

# JUGUETE, COMPLEJIDAD, COMPUTACIÓN: HACIA UNA ARQUITECTURA TRANSFORMABLE

Carmina Sánchez-del-Valle  
Hampton University  
Department of Architecture  
Hampton, VA 23668 U.S.A.  
carmina.sanchez@hamptonu.edu

## Abstract

### *Robot toys, complexity, and computation: for a transformable architecture*

*In this paper we describe and discuss a course aimed towards developing 3D digital modeling skills focused on the exploration of an architecture that behaves like a dynamic complex integrated system. It crosses knowledge domains to consider the mechanisms that transform energy, adaptive systems, kinetics, and cybernetics. It uses the metaphor of transformable robot toys not only for their correspondence with the ideas explored, but because of their immediacy and physicality. It argues architecture must urgently break with the processes of destruction.*

## 1. Introducción

Observamos el desbalance en la distribución y utilización de los recursos naturales mundiales, y su consumo insensible y desmedido. Se ha frustrado la diversidad, la evolución y el balance. La arquitectura es hoy más que nunca antes parte de los procesos de destrucción. La utilizamos para desestabilizar el sistema natural. Aunque lentamente, ya se acepta debemos estudiar cuidadosamente el ciclo de vida de los materiales y los sistemas que utilizamos: su diseminación, consumo, proceso y desecho. Pero no nos bastan los conocimientos y experiencia propios de nuestra disciplina. Son necesarias dos cosas: una perspectiva amplia y el trabajo transdisciplinario como práctica de colaboración.

Se busca una arquitectura que se integre a la red de vida. No nos sirven los modelos que representan una arquitectura estática. Al fin y al cabo, aún en ésta, los materiales y las estructuras respiran y se mueven imperceptiblemente a pasos cortos, y muy lentamente. Necesitamos una arquitectura que se ajuste a un entorno en flux. Esta arquitectura forma parte de un sistema complejo dinámico integrado que se establece en la interacción entre la esfera natural y la social. Es un lugar de encuentros. Tiene fronteras definidas pero permeables. Provee espacios para la operación metabólica. Esta es una arquitectura de interdependencias que sirve de armadura para una convivencia simbiótica. Concebimos la idea de una arquitectura transformable luego de estudiar el

trabajo de Capra, Maturana y Varela, entre otros.

Esa arquitectura dinámica y compleja que describimos arriba, puede exhibir una estructura de geometría cambiante local o global. Esta mantiene su integridad estructural aún cuando se transforma. Se adapta a cambios en el ambiente externo, o en el interno. En un sistema cinético, la transformación ocurre en dos niveles: formal y energético. Cambia su configuración y transforma la energía en movimiento, ya sea controlado y ejecutado manualmente, o automáticamente. La transformación también incluye patrones de regeneración, que bien pueden ser la reutilización y el reciclaje. Los cinco componentes de un sistema transformable son: cuerpo, entorno, energía, control y movimiento. Los objetivos principales de una arquitectura transformable son: minimizar el desgaste de los recursos, actuar responsablemente hacia el medio ambiente, y satisfacer necesidades y deseos humanos.

En términos prácticos carecemos de una pedagogía que nos provea modelos conceptuales que nos ayuden a entender y explorar sistemas dinámicos complejos. Arguimos que la metáfora de juegos de construcción que típicamente vemos en los talleres de diseño del primer y segundo año – los bloques de madera, los Tinkertoys, los bloques de Lego - es obsoleta. Debemos desarrollar modos de fomentar una actitud analítica, y sobretodo sincrética, que trate a las estructuras arquitectónicas como colecciones de sistemas interdependientes integrados. Esta descripción es mecanicista a la vez

que organicista. Lo esencial es mantener la noción de sistema, complejidad, interdependencias y patrones de regeneración de materia y energía.

Proponemos los juguetes de robots transformables como metáfora para reintroducir la investigación geométrica, la dinámica, la mecánica y la cibernética en el diseño arquitectónico. Reconocemos que esta propuesta resulta un tanto estrecha porque parece enfatizar lo formal técnico, ante lo humano. Mark Wigley ha comentado que en la arquitectura experimental a veces se fantasea sobre un futuro idealizado en vez de confrontar el desorden del vivir diario.[Wigley, 2002] Para no caer en la trampa escapista integramos la metáfora del robot transformer con la filosofía del “pensamiento sistémico” propuesta por Fritjof Capra. Esta ve a los organismos vivos como entidades integradas organizadas en redes. La metáfora que usamos se refiere a la arquitectura como armadura de encuentro e interacción, punto que discutiéramos antes. De esta forma se resuelve conceptualmente la ruptura entre la abstracción y la complejidad de la realidad. Vale advertir que no proponemos traducir literalmente la forma de los robots transformables a la arquitectura. Eso ya lo han hecho otros, como por ejemplo el monumento a los astronautas de Holt Hinshaw Pfau y Jones, las cabañas en la Sierra Alta de Jones Partners, y la M-House de Michael Jantzen.

El concepto para este curso empezó a tomar forma con un escrito de Erdman y Durfee sobre sus experiencias con estudiantes de ingeniería mecánica. También se deriva del concepto de edificio “como interfase que reacciona dinámicamente a las fuerzas naturales, en vez de concebirse como una colección de sistemas mecánicos que sostienen un ambiente estático” presentado por Bill Sherman y Kirk Martini en su curso “Elastic Boundaries” en la Universidad de Virginia. Por último, nos ha servido de guía el capítulo sobre mecanismos en el segundo volumen “Dinámica” de *Creation in Space* del autor Jonathan Friedman. En éste Friedman se refiere al Libro X de la obra de Vitruvius. Las esculturas cinéticas de Theo Jansen le han servido de ejemplos tácticos a nuestros estudiantes.

## 2. La metáfora de los robots transformables

Cuando niños los juguetes abren las puertas de nuestra imaginación. En la adultez son recuerdos que enriquecen nuestra creatividad. Ann Cline ha escrito que nuestra habilidad para concebir nuevas formas de habitar depende de los espacios donde transcurrieron nuestros cuentos favoritos.[Cline, p.92] También hacemos nuestros propios cuentos cuando jugamos. Los juguetes de construcción son vehículos para el aprendizaje. Desarrollan la capacidad para visualizar espacios, la coordinación de reflejos motores, la intuición, y la imaginación. Hay cuatro tipos de juguetes de construcción: los bloques, los bloques articulados, los transformables, y los electrónicos. Los bloques transformables tienen articulaciones flexibles. Son mecanismos sencillos como visagras, pivotes, uniones universales, etc. Sobre los transformables Victor Papanek escribió que con ellos los niños aprenderían sobre el diseño biomórfico y la relación entre la naturaleza y el ambiente construido. Según Papanek este tipo de experiencia produciría propuestas más versátiles. [Papanek, p.212]

Un robot transformable es como un cubo de Rubik. En el cubo las piezas se mueven en el espacio, todas son iguales y las uniones invisibles. Por el contrario, las piezas de los robots transformables tienen forma y funciones únicas, uniones visibles y especializadas. Estas últimas son, por lo general, mecanismos básicos. La transformación ocurre entre dos condiciones estables reversibles, no siempre predecibles. Se requiere una secuencia ordenada de movimientos de traslación y rotación. Una característica muy particular de los robots transformables, es que como en Origami, no se rompe la conexión entre las partes, y todas se utilizan.

## 3. Aplicación

En el curso se explora en forma disciplinada el interface de FormZ como lugar de construcción. El enfoque que nos permite integrar todas las materias que mencionamos en la introducción, es la transposición de la metáfora de los juguetes transformables a una

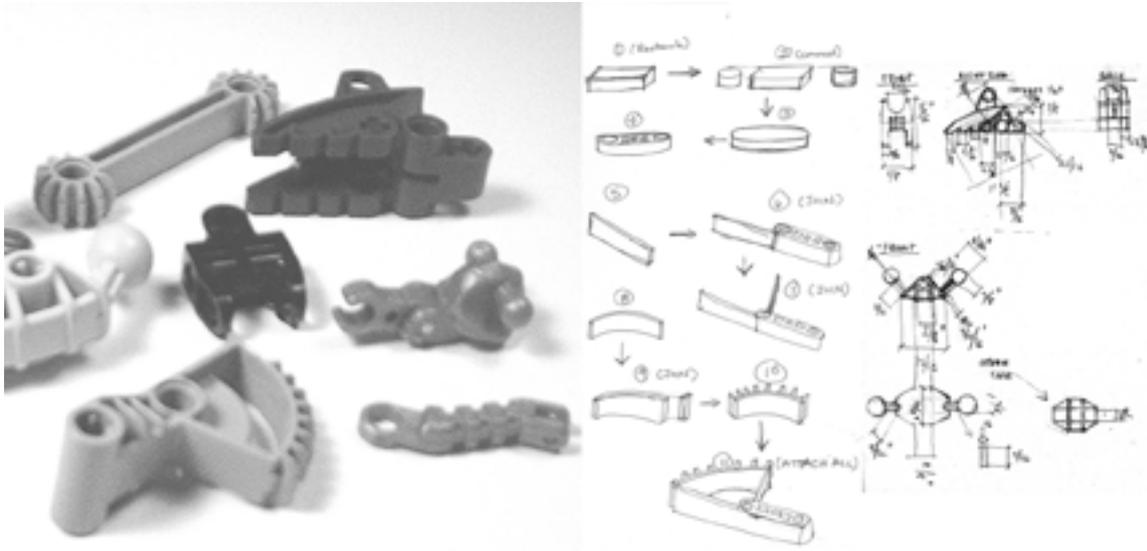


Imagen 1: Piezas surtidas que serán la estructura del juguete arquitectónico.

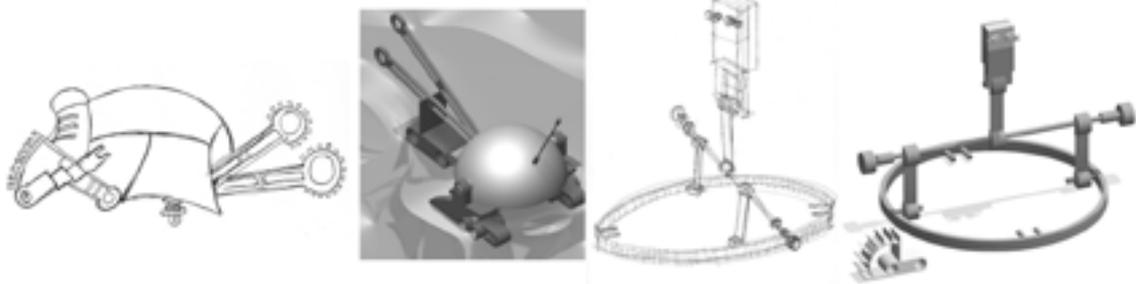


Imagen 2: Juguete arquitectónico, propuestas primeras

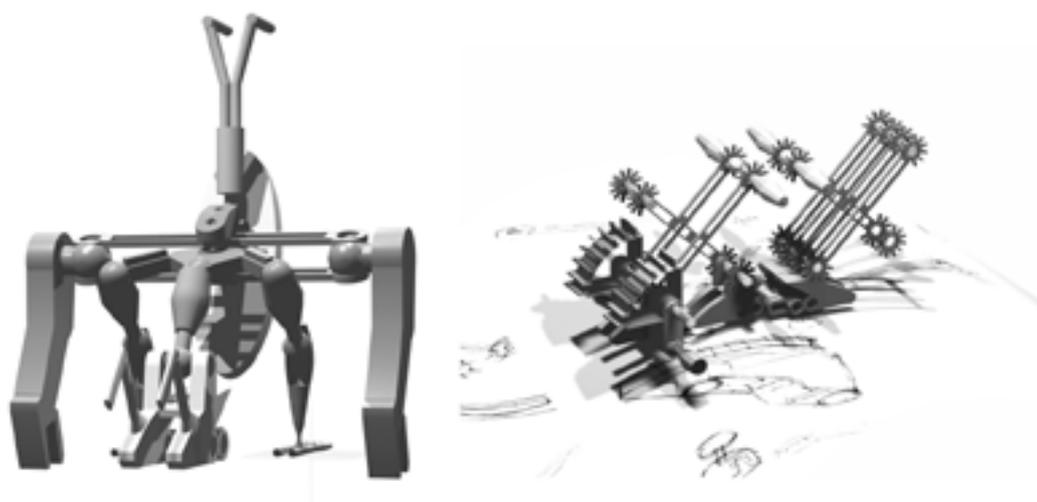


Imagen 3: Juguete arquitectónico, desarrollo.

arquitectura transformable. Los parámetros utilizados para determinar la calidad de los diseños modelados en el curso son: capacidad transformativa, imaginación e ingeniosidad, rompimiento con esquemas establecidos, apertura al intercambio de ideas y a la colaboración en la creación de nuevas propuestas.

Desde su primera versión FormZ permite derivar superficies de objetos sólidos tridimensionales usando la función de despliegue “unfold.” La superficie derivada es un patrón de Origami. Los líneas indican dobleces que actúan como visagras. Sin duda éstas son formas transformables primitivas. Pero cuando se quiere modelar una estructura transformable más compleja, entonces hay que concebir piezas conectadas con articulaciones flexibles de varios tipos, dependiendo de las movidas que se tienen que generar. Este proceso requiere una habilidad desarrollada para visualizar el movimiento de las partes, según se acomodan a su nueva posición. En el caso de una estructura arquitectónica se tienen que imaginar escenarios en los que se simula su comportamiento, dadas ciertas condiciones. Así que hay que establecer condiciones y reacciones.

Para modelar y diseñar un artefacto arquitectónico transformable hay que estudiar las configuraciones, elementos, articulaciones, y mecanismos de los robots transformables. Como mencionamos el robot transformable está compuesta por piezas especializadas unidas en forma específicas, cada una con características propias. Individualmente las piezas no describen el todo. Esta condición nos permite introducir el concepto de Capra “pensamiento sistémico,” y el de sistemas complejos de adaptación.

Modelar una de las piezas de un juguete transformable no es fácil. Muchas no se derivan simplemente de extrucciones en el espacio. La mayoría se construye usando varias operaciones, derivando y combinando sólidos con superficies. Un artefacto arquitectónico transformable puede construirse con piezas sólidas y superficies. Otro reto es que algunas piezas se unen en planos arbitrarios que no son paralelos a los establecidos XY, YZ, y XZ, así como las articulaciones mismas. Un modelo incluirá múltiples planos especiales. Estos deben

establecerse antes de modelar las piezas. Por último, el acoplamiento de las piezas requiere referencias que no son parte de los puntos magnéticos “snaps” del sistema. Se tienen que añadir elementos auxiliares “props” para lograr contactos precisos.

En la primera semana de clases se discuten las bases filosóficas del concepto de estructura transformable, precedentes históricos y ejemplos contemporáneos. En la segunda semana se discuten los robots transformables y se le entrega a cada estudiante una pieza. Las piezas han sido seleccionadas de entre varios robots por su complejidad. Los estudiantes no saben a qué robot le pertenece la pieza, por lo tanto no sabe qué forma. Cada estudiante mide y dibuja a mano alzada cada una de las piezas y modela una o dos en FormZ usando escala natural. Luego que todas las piezas han sido modeladas los estudiante diagraman el proceso de construcción para comparar estrategias y resaltar las más efectivas.

En la segunda etapa de este proceso se crea un archivo que contiene todas las piezas, y se reparte a todos. Cada estudiante añade dos objetos para una colección personal. La selección de estos sigue tres reglas: pequeña escala, diseño de articulación, y definición especial. Ya listos con todas las piezas originales y nuevas deben diseñar el primer artefacto, que llamamos en esta etapa “juguete arquitectónico.” Un juguete arquitectónico define espacios, no figures en el que deben usar todas las piezas de la colección.

El proceso de diseño es como el del bricolage, donde elementos disímiles se confunden para crear un todo nuevo. Los estudiantes deciden en grupo cuales serán las características básicas del juguete que servirán de guía para todos. Como preámbulo al diseño y modelaje en 3D los estudiantes deben crear un boceto rápido a mano del objeto que tienen en mente, para discutirlo en clase. También se discuten las primeras versiones digitales. Al final se ubica el juguete en distintos contextos físicos: sobre agua, arena, roca, y sobre la mano. Estos son modelos pequeñísimos.

En la última etapa, la más difícil, se transpone el juguete diseñado a un artefacto arquitectónico transformable habitable. Se presenta un programa escueto e incompleto

como catalizador. Los componentes del modelo deben construirse con todo detalle, deben referirse a las piezas originales aunque modificadas, y ubicarse en un contexto específico incluyendo su habitante. Debe representarse con precisión fotográfica en lo tocante a la ubicación, los materiales y a la luz que recibe, ya sea solar o artificial. Nuevamente los estudiantes esbozan conceptos para discutirlos en clase. Ver Imagen 4.

#### 4. Observaciones, conclusiones y oportunidades

Sólo algunas de las propuestas permiten una discusión más trascendental de la arquitectura como sistema dinámico complejo integrado con su medio ambiente. Los modelos son el instrumento con el que hacemos visibles y desarrollamos nuestras propuestas de diseño. Porque tienen que demostrar destrezas en el modelaje 3D digital, una cuestión puramente inmediata y práctica, nuestros estudiantes pierden de vista que construir modelos digitales no es la única meta.

En cuanto a los conocimientos de la física y a la mecánica, concluimos que nuestros estudiantes aún no han descubierto que deben incorporar en sus procesos, no sólo sensibilidades sino sus conocimientos sobre el mundo que los rodea. Saben poquísimos sobre cómo funcionan los mecanismos, aún sobre los más básicos. La cinética y la cibernética francamente han estado al margen de sus estudios en arquitectura. También, aún con toda la atención que se le ha dado en los escritos profesionales a la sostenibilidad, el pensamiento sistémico y la conciencia ecológica son opcionales. Por lo tanto estos tienen muy poco impacto sobre programas que adelanten nuevas formas de habitar.

Esta no pretende ser una investigación completa. Aún

tiene muchos vacíos. No verificamos la función cinética de los diseños haciéndolos mover y transformarse en el espacio virtual en un simulador tipo Nastran 4D, o Inventor. Podríamos combinar este esfuerzo con el cálculo de fuerzas para establecer el grado de estabilidad de la estructura. Tampoco calculamos la eficiencia del sistema en cuanto a producción y consumo de energía. Tendríamos que transferir el modelo a un programa de análisis. Pero los que tenemos están fundados sobre una arquitectura convencional. También deberíamos hacer una lista de materiales y cantidades no sólo para calcular costos iniciales, sino también para determinar el costo de manufactura y transporte de los mismos.

¿Dónde quedan los juguetes de robots transformables? Los proponemos meramente como metáfora. Ya vimos que sirven, tanto por su immediatez como por su fisicalidad, como conceptos diagramáticos tangibles. El robot transformable es un juguete popular con el que la mayoría de los estudiantes han jugado. A través del juego han acumulado experiencias, desarrollado cierto conocimiento intuitivo sobre el funcionamiento de mecanismos simples, y alcanzado algún grado de habilidad espacial.

Por último, aunque ya hemos advertido que el curso ha dejado en evidencia la falta de conocimientos sobre mecanismos y los principios físicos que los controlan, el estudiar la organización de un mero robot transformable obliga a identificar tipos, sus variantes, similitudes y diferencias. Esto se puede usar como prefacio para discutir la transformación de la energía, la dinámica estructural, y la cinemática entre otras cosas.

Como apuntáramos anteriormente, uno de los obstáculos mayores que confronta el idear una arquitectura transformable, además de la falta de entendimiento



Imagen 4: Artefactos arquitectónicos habitables.

de los fenómenos naturales y sociales, es la ausencia de herramientas que nos ayuden a evaluar en forma integrada el comportamiento del sistema diseñado. Es precisamente en la creación de este espacio definido por representaciones múltiples variadas, simulación y análisis donde la computación en arquitectura puede hacer una gran diferencia.

Es esencial recordar que para atender los problemas de nuestro mundo, tenemos que pensar en más de tres dimensiones. En la educación de los arquitectos nos faltan modelos para entender la complejidad de nuestro entorno, y proponer una arquitectura que sirva como armadura para establecer una convivencia simbiótica.

## Agradecimientos

Aunque las ideas son importantes, sólo se prueban en su aplicación, por eso agradecemos primero el entusiasmo e imaginación de nuestros estudiantes. Nos han servido de inspiración los escritos de los arquitectos Nancy Cheng, Mark Gross y Ellen Do, Michael Fox, Alberto Estévez e Ignasi Pérez Arnal, Robert Kronenburg, Kostas Terzidis, Félix Escrig, y Anthony Viscardi. Nos han instruido los trabajos de Katherine Liapi, B.K. Wada y J.L. Fanson, Senol Utku y K. Miura en el esclarecimiento del comportamiento de las estructuras activas de geometría adaptable. Por último, nuestras conversaciones con Victor Sánchez y V.M Price han ayudado a enfocar los argumentos.

## Referencias

- Capra, Fritjof. *The Hidden Connections: A Science for Sustainable Living*, Anchor Books 2004 edition, New York: Random House, 2002.
- Erdman, Arthur G., William K. Durfee. "Pac-Man, Calluses, and the Undergraduate Engineering Design Student," *Educators' Tech Exchange*, Spring/Summer 1995, p.16-23.
- Papanek, Victor. *The Green Imperative: Natural Design for the Real World*, New York: Thames and Hudson, 1995.
- Sherman, Bill, Kirk Martini. *Elastic Boundaries ARCH 406 Course Description*, Teaching + Technology Initiative, University of Virginia, U.S.A. Fechado 2002. [Consulta <http://cti.itc.virginia.edu/tti/Sherman-Martini.html>]
- Wigley, Mark. "The Fiction of Architecture." En *Out of Site: Fictional Architectural Spaces*, Anne Ellegood (ed.), New York: New Museum of Contemporary Art, 2002.



### **Carmina Sánchez-del-Valle**

*Associate Professor*

*Doctor of Architecture, Master of Architecture, Bachelor in Environmental Design*

*Registered Architect, Colegio de Arquitectos y Arquitectos Paisajistas de Puerto Rico*

*Areas de interés: diseño, representación, gráficas digitales, modelaje en 3D y ambientación, simulación, reconstrucción histórica, teoría de computación, cibernética*