta: la obra del "Grupo Archigram" como reinención de un nuevo habitar" (Tesis, ETSAM, 2007).

SCHITTICH, Christian, STAIB, Gerald, BALKOW, Dieter, SCHULER, Matthias y SOBEK, Werner. *Glass Construction Manual*. Basilea: Birkhäuser, 2007.

TURNER, Fred. *From Counterculture to Cyberculture*. Stewart Brand, the Whole Earth Network, and the Rise of Digital Utopianism. Chicago: The University of Chicago Press, 2006.

#### Pies de foto:

[1] Buckminster Fuller: Proyecto de cúpula geodésica sobre Manhattan, ca. 1960. Fuente: © Estate of R. Buckminster Fuller.

[2] Portada del primer número de la revista-catálogo Whole Earth Catalog, editada por Stewart Brand, 1968. Fuente: Whole Earth Catalog,

[3] La delgada línea azul de la atmósfera y el sol poniéndose sobre la tierra. NASA, 2009. Fuente: <https://www.nasa.gov/>

[4] Portada de la revista RIBA Journal, "New Roles for Glass", 1981. Fuente: RIBA Journal, vol. 88, n° 2. London, 1981.

[5] Norman Foster: Edificio Willis Faber and Dumas, Ipswich, 1975. Fuente: Fotografía de Ken Kirkwood.

[6] Mies van der Rohe: Proyecto para la Glashochhaus, Berlín, 1922. Maqueta. Fuente: © MoMA

[7] Sáenz de Oíza: Página del artículo "El vidrio y la arquitectura". Revista Nacional de Arquitectura, 1952. Fuente: Revista Nacional de Arquitectura (RNA), n° 129-130. Madrid, 1952.

[8] Mike Davies: Plantas explicativas del comportamiento del "Wall for all Seasons" a distintas horas del día. Fuente: RIBA Journal, vol. 88, n° 2. London, 1981.

[9] Planta de la Glashochhaus. Fuente: © MoMA

[10] Planta de Willis Faber and Dumas. Fuente: <http://www.fosterandpartners.com/>

[11] Sección de la "piel" de vidrio del "Wall for all Seasons". Fuente: RIBA Journal, vol. 88, n° 2. London, 1981.

Leyenda:

1 Silica weather skin and deposition substrate

2 Sensor and control logic layer - external

3 Photo electric grid

4 Thermal sheet radiator/ selective absorber

5 Electro reflective deposition

6 Micro porc gas flow layers

7 Electro reflective deposition

8 Sensor and control logic layer - internal

9 Silica deposition substrate and inner skin

[12] Frank Ghery: Fondation Louis-Vuitton pour la creation, Paris, 2014. Fuente: © Fondation Louis Vuitton.

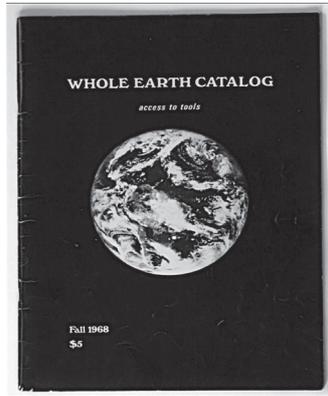
[13] Renzo Piano: The New York Times Building, Nueva York, 2007. Fuente: <http://www.shildan.com>.

[14] Ejemplos de vidrios de altas prestaciones. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: vidrio holográfico; vidrio con capa fotovoltaica orgánica, vidrios dicróicos; vidrios con capa fotovoltaica de pigmento fotosensible, vidrio con capa OLED, vidrio electrocromico, vidrio de cristal líquido pixelado y plarizado, vidrio con impri-mación de microesferas de captación solar. Fotografías de la autora.



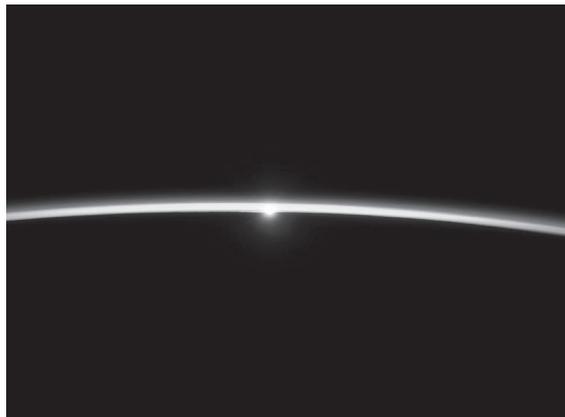


[1]

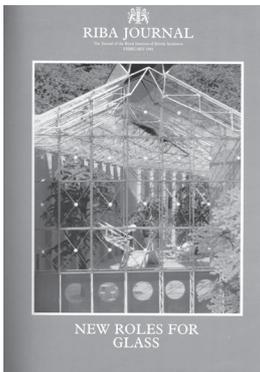


[2]

[3]

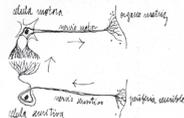


[4]

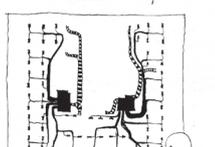
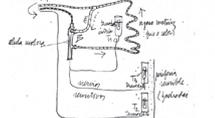


[5]

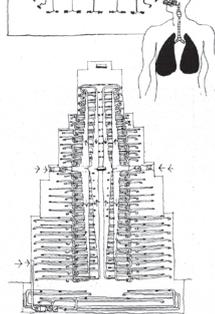
[7]



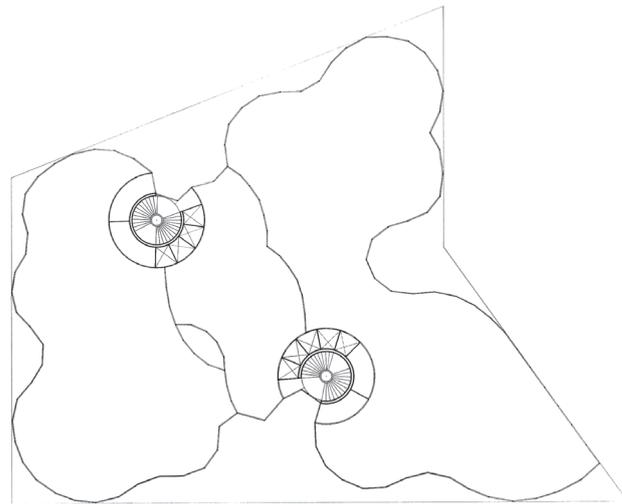
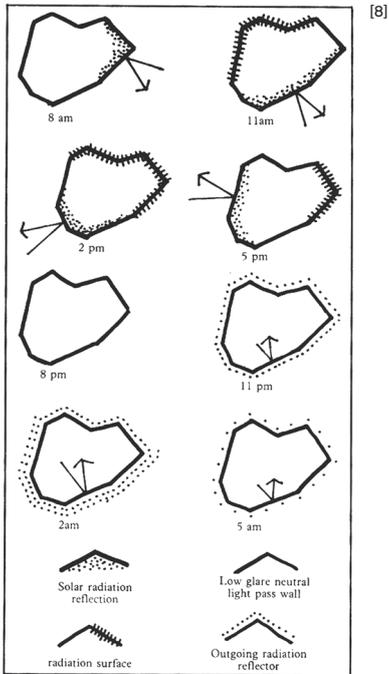
Das espacios híbridos: El primero, es un espacio en el que se encuentran... El segundo, al contrario, se trata de un espacio híbrido...



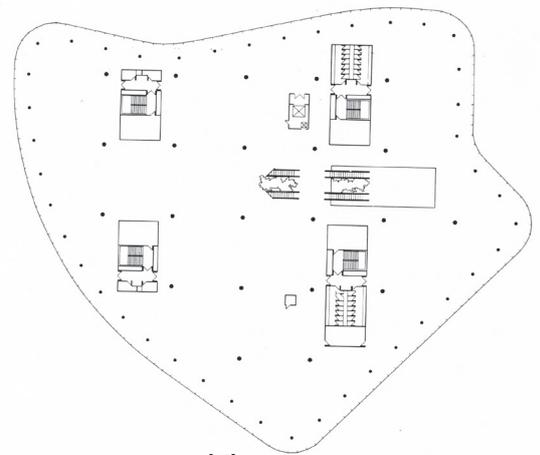
Nuestro medio, nuestra interpretación ambiental... El ambiente humano, el medio natural, en su vida se está modificando...



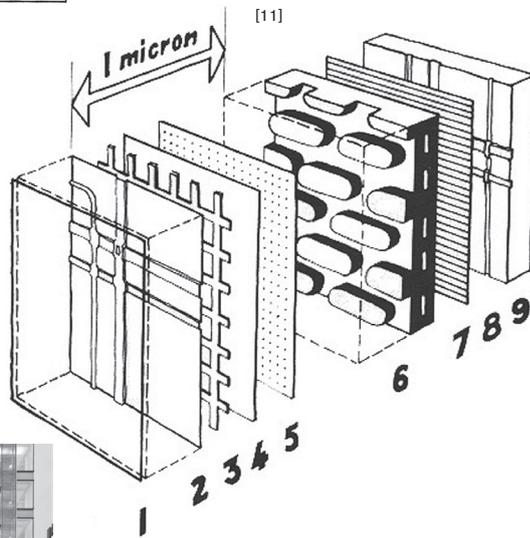
[6]



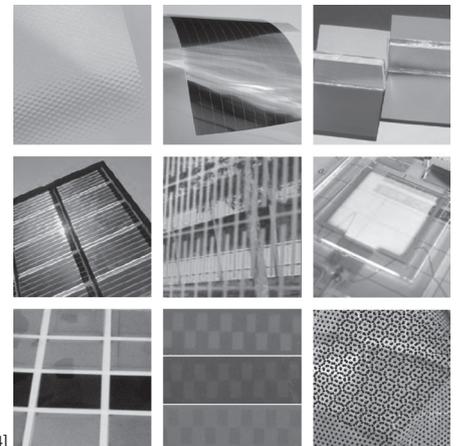
[9]



[10]



[13]



[14]

[12]

