

## DE LO VIRTUAL A LO TANGIBLE: TRANSFORMACIONES DE LA CONFIGURACIÓN MORFOLÓGICA A LA CONSTRUCCIÓN DIGITAL

## FROM VIRTUAL TO TANGIBLE: TRANSFORMATIONS FROM MORPHOLOGIC CONFIGURATION TO DIGITAL CONSTRUCTION

Lucas Peries <sup>1</sup>

### RESUMEN

Desde mediados del siglo XIX, en la teoría arquitectónica, se reconocen dos categorías de configuración formal para la proyectación y edificación: la estereotomía y la tectónica; ambas poseen cualidades compositivas con lógicas procedimentales y conceptuales claramente definidas y diferenciables. Los avances tecnológicos, principalmente los vinculados con la informática, han ampliado los territorios de producción con las herramientas y técnicas de fabricación digital. Sin embargo, la tectónica y la estereotomía se mantienen vigentes como modos de pensar y operar con el proyecto. En este artículo, que deriva de la tesis doctoral del autor, se sintetizan los principios conceptuales de los sistemas de fabricación digital y se analizan casos de estudio vanguardistas del contexto arquitectónico y artístico, con la intención de observar los fenómenos que suceden en los procesos de diseño que incorporan las nuevas tecnologías informáticas, desde la ideación a la obra construida.

### PALABRAS CLAVE

Morfología, Proceso de diseño, Fabricación digital

### ABSTRACT

*In the theory of architecture, since the mid-nineteenth century there are two categories of formal configuration for the design and construction: sternotomy and tectonics. Both they have compositional qualities with clearly defined and differentiable procedural and conceptual logic. Technological advancement linked to computer has expanded the territories of production tools and digital fabrication techniques. However tectonics and sternotomy remain in effect as mindsets and operate the project. This article summarizes the conceptual principles of digital manufacturing systems and avant-garde case study of the architectural and artistic context are analyzed to observe phenomena that occur in the processes of design incorporating new information technologies, from conception to the finished work. This paper derives from the author's doctoral thesis.*

### KEYWORDS

*Morphology, Design process, Digital manufacturing*

---

<sup>1</sup> Doctor en Arquitectura por la Universidad de Buenos Aires. Magíster en Paisaje por la Universidad Católica de Córdoba (FA-UCC). Arquitecto por la Universidad Nacional de Córdoba (FAUD-UNC). Docente-investigador en FAUD-UNC y FA-UCC. Director del Instituto del Paisaje UCC. Coordinador y profesor en la Maestría en Diseño de Procesos Innovativos UCC. Profesor en la Maestría Arquitectura Paisajista UCC. Profesor invitado en múltiples universidades de Latinoamérica. Autor y coautor de numerosos libros, artículos y presentaciones en congresos. [www.lucasperies.com](http://www.lucasperies.com)

## Introducción

La informática, en las últimas décadas, se ha constituido en la herramienta protagonista para la generación formal de los proyectos de arquitectura vanguardista —principalmente a nivel internacional—, al mismo tiempo que en diversos campos del diseño. La arquitectura proyectada con medios digitales, demuestra la potencialidad de esta herramienta como estimuladora en la producción de formas complejas. El espacio digital es un ambiente de exploración proyectual, en el que las herramientas son los medios digitales (software y hardware), que permiten generar objetos y espacialidades virtuales, para su posterior transferencia a la realidad constructiva física. El uso de la computadora, aplicada al proceso de diseño, ha reducido el terreno de lo inmensurable y lo inimaginable; nuevas concepciones morfológicas pueden generarse, representarse y construirse.

Resulta oportuno aclarar que las herramientas digitales —su función y su técnica— no son las desencadenantes de la forma, como si se tratara de un acto mágico, los productores son los procesos que los diseñadores desarrollen con esos medios. De la idea a la prefiguración del proyecto hay diagramas, analogías, esquemas de flujos, trazados geométricos, collages, etc. —generados o no, con herramientas digitales—; son esas técnicas las que producen la morfología del proyecto, orientada por las intencionalidades de la personalidad creadora y el contexto económico-cultural de producción. Las herramientas pueden influir directamente sobre el proceso y el producto final, pero por sí solas no producen nada.

En este artículo se sintetizan los principios conceptuales de los sistemas de fabricación digital y se analizan casos de estudio vanguardistas del contexto arquitectónico y artístico, con la intención de observar los fenómenos que suceden en los procesos de diseño que incorporan las nuevas tecnologías informáticas, desde la ideación a la obra construida.

El presente trabajo deriva del seminario “Informática y generación de formas complejas” (dictado por la Dra. D.I. Patricia Muñoz), realizado en el marco de la tesis doctoral “Estereotomía topológica como instrumento innovativo en la configuración morfológica del paisaje urbano-arquitectónico”, desarrollada en el Programa de Doctorado de la Universidad de Buenos Aires (FADU-UBA), 2009-2015. La investigación ha sido realizada con la cooperación económica de la Universidad Católica de Córdoba.

## La configuración morfológica

A mediados del siglo XIX, Gottfried Semper es quien enuncia las claves de una teoría de la Arquitectura, de las que destacamos dos categorías de forma construida: la tectónica, en referencia lo liviano, flexible, discontinuo y vertical; y la estereotómica, en referencia a lo pesado, rígido, continuo y horizontal.

La arquitectura estereotómica conforma el espacio por acumulación de partes que trabajan a compresión, bajo el concepto de “masa” sólida y continua, que por acopio de unidades se vincula a la tierra “como si emergiera de ella”. La tipología de cueva representa el ejemplo natural de espacialidad estereotómica y el iglú la versión antrópica del mismo tipo —generado por la acumulación de bloques de hielo—.

La arquitectura tectónica conforma el espacio por ensamblaje de partes que en general trabajan a tracción, bajo el concepto de tejido o entramado. La tipología de bosque representa el ejemplo natural de espacialidad tectónica y la cabaña la versión antrópica del mismo tipo —generada por el ensamblaje de maderas—.

Se trata de dos categorías de configuración morfológica, de las que el hombre se vale desde sus orígenes para proyectar y construir sus espacios habitables y objetos. En general, salvo excepciones, sucede que

los proyectos contemporáneos originados bajo los fundamentos de la estereotomía, abandonan su condición inicial para construirse tectónicamente. Un fenómeno que rara vez se produce de modo inverso.

La estereotomía resulta difícil de ser aplicada en la construcción fiel de edificios —sin recurrir al acopio de componentes—, aunque existen casos excepcionales que la aplican en todo el proceso, desde la ideación o génesis del proyecto a la construcción material, como lo hace el grupo holandés NIO architecten o el arquitecto boliviano Mario Moscoso, entre otros casos paradigmáticos, empleando tecnologías de inyección de poliéster u hormigón, respectivamente. En la actualidad existen nuevas tecnologías que posibilitan la continuidad técnica en las distintas etapas o fases del proceso de diseño —la ideación, proyectación y construcción, según la teoría de Naselli (2001)—, utilizando las tecnologías informáticas durante todo el proceso.

## La fabricación digital

Los medios digitales permiten desarrollar procesos de diseño de manera alternativa a las prácticas tradicionales y en las dimensiones: 2D, 3D y 4D; desde la dimensión 5D. Esta última es la que se establece en el mundo virtual e incorpora el espacio cuatridimensional y la teoría de la relatividad (Einstein), pero desecha las teorías de Aristóteles y de Newton. Al respecto se refiere Pimentel<sup>2</sup> cuando plantea:

“Los universos virtuales permiten que nos despeguemos del ‘peso’ del mundo real, permiten quebrar las leyes físicas que nos atan y condicionan a los límites configurados por nuestra experiencia perceptiva. En el espacio virtual, varios objetos pueden ocupar el mismo lugar, o pueden levitar por el espacio, libres de gravedad. Pueden modificar todos los principios del mundo aristotélico, en relación con los sujetos, su materia, el lugar que ocupan y el tiempo específico en que lo hacen.”

La quinta dimensión o realidad virtual, permite prefigurar el proyecto habilitando miradas alternativas sobre lo real y lo irreal, sobre lo material y lo inmaterial, sobre lo racional y lo irracional, sobre lo limitado y lo ilimitado, etc. En el campo digital, la materia de diseño es la información, que se corporiza o adquiere forma en diversos objetos de comunicación, representada en imágenes. La imagen digital se constituye en el material del proyecto. Cabe aclarar aquí la distinción entre materia y material, entendiendo que la primera responde a toda sustancia natural susceptible de adquirir forma y el material corresponde a toda forma cultural, generada por el hombre.

Cuando los procesos de diseño ingresan en la etapa de construcción del proyecto, nuevamente se hace presente la teoría de Newton, y no podemos resistirnos a la gravedad. Los materiales ocupan un lugar en el espacio y dos objetos ya no pueden estar en el mismo lugar al mismo tiempo, como en los softwares de modelado tridimensional. Al momento de materializar los proyectos la situación cambia y los factores condicionantes son muy diferentes.

En las últimas décadas, las tecnologías han evolucionado rápidamente generando maquinarias para realizar la traducción del proyecto de la dimensión digital con herramientas informáticas, proceso denominado como “fabricación digital”. Se trata del empleo de computadoras que dirigen máquinas de fabricación por control numérico. Técnicamente es la conexión de los sistemas CAD (Computer Aided Design) con equipos de fabricación, generando un sistema integrado CAD/CAM (Computer Aided Manufacturing).

<sup>2</sup>(Pimentel, 2004, p. 58).

Diversos investigadores proponen clasificaciones alternativas de los sistemas de fabricación digital, como las que realizan: Jacobo Krauel (2010) corte, sustracción, adición; Lisa Iwamoto (2009) seccionamiento, teselado, plegamiento, contorneado, formación; o Branko Kolarevic (2007) aditivo, sustractivo, combinado, conformado. Coincidiendo con la última clasificación, sintetizamos tres categorías de técnicas constructivas genéricas: la fabricación sustractiva, la fabricación aditiva y la fabricación formativa —en relación con la recurrencia de casos analizados en el panorama internacional del contexto constructivo digital—. Causalmente las tres denominaciones corresponden a acciones que revelan la lógica operativa de los procedimientos: sustraer, adicionar, formar o deformar.

-Los sistemas sustractivos extraen material por medio de fresas, cuchillos, láser, agua o plasma; en mesas de trabajo con equipos deslizantes o brazos robóticos, por remoción de volúmenes o por corte de láminas o placas de espesor delgado.

-Los sistemas aditivos solidifican material en capas sucesivas, a partir de gases, líquidos o polvos, generalmente produciendo objetos de tamaño pequeño —aunque ya hay tecnologías que fabrican objetos a gran escala—.

-Los sistemas formativos accionan sobre los materiales modificando la forma original por medio del plegado, doblado, rolado, embutido, etc.; o por termoformado, empleando calor y/o vacío.

Con la intención de analizar la incidencia de los sistemas de fabricación en los resultados figurativos de obras construidas, se selecciona una serie de pequeños trabajos fabricados con sistemas informáticos, provenientes de las disciplinas Arquitectura y Arte, y con cierta dimensión referenciada a una escala humana. Obras en las que se pueden reconocer arquetipos arquitectónicos primarios —muros, suelos, techos, puertas, ventanas—. En los casos escogidos, además de fotografías de las obras construidas, se tuvo acceso a imágenes de los proyectos y de prefiguración, en las que se puede examinar la idea o concepto morfológico original.

Se trata de una docena de obras del contexto internacional, escogidas en correspondencia con los anteriores criterios y requerimientos; derivadas de los tres sistemas de fabricación enunciados. Todas ellas se enmarcan en líneas experimentales, que exploran las nuevas posibilidades de los medios y la técnica, asociadas a la producción de formas complejas. Algunas obras provienen de ámbitos académicos y otras son producto de estudios profesionales de vanguardia.

A continuación presentamos una serie de esquemas que sintetizan el análisis de los doce casos, cada uno está compuesto por: una imagen de la instancia de proyecto que revela la modalidad configurativa proyectada (la que es identificada con la letra E para estereotomía o T para tectónica), una fotografía de la obra construida en la que se puede verificar la modalidad configurativa de materialización, y una fotografía de detalle constructivo que manifiesta la tecnología habilitante de la forma construida (nuevamente identificada con el mismo criterio de letras E empleado en las primeras imágenes).



Fig. 1 (elaboración del autor): “D-tower” Nox, Dietrichem, Holanda, 2004 - [Sistema FORMATIVO]

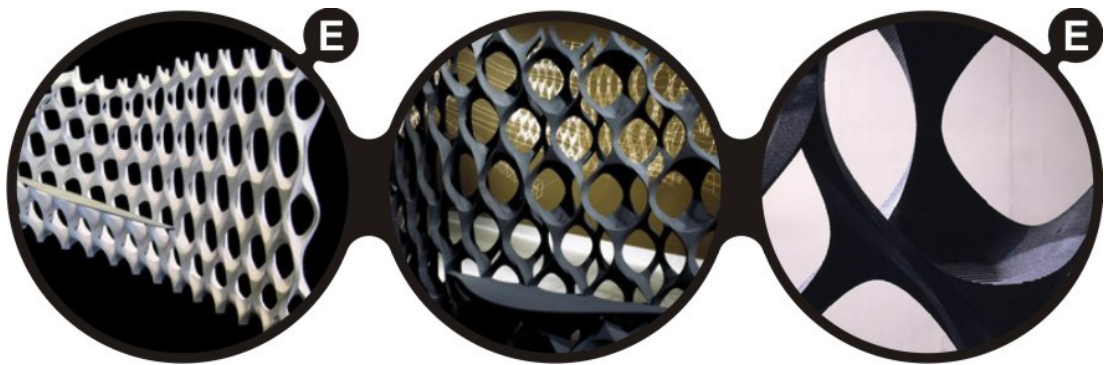


Fig. 2 (elaboración del autor): “Bone Wall” Urban A&O, Nueva York, USA, 2006 - [sistema SUSTRACTIVO]



Fig. 3 (elaboración del autor): “Rip curl canyon” Ball Nogues, Houston, USA, 2006 - [sistema SUSTRACTIVO]



Fig. 4 (elaboración del autor): “Technicolor blomm” Elbo Group & Studio Lynn, Viena, Austria, 2007-[sistema SUSTRACTIVO]



Fig. 5: (elaboración del autor). “Rip curl canyon” Ball Nogues, Houston, USA, 2006 - [sistema SUSTRACTIVO]



Fig. 6 (elaboración del autor): “Digital origami” UTS master Class & Chris Bosse, Sydney, Australia, 2007 - [sistema SUSTRACTIVO]



Fig. 7 (elaboración del autor): “[C]space DRL 10 Pavilion” Nex architecture, Londres, RU, 2008 - [sistema SUSTRACTIVO]



Fig. 8 (elaboración del autor): “Vousoir cloud” Iwamoto Scott architecture, Los Angeles, USA, 2008 - [sistema SUSTRACTIVO]



Fig. 9 (elaboración del autor): “Radiolaria” Shiro Studio, Londres - RU, 2008 - [sistema ADITIVO]



Fig. 10 (elaboración del autor): “Pinch wall” Arthur Azoulay, et. al., Pennsylvania, USA, 2009 - [sistema SUSTRACTIVO]

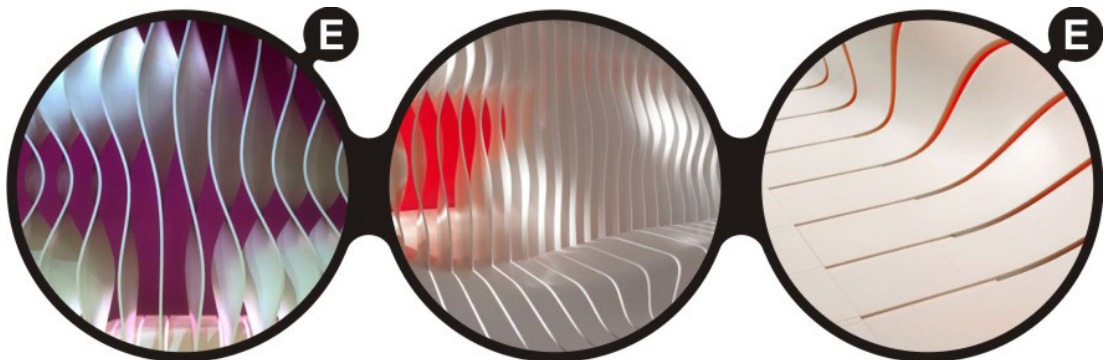


Fig. 11 (elaboración del autor): “Super Surface” Amanda Levete, Milán, Italia, 2009 - [sistema FORMATIVO]

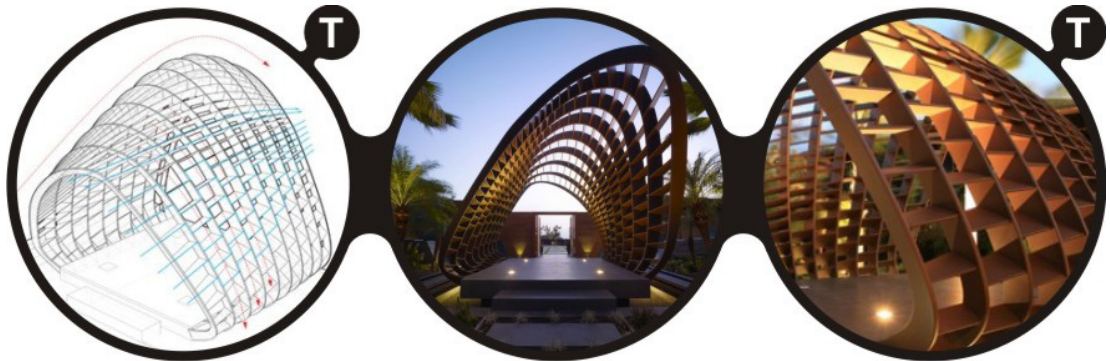


Fig. 12 (elaboración del autor): “BA pavillon” Belzberg Architects, Hawái, USA, 2010 - [sistema SUSTRACTIVO]

De los doce casos estudiados, seis corresponden a proyectos de morfología estereotómica en coincidencia con la obra construida, dos pertenecen a la categoría de proyectos y obras tectónicas, y en cuatro se reconocen transformaciones del proyecto estereotómico a la obra tectónica; como se clasifica en el esquema número 13. En ninguno de los casos un proyecto de carácter tectónico derivó en una construcción estereotómica.

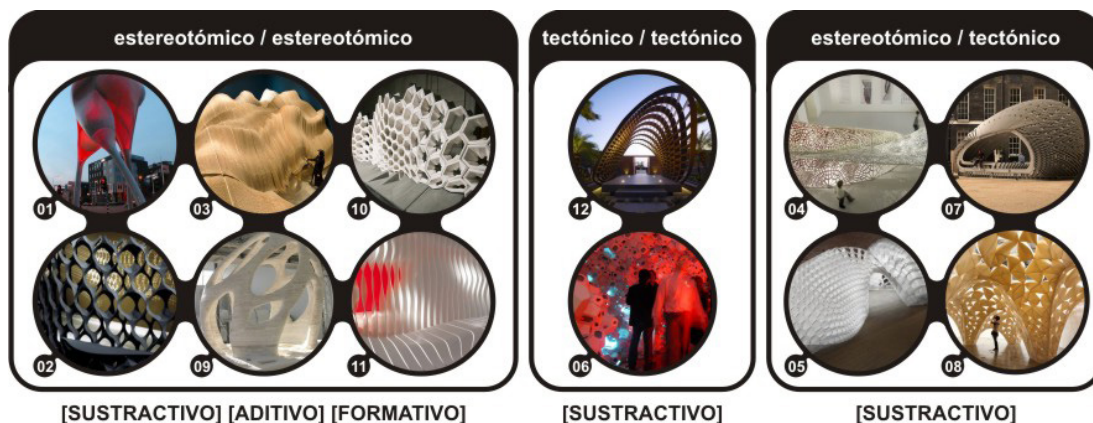


Fig. 13 (elaboración del autor): Clasificación

De las observaciones realizadas podemos afirmar que un proyecto de esencia estereotómica puede convertirse en tectónico a causa de la tecnología que habilita su construcción; se abandona, de este modo, la imagen figurativa inicial del proyecto. Esta imagen es planteada como la traducción intelectual y extractada de lo observado. La imagen es la representación que se producen de los objetos o espacialidades y la figura responde a la generación de unidad a partir de la percepción, intensificando los aspectos formales de la apariencia externa de las cosas. Este fenómeno se produce por la observación directa pero también por la observación indirecta, a través de una operación sustituta basada en la lectura interpretativa de fotografías o ilustraciones técnica empleada en este estudio .

En cuanto a los sistemas de fabricación, reconocemos la aplicación de los tres tipos para las obras estereotómicas, sólo se aplica el sustractivo en las obras tectónicas y lo mismo sucede en los casos que se proyectaron como estereotómicos y derivaron en obras tectónicas.

En relación a las técnicas constructivas específicas, dentro del grupo de los casos estereotómicos: dos emplean técnicas de frezado de volúmenes, (Caso 2, material: espuma de poliuretano de alta densidad; Caso 10, material: yeso), uno emplea corte de láminas (Caso 3, material: cartón), dos emplean termoformado (Caso 1, material: epoxi; Caso 11, material: corian), y uno emplea solidificación de sustancias (Caso 9, material: arenisca artificial - sandstone). En los otros dos grupos de casos sólo se especifica la aplicación de técnicas de corte para placas o láminas de diversos materiales. Según estos datos se puede reconocer que los sistemas de fabricación formativos y aditivos no se adaptan a las construcciones de configuración espacial tectónica; o al menos no son empleados con esa finalidad.

Estos resultados no los podemos considerar como absolutos, están limitados al recorte específico de este estudio. No obstante, resultan representativos dentro del marco de los casos seleccionados y en relación al estado incipiente del conocimiento y la aplicación de estas tecnologías en la construcción directa de obras arquitectónicas —reconociendo que la aplicación frecuente se direcciona a la construcción de prototipos—.

## Reflexiones

La lógica operativa del sistema aditivo resulta análoga al modelo conceptual de la arquitectura estereotómica. La posibilidad de trabajar con sustancias en estado líquido, que posteriormente se solidifican, trasciende los principios constructivos tradicionales que superponen mampuestos para generar una construcción maciza y continua. La fabricación aditiva nos remite a la esencia misma de la estereotomía, a un modelo literal. Se trata del idéntico procedimiento constructivo que emplea cierto tipo de aves para construir sus nidos, aplicando capas sucesivas de lodo.



El sistema formativo también es coincidente con la lógica estereotómica. Opera desde la continuidad estructural del material, aplicando deformaciones para producir la forma deseada. Es la tarea análoga al oficio de un orfebre o un alfarero, en el proceso de modelado de materiales con espesor delgado o laminares, que son moldeados, repujados, estirados, alabeados, etc., trabajando en el límite de la resistencia del material.

El sistema sustractivo se relaciona con las dos modalidades de configuración morfológica estudiadas. Por un lado, las técnicas de corte producen piezas o componentes que derivan en construcciones tectónicas, debido a los principios que vinculan las partes por encastrados o con elementos complementarios, que producen los entramados o tejidos espaciales. Por otro lado, las técnicas de sustracción de materia por fresado, torneado, taladrado, etc., responden al modelo estereotómico; es la tarea análoga al oficio del escultor de piedra, en su proceso de cincelado del bloque pétreo para elaborar una forma quitando materia.

Los sistemas de fabricación digital pueden influir en la morfología de la obra construida, transformando las intenciones originales del proyectista. El empleo de un sistema u otro deriva en configuraciones espaciales disímiles. Las tecnologías no son neutrales, las formas y espacialidades se correlacionan con el sistema de fabricación que las produce. Cada tecnología posee características y lógicas procedimentales particulares, que como concluimos en este artículo, se orientan a una modalidad de configuración formal específica.

La potencialidad paradigmática de estas tecnologías la encontramos en la posibilidad concreta de habilitar la construcción de formas complejas, en este momento histórico y con principios inherentes a la complejidad, sin recurrir a procedimientos analógicos; pudiendo conservar todo el proceso de diseño -desde la ideación a la construcción- en la dimensión digital.

La aplicación de estas tecnologías en la producción de obras arquitectónicas es incipiente —no ha pasado más de dos décadas de su empleo—, pero los avances del conocimiento específico y los resultados técnico-productivos progresan a pasos agigantados. La fabricación digital se está incorporando como una herramienta operativa del proceso de diseño, del mismo modo que lo hicieron los softwares de modelado tridimensional y editores de imágenes en la década del noventa. Numerosos investigadores coinciden en la apertura de un territorio amplio y complejo para el diseño en general. Lógicamente, las posibilidades de acceder a la tecnología en los diferentes contextos culturales limitan su aplicación, particularmente en nuestra región latinoamericana.

## Referencias bibliográficas:

- Iwamoto, L. (2009). *Digital fabrications: architectural and material techniques*. New York: Architecture Briefs.
- Kolarevic, B. (2001) *Digital Fabrication: Manufacturing Architecture in the Information Age*. En *Proceedings of the twenty first annual conference of the Association for Computer-Aided Design in Architecture, 2001* (pp. 268-277). New York: ACADIA.
- Krauel, J. (2010). *Arquitectura Digital: Innovación y diseño*. Barcelona: Links.
- Naselli, C. A. (2001). El proceso de diseño como concepto instrumental. En N. Goytía (Ed.), *Cuando la idea se construye* (pp. 28-32). Córdoba: Screen.
- Pimentel, D. (2004). Superconectados. En A. Montagú, D. Pimentel, M. Groisman (Aus.) *Cultura digital: comunicación y sociedad* (pp. 25-96). Buenos Aires: Paidós.
- Semper, G. (1860-1863). *Der stil in den technischen und tektonischen künsten, oder, praktische aesthetic*. Frankfurt: Verlag für Kunst & Wissenschaft (Vol. 1, 1860); Minich: F. Bruckman (Vol. 2, 1863).

## Referencias web de los casos de estudio:

[www.amandalevetearchitects.com](http://www.amandalevetearchitects.com)  
[www.ball-nogues.com](http://www.ball-nogues.com)  
[www.belzbergarchitects.com](http://www.belzbergarchitects.com)  
[www.chrisbosse.com](http://www.chrisbosse.com)  
[www.cmu-dfab.com/pinch-wall](http://www.cmu-dfab.com/pinch-wall)  
[www.iwamotoscott.com](http://www.iwamotoscott.com)  
[www.nex-architecture.com](http://www.nex-architecture.com)  
[www.nox-art-architecture.com](http://www.nox-art-architecture.com)  
[www.officeda.com](http://www.officeda.com)  
[www.shiro-studio.com](http://www.shiro-studio.com)  
[www.studiolynn.at](http://www.studiolynn.at)  
[www.urbanao.com](http://www.urbanao.com)