

Usos alternativos de materiales cerámicos convencionales y conciencia climática. Regionalismo crítico contemporáneo ante el canon moderno

Innovative Uses of Conventional Ceramic Materials and Climate Awareness. Contemporary Critical Regionalism Challenging the Modern Canon

En las últimas décadas viene observándose un resurgimiento en el uso alternativo de materiales cerámicos en arquitecturas diseñadas con sensibilidad fenomenológica, lo que ha supuesto repensar su materialización y formalización, y un entendimiento del lugar que incorpora sus características climatológicas. El artículo analiza nuevos modos de emplear el ladrillo u otros materiales cerámicos con conciencia climática, para superar los roles asociados con este material y con los sistemas constructivos en su función de cerramiento, transformándose en piel y filtro que permite protegerse del sol dosificando ventilación e iluminación naturales. En su estadio tecnológico más avanzado, siguen una lógica computacional caracterizada por la *disrupción digital*.

___Palabras clave: cerámica, conciencia climática, arquitectura contemporánea, disrupción, conciencia digital.

Recent decades, have witnessed an emergence in the alternative use of ceramic materials in architectures designed with phenomenological sensitivity. This has implied rethinking materials and form, and an understanding of place that considers climate actively. This article analyses climate-conscious ways of using brick or other ceramic materials as enclosures that overwrite traditional applications and construction systems. These materials are transformed into skins and filters that provide protection from the sun while allowing natural ventilation and light. Applications employing the most advanced technology follow a computational logic characterised by *digital disruption*.

___Keywords: ceramics, climate awareness, contemporary architecture, disruption, digital consciousness

Carlos L. Marcos
carlos.marcos@ua.es
Universidad de Alicante, España

Emanuela Lanzara
emanuela.lanzara@docenti.unisob.na.it
Università degli Studi Suor Orsola Benincasa di Napoli, Italia

Mara Capone
mara.capone@unina.it
Università degli Studi di Napoli Federico II, Italia

__DOI: <https://doi.org/10.18389/dearq37.2023.06>

Recibido: 30 de septiembre de 2022 Aceptado: 10 de abril de 2023
Cómo citar: Marcos, Carlos L., Emanuela Lanzara y Mara Capone. "Usos alternativos de materiales cerámicos convencionales y conciencia climática. Regionalismo crítico contemporáneo ante el canon moderno". *Dearq* no. 37 (2023): 54-67. DOI: <https://doi.org/10.18389/dearq37.2023.06>

INTRODUCCIÓN: CERÁMICA Y MATERIALIDAD

1.

En Oriente Medio, el uso de materiales cerámicos puede rastrearse 10 000 años atrás (Pampuch 2014).

2.

"Ahora ya recubren las fachadas con aplomo y se cuelgan las 'piedras portantes' con el derecho artístico bajo la cornisa principal. ¡Bien, adelante, heraldos de la imitación, elaboradores de incrustaciones imitadas [...]!" (Loos 1972, 217).

En el último siglo, la industria de la construcción se ha convertido en una de las actividades humanas más intensivas en el uso de recursos materiales y perjudiciales para el medio ambiente. A lo largo de la historia, los arquitectos han aportado soluciones para la sostenibilidad funcional, estructural, económica y medioambiental, diseñando formas eficientes y expresivas.

Se plantea aquí el estudio de nuevos modos de concebir y materializar arquitecturas construidas con un material tan antiguo como es la cerámica, abordando la materialidad de forma plenamente contemporánea y consciente de los retos que el clima comporta. Para entender el cambio al que nos referimos en relación con este material milenario, es necesario apuntar brevemente cómo se había empleado con anterioridad.

Durante milenios, los ladrillos han constituido un material económico, de fácil puesta en obra por su manejabilidad y capaz de conformar muros y bóvedas, dos de los elementos más característicos en la materialización de los cerramientos. Miles de años antes de que los romanos universalizaran su uso, ya existían secados al sol e incluso cocidos en horno.¹ Como sugiere Torroja (1998, 34), es el primer material artificial concebido por el hombre a partir del dominio de los cuatro elementos de Empédocles: el agua, el aire, la tierra y el fuego. Sus cualidades de resistencia, dureza y durabilidad hacen de ellos un material versátil y muy adecuado para la construcción. En Roma, solían utilizarlos como elemento estructural en muros y bóvedas que acababan chapando con mármoles y otras calizas, al considerarlo un material sin la nobleza de la piedra, algo que pervertía la pureza de los elementos enterizos del mundo heleno y que inició una tradición contra la que brama Loos (1972)² en la protomodernidad. En este sentido, los romanos empleaban el ladrillo aparejándolo para mejorar su resistencia, puesto que cumplía una función estructural, además de constructiva y, a menudo incluso, como encofrado del hormigón en masa. La idea de continuidad material iba aparejada a la noción de *continuo estereotómico* (Aparicio Guisado 2006, 17), garantía de la transmisión de las cargas de compresión, por un lado, y la unificación de los cometidos estructurales y de cerramiento en un mismo lugar geométrico, por otro.

La idea de trabar las fábricas ha generado toda una teoría del aparejo del ladrillo: desde el básico soga-tizón a las mucho más elaboradas combinaciones en función del espesor de los muros. Su uso como cerramiento visto convirtió la trabazón constructiva en textura y en la propia articulación de la fachada, como puede observarse en el emblemático estilo *neomudéjar*. Una arquitectura que evolucionó poco en términos de tecnología constructiva durante siglos y, por ende, en lo relativo a los tipos estructurales empleados (Torroja, 1998). La otra utilización más popular de los materiales cerámicos está vinculada con

Figura 1_ Bearth & Deplazes Architects. Bearth, Deplazes, Ladner (Diseño de fachada Gramazio y Kohler), Gantenbein Winery, 2006 (cortesía de Bearth & Deplazes Architects).



la cubrición con teja y es casi tan antigua como el propio uso del ladrillo, que es uno de los materiales más usados para resolver la cubierta.

Con la llegada de la modernidad, el hormigón armado, el acero y el vidrio modificaron sustancialmente la tecnología constructiva y, con ella, la utilidad y la función de los materiales cerámicos. El desmembramiento en esqueleto y piel, que constituye el cambio más significativo introducido en la sintaxis tectónica de la arquitectura moderna (Frampton 1999), liberó al ladrillo de sus funciones portantes para limitar su uso a mero cerramiento o —en el caso de los ladrillos huecos— al de simples tabiquerías. Es difícil encontrar proyectos modernos en los que el ladrillo aún mantenga sus funciones portantes. Mies lo utilizó con este fin en su etapa europea en el ámbito doméstico (Matos y Castillo 2011). Tal vez uno de los casos más significativos sea su famoso proyecto de la casa de ladrillo de 1924 (fig. 2), un proyecto acaso más influyente que muchas obras construidas.³ El propio Mies empleó el ladrillo visto como cerramiento ya sin carácter estructural durante años en su etapa americana (por ejemplo, en algunos de sus edificios para el Instituto Tecnológico de Illinois) en congruencia con el progresivo refinamiento constructivo de su obra. Otros maestros de la modernidad como Wright, Le Corbusier o Aalto también lo utilizaron de forma diversa, por citar algunos de los más significativos.

El lenguaje moderno, que encuentra su materialización más popular en el denominado *estilo internacional* (Hitchcock y Johnson 1932), tuvo tal éxito en un periodo de tiempo tan reducido que pronto se constituyó en un estándar estético en buena parte de los confines del globo. Alrededor de la década de 1950, se evidenció que la universalización de un mismo lenguaje arquitectónico no era compatible con las diferencias significativas de los distintos climas e, incluso, con las raíces socioculturales de países muy diferentes entre sí. Surgió así la idea de regionalismo crítico, que suponía una respuesta diversa frente a la homogeneidad eurocentrista del estilo internacional. Esta pulsión no suponía necesariamente una vuelta al vernáculo sino, más bien, una reinterpretación consciente de la modernidad en el contexto local (Frampton 1983).

En las últimas décadas, se ha producido una concienciación creciente sobre la problemática que el clima y la cultura local plantean al arquitecto. Y, de forma consecuente, hay arquitectos que comienzan a trabajar con una mayor conciencia climática y con una sensibilidad más acorde con el ámbito en el que operan. Sorprendentemente, a pesar de la globalización y de la internacionalización del trabajo de muchas firmas, el acento local y el énfasis del respeto al medioambiente caracterizan buena parte de esta actividad reciente. Este artículo se dirige a analizar algunas de estas arquitecturas en las que la cerámica protagoniza parte de estos cambios.

METODOLOGÍA

A partir del enfoque de esta investigación se seleccionaron una serie de arquitecturas contemporáneas en las que el empleo de estos materiales cerámicos fuera distinto de su utilización convencional y que incorporara la lógica de una conciencia climática asociada con el lugar y con los nuevos retos que entraña la construcción en el siglo XXI. Estos obedecen tanto a criterios de sostenibilidad como a criterios formales compatibles con un lenguaje arquitectónico contemporáneo. Estas obras se analizan articulando el discurso y la discusión de las implicaciones que todo ello conlleva en la disciplina.

Cabe hacer una disquisición metodológica en cuanto a la selección inevitablemente reducida que, por motivos de extensión, acota las posibles categorías clasificatorias. Planteamos tres aspectos respecto de los que plantear la metodología: una aproximación relativa a los aspectos fenomenológicos derivados de las soluciones adoptadas; las relacionadas con aspectos de sostenibilidad que podríamos asociar con un nuevo regionalismo crítico, y, por último, aquellas soluciones que se desenvuelven en un ámbito de una cultura arquitectónica tecnológica contemporánea.

3.

A pesar de que, como ha señalado Bafna (2008), no pasa de ser un mero dibujo de planta y perspectiva que, sin embargo, todos entendemos como obra de arquitectura y, como tal, aparece en casi todas las historiografías de la modernidad.

La investigación se centró en dilucidar en qué medida o de qué forma los arquitectos pueden innovar hoy a través del uso de materiales cerámicos para dar respuesta a transformaciones más allá del ámbito meramente material. Cambios susceptibles de plantear una forma de habitar más sostenible y acorde con una conciencia medioambiental que responda al reto planteado por la evolución del clima. Todo ello en un contexto geográfico y cultural que adecúe la arquitectura a sus especificidades locales.

Obviamente, hay otras arquitecturas que obedecen a estos criterios, pero que no los abordan a partir del uso de materiales cerámicos, por lo que nuestro estudio queda circunscrito únicamente a esta casuística. La selección, que forma parte también de la labor de investigación, obedece a estos criterios clasificatorios y escoge intencionalmente algunas arquitecturas que aun no formando parte del circuito habitual 'del papel couché' y, por consiguiente, suelen quedar fuera del radar, sí responden certeramente a estas inquietudes.

LA CERÁMICA EMPLEADA CON CONCIENCIA CLIMÁTICA COMO PIEL POROSA EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA

Celosías: reinterpretación de la cultura local

La modernidad contribuyó decisivamente a establecer una distinción real entre la estructura y el cerramiento, al romper el continuo estereotómico de los muros de carga y de las bóvedas. Esta concepción del cerramiento —en especial de la fachada— como elemento ligero y vinculado a lo textil está muy relacionada con las teorías de Semper sobre la distinción entre lo tectónico y lo estereotómico, y con la distinción entre cerramientos ligeros y muros maestros de la arquitectura vernácula de los pueblos germanos. Como bien ha apuntado Frampton (1999, 16), "*Die Wand*, que indica una división no portante propia de la construcción de relleno a base de zarzas y barro, y *die Mauer*, que significa una estructura masiva portante".

Semper, además, distinguía entre la función tectónica, por un lado, y el muro como cerramiento, al que le asignaba un origen textil, por otra. En su monumental obra en torno a la idea de estilo, Semper desarrolló un concienzudo trabajo de investigación que pretendía establecer unos lazos entre las artes decorativas y los oficios, a los que relaciona con los orígenes de la arquitectura. Así, la cualidad textil, que atribuye a los muros en su función de cerramiento y abrigo, la vincula con la artesanía de tapices y esteras (Semper, Mallgrave y Robinson 2004). Siempre se han buscado sistemas pasivos de actuación destinados a favorecer el confort interior sin recurrir activamente al consumo de energía, por ejemplo: la ventilación forzada, el efecto chimenea solar, el aislamiento térmico, el invernadero, los muros macizos, los muros Trombe, las torres de viento o las fachadas ventiladas (Al-Sahmkhee et al. 2022). Las tecnologías pasivas, más sostenibles que las activas, encuentran en la configuración geométrica la optimización del rendimiento estructural y medioambiental. En el Hawa Mahal de Jaipur (India), también llamado el *Palacio del Viento* y diseñado por Lal Chand Ustad, la fachada en celosía, cuidadosamente labrada en arenisca roja, permite la circulación de aire fresco (efecto Venturi), creada por el diseño de la fachada. Aunque inicialmente estaba diseñada como límite de la privacidad para mirar sin ser visto, constituye un ejemplo paradigmático de la capacidad de estas pieles de protegerse del sol y de permitir la ventilación natural y la permeabilidad visual, un ejemplo antiguo de la consideración textil (casi una piel) de la fachada.

El regionalismo crítico planteado por Frampton (1983, 148) se sitúa en el centro del debate de la globalización y en el contexto de la arquitectura; en cierto sentido, la anticipa. Su reflexión trata de responder a la paradoja de la tensión entre tradición y modernidad, en cómo lograr ser moderno volviendo a los orígenes. En suma, cómo lograr revivir una cultura antigua y local para integrarla dentro de la civilización universal. En cierto modo, el posicionamiento intelectual de Frampton supone la síntesis de dos tradiciones filosóficas implícitas:

la fenomenología y el pensamiento crítico, que establecen "un diálogo constructivo entre 'el proyecto moderno' de Habermas y la insistencia de Heidegger en 'el ser como llegar a ser'" (Reza Shirazi 2018, 148).

Recientemente, Sanuki Daisuke construyó una vivienda entre medianeras en la población de Ho Chi Minh (Vietnam), diseñando la articulación de la fachada a partir de la tradición local (figs. 2 y 3). Para ello, se utilizaron bloques cerámicos extruidos de bajo coste que permiten la ventilación natural y conformar una fachada decorativa en celosía al sur que, hábilmente, se combina en diversas hileras con diferentes patrones geométricos apoyados en cargaderos de hormigón armado (fig. 2). Como reconoce Daisuke, el cliente solicitó utilizar este tipo de materiales por su bajo coste y por su popularidad local. Además, la cerámica también se utiliza en el proyecto por sus cualidades materiales como pavimento y como revestimiento, colocando acentos cromáticos y texturales que contrastan con el revestimiento continuo blanco del conjunto y que forman parte de las intenciones del proyecto, como se observa en la sección fugada (fig. 4).

La benignidad del clima también supuso una reinterpretación contemporánea del *lanai*, según Daisuke (Archello), un espacio cubierto pero abierto, que sirve de transición entre interior y exterior de las estancias. Este elemento característico

Figura 2_ Sanuki Daisuke Architects. Vivienda en Binh Thanh, 2016, fachada principal y patio interior (Sanuki Daisuke Architects fotografía de Hiroyuki Oki; cortesía de Hiroyuki Oki).

Figura 3_ Sanuki Daisuke architects. Vivienda en Binh Thanh, 2016, plantas baja, primera y sección longitudinal (cortesía de Sanuki Daisuke Architects).

Figura 4_ Sanuki Daisuke architects. Vivienda en Binh Thanh, 2016, sección fugada, relación espacios *lanai* (cortesía de Sanuki Daisuke Architects).



de la arquitectura hawaiana extiende su influencia en esta zona del sudeste asiático. Val Ossipoff popularizó su reinterpretación moderna (Sakamoto y Britton 2008, 69). Daisuke logra con estos recursos una controlada permeabilidad visual, dosificar la privacidad y una ventilación cruzada entre las dos torres y el patio de luces que las separa, salvando el problema de la medianería y acomodándose a las condiciones del lugar con una solución en sección que, desde el punto de vista del lenguaje, se impregna de una tradición local, al tiempo que permite abordar un proyecto con verdadera conciencia climática.

Otro estudio de arquitectura vietnamita, caracterizado por una sensibilidad bioclimática en sus proyectos, Vo Trong Nghia Architects, ha empleado una solución similar para la vivienda en Bat Trang, cerca de Hanói, una localidad famosa por su artesanía cerámica (figs. 5, 6 y 7). Siguiendo la tradición local de viviendas-taller, en las que los artesanos viven, trabajan y venden sus productos, se diseñó un complejo programa híbrido. En las dos plantas inferiores, la familia vende su artesanía, quedando el programa de vivienda para las plantas superiores. En este caso, delante de la fachada de la vivienda avanza una generosa piel en celosía cerámica que los arquitectos encargaron a las artesanías locales, creando con ello un espacio lleno de vegetación entre la vivienda propiamente dicha y la celosía. Esto permitió una fachada profunda en tres capas (celosía cerámica, vegetación y piel de vidrio) que constituye, además, la imagen visible de la arquitectura a la ciudad (Vo Trong Nghia Architects 2021, 51) (fig. 6). El trabajo en sección permite entender la relación del programa más compacto de las piezas vivideras con la piel que las rodea y los espacios intersticiales habitados por las plantas y las estancias vinculadas con ellos (fig. 5).

En este caso, huecos de diferentes escalas por los que asoma la lujuriante vegetación se intercalan entre los huecos de la trama de bloque cerámico que constituye la celosía propiamente dicha, mientras las sombras producidas por ambas capas permiten que haya grandes huecos de vidrio protegidos del sol. Es evidente que la benignidad del clima anima este tipo de soluciones arquitectónicas y esta disolución entre límites interior y exterior (figs. 6 y 7).

La utilización de este tipo de soluciones en el ámbito doméstico no debe llevarnos a la confusión de que no puedan emplearse en el ámbito de edificios de uso público, como el mismo estudio demuestra en la sala de exposiciones de la empresa de electrónica Panasonic, denominada *The Lantern* (fig. 8), en la capital vietnamita Hanói (Vo Trong Nghia Architects 2016).

Obviamente, la elaboración de celosías y la forma que éstas tienen de filtrar la luz introduce una componente fenomenológica que no puede soslayarse. La forma en la que se desgasta la luz sobre las superficies de los límites arquitectónicos es reflejada o es filtrada por ellos y tiene una enorme capacidad para generar atmósferas. Esta es una seña de identidad de la arquitectura de Zumthor (2006, 59), quien confiesa que, como otros colegas, elige los materiales observando cómo atrapan la luz o cómo la reflejan. Como apunta Guitart (2022, 265) en su monografía sobre filtros arquitectónicos, estos elementos se han diseñado de diversas formas a lo largo del tiempo, generando significados y articulando la mediación entre interior y exterior, entre la luz y cómo ésta es percibida por el hombre en el interior, añadiendo así una dimensión fenomenológica a la arquitectura. Pallasmaa (2006, 72) concibe la arquitectura como "el arte de la reconciliación entre nosotros y el mundo, y esta mediación tienen lugar a través de los sentidos".

Estos ejemplos que vemos aquí incorporan filtros con cierto espesor que, además de garantizar esa experiencia memorable de la arquitectura a la que se refiere Pallasmaa (2006), proveen unas condiciones de mayor confort en el interior en aquellas latitudes en las que la penetración sin control del sol implicaría una ganancia térmica significativa. Son arquitecturas que incorporan el vernáculo con un lenguaje sencillo, a la vez que contemporáneo, sin hacer gala de tecnificaciones. Esta dimensión, consciente de las cualidades climáticas

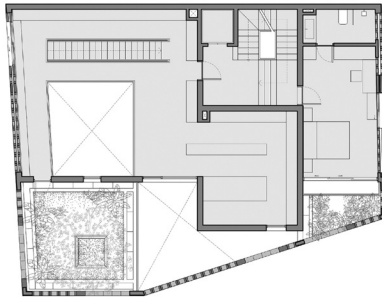
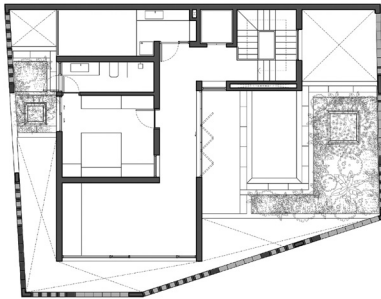
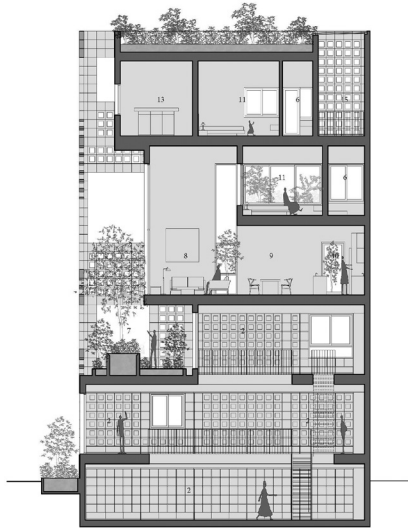
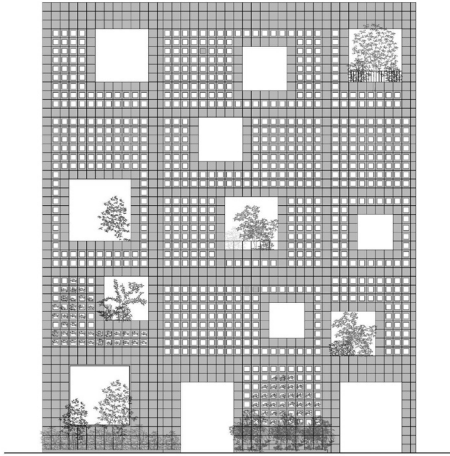


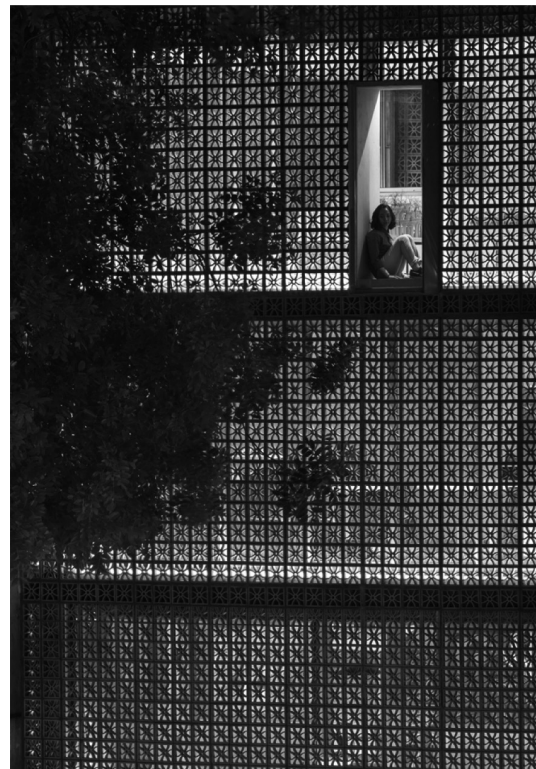


Figura 5_ Vo Trong Nghia Architects, *Casa en Bat Trang*, 2021, alzado y sección transversal (cortesía de Vo Trong Nghia Architects).

Figura 6_ Vo Trong Nghia Architects, *Casa en Bat Trang*, 2021, plantas 2ª y 5ª, y edificio en el contexto urbano (Vo Trong Nghia Architects, fotografía de Hiroyuki Oki; cortesía de Hiroyuki Oki).

Figura 7_ Vo Trong Nghia Architects, *Casa en Bat Trang*, 2021, espacios entre pieles con vegetación (Vo Trong Nghia Architects, fotografía de Hiroyuki Oki; cortesía de Hiroyuki Oki).

Figura 8_ Vo Trong Nghia Architects, *The Lantern*, Hanoi, 2016, detalle celosía, vista edificio en contexto, (Vo Trong Nghia Architects, fotografía de Hiroyuki Oki; cortesía de Hiroyuki Oki).



locales y de cómo utilizar sistemas pasivos y económicos, constituye un ejemplo de conciencia climática actual en el uso de celosías cerámicas imbuidas tanto por la dimensión fenomenológica como por una sensibilidad climática que opera dentro de un paradigma más sostenible.

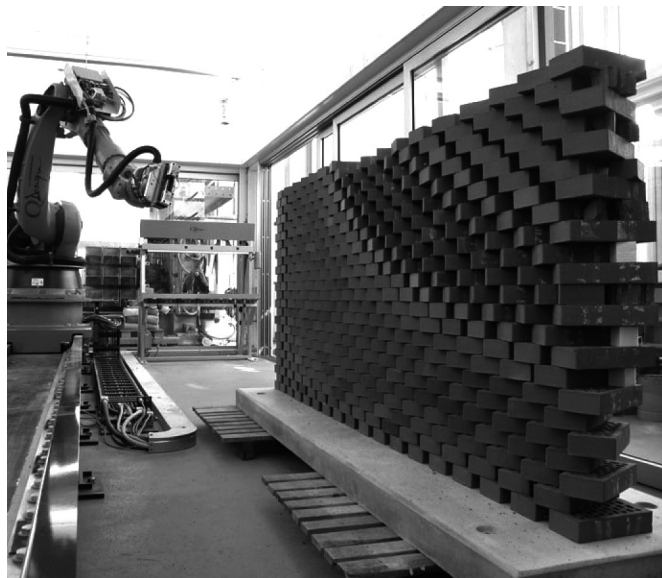
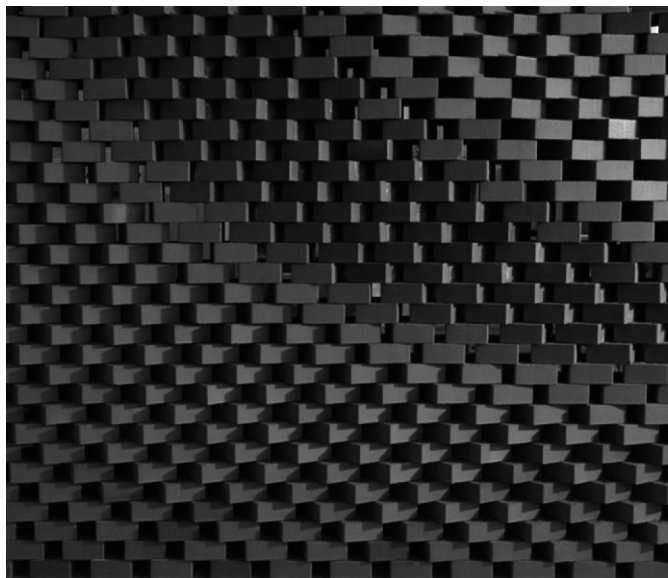
FILTROS: DISRUPCIÓN ARQUITECTÓNICA Y LÓGICA COMPUTACIONAL

La creciente tecnificación del diseño arquitectónico también ha generado otro tipo de planteamientos más disruptivos a la hora de establecer nuevas simbiosis entre cerámica y tecnología en el ámbito de la contemporaneidad.

En 2000, Atelier Objectile, liderado por Bernard Cache, realizó una serie de diseños en los que esta cualidad de lo textil ya planteada por Semper encontraba una materialización contemporánea al hilo de las tecnologías digitales. Cache (2000) procedía a una relectura crítica de Semper, aunando tecnologías digitales con tecnologías constructivas y asimilando el concepto de *transposición material* (*stoffwechsel*) en el que los orígenes de la arquitectura volvían a quedar fijados en torno a las tecnologías y los materiales, ahora renovados por la irrupción de la revolución digital y lógicas computacionales.

A pesar de la reticencia de muchos arquitectos y de parte de la crítica a otorgar un cierto valor a esta revolución de las tecnologías de la información, parte de la innovación más radical de los últimos años ha venido asociada con su utilización intencional en el ámbito de una cultura digital (Picon 2010). En 2013, Mario Carpo, uno de los autores más influyentes en este ámbito, publicaba una recopilación de textos escritos en las dos décadas precedentes en relación con el cambio de paradigma introducido por las herramientas digitales bajo el título *The Digital Turn in Architecture 1992-2012*.

Extrapolando la idea de disrupción tecnológica que acuñaron Bower y Christensen (1995) en el mundo empresarial al ámbito de la arquitectura, por *disrupción* entendemos aquellas transformaciones innovadoras y radicales del lenguaje arquitectónico que logran encarnar el *zeitgeist* de la tecnología de una época, que definen un marco estético, conceptual y constructivo capaz de remplazar el canon preestablecido. De acuerdo con este planteamiento, la modernidad arquitectónica supuso una de las transformaciones más disruptivas de la historia.



Los nuevos materiales y sistemas constructivos, unidos a un profundo cambio estético promovido por las vanguardias del siglo xx, sustituyeron por completo el canon establecido y sentaron las bases para la instauración de un nuevo ideal moderno, el cierto *estilo internacional*.

En los años noventa, cuando las herramientas digitales empezaron a difundirse en los estudios de arquitectura de forma generalizada, los límites de la representación —y con ellos las posibilidades de las arquitecturas concebibles— abrieron la caja de Pandora en el ámbito de la forma.⁴ Así, arquitectos como Peter Eisenman y Frank Gehry, y la siguiente generación más familiarizada con dichas herramientas, comenzaron a explorar un nuevo repertorio formal: el primero en el ámbito de la deconstrucción; el segundo, en operaciones de especulación formal vinculada a lo informe. La arquitectura de los denominados *blobs* suponía una encarnación de unos ideales en los que la temporalidad y lo dinámico permeaban una arquitectura virtual emergente (Lynn 1999) auspiciada por el control sobre la forma que las nuevas tecnologías permitían y que habían sido probadas con anterioridad en otras industrias como la aeronáutica o la naval (Kolarevic 2003). Hasta que no se construyó el Guggenheim de Bilbao no pasaban de ser arquitecturas de papel. No obstante, la forma arquitectónica no se adecuaba a la función en el modo en el que lo hace el fuselaje de un avión o el casco de un barco. En arquitectura, la forma del contenedor es, en buena medida, arbitraria (Moneo 2005) o, para ser más precisos, no está determinada por las leyes de la física, aunque sí esté determinada por ellas. En otras palabras, al operar sobre la forma, el arquitecto tiene unas posibilidades de expresión vedadas al ingeniero.

La verdadera disrupción digital en arquitectura implica una decidida *conciencia digital*: el uso intencional de las nuevas tecnologías para lograr arquitecturas que no serían posibles sin ellas (Marcos, Capone y Lanzara 2017). Como bien ha apuntado Mario Carpo (2017), el *segundo giro digital* implica una lógica computacional más que humana, con ordenadores capaces de procesar millones de datos por segundo y trabajar a la escala del denominado *big data*.⁵

La convergencia de CAD y CAM aplicada a la arquitectura plantea nuevas formas de abordar la materialidad a la que algunos se han referido con el término *nueva materialidad*, en alusión a la transformación tecnológica en el empleo de los materiales de la construcción (Picon 2004). De hecho, como el propio Picon (2019) reconoce, uno de los rasgos que caracteriza el discurso vinculado con esta revolución digital radica en la conciencia de una nueva materialidad, una concepción dinámica de la materia que desafía los límites del hilemorfismo y, en cierta medida, acota la disrupción en lo que Achim Menges o Jenny Sabin han definido como la noción de *computación material*.

Figura 9_ Fabio Gramazio y Matthias Kohler Informed Wall workshop. ETH, Zurich, 2006 (cortesía de Gramazio & Kohler Architects).

4.

Los excesos vinculados al efecto Guggenheim y a la gran disponibilidad de dinero en la época han favorecido la crítica alrededor de la arquitectura digital.

5.

Esto ha logrado que empecemos a considerarlos colaboradores de proyecto, más que como simples máquinas capaces de optimizar nuestro trabajo (Picon 2006).



Fig 10_ Bearth & Deplazes Architects. Bearth, Deplazes, Ladner (Diseño de fachada Gramazio y Kohler), Gantenbein Winery, 2006 (cortesía de Bearth & Deplazes Architects).

Una de las formas en las que esta nueva aproximación a la materialidad encuentra su acomodo en el ámbito de la innovación digital y en el uso de materiales cerámicos queda evidenciada en los trabajos de investigación pioneros que Gramazio y Kohler desarrollaron en su taller de la ETH de Zurich, titulado *The Programmed Wall* (Bonwetsch et al. 2006). Se trataba de explorar las posibilidades que los robots de fabricación digital podían proporcionar en el aparejo del ladrillo. Aquí es donde entra de lleno esta lógica computacional que ponemos aquí de relieve. Dibujar el modelo 3D de cada ladrillo de un muro de doble curvatura sería un trabajo muy laborioso, pero aparejar cada uno de ellos para que se pudiera construir ese paño resultaría impensable con medios convencionales. No con una lógica computacional y con sistemas de producción *customizada* en masa. Programar el modelo con un simple *script* es algo sencillo para quien conoce la herramienta. Al robot le da lo mismo que cada ladrillo esté aplomado y que el conjunto defina un plano o que cada uno de ellos ocupe una determinada posición con un giro relativo diferenciado, por lo que es capaz de construir el muro curvado con total precisión⁶ (fig. 9).

La complejidad y la irregularidad como marchamos de lo digital entran en juego cuando los ordenadores añaden ese plus de control de enormes cantidades de información y singularidad que hace insustituible su utilización. Ello se logra a través de la programación de la forma más que de su diseño, desarrollando estrategias de indagación formal (*form finding*) a las que Carpo (2017) se refiere como *form searching*. Y, también, a la convergencia de CAD y CAM basada en la información directamente implicada en los procesos de concepción y de materialización de la arquitectura, algo a lo que otros se han referido como *informar* la arquitectura (Bonwetsch et al. 2006, 489).

Este tipo de aproximación desarrollada en los talleres de la ETH de Zurich llevó a Gramazio y a Kohler a recibir el encargo en 2006 de colaborar para el diseño de la fachada de las bodegas de Gantenbein, en Suiza, con el estudio Bearth and Deplazes (figs. 1 y 10). Para la sala de fermentación de la uva, el propio contenedor se concibió como una gran cesta llena de uvas. Vista desde lejos, la fachada parece una serigrafía con esa imagen un tanto literal y discutible como elemento de articulación de la fachada. El manejo del aparejo singularizado para cada uno de los ladrillos del muro (decenas de miles, cada uno con su posición y su orientación en el espacio), una suerte de procesamiento de *big data* a la escala del muro, permite operar sobre la forma del cerramiento de maneras hasta entonces inimaginables. Es el modo de abordar el aparejo del ladrillo, sin embargo, el que permite percibir esa nueva materialidad en su utilización como elemento tradicional de la construcción que sin el uso de dichos robots nunca habría podido materializarse. En el interior, aprovechando el aparejo del muro-celosía, esa estética de la irregularidad característica del diseño computacional despliega todo su potencial, logra sugerentes efectos de

6.

Cada ladrillo se coloca con el mortero en 30 segundos aunque, como reconocen los autores, con un sistema de dosificación profesional del mortero se podría reducir a la mitad (Bonwetsch et al. 2006, 494).

luz y deja permear la estancia con el aire puro de la montaña, en la que podemos encontrar ecos de la sensibilidad fenomenológica del maestro suizo Peter Zumthor (Afsari, Swarts y Russell 2014).

Esta lógica computacional permite aplicaciones de diseño y fabricación asistidos en el ámbito de la investigación y de la experimentación, como en el caso de la construcción del prototipo *Terra-Cotta Grotto* (Garofalo, Guitart y Khan 2020). Éste utiliza tableros cerámicos perforados con geometrías complejas y pliegues, cuya forma se obtiene con corte de agua a presión, y cuyos investigadores afirman lograr diferencias de entre 5 y 10 °F (unos 3° C) entre la cara exterior sometida a radiación y la cara interior en sombra. Una investigación que evidencia el papel que la cerámica y las nuevas tecnologías pueden desempeñar en la mejora de la eficiencia energética.

Otros ejemplos de lógica computacional y nuevo regionalismo crítico en pieles cerámicas (Marcos y McCormick 2021) podemos encontrarlos en la obra de APP Architects en Arak (Irán), *Revolving Bricks Serai* (fig. 11), en la que toda la fachada es concebida como una gran celosía intimista y protectora de los rigores del sol local. Las formas irregulares, de nuevo, logran articular globalmente la fachada con un gesto ondulante. En este caso, el detalle de los ladrillos está unido a un armazón metálico que permite un giro aún mayor en el aparejo de aquellos, que es entendido como verdadera piel.

Así, la fachada es apreciablemente más transparente que la fachada de las bodegas de Gantenbein, y ello plantea una lectura, en apariencia, contradictoria que nunca imaginaríamos para un cerramiento de fábrica de ladrillo, al que solemos asociar valores como opacidad, rigidez e impermeabilidad visual (fig. 12). De nuevo, el uso de las nuevas tecnologías permite plantear una nueva materialidad del ladrillo que desafía las concepciones que normalmente atribuimos a este material cerámico. En cierto modo, podemos también entender este tratamiento de fachada como una reinterpretación de las fabulosas celosías que encontramos en la arquitectura del imperio mogol, por ejemplo, en el Fuerte Rojo de Delhi, en el que la idea de sustracción opera sobre la materia para conseguir el efecto de transparencia y genera atmósferas introspectivas en filtros estereotómicos caracterizados por una luz "puntual, contenida y direccionada" (Guitart 2011, 57).

La permeabilidad visual que se logra en la fachada diseñada por APP Architects, por el efecto del aparejo complejo y el control de las posiciones de cada ladrillo, se consigue en la fortaleza mogol por el laborioso trabajo de los canteros sobre la arenisca roja, característica de dicha arquitectura, sustrayendo el material con un trabajo más propio de la orfebrería que de la cantería, cuya maestría aún hoy asombra al contemplarla. Los efectos fenomenológicos logrados en ambos casos, al filtrar la luz, guardan ciertos paralelismos; pero existe un cambio sustancial en la utilización de las tecnologías: el trabajo artesanal de la producción manual (Sennet 2009) es remplazado por el diseño computacional (maquínico), capaz de definir la posición y orientación de cada uno de los ladrillos en el espacio de forma individualizada y de ejecutar dicha compleja piel, algo inimaginable de no ser por las nuevas tecnologías. Del mismo modo, también es posible con las herramientas digitales simular infinitud de aspectos y cuestiones relacionadas con la mejora del diseño (*performance based design*) o, incluso, anticipar efectos visuales generados a partir de las geometrías definidas algorítmicamente, como sucede en la fachada de este edificio, debido a la rotación variable de los ladrillos (fig. 13). Algo muy adecuado en este caso en particular ya que las testas de los ladrillos se pintaron en azul cobalto y en turquesa, produciendo así efectos coloridos debido a la rotación de cada ladrillo, la razón del efecto ondulante y los efectos de gradaciones cromáticas de la fachada.

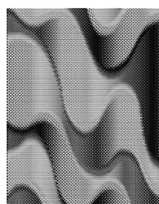
CONCLUSIONES

Como se ha analizado, existen otras formas posibles de explorar la materialidad de la cerámica en la arquitectura, incluso utilizando elementos tradicionales como ladrillos o bloques cerámicos. Esto no impide que se puedan proyectar

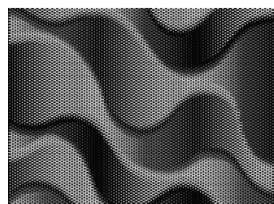
Figura 11_ A.P.P. Architects, *Revolving Bricks Serai*, 2015. Arak, Markazi province, Iran (cortesía de Farhad Mirzaie, A.P.P. Architects).

Figura 12_ A.P.P. Architects, *Revolving Bricks Serai*, 2015. Arak, Markazi province, Iran. Detalle aparejo de ladrillo y patrones de color, edificio en contexto, (cortesía de Farhad Mirzaie, A.P.P. Architects).

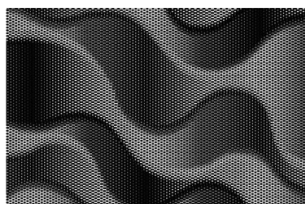
Figura 13_ A.P.P. Architects, *Revolving Bricks Serai*, 2015. Detalle de simulación de los efectos ópticos de los patrones de fachada en función del ángulo del observador respecto de la fachada, (cortesía de Farhad Mirzaie, A.P.P. Architects).



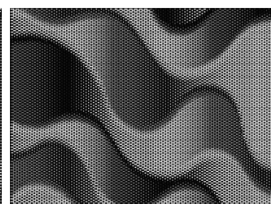
210 GRADOS



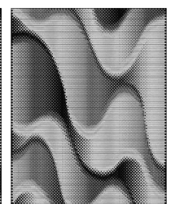
240 GRADOS



270 GRADOS



300 GRADOS



330 GRADOS

arquitecturas más sensibles con el medio ambiente, incorporando soluciones pasivas mucho más ecosostenibles que los complejos sistemas de climatización que consumen energía, producen una mayor huella de carbono y son más difíciles de mantener; además, de que tienen que compensar un diseño inadecuado para un determinado lugar debido, por ejemplo, a la importación de sistemas constructivos o soluciones más apropiadas para otras latitudes.

Una conciencia climática clara implica planteamientos constructivos y materiales que minimicen el impacto de la arquitectura sobre la faz de la tierra o un consumo excesivo de recursos materiales o de energía. A veces, incluso, una reinterpretación de materiales como los bloques cerámicos o sistemas constructivos tradicionales pueden sustituir el papel que convencionalmente se les atribuye.

La lógica computacional abre un nuevo mundo de posibilidades formales que, empleada con verdadera conciencia digital, permite una actualización de elementos cerámicos tan antiguos como el ladrillo. La irregularidad y la complejidad como señas de identidad del diseño computacional se manifiestan en este tipo de proyectos.

Algunas de las arquitecturas seleccionadas muestran el potencial de la disrupción digital aplicada a la utilización de materiales cerámicos que permiten explorar una nueva aproximación a la materialidad cerámica en la arquitectura, es decir, la comprensión de una nueva materialidad que emerge del modo innovador de *idear, proyectar y fabricar* digitalmente la arquitectura que ha caracterizado el *segundo giro digital*. Una lógica que alumbra soluciones *disruptivas* de la arquitectura que no podrían concebirse o materializarse sin la utilización consciente e intencional de las posibilidades que la convergencia de CAD y CAM entraña.

La evolución del clima, unida a los retos demográficos, demanda una sensibilidad arquitectónica diferente, en la que la adecuación al clima y a las tradiciones locales o la utilización de sistemas pasivos que reduzcan la huella de carbono y el consumo energético del medio construido sean un tema central. Los ejemplos analizados evidencian que dicha sensibilidad es perfectamente compatible con la innovación, con un lenguaje contemporáneo y con una arquitectura capaz de generar *experiencias memorables*.

BIBLIOGRAFÍA

1. Afsari, Kereshmeh, Matthew Swarts y Russell Gentry. 2014. "Integrated Generative Technique for Interactive Design of Brickworks". *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)* 19: 225-247. <http://www.itcon.org/2014/13>
2. Al-Shamkhee, Dhafer Al-Aasam, Anwer Basim, Al-Waeli Ali H. A. et al. 2022. "Passive Cooling Techniques for Ventilation: An Updated Review". *Renewable Energy and Environmental Sustainability*, 7, n.º 23. <https://doi.org/10.1051/rees/2022011>
3. Aparicio Guisado, Jesús María. 2006. *El muro: Concepto esencial en el proyecto arquitectónico; la materialización de la idea y la idealización de la materia*. Madrid: Biblioteca Nueva.
4. Bafna, Sonit. 2008. "How Architectural Drawings Work-and What that Implies for the Role of Representation in Architecture". *The Journal of Architecture*, 13, 5: 535-564. <https://doi.org/10.1080/13602360802453327>
5. Bonwetsch, Tobias, Daniel Kobel, Fabio Gramazio y Matthias Kohler. 2006. "The Informed Wall: Applying Additive Digital Fabrication Techniques on Architecture". En *Synthetic Landscapes. Proceedings ACADIA 2006*, editado por Gregory A. Luhan, Phillip Anzalone, Mark Cabrinha y Cory Clarke, 489-495. Louisville, KY: University of Kentucky/Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA).
6. Bower, Joseph L. y Clayton M. Christensen. "Disruptive Technologies: Catching the Wave". *Harvard Business Review* 73, no. 1 (January-February 1995), 43-53.
7. Cache, Bernard. 2000. "Digital Semper". En *Anymore*, editado por Cynthia Davidson, 190-197. Cambridge: The MIT Press.
8. Carpo, Mario. 2013. *The Digital Turn in Architecture 1992-2012*. Chichester: Wiley.
9. Carpo, Mario. 2017. *The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence*. Cambridge: The MIT Press.
10. Frampton, Kenneth. 1983. "Prospects for a Critical Regionalism". *Perspecta*, 20: 147-162.
11. Frampton, Kenneth. 1999. *Estudios sobre cultura tectónica: Poéticas de la construcción en la arquitectura de los siglos XIX y XX*. Madrid: Akal.
12. Garofalo, Laura B., Miguel Guitart y Omar Khan. 2020. "Porous Mass: Terra-Cotta Redefined Through Advanced Fabrication". *TAD*, 4, n.º 2: 232-241.
13. Guitart, Miguel. 2011. "Estrategias estructurales en los filtros cerámicos". En *Ensayos sobre arquitectura y cerámica (IV)*, 53-64. Madrid: Marea Libros.
14. Guitart, Miguel. 2022. *Behind Architectural Filters: Phenomena of Interference*. New York: Routledge.
15. Hitchcock, Henry-Russell y Philip Johnson. 1932. *The International Style: Architecture since 1922*. New York: W. W. Norton & Company.
16. Kolarevic, Branko. 2003. "Information Master Builders". En *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*, editado por Branko Kolarevic, 57-62. New York: Spon Press.
17. Loos, Adolf. 1972. "El principio del revestimiento". En *Ornamento y delito y otros escritos*, 216-220. Barcelona: Gustavo Gili.
18. Lynn, Greg. 1999. *Animate Form*. New York: Princeton Architectural Press.
19. Marcos, Carlos L., Mara Capone y Emanuela Lanzara. 2017. "Digitally Conscious Design. From the Ideation of a Lamp to its Fabrication as a Case Study". En *ShoCK. Proceedings of the 35th International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe*, vol. II, editado por Antonio Fioravanti, Stefano Cursi, Salma Elahmar, Silvia Gargaro, Gianluigi Loffreda, Gabriele Novembri y Armando Trento, 219-228. Roma: Sapienza University.
20. Marcos, Carlos L. y Liz McCormick. 2021. "Digitally Disruptive Critical Regionalism: Climate, Place and Façade". En *UIA 2021 Rio 27th World Congress of Architects Proceedings*, vol. III, 1661-1667. Rio de Janeiro: UIA.
21. Matos, Beatriz y Alberto Martínez Castillo. 2011. "La cerámica y los maestros modernos 5+1". En *Ensayos sobre arquitectura y cerámica*, editado por Jesús Aparicio Guisando, 9-23. Madrid: Marea Libros.
22. Moneo, Rafael. 2005. *Sobre el concepto de arbitrariedad en la arquitectura: Discurso de ingreso en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando*. Madrid: Gráficas Arabí.
23. Pallasmaa, Juhani. 2006. *Los ojos de la piel*. Barcelona: Gustavo Gili.
24. Pampuch, Roman. 2014. *Introduction to Ceramics*. Cham: Springer.
25. Picon, Antoine. 2004. "Architecture and the Virtual: Towards a New Materiality". *Journal of Writing and Building*, 6: 114-121.
26. Picon, Antoine. 2006. "Preface". En Kostas Terzidis. *Algorithmic Architecture*. Oxford: Architectural Press.
27. Picon, Antoine. 2010. *Digital Culture in Architecture: An Introduction for the Design Professions*. Basel: Birkhäuser.
28. Picon, A. 2019. "Digital Fabrication, Between Disruption and Nostalgia". En *Instabilities and potentialities: Notes on the nature of knowledge in digital architecture*, editado por Chandler Ahrens and Aaron Sprecher, 223-237. New York: Routledge.
29. Reza Shirazi, M. 2018. *Contemporary Architecture and Urbanism in Iran*. Cham: Springer.
30. Sakamoto, Dean y Britton, Karla. 2008. "Hawaiian Modern: Vladimir Ossipoff in New territory". *Modernism (Winter)*: 62-75.
31. Sanuki Daisuke Architects. 2016. "Apartment in Binh Thanh". *Archello* 2016. <https://archello.com/project/apartment-in-binh-thanh>
32. Semper, Gottfried, Harry Francis Mallgrave y Michael Robinson. 2004. *Style in the Technical and Tectonic Arts; or Practical Aesthetics*. Los Angeles: Getty Research Institute.
33. Sennet, Richard. 2009. *El artesano*. Barcelona: Anagrama.
34. Torroja, Eduardo. 1998. *Razón y ser de los tipos estructurales*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
35. Vo Trong Nghia Architects. 2016. "The Lantern". *Dezeen* 2016. <https://www.dezeen.com/2016/11/25/the-lantern-vo-trong-nghia-perforated-brick-gallery-showroom-hanoi-vietnam/>
36. Vo Trong Nghia Architects. 2021. "Casa en Bat Trang, Hanoi (Vietnam)". *Arquitectura Viva*, n.º 237: 50-55.
37. Zumthor, Peter. 2006. *Atmósferas*. Barcelona: Gustavo Gili.