

Materialidad digital

Tres acercamientos entre el diseño digital y la construcción material¹

Daniel Rosenberg Pontificia Universidad Católica de Chile

Mientras las prácticas constructivas supongan el uso intenso de mano de obra y cierta condición artesanal, la pertinencia de las nuevas herramientas digitales para la obra construida será cuestionada. Sin embargo se puede hacer el camino a la inversa, asociando operaciones digitales específicas a acciones en el mundo de las cosas.

As long as building processes rely on craftsmanship practices and intensive use of labour force, constructive appropriateness of new digital tools will be questioned. However, thinking this relation backwards could be enlightening: what about associating specific digital commands to specific building procedures?



01



02



03



04



05



06

01 Estado previo al montaje y giro de las unidades constructivas

03 Vista interior, modelo digital del pabellón

05 Vista exterior, modelo digital del pabellón

02 Bisagra que une las unidades de muro con las de cubierta, modelo construido

04 Vista interior, construcción material del pabellón

06 Vista exterior, construcción material del pabellón

¹ El presente ensayo se basa en tres hipótesis: "Digital abstractions, digital materiality and digital fields" propuestas por Stan Allen en el texto "Terminal velocities. The computer in the design studio" que se encuentra en el libro *Practice, Architecture, Technique and Representation. Critical voices in Art, Theory, and Culture*. Tanto el título del presente ensayo como las tres categorías que se exponen son reflexiones en torno a lo propuesto por Allen en relación al proyecto de este pabellón aquí presentado.

² Se trata de un pabellón que aloja un taller de pintura en un barrio de la zona oriente de Santiago. El proyecto es una colaboración entre Martín Alonso, arquitecto de la P.U.C., y el autor del texto (N. del ed.).

³ Ibid. 1. p. 153. Cita a Stan Allen: "But mixtures are always more interesting than pure quantities, and perhaps it is more worthwhile to think about extending the instrumental capacities of the computer to the world of things".

⁴ La topología estudia de las propiedades que se mantienen fijas durante los procesos de variación de las formas. El computador genera modificaciones a partir de dicha consideración. "According to its mathematical definition, topology is a study of intrinsic, qualitative properties of geometric forms that are not normally affected by changes in size or shape, i.e. which remain invariant through continuous one-to-one transformations or elastic deformations, such as stretching or twisting" (Kolarevic, 2003).

⁵ La simulación se realiza mediante la función *hinge* de *Reactor* del software *3d Studio Max 7*.

⁶ Allen, Stan. Op. Cit. p. 152: "That object is a series of projections as well as a collection of commands. Instead of a finite number of representations constructing an object (either in the mind or in the world) there is already an object (itself made up of a nearly infinite number of discrete elements) capable of generating an infinite number of representations of itself".

⁷ Manuel De Landa describe las operaciones de construcción de una columna desde un punto de vista virtual. Su modelación digital está definida por ciertas instrucciones dadas al computador. "The architect should add points at which spontaneous mutations may occur to the CAD sequence of operations. For example, in the case of a column, one should take: the relative proportions of the initial line; the centre of rotation; and the shape with which the Boolean subtraction is performed; and allow these mutant instructions to propagate and interact collectively over many generations" (De Landa, 2002).

La representación constituye una herramienta de diseño y a su vez, el lenguaje con el cual trasladar dicho diseño a la construcción material. El dibujo bidimensional, a partir de la proyección ortográfica, se ha establecido como técnica reconocida con la cual representar las formas tridimensionales de los edificios. Plantas, cortes y elevaciones son los dibujos más utilizados para diseñar y para comunicar cómo construir un proyecto de arquitectura. Sin embargo, las herramientas digitales incorporan nuevas maneras de representar el objeto que se pretende determinar. Si bien estas nuevas maneras parecieran alejarse de la condición material al pasar del papel a la información, es posible encontrar una serie de condiciones y orígenes comunes que generan cruces y acercamientos no evidentes entre diseño y construcción.

Proyectos como este pabellón para un taller de pintura² pretenden participar de esta búsqueda. Ensayo nuevas opciones de generación formal a partir de la relación entre metodologías del diseño digital con las técnicas y limitaciones de la construcción material. La *simulación* de propiedades físicas de la realidad, la *interacción* entre el modelo digital y el material y las *reglas* que determinan la forma mediante comandos o instrucciones escritas, son tres aproximaciones que se rescatan desde el ámbito digital y que buscan "extender las capacidades instrumentales del computador al mundo de las cosas"³.

I. *Simulaciones. El movimiento de una bisagra* / El diseño digital permite el manejo de modelos que pueden pasar de una forma a otra sin perder la relación entre los elementos que las componen⁴. Este proceso nos entrega un primer acercamiento para la aplicación de principios similares en edificaciones materiales. Si un mismo modelo puede adquirir diversas configuraciones al reorganizar sus puntos de control y sus vértices, por qué no un edificio puede hacerlo al mover sus elementos constructivos. El computador es capaz de procesar datos, traducirlos a formas y de esta manera generar procesos de simulación. Y hay una oportunidad para el diseño, si es que los datos se basan en propiedades materiales y físicas. A partir de esto, se puede generar un cruce entre las configuraciones que se modifican en el computador y las que pueden hacerlo en el mundo de las cosas. Si la forma varía en el espacio digital de acuerdo a la propiedad de los materiales y a relaciones que permitan ese mismo proceso en la realidad, el modelo digital y el material serían equivalentes.

El pabellón para el taller de pintura se compone de una serie de marcos en repetición que varían su perfil al cambiar la posición de sus unidades constructivas. Estos movimientos son posibles gracias a la unión abisagrada que articula las unidades de muro con las de cubierta. La bisagra es un dispositivo que define un eje de rotación entre dos elementos, lo cual permite el cambio de posición de uno respecto del otro. Para la simulación, la bisagra es utilizada como una función⁵, una restricción que define ciertos grados de libertad de un elemento respecto de otro. Para la construcción física, en cambio, constituye el mecanismo para el montaje y fijación de las unidades.

La simulación nos entrega la opción de manejo y elección. Una serie de formas pueden ser generadas con el solo hecho de mover ciertos elementos respecto de las uniones y dejar a los demás reaccionar. Una vez elegida una configuración, se establecen los datos para su traducción a construcción material. La separación entre los elementos define los puntos de rotación, la unión posibilita su movimiento al momento de montar la estructura y fija la posición elegida. Entendida como sistema genérico, esta lógica permite su aplicación a otros contextos, permitiendo múltiples variaciones formales tanto en el plano material como en el digital.

II. *Interacción. Discontinuidades y ajustes* / El computador puede generar un modelo tridimensional autónomo que es capaz de generar una serie de proyecciones de sí mismo⁶. El diseño sobre el modelo digital se basa en la definición de volúmenes y de la relación entre ellos, lo que genera una configuración que puede ser modificada de manera análoga a la que pretende representar. Es posible adicionar o sustraer elementos, anticiparse a superposiciones de material y solucionar problemas que no pueden ser resueltos bidimensionalmente de manera rápida. Asimismo, es posible extraer todas las proyecciones de la forma que sean necesarias para la traducción a construcción material. No sólo secciones bidimensionales, sino que isométricas, perspectivas y *renders* que simulan cualidades materiales y lumínicas.

Como ejemplo, el proyecto para el pabellón descrito es diseñado a partir de un modelo tridimensional que fue actualizado constantemente durante el proceso de construcción. Los problemas, ajustes y definiciones que surgen en la obra se verifican y representan de manera permanente en el computador y viceversa: las discontinuidades que surgen por la progresión de los marcos se resuelven con elementos machihembrados que se ajustan a dicha variación, y la posición de las unidades y de todos los elementos adicionales responde a una misma configuración dada por el trazado del pabellón. El modelo nos permite la determinación de dichas posiciones y la extracción de las imágenes necesarias para que puedan ser dispuestos de igual manera en obra.

La interacción entre los modelos nos permite resolver problemas tridimensionales que surgen durante un diseño y una construcción que se desarrollan paralelamente. Se diseña mientras se construye. Si bien el modelo digital es anterior al material, él sigue inconcluso cuando comienza a ejecutarse la obra y empieza a ser de mucha utilidad para el entendimiento permanente de la complejidad tridimensional.

III. *Reglas. La lista de instrucciones* / La construcción digital de una forma es resultado de un conjunto de comandos e instrucciones escritas, entregadas y procesadas por el computador⁷. Esta lista de reglas constituye un tercer vínculo entre el mundo digital y el material: en ambos casos, la forma puede ser determinada por reglas escritas. Para el computador, comandos y para el constructor, procedimientos de montaje.

El diseño digital nos entrega la posibilidad de experimentar con formas



07

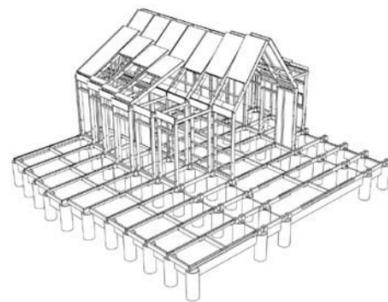
07 Discontinuidad y ajuste de los marcos
 08 Progresión de marcos superpuestos y ubicación de elementos machihembrados
 09 Adición y giro de las unidades para la determinación formal
 10 Variación del modelo digital en base a la restricción *hinge* de Reactor

de cierta complejidad que son resultado de comandos simples en repetición. El computador procesa las funciones matemáticas y las grafica en una serie de configuraciones construidas con las mismas reglas y los mismos elementos. De manera análoga, el ejecutor material de una obra procesa los datos del proyecto, coordina las partidas y el montaje de los elementos constructivos. El cruce entre ambos procesos abre nuevas posibilidades de diseño y construcción de formas determinadas por instrucciones y no por analogías gráficas. Un diseño digital que tome en cuenta la ejecución de la obra y una construcción material que pueda materializar formas complejas a partir de la repetición de reglas simples. El pabellón usado como ejemplo es resultado del montaje de elementos a partir una serie de reglas. Una lista de instrucciones que determinan los pasos a seguir para la reproducción de su forma. Construir, trazar, ubicar, girar, unir. En el espacio digital, estas instrucciones posibilitan múltiples variaciones formales, de las cuales una es elegida para su construcción material, como resultado de la detención del sistema de generación en una posición determinada.

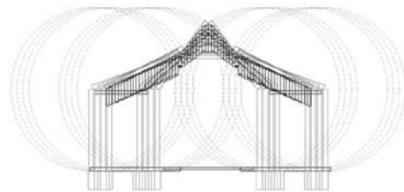
La representación a partir de materia digital debiera proponer aplicaciones que reduzcan la brecha entre la gestación conceptual y la ejecución material. Es así como plantas, cortes y elevaciones pueden ser acompañados de dispositivos que fijen la posición de las unidades constructivas, de modelos digitales que puedan ser consultados directamente en obra y de instrucciones que establezcan los pasos a seguir para reproducción de las formas. Este proceso puede derivar en el aumento del repertorio de formas conocidas y del control

del diseñador sobre los resultados, desde un punto de vista que no sólo es compositivo. Asimismo, la lista de instrucciones constituye una representación que vincula el diseño con la construcción: debiera ser posible el diseño de configuraciones en el computador que se construyan de manera análoga en la realidad física a partir de la reiteración de reglas simples. El fin último de experiencias como la de este pabellón es el testeado de esquemas: rótulas o bisagras, continuidades o discontinuidades, crecimiento lineal o crecimiento transversal. La definición de las formas diseñadas y construidas plantea los mismos problemas, pero pretende resolverlos de manera diferente en cada caso. En ese sentido, más que la búsqueda de un resultado a priori, la experiencia pretende indagar en cómo se idean los proyectos y en las posibilidades formales que se abren a partir de dicha reflexión. La materialidad digital nos propone así un camino incierto, una serie de metodologías de diseño para la construcción de formas en arquitectura. **ARQ**

Bibliografía / De Landa, Manuel. "Deleuze and the Use of Genetic Algorithm in Architecture". *Architectural Design - Contemporary techniques in architecture* Vol. 72, N° 1. John Wiley & Sons Ltd., Londres, enero 2002, p. 10. / Kolarevic, Branco (ed.). *Architecture in the digital age: design and manufacturing*. Spon Press - Taylor & Francis Group, Nueva York - Londres, 2003, p. 13. / Ostrow, Saul, ed. *Practice: architecture, technique and representation. Critical voices in art, theory, and culture*. Routledge - Taylor & Francis Group, Nueva York - Londres, 2003.



08



09



10

Atracción de lo virtual, voluntad de lo real

Juan Ignacio Baixas Director Escuela de Arquitectura, Pontificia Universidad Católica de Chile

La incorporación de las herramientas digitales en los procesos constructivos es relativamente nueva. El traspaso desde el campo proyectual hacia el de la obra es la primera manifestación de un proceso que apenas comienza, y que debiera alimentar la relación de la disciplina arquitectónica con la realidad construida.

Siempre los arquitectos hemos sido atraídos por las abstracciones de la realidad.

Nuestros proyectos antes de ser obras son abstracciones de realidades que podrían existir (y que en gran parte de los casos no llegan a existir); es sabido que parte importante de lo que un arquitecto proyecta nunca llega a construirse.

En lo profundo de nuestro oficio, sin embargo, está lo que llamo una *voluntad de lo real*. Todo en él va dirigido a la construcción sólida de la ciudad, una ciudad de lugares que acogen bien o mal un habitar. Todavía la mayoría de los hombres, después de más de 12.000 años, habitamos ciudades (y aún cuando vivimos fuera de la ciudad, en el campo por ejemplo, no lo hacemos como nómades sino que construyendo pedazos desintegrados de edificaciones urbanas). Todavía las ciudades son la base material de nuestra cultura: de aquello que el espíritu de cada uno es capaz de cultivar, de rodear de cuidados y de hacer crecer.

Obviamente la ciudad no es la única realidad que habitamos. Hay múltiples realidades que definen nuestro habitar y cuya condición común es presentarse al conjunto de nuestros sentidos al recuerdo. Sin embargo, a la arquitectura le es suficiente la ciudad: sería a mi juicio de impensable ambición tratar de acaparar las demás realidades cuando aún no dominamos bien el campo de la ciudad.

Hoy no sólo hay múltiples realidades relacionadas a nuestro habitar, sino también analogías sensoriales de la realidad. Analogías que también se presentan al conjunto de nuestros sentidos y recuerdos, pero en forma forzada e incompleta. Por ejemplo, una experiencia real puede ser pilotear un avión y su analogía sensorial pilotear un simulador de vuelo. Si bien tales instrumentos han llegado hoy a un alto grado de sofisticación, reproduciendo incluso las sensaciones de aceleración, la analogía es siempre incompleta en aspectos vitales como la incapacidad de tener un accidente real, que quedará probablemente reemplazado por una frase tipo *error fatal* en la pantalla.

Hemos llamado a dichas analogías sensoriales una *realidad virtual*. Tal mundo virtual ha sido potenciado *ad infinitum* por las tecnologías digitales a tal grado que podemos imaginar (en el cine o en la literatura) hombres cuyos sentidos –todos ellos– y recuerdos son dominados por analogías sensoriales. Esperemos que todavía muestra distancia a tal posibilidad –en que ya no necesitaríamos ciudades– sea suficientemente grande.

Reconociendo entonces que el universo virtual de las analogías sensoriales no es el campo de la arquitectura (eso no significa que no haya arquitectos que puedan dedicarse a ello, así como los hay que se dedican a la pintura o la escultura), aún queda una pregunta. ¿En qué afecta a la arquitectura la potencia (virtual) de las tecnologías digitales?

El proyecto / Probablemente el primer aspecto en que dichas tecnologías afectan a la arquitectura es en el acto de proyectar.

Siempre es difícil hablar de *proyectar*, un término demasiado genérico. Así como los esquimales tienen veinte nombres distintos para la nieve,

Mostly used at previous design stages, the incorporation of digital tools into construction processes is quite recent. But this displacement from design field to work and building is the first step of a change that just began; this shift should reinforce the relation between architecture and built reality.

los arquitectos deberíamos tener veinte nombres distintos para las distintas fases y modos del proyectar.

Hablo en primer lugar de un proyectar inicial, programático-topológico-dimensional. Aquel en que tradicionalmente se comienza, con lápiz y papel en una relación mente-ojo-mano, a gestar de modo todavía seminal la forma de una obra. En ciertos casos esta etapa incluye modelos a escala (maquetas de trabajo) como por ejemplo las maquetas hechas con papel y tijera de la iglesia de Firminy de Le Corbusier.

Es difícil pensar en un conjunto más flexible y productivo que el de la mente-mano-ojo para esta etapa, sin mencionar que no he incluido el trabajo previo de observación y reflexión en el cual el dibujo (croquis) tiene una importancia fundamental.

Sin embargo, este proyectar inicial comprende también un proceso de prueba y error en el cual, si consideramos la habilidad de los jóvenes proyectistas en el uso de los sistemas CAD, la presentación de múltiples posibilidades formales a velocidades inusitadas podría enriquecer o al menos agilizar esta primera fase. Programas de modelación, a veces nacidos de la ingeniería o de la industria cinematográfica como *3D Studio Max* y *Form Z* son especialmente interesantes en esta etapa.

Podemos decir que luego existe una segunda fase del proyectar consistente en dar una ley geométrica constructiva precisa a la obra, geometría euclidiana o no euclidiana. En esta etapa los sistemas CAD nos facilitan enormemente la generación de formas complejas (especialmente no euclidianas) y nos abren ciertas ventanas a la fabricación eficiente de dichas formas (sistemas CNC). La potencia de programas como *Catia* ha hecho posible diseños de alta complejidad formal no euclidiana.

En esta fase, sin embargo, surge con especial importancia el tema de la belleza, el cual ha estado por largo tiempo relacionado, en el ámbito de la arquitectura, con las proporciones de los espacios cúbicos hasta las formas platónicas y el *Modulor*. ¿Qué reemplaza a estos parámetros en el mundo de los fractales y los *blobs*? ¿puede construirse y habitarse con plenitud una ciudad con formas viscerales y cavernosas? ¿cuál es la belleza de hoy: la del Partenón, la de las máquinas, la de *Disneyworld* o no nos es lícito hablar de belleza?

En una tercera fase del proyectar (no necesariamente en orden cronológico ni jerárquico) se incluyen los aspectos técnico-constructivos: la temperie, sustentabilidad y todo lo relacionado con las energías, además de la duración que incluye la resistencia estructural.

Existen hoy programas computacionales como *Tas* y *Ecotect* que permiten trabajar con fluidez y eficiencia los aspectos energéticos como clima y sonido; otros programas destinados al cálculo y diseño estructural como *Atlas*, *Maxbeam*, *Maxquake* y *Maxwind* son capaces de hacer simulaciones que informan el efecto final de las decisiones que tomamos y por lo tanto, dan recomendaciones sobre cómo corregir tales decisiones para obtener los resultados buscados.

Esto es fundamental cuando la eficiencia, la sustentabilidad y el ahorro