

Arquitectura, diseño y computación¹

Daniel Cardoso Llach

Arquitecto de la Universidad de los Andes, Bogotá, (2001). Obtuvo un máster en Diseño y Computación del Massachusetts Institute of Technology (2007), donde actualmente es Presidential Fellow y trabaja en su propuesta doctoral, una investigación socio-técnica orientada a explorar los ámbitos de la representación, performance y agencias en el diseño y fabricación computacionales.

Remei Capdevila Werning

Doctora en Filosofía por la Universidad Autónoma de Barcelona (2009). Obtuvo un Máster en Historia, Teoría y Crítica de la Arquitectura y del Arte en el Massachusetts Institute of Technology (2007). Actualmente es Visiting Scholar en la Universidad de Harvard y compagina la investigación en el ámbito de la estética y la filosofía de la arquitectura con la traducción de textos filosóficos, principalmente del inglés y del alemán.

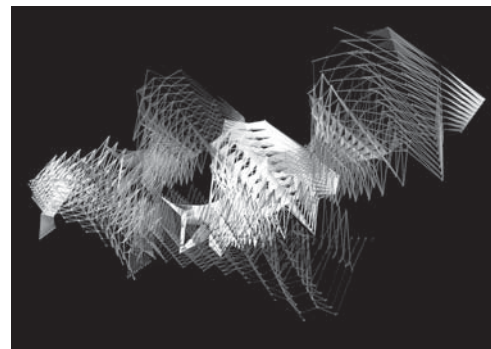


Figura 1.*

Resumen

El nacimiento de los sistemas de diseño asistido por computador (Computer-Aided Design o CAD, por su sigla en inglés) ofrece a arquitectos y diseñadores un nuevo mundo por descubrir, pues ponen al servicio del proyecto nuevos recursos: el computador aparece hoy en día como una herramienta que facilita el diseño y la construcción. Algunas de las nuevas destrezas que emergen en el ámbito de lo digital son ya parte cotidiana del diseño. Arquitectos y diseñadores capaces de hablar fluidamente los lenguajes de las herramientas, de modificarlas o de crear las suyas propias, tienen hoy una ventaja estratégica frente a sus colegas. Aunque las ventajas que la “revolución digital” ofrece en el proceso del desarrollo de un proyecto de diseño o de arquitectura puedan parecer obvias, todavía hay territorios inexplorados en la intersección del diseño y la computación.

Palabras clave

Diseño asistido por computador, CAD, arquitectura, diseño, computación, automatización, modelado paramétrico, gramáticas visuales, diseño algorítmico, revolución digital.

El *sketchpad*², desarrollado por Ivan Sutherland como tesis doctoral en el Massachusetts Institute of Technology en 1963, marcó el nacimiento de los sistemas de diseño asistido por computador (*Computer-Aided Design* o CAD, por su sigla en inglés) al proponer la primera interfaz gráfica de la historia: una pantalla en la que se podía dibujar con ayuda de un lápiz óptico. Mientras que las industrias automotriz y aeronáutica se interesaron rápidamente por el potencial de esta tecnología como herramienta de diseño, pasaron algo más de 15 años antes de que la computación gráfica evolucionara hasta empezar a alterar de manera importante y definitiva el oficio de arquitecto³. Esto se debe en parte a una radical reducción en los precios de los computadores, que

hasta entonces eran solamente accesibles al gobierno y a algunas universidades y a un aumento exponencial en su capacidad de procesamiento⁴.

La estandarización y la producción en masa, así como la popularización del uso de materiales como el acero y el vidrio durante la primera mitad del siglo XX—consecuencias de la revolución industrial—ya habían reclamado de los arquitectos mayor precisión, detalle y volumen en la documentación de los proyectos de arquitectura. En este punto el computador aparece como una herramienta oportuna que permite la producción, manipulación y almacenamiento eficientes de los distintos niveles de descripción de un proyecto arquitectónico. Los compu-

tadores equipados con un sistema de CAD, evolucionan como la perfecta automatización de la mesa de dibujo tradicional, con una pantalla que muestra una “hoja de papel” ilimitada, en la cual el arquitecto manipula versiones digitales de las herramientas propias del dibujo técnico: regla, escuadra, compás, plumas, color, o capas de papel mantequilla. Inevitablemente las interfaces de los sistemas de CAD se construyen sobre la metáfora de la mesa y las herramientas del dibujo tradicional.

El paso de un sistema analógico a uno digital en la práctica arquitectónica, trajo consigo una serie de mejoras sobre los métodos tradicionales. En primer lugar, la información almacenada en cadenas de bits⁵ se puede transformar, borrar, corregir y copiar de forma más rápida y eficiente que la que se almacena en papel, grafito y tinta china. Además, el nivel de detalle y precisión en los diseños es potencialmente ilimitado. Otra de las implicaciones directas de este cambio de plataforma es la posibilidad de una conexión más directa entre las descripciones y los artefactos, mediante maquinaria controlada numéricamente, como cortadoras de plasma, ruteadoras computarizadas (CNC) y en general, cualquier dispositivo de fabricación asistida por computador (CAD-CAM)⁶.

En efecto, una parte sustancial del discurso dominante en el diseño hoy se enfoca en la idea de que gracias a la fabricación asistida por computador el paso entre el diseño y la construcción de un proyecto se facilita, permitiendo explorar territorios alejados del paradigma de la estandarización—otra de las herencias de la revolución industrial—y del ideario de nuestra amada arquitectura moderna. El argumento es optimista y simple: a una máquina controlada por un computador le da lo mismo cortar 10000 piezas iguales o 10000 piezas diferentes, de tal suerte que la tediosa labor manual del artesano podrá—por fin—ser llevada a cabo por un esclavo perfecto, una suerte de versión androide del artesano de Alberti, que permitirá al diseñador una mayor libertad creativa. Irónicamente, las promesas de la automatización no siempre se cumplen, y la necesidad de ejercer control sobre las geometrías complejas que surgen del nuevo paradigma, requiere de nuevas herramientas, nuevos roles y nuevas destrezas, al tiempo que otras destrezas caen en el desuso y se convierten en algo

obsoleto (algunos lectores recordarán a los arquitectos perspectivistas o a los delineantes de arquitectura). La arquitectura y el diseño son prácticas en constante flujo. Algunas de las nuevas destrezas que emergen en el ámbito de lo digital, como la simulación y el análisis de fenómenos físicos, la visualización fotorrealista, el video y la interactividad, son ya parte cotidiana de la economía del diseño. Sin embargo, y a pesar de su relativa novedad, estos nuevos campos de acción no comportan en sí mismos ningún cambio fundamental en el modo de diseñar y proyectar edificios. Incluso los más sofisticados *renderings* fotorrealistas y los prototipos creados con una impresora tridimensional *Z-Corp*, pueden entenderse como una actualización y evolución de las maquetas y dibujos fabricados usando métodos tradicionales, al tiempo que la observación y el análisis de fenómenos físicos (asoleación, ventilación) es desde los inicios del movimiento moderno un ingrediente importante del proceso de diseño.

Cabe preguntarse entonces, si el potencial de la computación como herramienta de diseño se agota en la imitación y automatización de los recursos tradicionales del oficio o si el arquitecto puede tomar distancia de las restricciones impuestas por la metáfora de la mesa de dibujo y descubrir nuevas maneras de pensar y diseñar edificios usando la computación. El peso de las metáforas en las interfaces de los sistemas de CAD, hace que muchas veces pasen desapercibidas las propiedades inherentes al nuevo medio y se hereden las limitaciones del anterior. Cuando estamos frente a la interfaz de un sistema operativo en casi cualquier PC o Mac, nos sumergimos en estas metáforas: guardamos “documentos” en “carpetas”, ordenamos un “escritorio” y usamos un *chat*, a pesar del hecho aparentemente obvio de que las carpetas no son de papel, el escritorio es una organización de puntos de luz en una pantalla de cristal líquido y nuestras “conversaciones” ocurren generalmente sin pronunciar una sola palabra. Sherry Turkle ha advertido que la transparencia de las reglas que subyacen a las simulaciones que usamos cotidianamente, es fundamental en una existencia cada vez más digital, para una inclusión no sólo profesional, sino política y económica, de los usuarios de estas simulaciones en la sociedad. Para nosotros, di-

* Estudio de *recursión* en 3D. Imágen producto del Taller Computational Design Solutions, dictado por Daniel Cardoso, Kenfield Griffith y John Snavely en Santiago de Chile en Noviembre de 2006. Estudiantes: P. Hinojosa, M. Serres, N. Soler, G. Parada, Caceres, y Díaz.

1 Una versión preliminar de este artículo fue publicada en la revista *Anthropos*, ver referencia bibliográfica

2 En inglés, “Cuaderno de bocetos”.

3 Para una historia detallada de la computación gráfica, véase: <http://accad.osu.edu/~waynec/history/ID797.html>

4 Ver Ley de Moore en: http://en.wikipedia.org/wiki/Moore%27s_law

5 Se puede imaginar un bit como un minúsculo interruptor cuyos estados encendido y apagado son la expresión básica del sistema binario. Un computador representa la información por medio de cadenas de bits llamadas bytes, megabytes, gigabytes, terabytes de acuerdo a su extensión, y las operaciones entre estas cadenas de bits realizadas por la unidad de procesamiento de un computador es lo que comúnmente llamamos “computación”.

6 CAM es la sigla de *Computer Aided Manufacturing*, en inglés “Fabricación Asistida por Computador”.

señadores y arquitectos, este argumento sugiere que tomar consciencia de las metáforas implícitas en los paquetes de software es un primer paso para entender sus limitaciones, superar la condición de usuarios pasivos y avanzar a las nuevas oportunidades que supone el nuevo medio.

Aún a riesgo de cierta limitación referiremos algunas tecnologías que a nuestro juicio suponen cambios fundamentales en los aspectos social y cognitivos de la práctica y la enseñanza de la arquitectura y el diseño. El hecho de que estas tecnologías forman parte del repertorio de

solo una minoría de firmas de arquitectura en el mundo, abre posibilidades interesantes para la investigación, el desarrollo experimental desde la academia y para la crítica, particularmente en el mundo en desarrollo, donde estas tecnologías podrían ser adaptadas y reinterpretadas de manera significativa. Reseñaremos brevemente el modelado paramétrico, las gramáticas visuales (*shape grammars*) y el diseño algorítmico, que más que representar la totalidad del discurso contemporáneo en torno al diseño y la computación, ilustran distintos ángulos del uso actual del computador como herramienta de diseño más allá de la metáfora de la mesa de dibujo.

Modelado Paramétrico

Es más fácil entender el modelado paramétrico por contraste con el modelado geométrico, representado en paquetes “tradicionales” como AutoCAD y MicroStation: si el modelado geométrico está basado en la metáfora de la mesa de dibujo, podría decirse que el modelado paramétrico está basado en la metáfora de un taller de mecánica. Una característica común a los paquetes de modelado paramétrico (como CATIA, GenerativeComponents o SolidWorks) es que ofrecen al usuario la posibilidad de crear modelos tridimensionales a partir de la definición numérica de las características del artefacto diseñado. El diseñador de un modelo paramétrico dispone cada elemento (una línea, un arco, una variable booleana) en términos de su relación con otros elementos o con variables numéricas que definen sus propiedades y localización en la jerarquía del modelo global. Es así como a diferencia del modelado geométrico, en el que el diseñador manipula elementos discretos e independientes, en el modelado paramétrico el diseñador crea un sistema de relaciones –una suerte de mecanismo– que le permite producir rápidamente un gran número de variaciones una vez el sistema ha sido configurado.

El sistema de cadenas colgantes ideado por Antoni Gaudí para el diseño y cálculo dinámico de sus bóvedas constituye un ingenioso antecedente de un sistema pa-

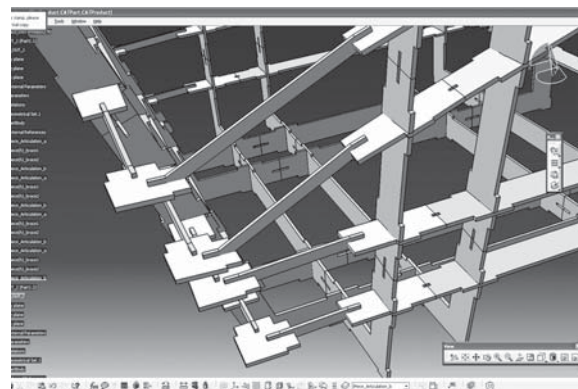


Figura 2. Modelo paramétrico en CATIA de un ensamblaje de una estructura temporal. Imagen tomada de la tesis de maestría de Daniel Cardoso Llach, a Generative Grammar for 2D Manufacturing 3D objects. Massachusetts Institute of Technology, Mayo de 2007.

ramétrico sin computadores. En sus orígenes el modelado paramétrico fue usado en la industria aeronáutica. Hoy oficinas como Foster and Partners y Gehry and Partners⁷, usan paquetes informáticos de modelado paramétrico como el francés CATIA (desarrollado por Dassault Systemes para el diseño de aviones), Digital Project (desarrollado a partir de CATIA por Gehry Technologies) o Generative Components (desarrollado por Bentley Systems, casa creadora del clásico Microstation), al tiempo que desarrollan sus propios sistemas de CAD.

Gramáticas Visuales



Figura 3. Distintas ‘frases’ de una misma gramática visual. Programada por Daniel Cardoso Llach en RhinoScript en 2007.

En su forma más básica las gramáticas visuales, formuladas por George Stiny y James Gips, están constituidas por un conjunto de elementos bidimensionales y por un conjunto de reglas que operan sobre estos. Las reglas se aplican de modo consecutivo o recursivo para generar descripciones o diseños y transforman los elementos mediante operaciones como translaciones, rotación, reflexión, escala. De manera análoga a la gramática transformacional de Chomsky en lingüística, que produce un universo de frases “gramaticales” a partir de una serie de morfemas y de reglas, una gramática visual define un universo de diseños computables que puede ser explorado mediante la aplicación de reglas sobre un vocabulario de formas. Una vez establecida, una gramática de formas es un sistema abierto con el que se pueden articular diferentes “frases” de acuerdo al problema o situación planteado, con niveles de complejidad variables.

Las gramáticas visuales tienen aplicaciones concretas en el análisis de arquitectura por su manera de formalizar y hacer explícita la lógica que subyace a un diseño; una vez racionalizada y expresada mediante reglas, la gramática puede ser el punto de partida para la generación de un número ilimitado de nuevos diseños “grama-

ticales”. El desarrollo de software basado en gramáticas visuales tiende a explorarse en conjunto con los campos de inteligencia y visión artificial. ¿Puede la inteligencia de un diseñador ser modelada y codificada gramaticalmente? A pesar de su enorme poder como herramientas de análisis es poco común la implementación de las gramáticas visuales como estrategia proyectual fuera de la academia. Hay sin embargo ejemplos exitosos de su aplicación en la generación de gráficos tridimensionales para cine, video juegos y aplicaciones interactivas¹.

Diseño Algorítmico

En su forma más simple un algoritmo es una instrucción o una secuencia de instrucciones que definen explícitamente los pasos que componen un proceso cualquiera, como la preparación de un ajiaco o un arroz con leche. En el terreno del diseño estas recetas ponen conceptos fundamentales a la computación como la *iteración*, la *recursión* y el *encapsulamiento*, al servicio de la manipulación geométrica y de la automatización de la racionalización de geometrías complejas para fabricación. Bien sea en el terreno de la especulación formal o de la investigación en arquitecturas *data-driven*⁹, los algoritmos genéticos, modelos estocásticos, autómatas celulares, y otras formas de diseño generativo, han sido desde los inicios de la computación gráfica un terreno de investi-

gación que define un universo expresivo fundamentalmente distinto al del dibujo tradicional.

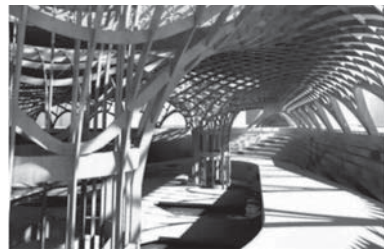
Hace 30 años ser un buen acuarelista era una ventaja valiosa para arquitectos y diseñadores ¿Es ser un buen programador la nueva destreza a esperar de los nuevos diseñadores y arquitectos? Los nuevos esquemas de división del trabajo en las firmas más importantes del mundo parecen indicar que así es.

Hoy las tecnologías disponibles son variadas, ya sean los lenguajes de código abierto como Processing u OpenFrameworks, embebidos como GCScript en Generative Components, MELScript en Maya, MaxScript en 3dMax,

7 Véanse: <http://www.fosterandpartners.com> - <http://www.gehrytechnologies.com>.

8 Ver Pascal Mueller

9 Arquitecturas *dependientes de datos*, por falta de una mejor traducción, es un campo ampliamente explorado por arquitectos neerlandeses.



Modelo digital → Información para fabricación
↓
Prototipo físico



Figura 4. *Recursión* en V. Estructura generadas algorítmicamente (Taller CDS en Santiago de Chile)



Figura 5. Secuencia de diseño y fabricación digitales de una estructura generada algorítmicamente

Imágenes producto del Taller Computational Design Solutions, dictado por Daniel Cardoso Llach, Kenfield Griffith y John Snaveley en Santiago de Chile en Noviembre de 2006. Estudiantes: P. Hinojosa, M. Serres, N. Soler, G. Parada, Cáceres, y Díaz.



AutoLisp en Autocad o RhinoScript en Rhino, o en conexión con tableros de prototipeado como Wiring¹⁰ o Arduino, la programación no solo abre caminos de exploración formal, física y técnica, también tiene el potencial llevarnos a reflexionar sobre el acto mismo de diseñar y a replantear la naturaleza misma del proceso creativo.

En conclusión, aunque algunas de las ventajas de la "revolución digital" en el proceso del desarrollo de un proyecto de diseño o de arquitectura puedan parecer obvias en la actualidad para muchos profesionales de estos campos (todo arquitecto estará de acuerdo en que trazar una curva *spline* con ayuda de un programa de CAD es más sencillo que con ayuda de un curvígrafo, o que un *rendering* digital es más eficaz hoy por hoy que una acuarela), todavía hay territorios inexplorados en la intersección del diseño y la computación. Arquitectos y diseñadores capaces de hablar fluidamente los lengua-

jes de las herramientas, de modificarlas o de crear las suyas propias, tienen hoy una ventaja estratégica frente a sus colegas. En buena medida, de ellos depende que las herramientas excedan cada vez más las metáforas del oficio tradicional aventurándose a nuevos territorios, poniendo al servicio del proyecto nuevos recursos analíticos, generativos y formales. La aproximación a las nuevas herramientas sobre la base del pensamiento y la formación clásica del diseñador y el arquitecto, si bien ha sido fundamental para su evolución, tiende a esconder las oportunidades inherentes a la computación. Hemos construido computadores con una enorme capacidad de procesamiento de datos, la cual ofrece a arquitectos y diseñadores un continente extenso por descubrir, un continente que excede ampliamente la concepción tradicional del arquitecto-dibujante o maquetista: un continente del cual aún estamos apenas divisando la costa y que se debe conquistar desde un nuevo enfoque.

Bibliografía

AAVV, *Perspecta, The Yale Architectural Journal*, 35 "Building Codes", Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2004.

Cardoso, D. and Remei Capdevila, *Arquitectura y Computación, Anthropos* 214 (2007)

Cardoso, D. A Generative Grammar for 3D Manufacturing, Master of Science of Architecture Studies at the Massachusetts Institute of Technology. Thesis.

Knight, T.W., *Transformations in design: a formal approach to stylistic change and innovation in the visual*, Cambridge, New York: Cambridge University Press, 1994.

Mitchell, W.J., Mc Cullough, M., *Digital Design Media*, New York: Van Nostrand Reinhold, c1995.

Mitchell, W.J., Purcell, P., McCullough M. (eds.), *The Electronic design studio: architectural knowledge and media in the computer era*, Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1990.

Stiny, G., "Introduction to shape and shape grammars" *Environment and Planning B: Planning and Design* 7, 1980, 343-351.

Stiny, G., *Pictorial and formal aspects of shape and shape grammars*. Basel, Stuttgart: Birkhäuser, 1975.

¹⁰ <http://www.wiring.org.co/>

Apuntes sobre el urbanismo en Brasil colonial¹

Luisa Durán Rocca

Arquitecta egresada de la Universidad de los Andes (1988); especialista en restauración de monumentos y conjuntos históricos, Universidade Federal da Bahia – UNESCO (1998); maestra en Teoría, Historia y Crítica de Arquitectura, Universidad Federal do Rio Grande do Sul (2003) Ha dedicado su ejercicio profesional a la conservación del patrimonio cultural. Actualmente vive en Porto Alegre donde realiza Doctorado en Urbanismo en la Universidad Federal de Rio Grande do Sul, bajo orientación del Dr. Arq. Gunter Weimer.



Vista de la villa Real de Santo Antonio, Algarve – Portugal. Ejemplo de una nueva villa en Portugal peninsular. Foto: Luisa Durán Rocca.

Resumen

El texto que el lector tiene en sus manos pretende hacer una síntesis del proceso de formación del espacio urbano colonial brasileiro, ilustrando el trayecto de una práctica espacial de más de tres siglos, derivada de la milenaria tradición urbana portuguesa. A partir del reconocimiento de la dimensión histórico-artística de la arquitectura y los hechos urbanos², se asume la indisolubilidad entre la sociedad y el espacio que ésta produce y se conceptúa la urbanización como un proceso social.

Palabras clave

Arquitectura colonial, espacio urbano, ciudades reales, ciudad alta, estructura predial

La relación entre la sociedad y el espacio que produce

La tesis en torno de *La arquitectura como elemento de estructuración social* de Frederico de Holanda³, propone ver los edificios y asentamientos, como estrategias –entre las varias construidas socialmente– de producción y reproducción de categorías sociales y de sus relaciones, es decir, como artificios de posicionamiento social.

La configuración espacial, como una especie de código, revela las características de una sociedad y una cultura, en parte por la mayor inercia de transformación del espacio. De Holanda⁴, enfatiza que a lo largo de la historia se constata que es posible transformar radicalmente, en

un período relativamente corto, una estructura política, lo que es casi imposible con un sistema urbano.

En una sociedad como la colonial, heredera de una rígida estratificación, sustentada por el servilismo, la esclavitud y los privilegios en función de parentescos y origen étnica, la práctica espacial desarrolló mecanismos de segregación y exclusión que se manifiestan en la estructuración tanto de la red como del espacio urbano y en los valores económicos consecuentes, como desigualdades en las formas de su apropiación y uso, y en la formación de lugares específicos de identidad de determinados grupos.

¹ El presente artículo es un extracto de la tesis de Doctorado en Urbanismo en la Universidad Federal de Rio Grande do Sul (Brasil)

² Giulio Carlo Argan. *História da arte como história da cidade*. 1993

³ Frederico de Holanda. "Arquitetura como estruturação social". En: *O Espaço da Cidade: contribuição a análise urbana*. 1995, pp. 115-141

⁴ Idem., p.126