

---

*Paper*

**Diseño de módulos post-industriales:  
estrategias bioinspiradas. Metodología  
proyectual para la generación de módulos  
post-industriales mediante el estudio de las  
lógicas naturales de configuración.**

**Nerón Coiro, Rocío; Varela, María**

[rocio.neroncoiro@fadu.uba.ar](mailto:rocio.neroncoiro@fadu.uba.ar); [maria.varela@fadu.uba.ar](mailto:maria.varela@fadu.uba.ar)

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura, Diseño y  
Urbanismo.IEH/Laboratorio de Morfología/Cátedra Muñoz. Buenos  
Aires, Argentina.

Línea temática 2. Categorías, clasificaciones y métodos

**Palabras clave**

Morfogénesis, Bioinspiración, Módulo,  
Post-industrial, Paramétrico

**Resumen**

El concepto de módulo post-industrial se encuentra intrínsecamente relacionado con la forma en que la naturaleza se desarrolla y, por consiguiente, puede apoyarse en el diseño bioinspirado para su generación. Ambos tópicos son abordados por separado en el marco del proyecto de investigación UBACyT 20020130200091BA, dirigido por la Dra.D.I. Muñoz, que articula Morfología y Fabricación digital. A partir de la puesta en común, hemos observado la posibilidad de establecer un correlato entre ambas temáticas.

Se define al módulo post-industrial como aquella unidad perteneciente a un sistema de dos o más elementos con características semejantes y que, a su vez, contiene uno o varios conjuntos de parámetros y reglas variables capaces de generar geometrías complejas con elementos simples. Al igual que sucede en el mundo natural, el foco no se centra en el módulo en sí, sino en las múltiples vinculaciones que tiene dentro del sistema al que pertenece.

En la naturaleza se observan diversas configuraciones formales que invitan a explorar nuevos universos morfogenerativos. Resulta importante relevar lógicas generativas naturales para categorizarlas y así, poder identificar componentes de manera análoga al módulo no como la repetición del mismo objeto, sino como un conjunto variable de reglas capaces de generar geometrías complejas (Asterios Agkathidis - Modular structures in design and architecture, Amsterdam, B/S Publishers, 2009).

La adaptación a diferentes escalas como producto de la interacción con agentes externos como las condiciones climáticas o factores físicos resulta interesante para ser traspolados al universo proyectual con el objeto de sistematizar la materialización del módulo post-industrial en diferentes escalas.

Gracias a la observación y estudio de los procesos generativos en las formas naturales de organización, se conformarán instrumentos conceptuales y operativos para el desarrollo de una metodología de diseño con módulos post-industriales, lo que devendrá en estrategias bioinspiradas aplicables al ámbito del Proyecto.

## Introducción

Nuestros inicios como ser humano son como individuo natural, el poder de la observación es la raíz de la supervivencia, el instante donde la conciencia genuinamente humana aparece es cuando de la mera observación se obtienen datos que pueden analizarse y repetirse; es la aprehensión de esos datos para un fin.

Frente a la denominada 4ta. Revolución industrial, regida por las ciencias biológicas, así como lo fue la Física y la Química en la modernidad, entendemos que la Biomimética se presenta como una posible respuesta al nuevo paradigma del siglo XXI. Coincidimos con los dichos de Antoni Gaudí: *el arquitecto del futuro se basará en la imitación de la naturaleza, porque es la forma más racional, duradera y económica de todos los métodos.*

Las nuevas tecnologías digitales de fabricación combinadas con herramientas de diseño paramétrico y la robótica, permiten por un lado "fabricar" de una manera análoga a cómo lo hace la naturaleza y por otro lado, la simulación digital del comportamiento material es posible, significando una ventaja importante en el camino hacia la innovación del hacer proyectual, optimizando recursos y tiempo.

*Nos encontramos al borde de un nuevo episodio donde los avances tecnológicos nos permiten crear, investigar e imaginar una nueva gama de formas estructuradas de materia. Este nuevo paradigma confiere a los diseñadores nuevas habilidades que tienen el potencial de impactar industrias como arquitectura, diseño de productos, indumentaria, aeroespacial y automotriz.<sup>1</sup>*

A simple vista la naturaleza pareciera que funciona de manera aleatoria construyendo formas irregulares y estructuras desordenadas en el espacio. Sí, en cambio, la entendemos como un sistema, podemos ver que posee una lógica definida desde sus unidades mínimas, las células. El mundo natural responde a la geometría fractal donde los elementos de un sistema se repiten en diferentes escalas y en distintas orientaciones, con las mismas reglas siguiendo el principio de autosimilitud. Este mecanismo de repetición se reitera en todos los sistemas biológicos ya que *si una forma funciona para hacer sobrevivir a un organismo, se repetirá en múltiples niveles* (Pat Murphy ecoosfera 2017). Así se emplea la modularidad, cuando se corresponde la forma de un elemento con la función a realizar eficientemente se replicará cuantas veces se requiera.

La biomimética se inspira en las formas, procesos, materiales, etc. naturales para satisfacer las necesidades humanas. Si nuestro fin último es la sustentabilidad, esta nueva ciencia puede ser un vehículo seguro. Siguiendo las estrategias biológicas, los módulos en la naturaleza no son en su totalidad exactamente iguales sino que admiten transformaciones siempre respetando ciertos rasgos y características en común dentro de un mismo sistema. A partir de la utilización de diversos patrones se exploran diferentes comportamientos materiales para diversas aplicaciones.

Diseñar sistemas, y no elementos individuales aislados de su conjunto, es una idea que se viene trabajando hace varias décadas. Entender que proyectar desde lo general a lo particular contribuye a articular cada parte, resulta beneficioso para todos los actores involucrados. En el mismo orden de relevancia, comprender que no existen sistemas estáticos que perduran en el

<sup>1</sup> <https://designmorphine.org/workshop/future/programmed-deformation-v2/>

tiempo sin sufrir cambios, genera un ideal hacia un futuro prometedor para todas las generaciones. Como dice Tomás Maldonado en *Proyectar hoy, proyectar para el cambio, presupone, en práctica, tener en claro cuáles son, en realidad los objetos que a corto plazo o a largo plazo, pueden funcionar como agentes del cambio.*

El concepto de modularidad en el diseño industrial, y en otras disciplinas proyectuales, es usado notablemente desde la Grecia antigua, cuando Vitruvius emplea este recurso para construir el Partenón. Donde define al módulo como la unidad mínima a través de la cual cualquier otro componente podía ser medido y así cada elemento presenta una precisión en relación a los otros componentes, comparable a producciones industriales. El poder proyectar estos sistemas se concibe como parte relevante en la formación del diseñador, como puede observarse en los programas de las materias proyectuales de diferentes universidades.

Hasta el momento, esta temática ha sido tratada por Asterios Agkathidis quién ha puesto al módulo en un rol muy importante dentro de la construcción y la arquitectura por su repetición de elementos iguales dentro de un sistema para facilitar la fabricación, el montaje y transporte de las piezas.

Es importante destacar las necesidades de una industria en constante crecimiento y expansión como es la fabricación y construcción, donde reducir los costos y tiempos siempre son prioridad. Para esto, optimizar el material y generar el menor desperdicio son factores elementales a considerar.

Asterios Agkathidis define el concepto de módulo a partir de las nuevas tecnologías como una transformación para considerarlo como una unidad que pertenece a un sistema de más de un elemento con características semejantes. Este sistema contiene uno o varios conjuntos de parámetros y reglas variables. Dentro de este nuevo paradigma tecnológico es que podemos definir que el módulo post-industrial mantiene los rasgos de una categoría priorizando ciertas características que permiten generar geometrías complejas con elementos simples.

Las posibilidades que brinda la generación de formas, a partir de las organizaciones modulares, tiene que ver con entender que se trata de un sistema flexible que admite transformaciones y no de una simple repetición.

En el área de diseño industrial el uso de las tecnologías digitales tanto de modelado 3d como de fabricación digital han abierto notablemente el panorama en lo que refiere a la generación formal, sin embargo se observa con frecuencia un empleo superficial de estas herramientas. El estudio de las organizaciones modulares en el actual contexto digital, y su conceptualización, permitirán la generación de una herramienta que facilitará la incorporación intencional al proceso de diseño, lo que conlleva al uso reflexivo de estas tecnologías.

Al igual que sucede en mundo natural, el foco no se centra en el módulo en sí, sino en las múltiples vinculaciones que tiene dentro del sistema al que pertenece y como se ve a gran escala como una organización de motivos.

Al transferir del mundo natural al cultural, las formas, serán un nexo entre ambos que mejorará la relación entre los entornos, borrando los límites y acercándonos al entendimiento del ser humano como parte de lo natural.

El conocimiento específico, resultante de esta investigación, busca propiciar el uso eficaz de esta posibilidad generativa, elaborando una sistemática por medio de la construcción de instrumentos conceptuales y operativos, que permitan a los diseñadores hacer uso intencional de la misma.

A partir de los resultados se pretende ampliar los horizontes morfogenerativos en el ámbito del diseño en general.

## **Metodología Proyectual**

### *Búsqueda de referentes*

En primera instancia se procedió a la búsqueda de referentes naturales, como el universo natural es demasiado amplio creemos estratégico considerar ciertos aspectos limitantes en dicha búsqueda y selección. Las pautas que nos han resultado interesantes a tener en cuenta son: la configuración en tres dimensiones, descartando todo aquello que tienda a conformar sin generar espacialidad; organizaciones donde sea perceptible la modularidad y se observe cierto grado de transformación homeométrica para de este modo establecer el pretendido vínculo con módulo post-industrial; referentes de los que se cuente con la suficiente información o, en su defecto, puedan ser observados in situ para su correcta observación y análisis.

### *Selección Del Referente*

Seleccionamos la piña como un ejemplo abarcable y que, a su vez, cumple con las condiciones previamente mencionadas en la etapa anterior. Tras su observación y análisis, identificamos en su superficie un patrón modular alrededor de toda la fruta. No sólo nos resultó interesante su textura, para analizar su unidad mínima de forma bidimensional, sino que identificamos el crecimiento de cada módulo desde su interior logrando un desglose de la conformación en las tres dimensiones.

### **Figura 1: Análisis de referente natural: Ananas comosus**



Al analizar la piña (*Ananas comosus*) se puede observar la presencia de varias estructuras: por un lado se identifica un eje central, luego se disponen flores que recorren dicho eje de manera helicoidal y, por último, están las brácteas, unas hojas pequeñas que se encuentran en las flores.

Se decidió centrar el estudio en la estructura de la flor, desestimando las brácteas, observando su morfogeneración hasta el eje central (Figura 1).

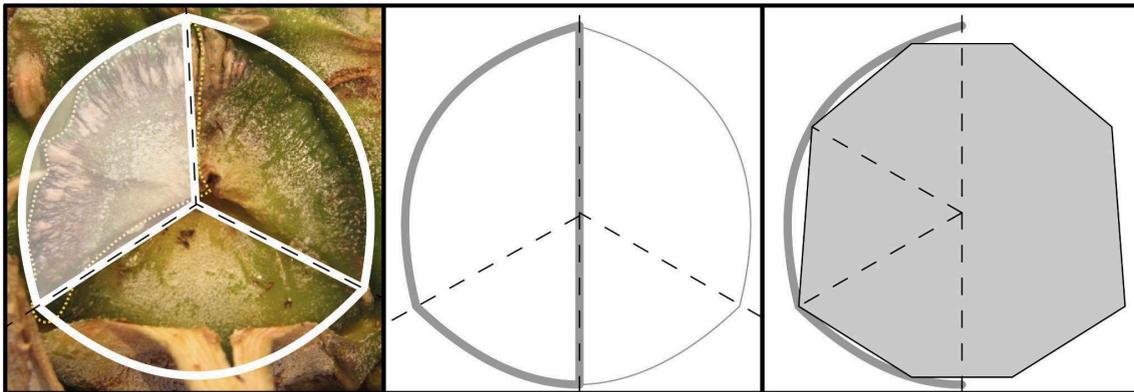
Al remover la bráctea de una de las flores de la piña, podemos ver tres sépalos plegados hacia dentro constituyendo el "ojo" de la piña formando unos escudos poligonales característicos de esta fruta. Esto constituye no más que un pelado superficial.

Por otro lado, como se puede ver en la figura 1, cada unidad de la piña se encuentra sectorizada y unida hacia el eje central. Gracias a este corte se hace evidente cómo la sección de cada módulo va disminuyendo en tamaño hacia el centro.

#### *Análisis Morfológico Del Referente.*

Retomando la primera instancia metodológica, y una vez realizada la selección del referente natural, se aísla el caso y se analiza con mayor profundidad para establecer características morfológicas relevantes como son las simetrías. Consideramos importante realizar el desglose de la forma hasta encontrar su mínima expresión. Además, se deben tener en cuenta, la espacialidad del módulo, qué configuración tiende a conformar y bajo qué lógica natural se configura de esa manera. El procedimiento se desarrolla siguiendo una serie de pasos. Primero se parte de una interpretación geométrica del módulo de la piña en dos dimensiones. La figura 2 ilustra el proceso realizado para la abstracción del motivo hasta la obtención de lo que llamaremos módulo base. Luego, y en base al análisis morfológico previo del módulo natural, se exploran posibilidades para el pasaje de las dos a las tres dimensiones. La observación previa nos sugiere que la envolvente debe presentar un cambio de escala en la sección tal que su configuración sea variable.

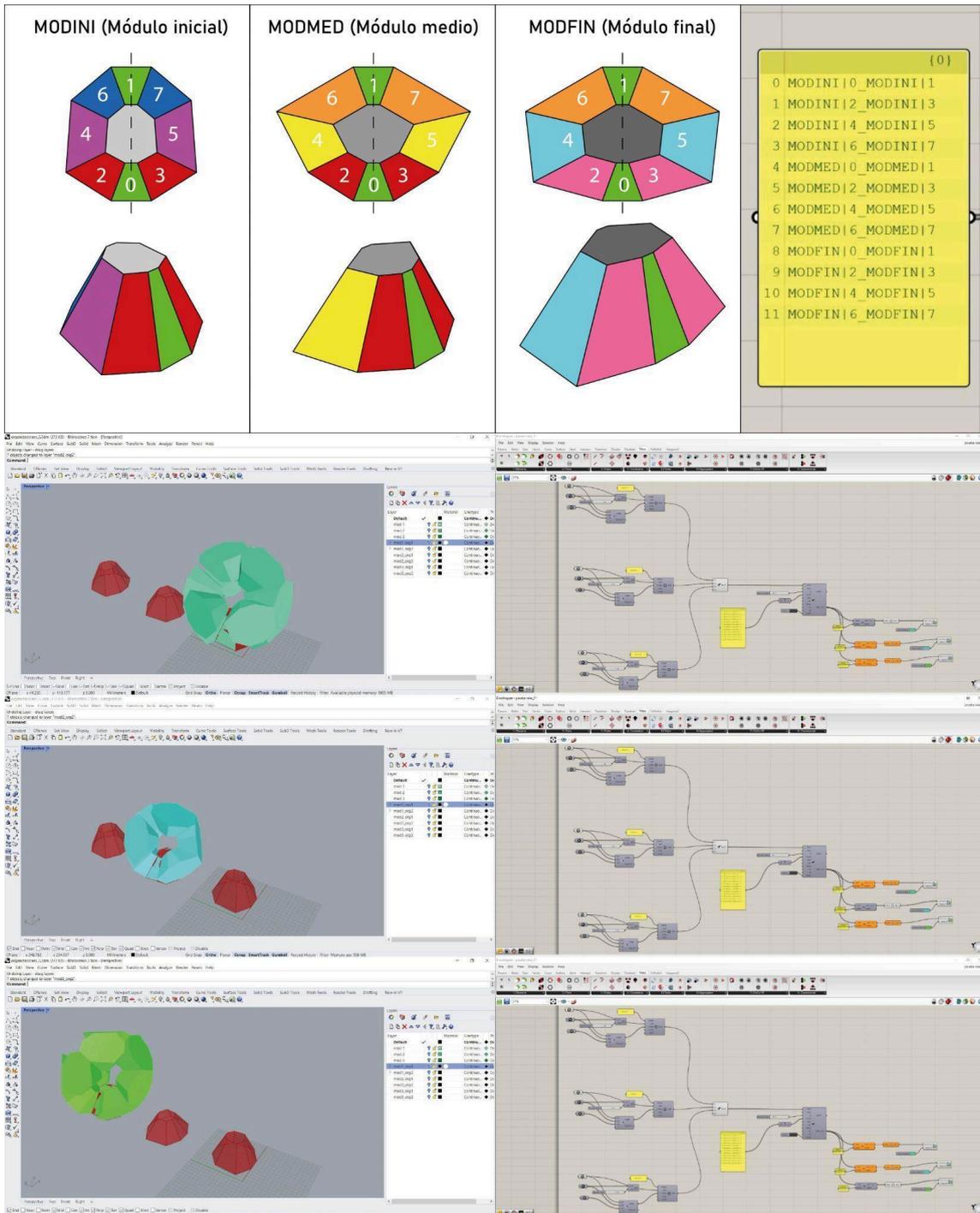
#### **Figura 2: Abstracción geométrica del módulo base**



Para explorar las diferentes posibilidades de organización modular utilizamos el software Rhinoceros con Grasshopper y particularmente el plug in Wasp desarrollado por Andrea Rossi. Este instrumento operativo digital nos permite obtener diferentes vinculaciones entre los módulos de una manera accesible para nuestros conocimientos. Para ellos decidimos diseñar el módulo con caras planas en su conformación tridimensional, pues la herramienta digital funciona en base a esta característica.

Con la intención de obtener un sistema que se corresponda con el concepto de módulo post-industrial, diseñamos dos transformaciones de tipo homeométricas lo que al mismo tiempo sigue la lógica natural de progresión entre partes. Para esto, tuvimos en cuenta, como factor principal, las simetrías de reflexión que tenía el módulo base y la característica de que el módulo medio debía conservar idénticas al menos 2 caras simétricas al módulo inicial y a su vez el módulo final hacerlo con el módulo medio, de esta manera conservamos al menos un lugar de unión entre módulos para poder realizar su vinculación. Como ya hemos mencionado, una de las limitaciones que tuvimos al usar el software fue que debíamos generar caras planas, por lo que en el diseño de las limitantes superiores e inferiores se contempla el paralelismo de las aristas que se corresponden.

***Figura 3. Categorización modular. Exploración de posibilidades morfogenerativas***



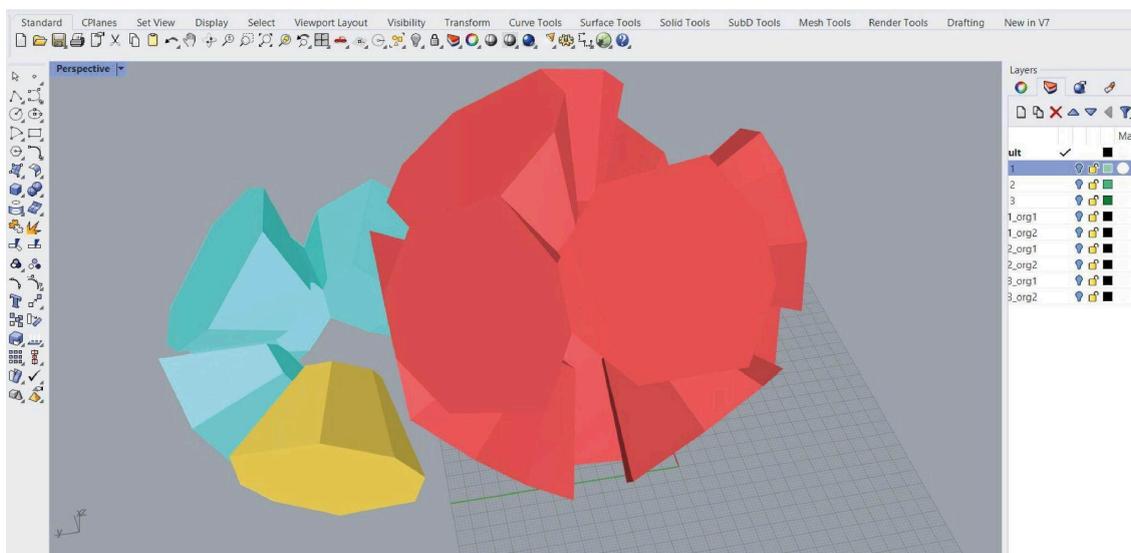
Una vez definido el módulo base y sus dos transformaciones, le asignamos variables y parámetros en Grasshopper. Utilizamos una nomenclatura para cada módulo y así poder nombrarlos posteriormente. Asignamos un número a cada punto medio geométrico de las caras a relacionar. Así mismo, establecimos la posición y la dirección en la que debería disponerse cada módulo, dentro de la organización, para luego definir las reglas de vinculación entre ellos.

Una vez ingresadas las reglas, determinamos el número de módulos que queríamos tener en el sistema y con una herramienta de generación de organizaciones aleatoria pudimos observar las diferentes combinaciones que se podían obtener.

Con el fin de tener un acercamiento a las posibilidades generativas, en una primera instancia, trabajamos de forma aislada con cada uno de los tres módulos, estableciendo de esta manera diferentes organizaciones dentro de cada una de las tres categorías de módulos (Figura 3). Exploramos los alcances que tenía cada sistema y los resultados obtenidos nos brindaron resultados semejantes ya que todos los elementos habían sido construídos por extrusión variable de acuerdo al cambio en la escala de la sección, resultando en configuraciones abovedadas.

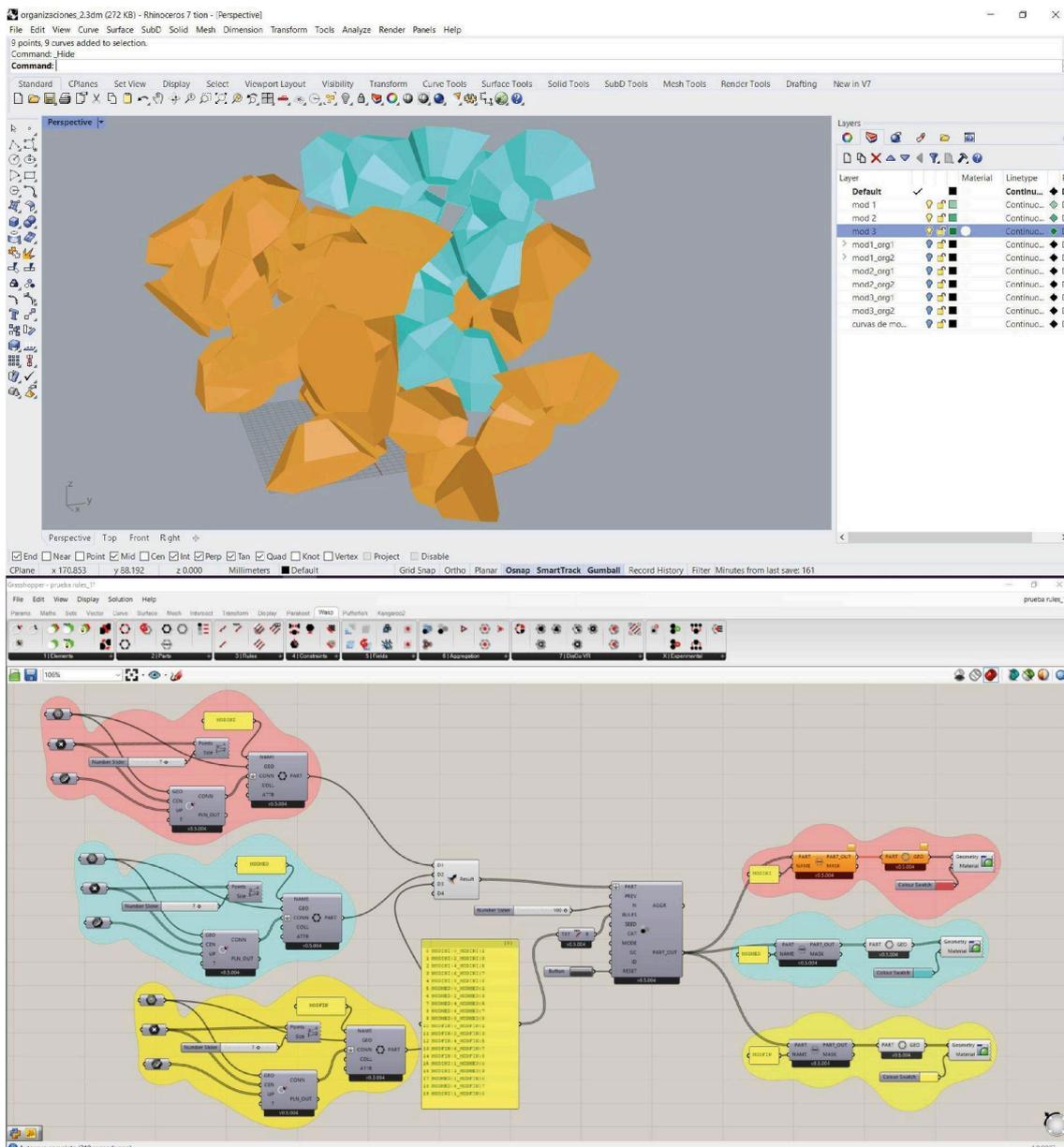
Por último, vinculamos los tres módulos mediante las caras idénticas entre sí, lo que nos permitió aumentar la cantidad de unidades dentro del sistema y observar las posibles organizaciones resultantes. Estas configuraciones sistémicas se corresponden de manera análoga al concepto de módulo post-industrial y, a su vez, siguen las lógicas naturales de conformación, como se ve en la Figura 4.

**Figura 4. Configuración post-industrial**



En búsqueda de ampliar las opciones de configuración, añadimos la posibilidad de vincular la cara inferior de los módulos entre sí, manteniendo la categorización modular. El resultado se presenta como estructuras a la vista desordenadas pero que siguen las reglas establecidas. Figura 5.

**Figura 5. Desarrollo de alternativas de vinculación**



Hemos podido comprobar que teniendo en cuenta la forma del referente modular podemos vislumbrar, a la hora de diseñar módulos post-industriales, cual tenderá a ser la configuración resultante en tres dimensiones; esto nos brinda valiosa información en el hacer proyectual. La metodología planteada aún queda en desarrollo, ya que en el camino observamos numerosos elementos que deben ajustarse para obtener más precisión en cuanto a las configuraciones resultantes. Se trata de un acercamiento al método, que deberá ser revisado y continuado. Aún así, creemos que las herramientas digitales elegidas pueden generar una amplia gama de posibilidades de configuración en el desarrollo del Proyecto, ampliando e interiorizando los conocimientos acerca de los sistemas.

---

**Bibliografía**

- A. Preumont. (2011). *Vibration Control of Active Structures: An Introduction*, Springer.
- Alexander, C. (1964). *Notes on the Synthesis of Form*. Harvard University Press.
- Asterios Agkathidis. (2009). *Modular structures in design and architecture*, Amsterdam, B/S Publishers.
- Breyer, Gastón. (2003). *Heurística del Diseño*. Buenos Aires, FADU Cuadernos de Cátedra.
- Doberti, Roberto.(2008). *Espacialidades*. Buenos Aires, Infinito.
- 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 twentyfirst annual conference of the Association for Computer-Aided Design in Architecture, 2001
- Maldonado, Tomás. (1993). *El diseño industrial resignificado*. México, Gustavo Gili.
- Maldonado, T. (2004). *Dos Textos Recientes: Proyectar hoy, Diseño - Globalización - Autonomía*. La Plata, Argentina: Nodal.
- Muñoz, P. (comp.) (2010). *Líneas Espaciales, Ediciones de la Forma*, Buenos Aires.
- Muñoz, P. (comp.) (2011) *La flexibilidad en la generación de formas*, Ediciones de la Forma, Bs As.
- Muñoz, P. (comp.) (2019) *Diálogos entre morfología y fabricación digital*, Ediciones de la Forma, Bs As.
- Muñoz, P., Sequeira, A. (2009). *La Morfología en el contexto de las tecnologías de fabricación digital*, publicado en CD en libro de VII Congreso Nacional y IV Internacional de SEMA- Sociedad de Estudios Morfológicos de la Argentina, Sema, Tucumán.

Papaneck, Victor. (1977). *Diseñar para el mundo real. Ecología humana y cambio social*. Hermann Blume, Madrid.

Peries, L. (2016). *De lo virtual a lo tangible: transformaciones de la configuración morfológica a la construcción digital*, artículo Revista PENSUM

Tuğrul Yazar (22 de octubre de 2012) *CAIRO PENTAGONAL TILING*  
*designcoding* <https://www.designcoding.net/cairo-pentagonal-tiling/>

Tuğrul Yazar (13 de septiembre de 2013) *TESTING SPATIAL DEFORMATION*  
*designcoding* <https://www.designcoding.net/testing-spatial-deformation/>