

# Dibujar sin dibujar

María Josefa Agudo-Martínez

*Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla*

**Abstract:** Parametric modeling integrates both experimental design (CAD) and its realization (CAM) and verification (CAE). It is susceptible generative systems variations and ‘mutations’, based on parameters that are translated into a programming language by ‘genetic algorithms’, as the named John Holland in 1970. This raises the possibility to operate, simultaneously, with multiple solutions, for the sake of ideation and prototyping later. These prototypes programmatically parameterized with Grasshopper, may even become smart objects with Arduino hardware microprocessor programming electronic components.

**Keywords:** Parametricism. Digital morphogenesis. Genetic architectures.

## *El nuevo paradigma del Parametricismo*

El dilema que se plantea parece ser el tratar de dilucidar la prioridad de la mano frente a la máquina o viceversa; pero parece que la respuesta es obvia: dado que la mano no deja de ser una herramienta, la *calidad* del resultado depende sobre todo del *concepto* o, lo que es lo mismo, de la mente y la sensibilidad que guían a la mano y/o a la máquina. En cualquier caso, es indudable que la nueva competencia clave, asociada al control del mencionado resultado final, es saber programar en lenguajes de código abierto, es decir, *dibujar sin dibujar*.

Patrik Schumacher define el Parametricismo como el nuevo gran estilo después del Movimiento Moderno. En su conocido manifiesto contraponen, por ejemplo, el concepto de espacio al de campo, o el de forma al de deformación, haciendo con ello referencia explícita a una realidad poliédrica, pero también al dinamismo y la complejidad de la sociedad actual. Con estas nuevas tecnologías de modelado paramétrico y fabricación digital, en algunos casos unidas a edificios singulares, se busca, casi siempre, el máximo de optimización a

partir de componentes de producción múltiple y de fácil construcción empleando materiales industriales de bajo coste, especialmente con prototipos de mobiliario (Rivera 2014, 244). Por otro lado, geometría y arte se dan la mano en el momento presente más que nunca (Cabezas Gelabert 2011, 69), superando definitivamente el tradicional divorcio entre el arte y la ciencia y con una nueva geometría generativa, asociada al Parametricismo. Así, el diseño paramétrico o algorítmico, viene a enriquecer, de manera incuestionable a su predecesora, la geometría descriptiva, y lo hace además mediante la investigación y la innovación. En ese sentido, frente a la metáfora de la mesa de dibujo, el modelado paramétrico “está basado en la metáfora de un taller de mecánica” (Cardoso Llach & Capdevila Werning 2009, 138), lo que significa que la generación del modelo aparece asociada a su definición numérica, es decir, el modelo se define a partir de un sistema de relaciones que permiten múltiples variaciones. Por otro lado, es cierto, sin embargo, que el Parametricismo no tiene porqué ser un estilo unificado como afirmaba Patrik Schumacher (Schumacher 2009, 14), sino que procede entenderlo como un enfoque íntegro que atiende sobre todo a planteamientos económicos y funcionales y no exclusivamente formales.

En otro orden de cosas, desde un punto de vista también formal, la línea curva y la línea recta parecen haber sido incompatibles en numerosas etapas de la historia de la arquitectura, con posturas a veces radicales a favor o en contra respectivamente de cada una de ellas. En relación con lo anterior, conceptos tradicionales de dibujo tales como retícula, incluso en la arquitectura del siglo XX (Cortés Vázquez de Parga 2013) o proporción (Padovan 1999, 221) pueden aparecer asociadas indistintamente a ambos tipos de línea, aunando la tradición oriental de la sabiduría de la naturaleza con la tradición occidental del conocimiento racional (Doczi 2004, 127). En este sentido, algunos arquitectos geniales han sabido en todas las épocas conciliarlas y sacar el máximo provecho de cada una de ellas. En

otro orden de cosas, la unicidad y la singularidad de las imágenes- materia (Brea 2010, 12) contrasta con los atributos específicos de otros tipos de imágenes como las que incorporan movimiento (films) o cualquier modalidad de las e-imágenes, éstas últimas ciertamente espectrales y caracterizadas por la ubicuidad. Por este motivo, solía hablarse de forma habitual de una antitética arte-técnica; si bien se trata, a todas luces, de una oposición conceptual que se considera ampliamente superada en nuestros días.

Surge así un nuevo paradigma arquitectónico, el de las formas geoméricamente ambiguas, dotado de una enorme complejidad formal e indisolublemente asociado al concepto de tecnología digital, podría encontrar un complemento con otros enfoques tecnológicos; sirva como ejemplo, para los casos de afán hiperrealista, el de la *realidad aumentada* en un dispositivo móvil. Este nuevo paradigma hay además que enmarcarlo dentro de un contexto global de crisis de la ciencia en su relación con la obtención de información situacional o sensorial (Burgos 2008, 111), lo que supone, cuando se habla de arquitectura, una reinterpretación de los procesos creativos que lleva además aparejada una sorprendente componente de renovación o revisión *pedagógica* altamente motivadora. Así, desde un punto de vista general, la tecnología digital ocuparía un papel de máximo protagonismo en la gestión de los procesos productivos y pasaría a estar, ahora más que nunca, al servicio de los seres humanos en el sentido de enfocada a la resolución de problemas reales o prácticos. Se habla, por ello, de tecnología transversal, unida a diseño performativo o colaborativo, basado éste último en la utilización de hipergrafos y algoritmos genéticos o paramétricos para la generación de patrones. Por otro lado, el denominado ciberespacio aparece como un nuevo escenario telemático social (Burgos 2008, 114) que requiere de la interacción o participación activa de los espectadores, lo que modifica de forma radical los conceptos de espacio y tiempo en las relaciones interpersonales, con avatares y nuevos ambientes inmersivos cargados de experiencias y sensaciones en las que el cuerpo real participa de forma activa dentro de esta nueva Noosfera. Así, el Modelado y Simulación Tridimensional Interactiva junto a la Realidad Virtual (VRML) indagan sobre el potencial de los denominados telesentidos de la mano de los pentasentidos. Así, se habla cada vez más de arquitectura efímera, con el nuevo concepto de Diseño Orientado a Eventos (DOE), pero también con materiales reutilizados o mobiliarios mutantes, con arquitecturas 'fluidas' o 'evolutivas', en la denominada 'morfogénesis digital' (Kolarevic 2008,

3). Se trata, en definitiva, de aprender a construir desde la crisis y convivir con el caos mediante la utilización de estrategias exploratorias e indagatorias.

### *Open Source versus CAD/CAM*

Desde un punto de vista global, este nuevo paradigma contemporáneo aparece asociado, como ya se ha comentado, a la investigación interdisciplinar y colaborativa, y todo ello unido a una reestructuración general del conocimiento de la mano de a una nueva articulación de saberes. Así, la 'muerte del autor' deja paso a colectivos arquitectónicos o artísticos que suelen trabajar con la filosofía de la cultura compartida del 'Open Source' y el software libre, a veces con la pretensión utópica del *low cost* de que 'todo el mundo pueda fabricarse su propia vivienda'.

Ivan Sutherland desarrolló en 1963 el *sketchpad* como primera interfaz gráfica de diseño asistido por ordenador (Cardoso Llach & Capdevila Werning 2009, 137); sin embargo, el diseño arquitectónico supo reaccionar sólo pasadas unas décadas. Así, los sistemas de CAD junto a los dispositivos de fabricación asistida (CAM) posibilitan hoy en día la exploración de nuevos territorios; se brinda con ello una mayor libertad creativa basada en nuevas destrezas que, sin duda, están asociadas a nuevas maneras de ideación arquitectónica digital, todo ello con la implementación de gramáticas visuales cada vez más complejas.

Así, las formas geométricas complejas se apoderan progresivamente de la Arquitectura, obligando a la propia disciplina a cuestionar su especificidad, en la búsqueda de soluciones cada vez más eficientes, adaptables y flexibles. De esta manera, los conceptos de módulo y serie son suplantados por los de versión y variación. En este sentido, el modelado paramétrico integra no sólo los diseños experimentales, sino la materialización de los mismos, siendo esta última uno de los principales rasgos distintivos desde el punto de vista metodológico. Esta racionalización constructiva lleva además implícitas cuestiones esenciales como el rendimiento o la variabilidad, junto a otros atributos como la complejidad y la eficiencia. Se trata de sistemas generativos susceptibles de variedades y *mutaciones*, que pueden ser probadas y verificadas.

En relación con la docencia del dibujo arquitectónico, en la actualidad asistimos a una revisión del modelo docente tradicional basado prioritariamente en el dibujo

2D (Bravo Farré, Font Basté, & Contepomi 2012, 45). Esto sucede igualmente para otras muchas asignaturas de carácter técnico, en las que se hace necesaria una colaboración cada vez más interdisciplinar y transversal. De esta forma, los sistemas BIM (*Building Information Modeling*) comienzan a ganar terreno de manera exponencial, lo que supone una notable modificación en relación con la manera de concebir el diseño arquitectónico. Se trata por ello de abarcar el análisis y el conjunto de la documentación del proyecto estructurada en una auténtica base de datos intercambiables, que, al estar interconectada, posibilita y fomenta el trabajo interdisciplinar, el cual sin lugar a dudas pasa a ser imprescindible. Así, el concepto tradicional de dibujo es poco a poco sustituido por el de maqueta virtual 3D, con la ventaja adicional del modelado paramétrico, lo que supone la actualización automática de los cambios operados en todas y cada una de las vistas asociadas al modelo. Este nuevo planteamiento incorpora además, en el ámbito profesional, el control completo del ciclo de vida del edificio, lo que supone que su mantenimiento es tenido en cuenta desde el proyecto a partir de una mayor concreción constructiva casi desde el inicio.

Con todo ello, se busca no sólo una mayor coordinación de los equipos de trabajo, basados en modelos colaborativos, sino que además se gana en productividad por reducción de tiempos, logrando así un mayor control de todos los aspectos que intervienen en la construcción final del edificio. Sin embargo, la optimización del modelo BIM, caracterizado por una práctica integrada asociada a un mayor rigor y precisión, ni que decir tiene que requiere una eficiente coordinación de disciplinas y especialistas, así como una planificación compartida, mucho más clara y realista. Frente a todas las ventajas anteriormente mencionadas, cabe citar algunos inconvenientes, esencialmente referidos a la pérdida de la espontaneidad, calidad, originalidad o sensibilidad del dibujo tradicional. Así, las etapas iniciales de ideación, exploración y bocetos, parecen desaparecer casi de un plumazo y por completo, o al menos ser

sustituídas por nuevas maneras de entender la componente sensitiva del ser humano. Por ello, y dado que la buena arquitectura es prioritariamente arte y no exclusivamente construcción, la componente experimental pasa a ser imprescindible, especialmente durante el proceso de formación del arquitecto. Esto supone sin duda poder interpretar el modelado digital y el diseño paramétrico como auténticas herramientas de ideación, mucho más potentes y versátiles que las tradicionales, a la vez que mucho más motivadoras para la mayor parte del alumnado. De esta forma, la simulación y visualización de modelos 3D a partir de herramientas digitales, supone la integración de las variables físicas del modelo con otras de tipo constructivo o de ubicación y contextualización real en un entorno concreto (Velandia 2011, 1). Se trata, en definitiva, de un modelado de elementos que pasan a ser dinámicos, esencialmente por la posibilidad permanente de modificación y visualización. Entre los programas de modelado de mayor versatilidad, el de más difusión en el ámbito arquitectónico es sin duda Rhinoceros, si bien la enorme potencialidad de Grasshopper (Figura 01), nacido como un plug-in gratuito de modelado paramétrico, viene a casi desbancar en popularidad al programa en cuya interfaz se apoya; especialmente por su inagotable potencial para generar elementos dinámicos. Por otro lado, otra de las grandes novedades son los procesos CAM, los cuales posibilitan el desarrollo y despiece de superficies, para hacer posible la fabricación de prototipos físicos que fomentan la creación artística a partir de la investigación experimental (Zellner 1999) de geometrías topológicas no euclidianas (Lootsma *et al.* 2004).

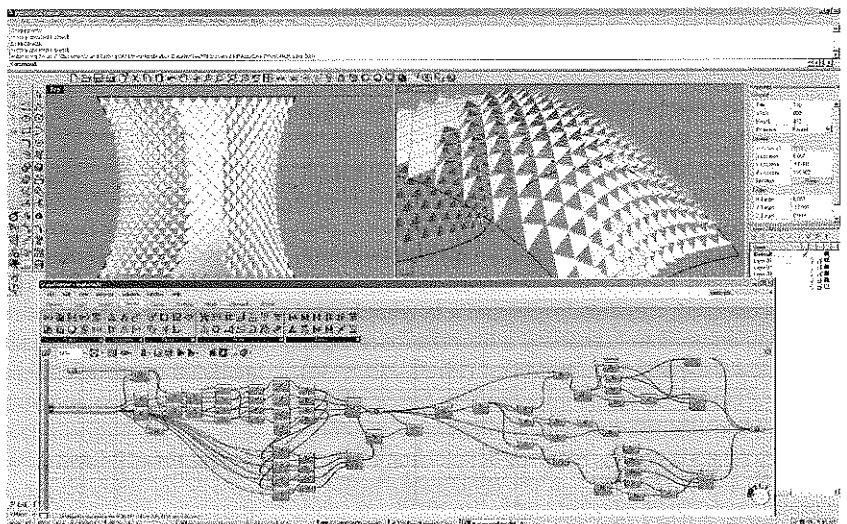


Figura 01. Programación con Grasshopper.

*Algoritmos genéticos*

Frente a la linealidad del diseño tradicional, la potencia y las posibilidades del diseño paramétrico, caracterizado por su mayor grado de complejidad, posibilita una mayor flexibilidad y capacidad de experimentación e innovación (Morales 2012, 3). Así, a partir de ecuaciones logarítmicas se establecen árboles de relaciones matemáticas que producen un salto cualitativo al permitir controlar todos los parámetros que intervienen en la definición del modelo, con el consiguiente ahorro de tiempo al evitar repeticiones y permitir introducir fácilmente variaciones en el proceso de ideación formal. En este sentido, la gran novedad estriba en el surgimiento de un nuevo paradigma asociado a una nueva metodología de trabajo y que básicamente supone pasar de la búsqueda de un modelo estático y único a trabajar con familias de infinitas posibilidades formales. Sin embargo, si bien las ventajas de esta nueva metodología de trabajo y la potencialidad del software de modelado son, a todas luces, incuestionables, el proceso creativo y la funcionalidad del diseño parecen seguir siendo cuestiones prioritarias o esenciales. En este sentido, es imprescindible no sólo considerar el contexto histórico del edificio, sino sobre todo dar respuesta a necesidades reales de los potenciales usuarios.

Esta nueva concepción geométrica a partir de algoritmos paramétricos (Rivera 2014, 246) obliga a una reflexión en torno a un diseño arquitectónico contemporáneo multicultural. El mismo va asociado además a las nuevas posibilidades formales de las tecnologías digitales y por ello posee nuevos patrones de investigación basados en la hibridación y la heterogeneidad; se mezclan así cultura, ciencia y arte, mediante una red de interacciones interdisciplinarias y transversales. Todo ello con un interés creciente por la experiencia corpórea basada en una lógica multisensorial, en la que entran en juego todas las factores determinantes del entorno (Pereyra 2013, 1). Se trata de diseños inspirados en procesos biológicos (algoritmos genéticos), si bien con preocupación por conceptos locales como identidad o tradición, en el sentido de adaptabilidad a necesidades concretas, atendiendo siempre a la complejidad del comportamiento humano y a las relaciones significantes del espacio arquitectónico (Pirela 2013, 36). Por otro lado, y de forma imperiosa, se busca además estar en consonancia con planteamientos de sostenibilidad en relación con los recursos del planeta. Los nuevos modelos virtuales echan frecuentemente mano de la biología, a partir de parámetros que son traducidos en un lenguaje de programación mediante 'algoritmos

genéticos', tal y como los denominó John Holland en 1970. Se plantea así la posibilidad de operar, de forma simultánea, con soluciones múltiples, en aras de la ideación y posterior construcción de prototipos.

Por otro lado, la etiqueta de arquitecturas genéticas va asociada a procesos de innovación geométrica producidos en las dos últimas décadas y que están basados en códigos de programación que permiten el control de parámetros mediante algoritmos y variables, de ahí la etiqueta de diseño generativo, la cual hace referencia a la posibilidad de modificación de dichas variables. Así sucede, por ejemplo, con las curvas y superficies NURBS (*non-uniform rational B-spline*) derivadas de las splines de Pierre Bézier, claros ejemplo de representaciones matemáticas de geometría en 3D. Por otro lado, Grasshopper funciona esencialmente como un editor de algoritmos, de código abierto, a partir de componentes conectados por cables, lo que posibilita la manipulación de las variables. Ello posibilita la generación de estructuras evolutivas caracterizadas por un crecimiento progresivo que está asociado a la propia metodología de trabajo del programa. Surge así el concepto de *metadiseño*, el cual se traduce en la posibilidad de obtener diseños diferentes a partir de la introducción de mutaciones en proyectos anteriores que pueden reutilizarse.

Pueden citarse algunos nombres de arquitectos punteros en este nuevo enfoque, tales como Greg Lynn o Lars Spuybroek, éste último investigador además de las relaciones entre arte, arquitectura e informática (Spuybroek 2004) y principal representante de la oficina holandesa de arquitectura NOX ("NOX/Lars Spuybroek," 2015). Spuybroek no duda en contraponer la tradicional técnica analógica del boceto o bosquejo, a la nueva técnica digital de *diagramatizar*; se trata de una técnica 'limpia', según sus propias palabras, especialmente característica del modelado paramétrico y basada en interacciones no lineales entre componentes en sistemas interconectados. En este sentido, la experimentación y la innovación tienen lugar sobre todo durante el proceso de búsqueda, una etapa que pasa a convertirse en momento definitorio y que caracteriza a esta nueva metodología de trabajo, la cual además exige de un conocimiento previo del software utilizado.

*Modernidad Líquida, Robótica y Domótica.*

Esta nueva 'modernidad líquida', según Zygmunt Bauman, supone la sustitución de viejos conceptos por

nuevos discursos y paradigmas articulados en torno al modelado fluido, con el que se postula una mayor armonía entre la naturaleza y la arquitectura así como una nueva manera de interpretar el mundo a partir de espacios no euclidianos caracterizados por el dinamismo y el cambio en la más pura tradición futurista.

Algo parecido sucede con la mano y la máquina, ambas tanto con defensores como con detractores en todas las épocas, como si arte y pragmatismo fuesen cuestiones sistemáticamente antagónicas. Enlazando con lo anterior, existe casi una firme creencia de que razón y función van siempre de la mano (Gutiérrez Mozo 2013, 128). Es quizás por este motivo por lo que las máquinas de dibujar parecen, tradicionalmente, haberse conciliado mejor con la línea recta, lo que sin embargo puede, en algunos casos, entrar en contradicción con determinadas prácticas artísticas como el automatismo gestual del expresionismo abstracto o los autómatas de Jean Tinguely (Gómez Molina & Cabezas 2012, 453). Por otro lado, conviene no olvidar que el propio Le Corbusier enfatizaba el hecho de que *'les machines travaillent en collaboration intime avec l'homme'* (Corbusier 1958, 231), lo que se traduce en aceptar que el progreso de la humanidad camina de la mano del progreso tecnológico. Sin embargo, el papel revisionista del arte y la ciencia consiste, sin lugar a dudas, en plantear nuevas lecturas, a veces, incluso, con la necesidad de una redefinición de conceptos tradicionalmente herméticos. Pueden citarse como ejemplos claros de lo anteriormente expuesto a artistas como Bruce Nauman, al plantear el vacío como masa (Bruce Nauman: *the true artist* 2014, 71) o Gordon Matta-Clark 'troceando' despiadadamente edificios (Sentís 1994, 8).



Figura 02. Arduino UNO (hardware microprocesador con programación de componentes electrónicos).

Retomando a Le Corbusier, en el año además de su cincuenta aniversario, su *machine à habiter* se convierte ahora, más que nunca, en una posibilidad cada vez más creíble con la domótica, pero también con una robotización de la producción arquitectónica. Esta propuesta viene a suponer una auténtica revolución en la materialización de la arquitectura en diseños estructural y formalmente complejos e innovadores,

pero funcionalmente eficientes. Se trata, en cualquier caso, de planteamientos novedosos, si bien con un enorme potencial para transformar los procesos constructivos. Las nuevas concepciones del hábitat humano encierran, por otro lado, respuesta en el diseño modular o multiplicable, el ya mencionado *low-cost* o bajo coste. En esta idea están basados algunos ejemplos de novedosos cerramientos arquitectónicos entendidos como artefactos provistos de sensores de luz y sonido y activados a partir de una placa Arduino (Figura 02), y que responden de forma diversa según la proximidad del usuario. Se trata de diseños basados en células constituidas a manera de pieles responsivas y definidos como objetos inteligentes dotados de movimiento asociado a una condición booleana de apertura/cierre y por lo tanto, capaces de reaccionar ante estímulos del entorno (Pereyra 2013, 2). Son ejemplos de prototipos modelados digitalmente y parametrizados mediante programación con Grasshopper pero en estrecha relación con otros ámbitos de un interés creciente como la robótica o la domótica (Chiarella 2014, 439), sobre todo asociadas a nuevas propuestas de procesos constructivos y de sostenibilidad.

### Referencias bibliográficas

- BRAVO FARRÉ, L., FONT BASTÉ, G., & CONTEPOMI, G. A. E. (2012). Dibujo e integración de procesos de proyecto en el diseño digital. Editorial de la Universitat Politècnica de València (UPV). Retrieved from <http://0-search.ebscohost.com.fama.us.es/login.aspx?direct=true&db=edsrec&AN=rec.2072.189528&lang=es&site=eds-live>
- BREA, J. L. (2010). *Las tres eras de la imagen: imagen-materia, film, e-image*. Madrid: Akal. Retrieved from [http://fama.us.es/record=b2123697~S5\\*spi](http://fama.us.es/record=b2123697~S5*spi)
- Bruce Nauman: *the true artist*. (2014). London: Phaidon. Retrieved from [http://fama.us.es/record=b2612675~S5\\*spi](http://fama.us.es/record=b2612675~S5*spi)
- BURGOS, I. (2008). El diseño en arquitectura: entre los chamanes del tercer entorno y la realidad virtual. *Enl@ce: Revista Venezolana de Información, Tecnología Y Conocimiento*, 5(3), 109-126. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2746218.pdf>
- CABEZAS GELABERT, L. (2011). De la Geometría fabrorum a la geometría constructiva = From Fabrorum geometry to the geometry of construction. *Fabrikart: Arte, Tecnología, Industria, Sociedad*, (10), 68-79. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4327895&orden=1&info=link>
- CARDOSO LLACH, D., & CAPDEVILA WERNING, R. (2009). Arquitectura, diseño y computación. *DEARQ: Revista de Arquitectura de La Universidad de Los Andes*, (4), 136-139. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3647928.pdf>

- CHIARELLA, M. *et al.* (2014). Robots: Automatización en diseño y construcción para la enseñanza de arquitectura (p. 5). Retrieved from [http://www.researchgate.net/publication/259779728\\_Robots\\_Automatizacin\\_en\\_diseo\\_y\\_construccion\\_para\\_la\\_enseanza\\_de\\_arquitectura](http://www.researchgate.net/publication/259779728_Robots_Automatizacin_en_diseo_y_construccion_para_la_enseanza_de_arquitectura)
- CORBUSIER, L. (1958). *Vers une architecture*. Paris: Vincent Féral. Retrieved from [http://fama.us.es/record=b1135412~S5\\*spj](http://fama.us.es/record=b1135412~S5*spj)
- CORTÉS VÁZQUEZ DE PARGA, J. A. (2013). *Historia de la retícula en el siglo XX, de la estructura Dom-ino a los comienzos de los años setenta*. Valladolid: Universidad de Valladolid. Retrieved from [http://fama.us.es/record=b2547981~S5\\*spj](http://fama.us.es/record=b2547981~S5*spj)
- DOCZI, G. (2004). *El poder de los límites: proporciones armónicas en la naturaleza, el arte y la arquitectura*. Buenos Aires: Troquel. Retrieved from [http://fama.us.es/record=b1761794~S5\\*spj](http://fama.us.es/record=b1761794~S5*spj)
- GÓMEZ MOLINA, J. J., & CABEZAS, L. (2012). *Estrategias del dibujo en el arte contemporáneo*. Madrid: Cátedra. Retrieved from [http://fama.us.es/record=b2518309~S5\\*spj](http://fama.us.es/record=b2518309~S5*spj)
- GREG LYNN. (n.d.). Retrieved from <http://glform.com/>
- GUTIÉRREZ MOZO, E. (2013). *Arquitectura y composición*. San Vicente [del Raspeig] Alicante: Club Universitario. Retrieved from [http://fama.us.es/record=b2560555~S5\\*spj](http://fama.us.es/record=b2560555~S5*spj)
- KOLAREVIC, B. (2008). Digital Morphogenesis and Computational Architectures (p. 6). Retrieved from <http://cumincades.scix.net/data/works/att/fbc9.content.pdf>
- LOOTSMA, B., BRAYER, M.-A., LECOEUR, C., & LARQUÉ, C. (2004). *Archilab 2004 Orleans: la ville à nu = the naked city /*. Orléans: HYX. Retrieved from [http://fama.us.es/record=b1762216~S5\\*spj](http://fama.us.es/record=b1762216~S5*spj)
- MORALES, L. A. (2012). Arquitectura paramétrica aplicada en envolventes complejas en base a modelos de experimentación en el diseño arquitectónico. *Revista de Arquitectura E Ingeniería*, vol. 6, nú. 11. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/1939/193926410002.pdf>
- NOX/LARS SPUYBROEK. (2015). Retrieved from <http://www.nox-art-architecture.com/>
- PADOVAN, R. (1999). *Proportion: science, philosophy, architecture*. London [etc.]: E. Retrieved from [http://fama.us.es/record=b1456129~S5\\*spj](http://fama.us.es/record=b1456129~S5*spj)
- PEREYRA, P. (2013). Pielas responsivas en arquitectura y sistemas de integración info - ambiental a través de tecnología Arduino (p. 5). Retrieved from <http://www.farq.edu.uy/vidialab/files/2013/12/Pielas-responsivas-y-sistemas-de-integraci%C3%B3n-info-ambiental-a-trav%C3%A9s-de-tecnolog%C3%A1-Arduino.pdf>
- PIRELA, D. (n.d.). Dialéctica irresuelta de la arquitectura en el escenario digital. Retrieved from [http://cumincades.scix.net/data/works/att/sigradi2013\\_168.content.pdf](http://cumincades.scix.net/data/works/att/sigradi2013_168.content.pdf)
- RIVERA, O. (2014). Emprendimiento de Componentes Constructivos Paramétricos (p. 5). <http://doi.org/10.5151/despro-sigradi2013-0045>
- SCHUMACHER, P. (2009). Parametricism: a new global style for architecture and urban design. *Architectural Design*, 79(4), 14-23. Retrieved from <http://vs4ee7hh3a.search.serialssolutions.com/directLink?&title=Parametricism%253A+a+new+global+style+for+architecture+and+urban+design.&author=Schumacher%252C+Patrik&issn=00038504&title=Architectural+design.n&volume=79&issue=4&date=2009-07-01&spage=14&id=>
- SENTÍS, M. (1994). *Al límite del juego*. Madrid: Árdora. Retrieved from [http://fama.us.es/record=b2547880~S5\\*spj](http://fama.us.es/record=b2547880~S5*spj)
- SPUYBROEK, L. (2004). *NOX: machining architecture*. London: Thames. Retrieved from [http://fama.us.es/record=b1651592~S5\\*spj](http://fama.us.es/record=b1651592~S5*spj)
- VELANDIA, D. (2011). Modelado digital y diseño paramétrico como opción en la experimentación, desarrollo, visualización y toma de decisiones para estudiantes de arquitectura: Experiencias en un curso electivo. (p. 4). Retrieved from [http://www.academia.edu/5290927/Modelado\\_digital\\_y\\_dise%C3%B1o\\_param%C3%A9trico\\_como\\_opci%C3%B3n\\_en\\_la\\_experimentaci%C3%B3n\\_desarrollo\\_visualizaci%C3%B3n\\_y\\_toma\\_de\\_decisiones\\_para\\_estudiantes\\_de\\_arquitectura](http://www.academia.edu/5290927/Modelado_digital_y_dise%C3%B1o_param%C3%A9trico_como_opci%C3%B3n_en_la_experimentaci%C3%B3n_desarrollo_visualizaci%C3%B3n_y_toma_de_decisiones_para_estudiantes_de_arquitectura)
- ZELLNER, P. (1999). *Hybrid space: new forms in digital architecture*. London: Thames and Hudson. Retrieved from [http://fama.us.es/record=b1442808~S5\\*spj](http://fama.us.es/record=b1442808~S5*spj)

## Autor

**María Josefa Agudo Martínez.** Profesora Titular de Universidad (2002), ejerce su actividad docente e investigadora en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla. Centra su investigación reciente en las relaciones entre el arte contemporáneo y la arquitectura. Es autora de numerosos artículos, cabe citar entre los más recientes algunos títulos como "Sostenibilidad y Hábitat: Open Culture" (2013), "La ciudad inteligente y sensible" (2013), "Reflexiones sobre arte como terapia: Idea y medio expresivo" (2013), "La casa como cápsula: planteamientos conceptuales del grupo Archigram (1961-1974)" (2013), "Vivienda Social y Planning for Real" (2014), "Espacio Urbano y Nuevas Tecnologías" (2014), "Performance como terapia: Arte como participación" (2014) o "Reflexión sobre la transformación del concepto de obra de arte en la segunda mitad del s. XX" (2014). [mjagudo@us.es](mailto:mjagudo@us.es)