

MORFOGÉNESIS DIGITAL. LA CREACION DE UN PARADIGMA SOSTENIBLE

Arq. MARCELO FRAILE

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo – Universidad de Buenos Aires
Proyecto UBACyT (056) 2011-2014. Teoría de la Arquitectura en la Contemporaneidad.

Proyecto y creación científica en las memorias descriptivas.

Área: TECNOLOGIA EN RELACION PROYECTUAL

marcefraile@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

“Esta vez, no pretendemos aprender sobre la naturaleza, sino aprender de la naturaleza...”¹

Ha pasado mucho tiempo desde que los primeros investigadores dieran la señal de alarma ante las actividades descontroladas que el hombre está realizando sobre el planeta.

Hoy, los problemas del medio ambiente y la búsqueda de un desarrollo sostenible, constituyen un tema de constante vigencia en las agendas oficiales.

La creciente preocupación por el medio ambiente ha incrementado la necesidad de transformar los sistemas de producción y consumo, buscando optimizar los recursos a fin de que éstos tiendan a ser más efectivos y menos contaminantes. Investigando estrategias que apunten a la conservación de la energía y el agua, la reutilización de estructuras, y el uso de materiales “amigables” con un máximo ahorro energético y un bajo impacto sobre el medioambiente.

En el campo específico de la arquitectura, nuevas tecnologías y tecno-ciencias le ofrecen hoy al arquitecto la posibilidad de curvar, torcer y deformar el espacio dentro de la pantalla de la computadora, desafiando las concepciones tradicionales de diseño, para posteriormente poder implementar estos cambios en la vida real.

El efecto Guggenheim² ha impactado en la aparición de novedosas formas y contenidos. Generando una arquitectura nueva, con un afán de experimentación que encuentra su justificación en el ciberespacio, una arquitectura de conformaciones complejas, de excentricidades metafóricas, de manipulaciones geométricas de superficies NURBS,

¹ BENYUS, Janine, *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*, New York, Ed. Harper Collins, 1997.

² PIÑON, Helio, *La Forma y la mirada*, Buenos Aires, Ed. Nobuko, 2005.

una arquitectura de cuatro dimensiones, algo inimaginable hace apenas 20 años y que ahora se encuentran al alcance de un clic de ratón.

Este artículo pone en evidencia la ruptura del viejo modelo que junto al cambio de pensamiento dominante, la incursión de la computadora y de la electrónica en la vida contemporánea, nos ha conducido hacia lo que Burdek llama el “cambio de paradigma”, con propuestas de vanguardia tecnológica donde se establece una relación entre medio ambiente, técnica y arquitectura, ocasionando *“un desplazamiento desde una arquitectura basada en preocupaciones puramente visuales hacia una arquitectura que encuentra su justificación en su performance (eficiencia)”*³.

La inclusión de sistemas digitales de segunda generación como medio de expresión creativa y gestora de diseño, ha repercutido en la aparición de una nueva producción que considera la sustentabilidad por encima de la forma. Desde la arquitectura líquida introducida por Marcos Novak, hasta la modelización escultórica de la arquitectura BLOB de Greg Lynn, todas comparten una búsqueda de resultados cada vez más eficientes y funcionales a los estímulos del medio. Optimizando los recursos de un modo lógico, bajo parámetros bioclimáticos, con un mayor grado de eficiencia energética, creando una “arquitectura de rendimiento”, por encima de su apariencia.

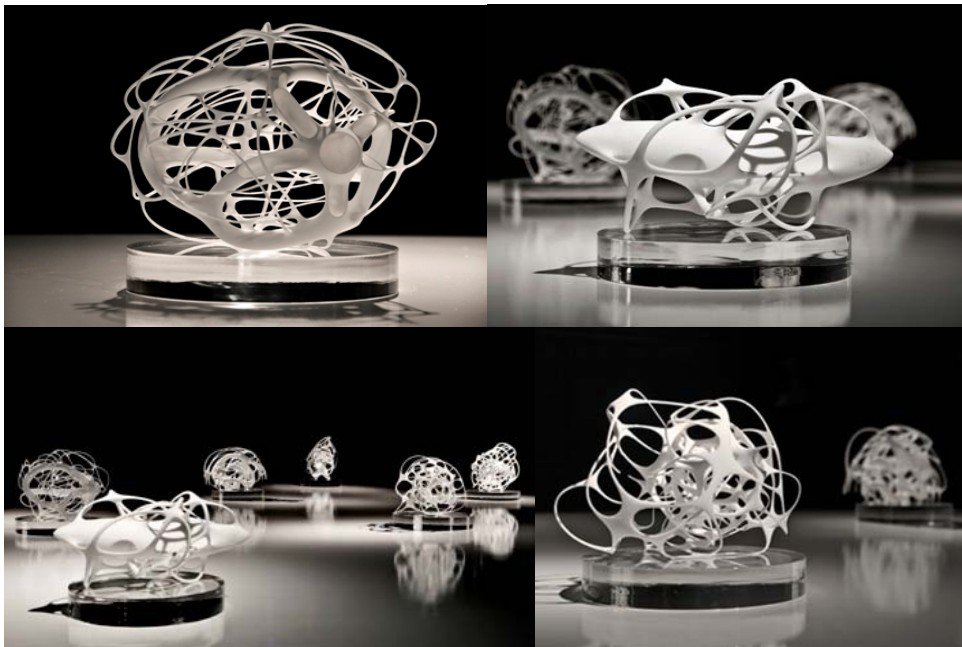
A partir de estos supuestos, y con una mirada que hace foco en los procesos de diseño basados en la morfogénesis digital, este trabajo intentara exponer las ventajas de su uso, como una herramienta generativa de formas complejas e innovadoras en la arquitectura, capaz de replicar los sistemas existentes en la naturaleza para responder mejor a las condiciones de su ambiente, contribuyendo al desarrollo de una arquitectura sustentable.



³ LEACH, Neil, Digital Morphogenesis, *Architectural Design*, Vol 79, N°1, Enero-Febrero, 2009, p. 32 y ss. (traducción J. Valentino).



Blobwall Pabellón. Greg Lynn. 2008. Imágenes extraídas de: <http://blobwallpavillion.wordpress.com/>



Turbulent Topologies. Junio 2008. Marcos Novak. Imágenes extraídas de: http://www.mat.ucsb.edu/res_proj5.php

LA CONFORMACIÓN DEL MODELO

1.- Planteo del modelo

La biología provee una de las más importantes fuentes de inspiración para la investigación. El hombre siempre ha tratado de comprender e imitar los procesos evolutivos y no lineales de la naturaleza, investigando el origen y las variaciones de las formas vivas, como un modo de entenderse a sí mismo.

Desde un punto de vista genético, todos los seres vivos poseemos células. Es la unidad más pequeña de un organismo, capaz de actuar de manera autónoma. En su interior, poseen toda la información genética (ADN) que durante la mitosis “celular” se transmite para producir otro organismo idéntico al original.

Cada célula, está compuesta por un número determinado de partes que guardan una estrecha relación estructural y funcional entre sí y con la estructura total del conjunto. Esto le garantiza la supervivencia a partir de la generación de respuestas a los estímulos externos (exógenos) e internos (endógenos), pudiendo modificar su composición y forma a fin de especializarse en los diferentes órganos y organismos existentes en la naturaleza. Desde las formas poligonales que se encuentran en los vegetales hasta llegar incluso a las delgadas y alargadas células de los músculos en los animales.

“Las células durante toda su vida, están expuestas a fuerzas físicas, desde las generadas por sus asociaciones con otras células y la matriz extracelular (MEC), hasta la fuerza constante de la gravedad”⁴. Una combinación de elementos, bajo una base matemática⁵ con el objetivo de responder y corresponder mejor a sus condiciones ambientales.

Cuando una de ellas, se divide y repite comienza un proceso que conduce a la creación de una nueva forma. Posteriormente, la naturaleza se encargara de generar pequeñas modificaciones en su patrón celular, combinándolas en infinitas posibilidades, lo que le permitirá crear un universo de formas vivas en constate evolución. En biología esto se conoce como Morfogénesis. “...mecanismo subyacente responsables de los cambios estructurales”⁶.

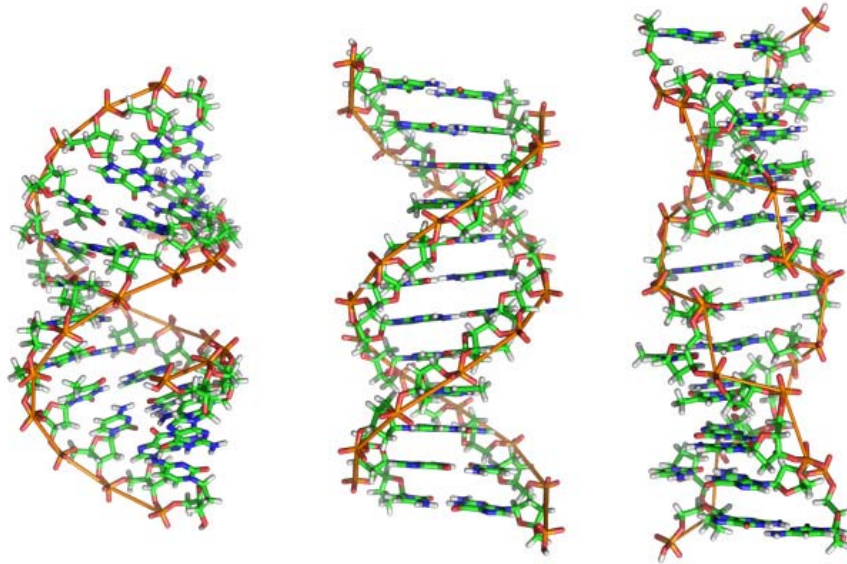
Con base en estos conceptos y tomando prestada la teoría de la evolución por medio de la selección natural de Darwin (1871), que postula que los organismos existentes, se fueron originando a través de procesos de diversificación y adaptación. Estas formas, entonces, habrían surgido a partir de las ventajas adaptativas a su ambiente que les dan el tener ciertas características de las que carecen otros seres.

⁴ GARCIA BARRENO, Pedro, Tensegridad. Arquitectura, arte y biología, *Arquitectura Viva*, N° 125, 2009, p. 19-31.

⁵ THOMPSON, D´Arcy, *Sobre el crecimiento y la forma*, Madrid, Ed. Akal, 2011.

⁶ ROUDAVSKI, Stanislav, Toward Morphogenesis in Architecture, *International Journal of Architecture Computing*, Vol 7, N° 03, 2009, p. 345-374. (traducción J. Valentino).

A partir de estos supuestos, el estudio de la morfogénesis en la naturaleza intenta comprender e interpretar el complejo proceso que controla la distribución, organización y especialización de las células, a fin de poder utilizarlo como una herramienta generativa de formas complejas e innovadoras en la arquitectura, capaces de responder mejor a las condiciones de su ambiente, contribuyendo al desarrollo de una arquitectura sustentable.



Representación tridimensional del ADN. Imágenes extraídas de: http://en.wikipedia.org/wiki/File:A-DNA,_B-DNA_and_Z-DNA.png

2.- Desarrollo del modelo

En los últimos años, gracias al aumento de las capacidades de procesamiento de los dispositivos informáticos, es posible simular la evolución celular de pequeños organismos existentes en la naturaleza. A través del uso de herramientas digitales, es viable procesar en tiempo real, los millones de variables complejas que se generan durante la morfogénesis.

Estas tareas se realizan automáticamente a través de poderosas herramientas tecnológicas y de “algoritmos genéticos”, capaces de interpretar el comportamiento celular y procesar esta información, optimizándola de acuerdo con un modelo evolutivo. Para ello se recurre al auxilio de “*script*”, pequeños programas que manejan un número reducido de variables, en procesos repetitivos y de un modo desatendido, que al actuar en conjunto permite reproducir la totalidad de la entidad.

De esta manera, la computadora se encuentra en condiciones de construir modelos digitales, o lo que Lisa Iwamoto denomina “protocelulas”⁷ o células mínimas, que bajo leyes físicas y químicas, son capaces de auto-mantenerse, de auto-reproducirse, y potencialmente, de evolucionar, permitiendo examinar su comportamiento dentro de un contexto determinado. Siendo posible, traducir estos procesos en nuevas formas arquitectónicas capaces de replicar los sistemas existentes en la naturaleza con un diseño sustentable.

Y así como los componentes de los organismos se desarrollan y son influenciados por las condiciones contextuales del medio, de la misma manera, estos modelos tridimensionales son influenciados por el ambiente. Operación que nos permite evaluar y ensayar nuevas formas, de acuerdo con los criterios preestablecidos y las variables introducidas, pudiendo obtener infinitas soluciones a un importante número de problemas.

Para que esto suceda, es necesario la ejecución de una serie de comandos e instrucciones, un código programático, que le enseñe a la computadora qué variables deberá procesar y cómo deberá hacerlo. Un listado de rutinas que determinarán los pasos a seguir, diferenciando cuáles son los procesos más satisfactorios con el medio, qué puntos conectar y cómo llegar a hacerlos.

Una programación compleja, lo suficientemente amplia como para permitir “...la decodificación, manipulación y eventual reprogramación de los códigos de información de la materia viva”⁸, produciendo resultados realmente sorprendente, generando lo que, para Kolarevic, son “espacios geométricos no euclidiano, sistemas cinéticos y dinámicos”⁹, con posibilidades no consideradas por el diseñador.

3.- Aplicación del modelo

La incorporando de estas nuevas tecnologías permitirá abrir un amplio campo dentro del diseño, generando una arquitectura con características dinámicas, de crecimiento y

⁷ IWAMOTO, Lisa, Line Array. Protocells a Dynamic Structure, *AD Protocell, Architecture*, Vol.81, Nº2, Marzo-Abril, 2011, p. 112-121. (traducción J. Valentino).

⁸ CASTELLS, Manuel, *The Rise of the Network Society*, Massachusetts, Ed. Blackwell, 1996, p.29.

⁹ KOLAREVIC, Branco, *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*, New York, Ed. Branco Kolarevic, 2003.

adaptación ambiental, estableciendo una vinculación entre arquitectura, ingeniería y biología.

Estructuras de alta complejidad geométrica, que permiten ser modeladas a través de *software* y códigos paramétricos, con una precisión deliberada, obtenidas a través de tecnologías CAD/CAM.

“Un proyecto arquitectónico [que] se anticipa a una solución a construir”¹⁰, elaborando modelos revolucionarios que operen de una manera eficiente, optimizando sus diseños estructurales.

Proyectos como *Line Array 2010*¹¹, que aprovechando los avances tecnológicos, y las investigaciones previas del estudio IwamotoScott, generan una matriz “biológica”, que evalúa el comportamiento de los materiales de acuerdo con las conformaciones superficiales que una estructura adquiere con diferentes geometrías. Y cuando ésta se aleja de las formas más adecuadas, el sistema está diseñado para reconfigurarse a fin de adaptarse a las nuevas tensiones de la superficie modificada, buscando que las fuerzas estructurales encuentren el camino de menor resistencia hacia la tierra a lo largo de cualquier superficie¹².

Una tecnología que considera al muro como una membrana celular capaz de convertirse en un mecanismo de protección y control, que investiga desde el tamaño y posición de una abertura hasta la modificación de la sección de una columna, cambiando desde espesores de materiales hasta el ángulo de curvatura de una superficie para obtener una mayor eficiencia en el resultado final de la obra arquitectónica¹³.

¹⁰ PICON, Antoine, Architecture and the Virtual. Towards a New Materiality, *Praxis 6*, 2004, p. 114-121.

¹¹ IWAMOTO, Lisa, Line Array, Protocells a Dynamic Structure, *AD Protocell Architecture*, Vol. 81, Nº2, Marzo-Abril 2011, p. 112-121. (traducción J. Valentino).

¹² Este tipo de trabajos llevó al descubrimiento y patentamiento de nuevos sistemas constructivos como el de una rejilla en diagonal de acero, que fue utilizada en la construcción de “The Gherkin” (el Pepino) de Norman Foster.

¹³ Un claro ejemplo de esta necesidad, es la aparición en la última década, de grupos de investigación interdisciplinarios, como el Arup-Advanced Geometry Unit (AGU), que se ocupan del nuevo espectro de problemas relacionado con lo geométrico, lo computacional y la materialización de la práctica contemporánea del diseño ingenieril.



Voussoir Cloud. IwamotoScott y Buro Happold. Imágenes extraídas de: <http://www.iwamotoscott.com/>

4.- La Materialización del Modelo

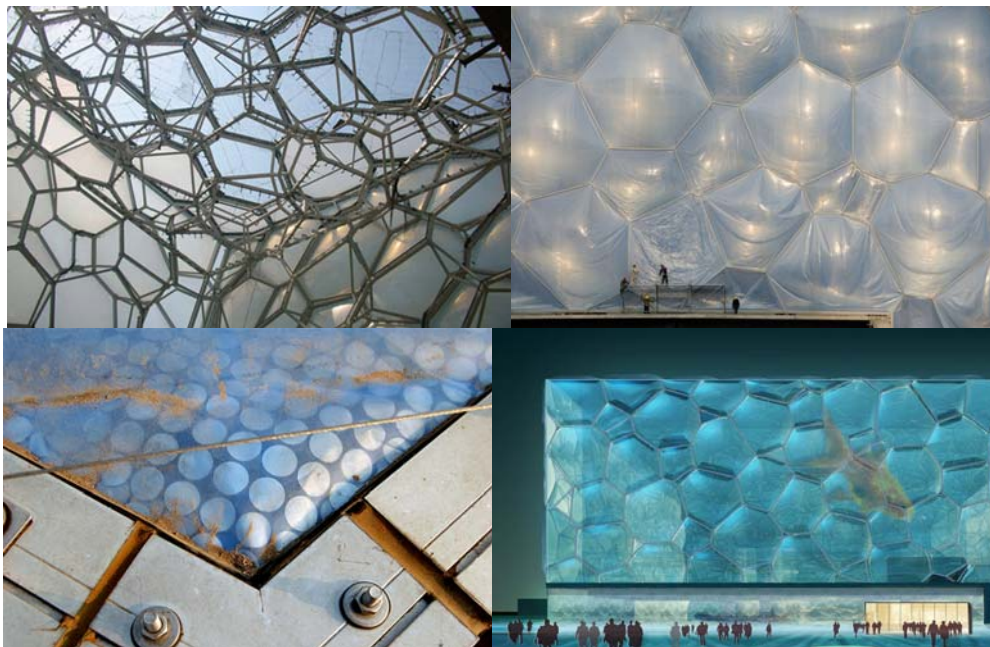
La utilización de la morfogénesis digital, ha revelado ser una experiencia innovadora en materia del diseño arquitectónico. Permitiendo elaborar nuevas alternativas de mayor complejidad, propuestas novedosas, de gran riqueza espacial donde se produce una interrelación entre arquitectura y ambiente.

A este tipo de proyectos corresponde el realizado por el arquitecto Giancarlo Mazzanti para el concurso organizado por Invemar, para su sede en Colombia. La obra plantea una organización a partir de un sistema coralino, bajo una estructura que le permite su crecimiento en el tiempo, a través de la sumatoria de elementos. Estableciendo un sistema abierto, de crecimiento no lineal, que combina por un lado los sistemas calcáreos y por el otro los organismos vivos autónomos que habitan el interior de las estructuras.

Una de las implementaciones más exitosas en materia de estructura celular a gran escala¹⁴, es la del Cubo de Agua. Construido en el 2008, como Centro Acuático Nacional de Beijing, por la firma de arquitectura ARUP, PTW y el Instituto de diseño Shenzhen.

Su forma es el resultado de la combinación de 3500 burbujas, materializadas por medio de un copolímeros de Etileno-Tetrafluoretileno, que reproducen geoméricamente el patrón regular de las uniones entre las burbujas de jabón.

El ETFE, es un material plástico de alta resistencia, derivado del teflón. Sus propiedades físico/químicas evitan su deterioro por los rayos ultravioletas del sol. Físicamente es más transparente que el vidrio; esto le permite un importante ahorro energía para iluminar el interior del edificio. En invierno le posibilita atrapar el 20 % de la emisión solar a fin de utilizarla para calentamiento del ambiente. Y, en verano una serie de lunares dispuestos sobre la superficie del material, con una densidad variable que depende del sitio, evitan el paso de la radiación solar, regulado la temperatura interior con una ayuda mínima de aire acondicionado.



Centro Acuático Nacional de Beijing. Imágenes extraídas de: <http://www.dezeen.es/el-cubo-de-agua/>

¹⁴ ROUDAVSKI, Stanislav, Towards Morphogenesis in Architecture, *International Journal of Architecture Computing*, Vol 7, Nº3, 2009, p. 345-374. (traducción J. Valentino).

Desde este punto de vista, no cabe duda de las grandes ventajas que presenta la teoría de la morfogénesis digital¹⁵ como una “herramienta generativa” capaz de producir diseños innovadores que contribuyan al desarrollo de una arquitectura sustentable.

CONCLUSIONES

“Las formas y la naturaleza son el conocimiento que heredamos de la arquitectura estructural del cosmos”. Pier Luigi Nervi.

Es imposible dudarlo. La arquitectura se encuentra en un proceso de transformación, los modelos de ayer ya no son adecuados, los materiales tradicionales se han vuelto obsoletos para materializar las formas complejas de los nuevos planteos arquitectónicos, los diseños se han vuelto abstractos y experimentales.

En un mundo donde la idea de “autor”, poco a poco comienza a esfumarse, alejándose del paradigma planteado por Alberti mucho tiempo atrás, se hace necesaria una nueva generación de diseñadores, de “Meta Diseñadores”¹⁶ con un enfoque interdisciplinario; arquitectos, ingenieros estructuralistas, biólogos, científicos que, trabajando en conjunto, analicen las implicancias de este fenómeno y sean capaces de producir una arquitectura ciber-real con incidencia en todas las etapas de la construcción.

Esta es la arquitectura de los nuevos tiempos, una propuesta de vanguardia donde se establecen las relaciones entre arquitectura, biología y tecnología digital; una arquitectura en donde “crecen” las superficies mediante la aplicación de teorías morfogénicas, formas que evolucionan en tres dimensiones, mediante leyes que se atraen o repelen, como resultado de agentes ambientales. Una arquitectura inspirada en formas naturales, con base en la matemática y en la química, generando patrones deseados, de acuerdo a los parámetros ajustados por el diseñador.

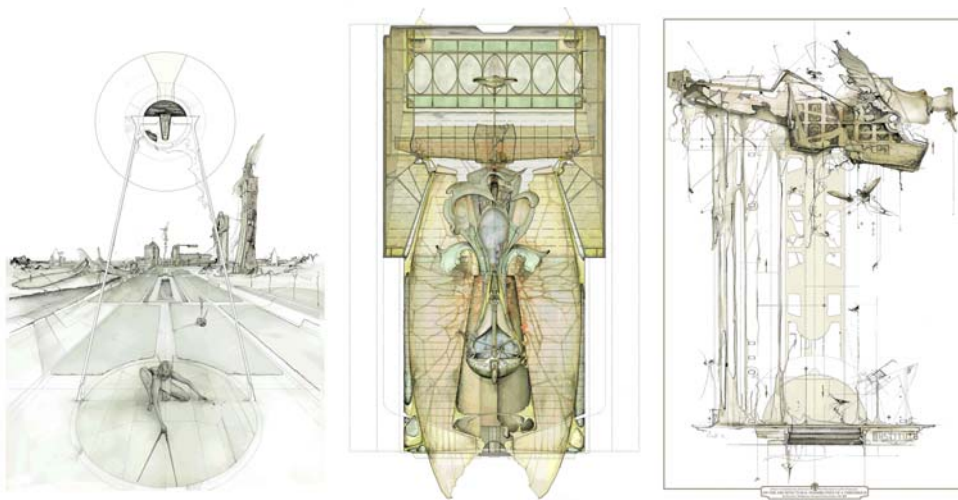
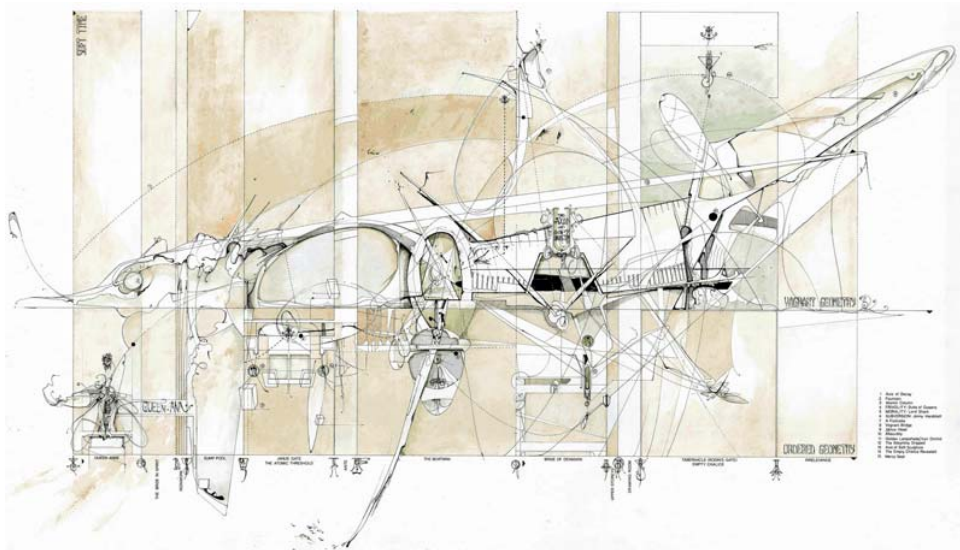
Una arquitectura flexible y ecológica, con un compromiso profundo con el medio. Sabemos de las ventajas que trae la tecnología digital, y creemos que vale la pena aprovechar estas características.

¹⁵ ROUDAVSKI, Stanislav, Towards Morphogenesis in Architecture, *International Journal of Architecture Computing*, Vol 7, N°3, 2009, p. 345-374. (traducción J. Valentino).

¹⁶ PINOCHET, Diego, *Forma Digital / Forma construida. Diseño y construcción de sistemas emergentes a partir de algoritmos generativos*, en MARQ4. Fabricación y tecnología digital, AA VV, Chile, Hugo Mondragón - Claudio Labarca, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2009.

En este contexto, sería absurdo pretender que “el diseño salvará al mundo”; por el contrario, lo que se pretende es producir un adecuado diseño de los elementos que componen nuestro entorno, a fin de mejorar nuestra calidad de vida, sin que esto genere un impacto nocivo en el medio ambiente.

Es imperativo un cambio de mentalidad, en donde el diseño en la arquitectura no se conforme con la búsqueda de un ahorro energético, el reciclaje de residuos, o la reducción de la contaminación; nuestros proyectos deben ser más ambiciosos, integrándose con el ambiente, respondiendo a intereses sociales, y a valores económicos aceptables, como mecanismos que permitan mejorar nuestra calidad de vida.



Dan Slavinsky. Drawings from the End of Time Bartlett. 2010. Imágenes extraídas de: <http://findingslav.blogspot.com/>

BIBLIOGRAFÍA

- AA VV, Resumen de Orientación, Las Ciudades Ocultas: revelaciones y superación de las inequidades sanitarias en los contextos urbanos, *Un-Habitat*, N°17, OMS/Anna, Organización Mundial de la Salud, Noviembre, 1999.
- ARAÑA, Rubén, Deconstructivistas & Nóiccurtsnoced, *Afinidades. Revista de arte y estética contemporánea*, Mérida, Julio-Diciembre, 2008.
- ARCOS, Verónica, *Aproximaciones a estructuras auto-organizativas experiencias proyectuales de diseño paramétrico*, en MARQ 4. Fabricación y tecnología digital, AA VV, Chile, Hugo Mondragón - Claudio Labarca, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2009.
- ARROYO MENA, Alicia, CHAMORRO MERA, Alicia, MIRANDA GONZÁLEZ, Francisco, Diseño para el Medio Ambiente. Hacia una integración entre innovación y medio ambiente, *La gestión de la diversidad: XIII Congreso Nacional, IX Congreso Hispano-Francés*, Logroño, Rioja, Vol 2, 1999, p. 299-302.
- BUSTOS, Gabriela, Lo “Global” en la Tecnología Digital + s3DI y el asunto de la percepción en los procesos creativos de diseño arquitectónico, *ORBIS/Ciencias Humanas*, Maracaibo, Venezuela, Fundación Miguel Unamuno, Año 2, N°15, Noviembre, 2006, p. 5-51.
- BUSTOS, Gabriela, Lo “Global” en la Tecnología Digital + s3DI y el asunto de la percepción en los procesos creativos de diseño arquitectónico, *ORBIS/Ciencias Humanas*, Fundación Miguel Unamuno, Maracaibo, Venezuela, Año 2, N°15, Noviembre, 2006, p. 5-51.
- DE LANDA, Manuel, Deleuze and the use of the genetic algorithm in architecture, en Niel Leach (ed.), *Designing for a Digital World*, John Wiley & Son, London, 2002, p. 117-120. (traducción J. Valentino).
- FERNÁNDEZ GALIANO, Luis, La Gravedad y la Gracia, *Revista Arquitectura Viva*, N°109, Julio-Agosto, 2006.
- FINOL, José, Los nuevos lenguajes: arte, diseño y nuevas tecnologías, *Degrés, Brusela*. Bélgica, N° 125, Septiembre, 2006.
- HIDALGO HERRERA, Manuel, *La Líneas Vivas de Antonio Gaudi. Análisis de una metodología del diseño de objetos*, Madrid, Esc Técnica Superior de Arquitectura, Septiembre, 2007.
- IWAMOTO, Lisa, Line Array. Protocells a Dynamic Structure, *AD Protocell. Architecture*, Vol.81, N°2, Marzo-Abril, 2011, p. 112-121. (traducción J. Valentino).
- LODISH, Harvey, *Biología celular y molecular*, Madrid, Editorial Médica Panamericana, 2005.
- LYON, Arturo, CROLLA, Kristof, Algoritmos Generativos en Arquitectura, En MARQ 4, Fabricación y tecnología digital, AA VV, Chile, Hugo Mondragón - Claudio Labarca, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2009.
- O'REILLY, Una-May, KANGAS, Markus, TESTA, Peter, *MOSS: Morphogenetic Surface Structure A Nature Inspired Tool*, Massachusetts, MIT, 2011
- OXMAN, Rivka y OXMAN, Robert, The New Structuralism, Design, Engineering and architectural Technologies, *AD Profile*, N° 206, Julio-Agosto, 2010, Introduction, p. 14-23. (traducción J. Valentino).

RAHIM, Ali, Systemic Dealy: Breaking the Mold, *AD Profile*, N° 45, junio, 2000. (traducción J. Valentino).

ROSSEMBERG, Daniel, Materialidad digital. Tres acercamientos entre diseño digital y la construcción material, *ARQ*, Mecánica electrónica / Mechanics & electronics, Santiago, N°63, Agosto, 2006, p. 36-38.

SPILLER, Neil y ARMSTRONG, Rachel, It`s a Brand New Morning, *AD Procell Architecture*, Profile N°210, Marzo-Abril, 2011, p. 14-23. Introduction. (traducción J. Valentino).

TOMLOW, J, La evolución de la innovación estructural de Gaudí - Los proyectos de la sede de la Misión Franciscana, la iglesia de la Colonia Güell y el templo de la Sagrada Familia, *OP Ingeniería y Territorio*, tercer época, N° 59, 2002, p. 48-57.

VRACHLIOTIS, Georg, The Leap From Linear to Computational Consciousness: Evolutionary Models of Thought and Architecture, Ákos Moravánsky y Ole W, Fischer (eds), *Precisions. Architecture between Sciences and the Arts*, Berlin, Jovis Verlag GmbH, 2008, p. 232-261. (traducción J. Valentino).