

Variaciones morfológicas entre disciplinas

Morphological Variations across Disciplines

investigación pp. 122-129 — Marcela Delgado
Javier Mercado

Resumen

El artículo explora metodologías de diseño que estrechan la relación entre la forma y su entorno en el contexto académico de la materia optativa Parametric and Generative Design, abierta a estudiantes de arquitectura y diseño industrial de la Universidad Nacional Autónoma de México. Se exponen algunos ejemplos del trabajo realizado por estudiantes, los cuales anteponen la mutabilidad formal en procesos de diseño, interrelacionan disciplinas y construyen un cuerpo de investigación transferible.

Palabras clave: diseño paramétrico, pensamiento sistémico, interdisciplinariedad

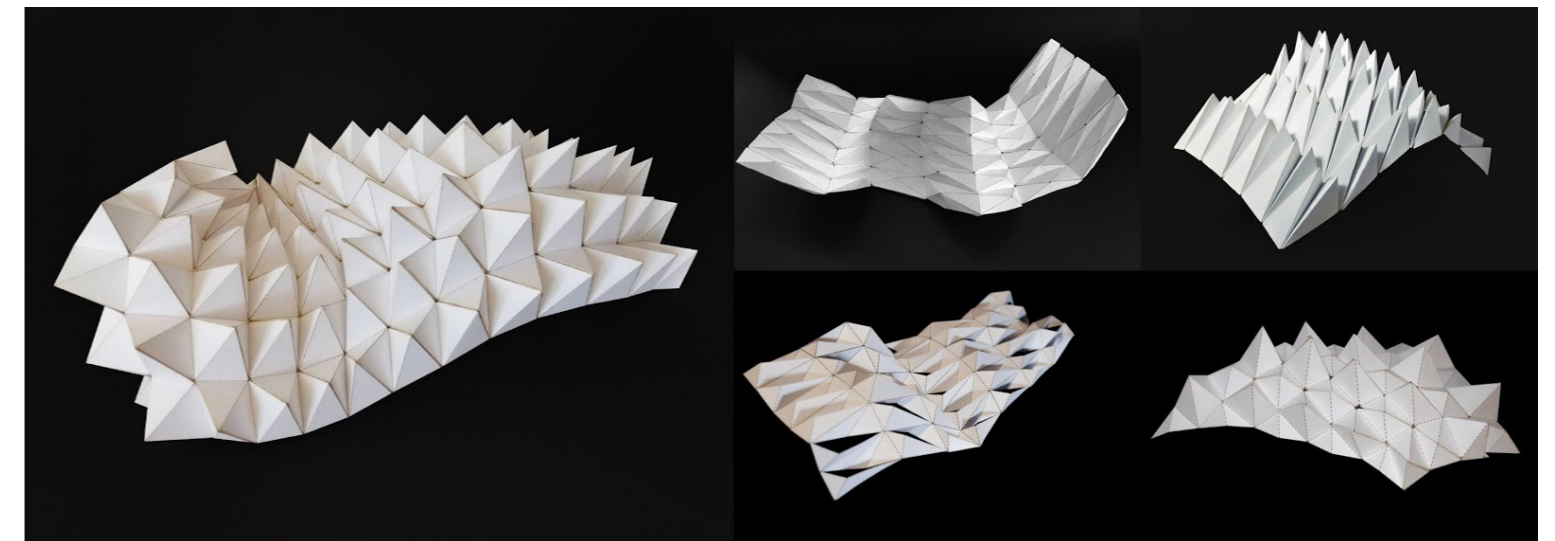
Abstract

The paper explores design methodologies that deepen the relationship between form and environment in the academic context of Parametric and Generative Design, an elective course open to undergraduate architecture and industrial design students at the National Autonomous University of Mexico. The paper presents student work and design processes that exploit formal mutability, build bridges between disciplines and construct a transferable body of research.

Keywords: parametric design, systems thinking, interdisciplinarity

La pandemia de covid-19 reta los procesos de diseño asentados y ensancha el espectro que debemos abordar como diseñadores, al revelar la profunda conexión entre el ser humano y su entorno. El Plan de Estudios 2017 de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) se distingue por su enfoque sistémico, que marca un importante parteaguas en la disciplina al replantear la relación diseño-contexto.¹ Según el arquitecto y teórico Christopher Alexander, el acercamiento sistémico en la arquitectura se refiere a la indivisibilidad del problema de diseño en subproblemas que se resuelvan de forma lineal.² El diseño pasa de ser un proceso de representar elementos aislados a un desarrollo dinámico que busca orquestar la interacción entre los elementos. Desde este marco se plantea el diseño como un mediador de procesos interdependientes, una extensión de su contexto material e inmaterial.

De manera intrínseca, al incrementarse la reciprocidad entre las distintas partes interrelacionadas, aumenta de igual forma la complejidad del resultado; por ello es primordial acompañar este cambio de paradigma con nuevos procesos y herramientas. La computación en la arquitectura consiste en aprovechar la gran capacidad de esta tecnología para procesar información mediante algoritmos en el



Mutaciones de superficies dobladas a partir de un algoritmo genérico. Diagramas formales elaboradas por Daniela Solís, Sara Santana, Patricia Castillo, Vanessa Sánchez, Enrique Hernández y Rodrigo Rojas

proceso de diseñar.³ Se distingue de la computarización de la arquitectura, que se define como el uso de la computadora como un restirador virtual para extender o acelerar procesos de diseño o modos de representación bien establecidos. La computación, en contraste a la computarización, permite el aumento de las habilidades del diseñador, elevando su capacidad para afrontar problemas altamente complejos, dinámicos y multiescalares.⁴ Es con esta forma de pensar con la que se emprende la optativa Parametric and Generative Design, cuya misión es cuestionar concepciones, herramientas y procesos de diseño desde una perspectiva crítica.⁵

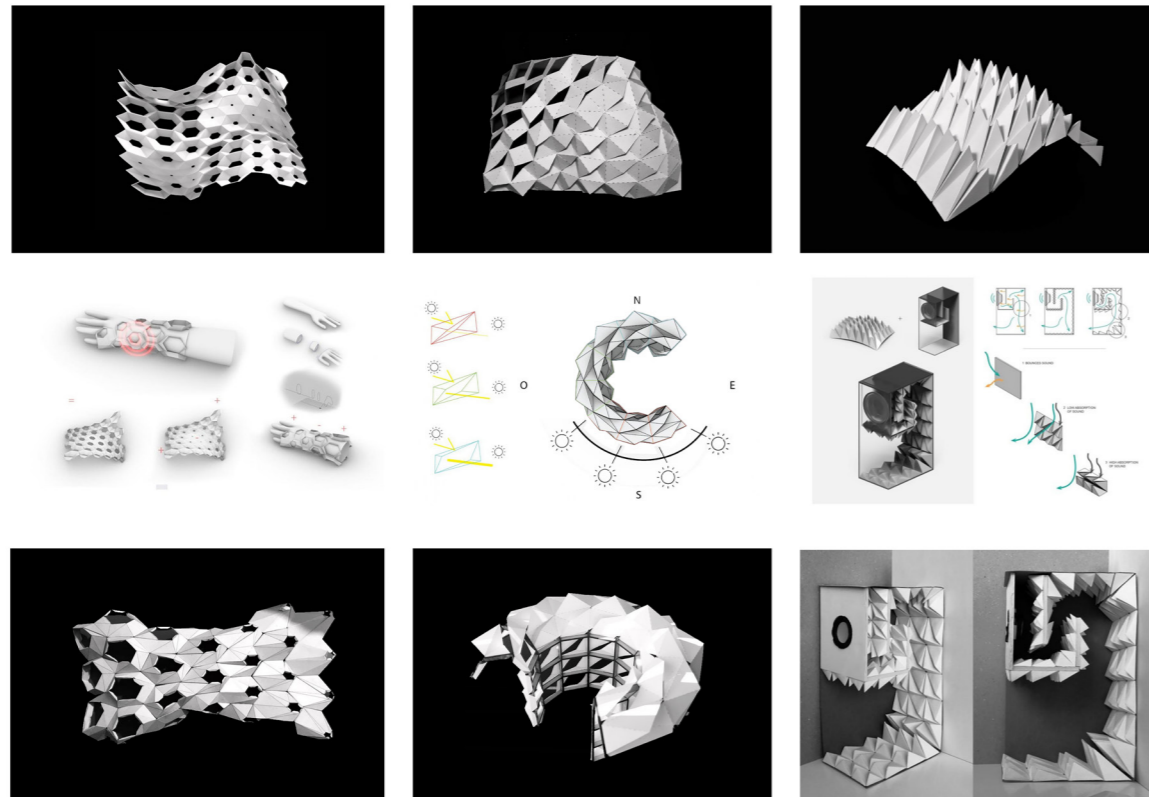
Parametric and Generative Design reúne alumnas de la carrera de Arquitectura y Diseño Industrial de la Facultad de Arquitectura de la UNAM durante cuatro horas a la semana para explorar procesos de diseño paramétrico y fabricación digital.⁶ Las materias optativas se abren a la mitad de la carrera, de tal manera que se propicia siempre un intercambio enriquecedor de ideas y experiencias entre alumnas de distintas generaciones y, en el caso de Parametric and Generative Design, entre distintas carreras de diseño.⁷ Los siguientes temas se examinan en la asignatura con el objetivo de implementar el pensamiento sistémico a través del diseño paramétrico:

1. La mutabilidad formal como mediadora de fuerzas y fenómenos
2. La fluidez en el intercambio de conceptos paramétricos entre disciplinas
3. La transferibilidad del código y la construcción de un cuerpo de investigación

Las imágenes y ejemplos presentados en este artículo se basan en el trabajo de las alumnas y alumnos que han cursado la optativa desde 2019, año en el cual se impartió por primera vez en el modelo interdisciplinar. Los procesos de diseño y productos ilustran las metodologías trabajadas y las preguntas por investigar en relación con el pensamiento sistémico.

La mutabilidad formal como punto de partida

La crisis que trajo el diseño asistido por computadora (CAD) a la caja de herramientas de arquitectos se puede trazar desde la recesión de finales de los setenta e inicios de los ochenta. Fieles a la tradición de



Del diagrama formal al concepto de diseño, a la escala arquitectónica o del producto. Elaborado a partir del trabajo de Paola Ruiz, Alejandra Rivera, Vanessa Sánchez, Patricia Castillo, Enrique Hernández, Rodrigo Rojas y Daniela Solís

tomar prestados conocimientos y métodos de otras disciplinas para avanzar el discurso, los arquitectos experimentales se asomaron a la industria automotriz, la aeronáutica y la construcción naval, campos que llevaban décadas utilizando CAD en sus procesos de diseño y producción. Las formas complejas que surgían con el uso de estas herramientas propiciaban una colaboración de la forma con su contexto activo.⁸ Esta visión alimentó un discurso teórico que guio la incorporación de herramientas de CAD en el ejercicio arquitectónico e influyó en el desarrollo de herramientas paramétricas alcanzado en la actualidad.

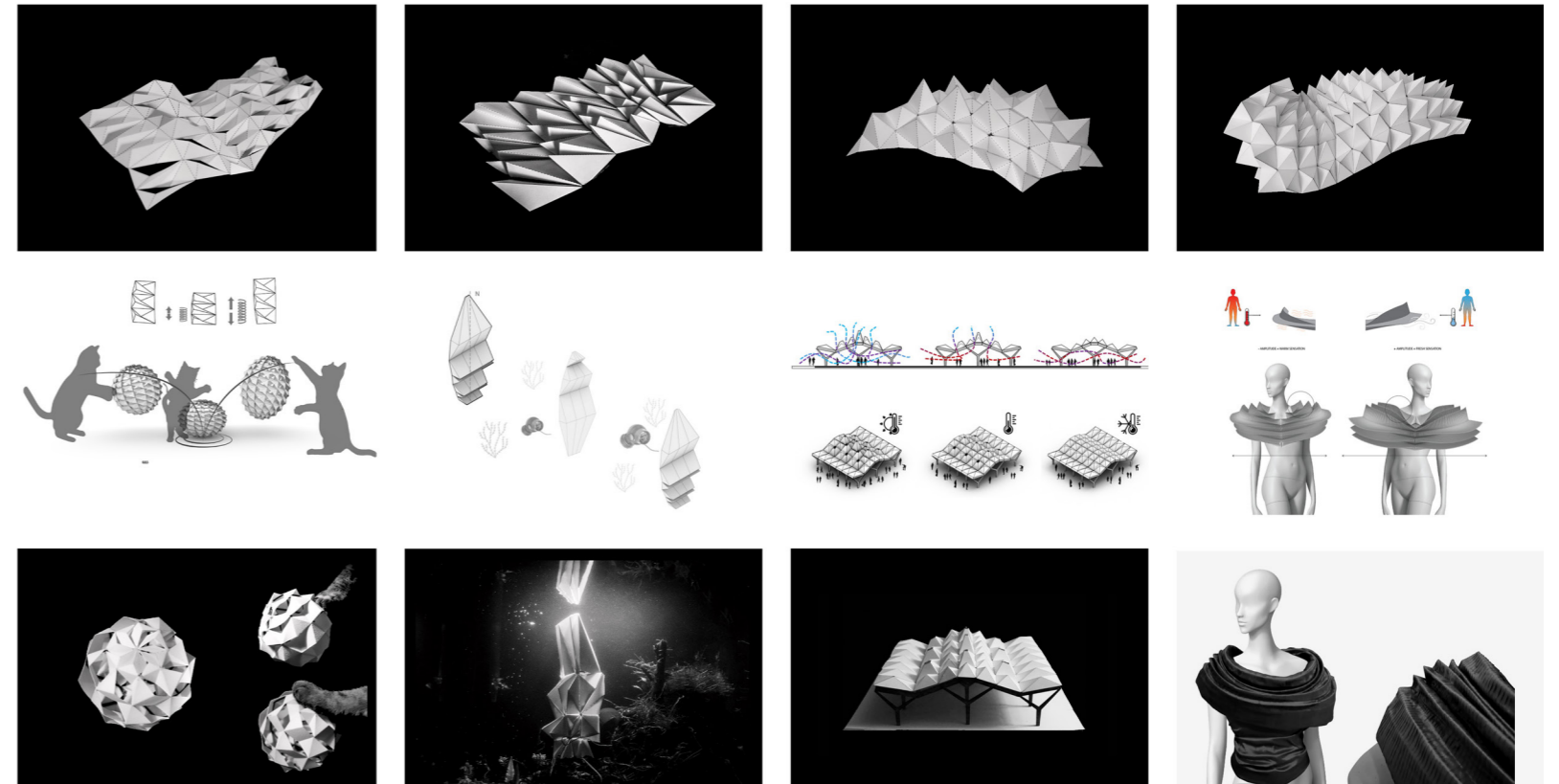
El diseño paramétrico se basa en proponer la relación entre partes por medio de la creación de reglas geométricas y matemáticas asociadas que rigen la forma como un sistema dinámico.⁹ El proceso de diseño flexible otorga la facilidad de modificar la definición paramétrica, ya que se pueden visualizar nuevas oportunidades en tiempo real. Sin embargo, para poder diseñar y encapsular vínculos entre la forma y el entorno en un código generativo se requiere de un entendimiento igual de sofisticado de la generación geométrica y de los condicionantes.

La optativa Parametric and Generative Design arranca poniendo a prueba el potencial del algoritmo para generar un mundo fluido de infinitas soluciones. Partiendo de un algoritmo genérico, una teselación sencilla que produce un campo de pirámides al desplazar el baricentro de cada célula, cada alumno deberá romper la definición de la teselación original para crear una variante. Algunos alumnos optan por incrementar la cantidad de subdivisiones, producir vacíos en el desarrollo de la superficie, cambiar las proporciones de las celdas, así como variar la altura de los pliegues. Explorar mutaciones que se pueden lograr sobre un código compartido promueve un mayor entendimiento de las reglas geométricas aplicables, una habilidad esencial para que diseñen sus propios algoritmos en un futuro.

Los diagramas virtuales pasan a ser materializados con el objetivo de realizar una exploración multisensorial y así descubrir el potencial de la forma. Invertir el proceso tradicional de encontrar una solución formal a un problema logra la inmersión del estudiante en una curva de aprendizaje retadora. Ofrecemos un objetivo en el cual podrán enfocar su atención a corto plazo y distraerse del efecto desalentador que podría provocar enfrentarse a una nueva metodología, un nuevo software y una filosofía alternativa de diseño al mismo tiempo. La producción paramétrica de archivos de fabricación facilita la manufactura de prototipos a escala en distintos puntos del proceso; esto incrementa las iteraciones en el diseño e intensifica la calidad de la retroalimentación, que se complementa con una investigación digital y manual. Al sobrevivir al remolino de frustraciones inherentes a la generación de su primera superficie compleja, los alumnos despiertan a una gama sorpresiva de resultados formales.

Los alumnos toman la maqueta con sus manos y sondan su textura, rigidez, suavidad, flexibilidad, transparencia, opacidad, etcétera; la doblan, la estiran y prueban su resistencia; a veces la llegan a deshacer, pero en el proceso se acercan a la forma para verla por lo que es, no por lo que hace.

Reencontrarse con la forma por medio de sus reglas de generación (el algoritmo) y los efectos producidos en su materialización (la maqueta) nos ayuda a deshacernos de nociones preconcebidas en relación con la funcionalidad y su expresión formal. Identificar las características únicas de la forma –los resultados directos de su generación virtual y física– sitúa al diseñador en un punto de ventaja, en el cual puede imaginar las posibles interacciones con parámetros externos como agua, viento, fricción, luz, entre otros. La forma puede resistir, conducir, captar, transmitir; no es pasiva y debe informar procesos de diseño desde un inicio. El entender su potencial y la mutabilidad de sus parámetros empodera al diseñador e impulsa su participación en procesos sistémicos.

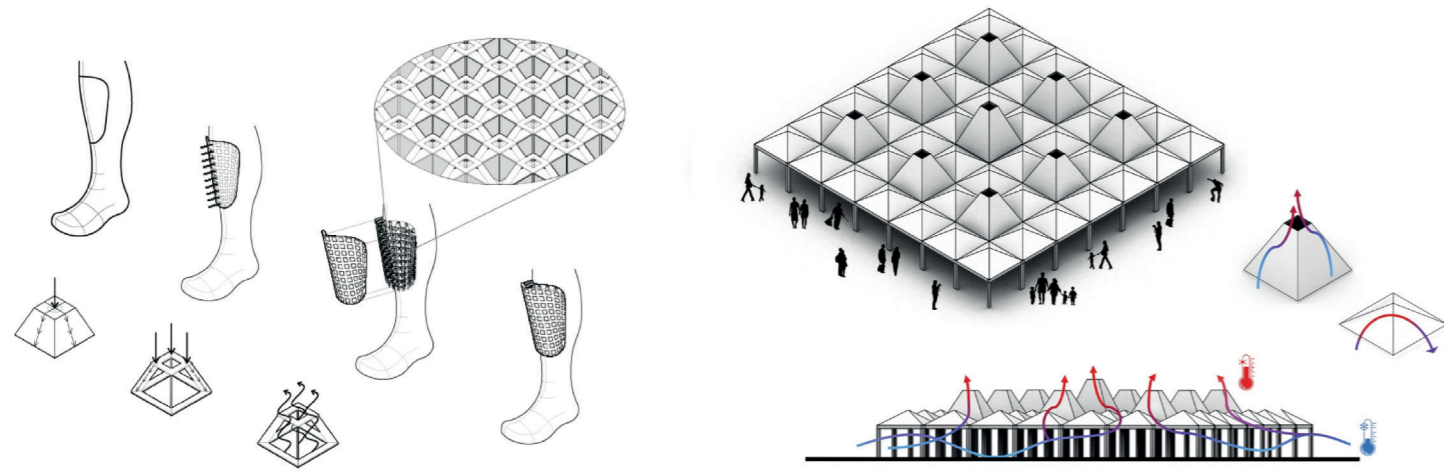


El intercambio fluido entre escalas y disciplinas

Utilizar el pensamiento sistémico como marco operativo del diseño produce un flujo interdisciplinar indispensable para amalgamar las distintas profesiones encargadas de crear objetos y experiencias en el espectro de escalas existente hasta el momento. La especialización de procesos, como consecuencia natural de momentos de bonanza económica, nos ha permitido lograr avances en todos los campos de estudio. Sin embargo, una consecuencia indeseada de la especialización ha sido el surgimiento de islas de datos y de conocimiento; este fenómeno en ocasiones incrementa la complejidad en la consecución de un producto sin necesariamente aportar a la experiencia final del usuario.¹⁰ El diseño paramétrico ofrece una nueva facilidad de tender relaciones entre las distintas disciplinas. Esta metodología ayuda a encontrar respuestas concomitantes a distintos problemas a través del ya mencionado espectro de escalas.

Como continuación del primer ejercicio y con base en las posibles negociaciones que se han imaginado entre su forma y diferentes parámetros externos, las alumnas asignan una vocación a la forma acorde a la escala de la arquitectura o del producto. De la misma semilla de código surgen propuestas que abarcan un abanico de aplicaciones: una cubierta arquitectónica, una bocina, una prenda, un muro verde, etcétera. Sin embargo, simplificar estas propuestas en una categoría de producto establecida sería injusto, ya que cada diseño, al ser concebido explícitamente en relación con un parámetro dinámico, se presta a probar los límites de su oficio y hasta proponer nuevos tipos de aplicaciones que caen en la intersección de disciplinas.

De este proceso surgen inevitablemente reflexiones inéditas sobre la temporalidad, la adaptabilidad y el cinetismo. De tal manera que una malla de hexágonos semiabiertos proporciona un rango de flexibilidad y rigidez que se traduce en una ortesis de muñeca adaptable a diferentes usuarios, grados de lesiones y fases de recuperación. La alumna propone una modulación intercambiable y un código abierto; consideraciones dinámicas de fabricación y uso que nacen directamente de la exploración formal y que quizás hubieran estado fuera del alcance al simplemente empezar con la tarea de diseñar una ortesis de muñeca. En otro caso, un alumno observa que su maqueta derivada de un algoritmo de pirámides subdivididas se presta a un movimiento fluido de aplausos entre superficies, el cual lo lleva a pensar en el potencial de cosechar energía por medio de celdas piezoeléctricas. El prototipo pasa a habitar el fondo de una pecera en el cual se somete a pruebas de movimiento que aprovechan la fuerza de corrientes de agua. La simulación provee una retroalimentación valiosa para rediseñar la articulación en aras de conseguir un mejor movimiento para el impacto de las celdas.



La ventilación como denominador interesalar. Trabajos de Miguel Moreno y Rodrigo Rojas

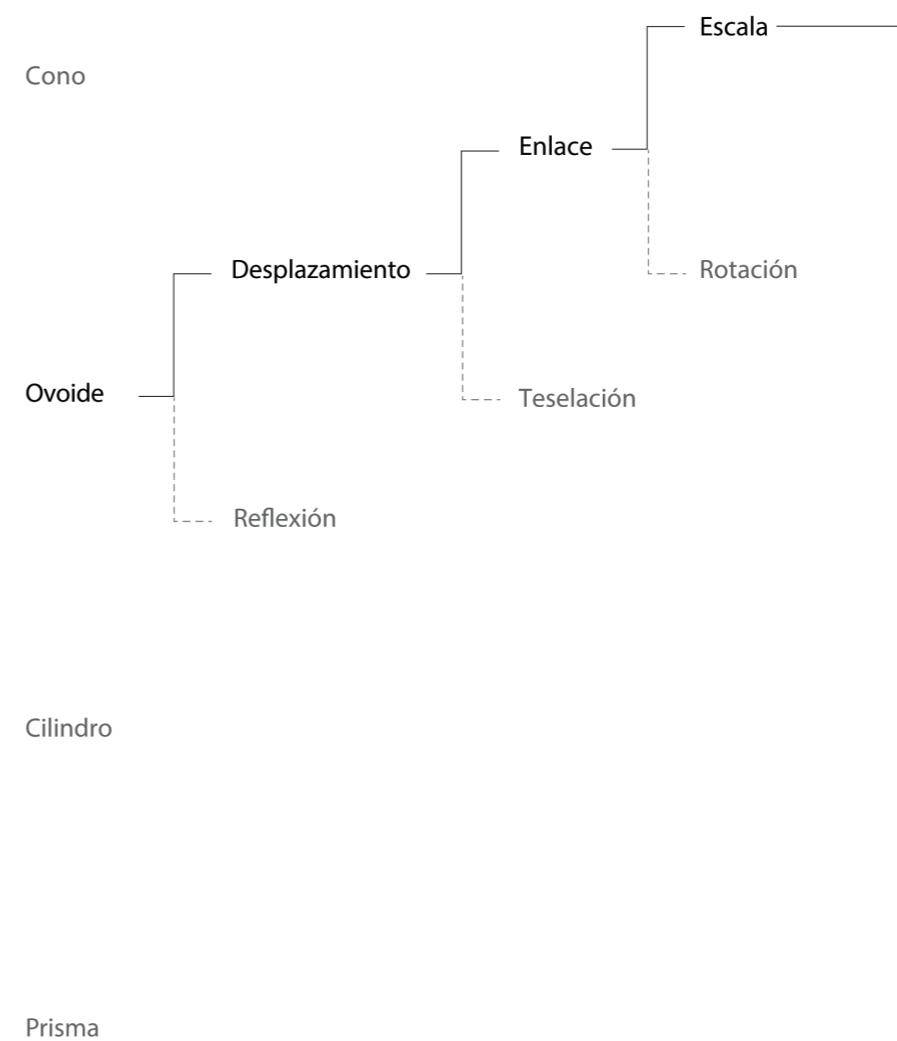
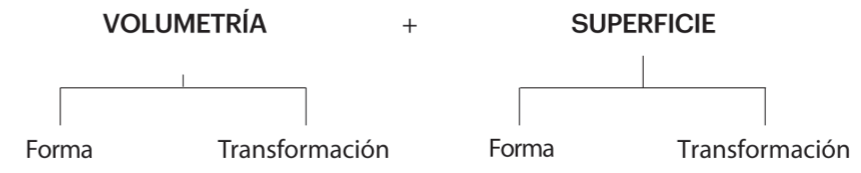
En otro ejemplo podemos observar cómo el mismo código manipulado por dos diseñadores diferentes inspira diseños que distan de sí tanto en escala como en función principal, pero coinciden en la necesidad de favorecer el mismo parámetro externo: la ventilación al interior. En la escala arquitectónica, la cubierta dirige el aire caliente al centro para evacuarlo por convección y evitar que contienda con la entrada de aire frío en su perímetro. Las alturas de las torres de enfriamiento crecen en relación directa con la concentración de aire caliente y, como consecuencia secundaria, forman una estructura rigidizada. Por otro lado, a la escala de producto de la espinillera, la tarea más importante por desempeñar es la protección de la extremidad de cualquier impacto. El diseñador ha optado por generar una barrera que, además de bloquear el golpe, logre disipar la energía resultante con el alivio de las articulaciones involucradas. También se aprovecha la porosidad del objeto para facilitar la transpiración de la piel del deportista durante la actividad física. El estudio y la manera de abordar diferentes parámetros se vuelve el punto en común entre los procesos de diseño y abre un campo para el diálogo entre disciplinas.

Como último paso del ejercicio, los parámetros formales se someten a otra revisión para mejorar el sistema propuesto; este siguiente nivel de desarrollo considera la estructura y la materialidad. El proceso de seguir definiendo el diseño fomenta un intercambio entre diseñadores industriales y arquitectos, ya que algunos deciden elaborar un prototipo propiamente fuera de su disciplina y requieren de la experiencia y sabiduría de sus compañeros. Los bucles de retroalimentación que nutren un mismo proyecto contribuyen a una fertilización cruzada de ideas entre todo el grupo; al final del semestre se genera un conjunto de trabajo del cual surgen preguntas de discusión que sugieren nuevos caminos de desarrollo para la misma optativa.

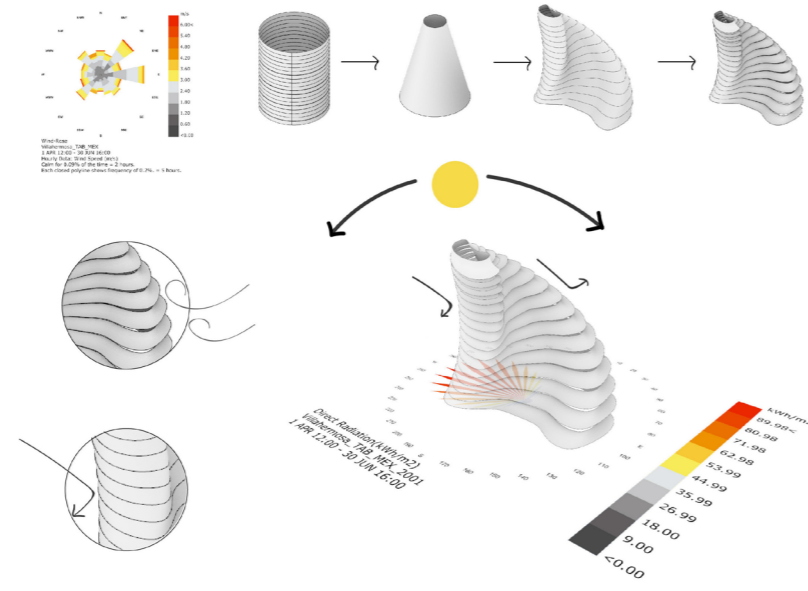
La construcción de un cuerpo de investigación

Aunque a primera vista el conjunto de resultados sigue siendo increíblemente complejo, la selección natural es un proceso esencialmente binario extendido a lo largo de generaciones. Cada vez que un ser vivo se reproduce, no empieza desde cero; existe un código genético heredado que informa su creación y que permite la prueba de mutaciones que perduran dependiendo de la reproducción del código. Esta fórmula elabora un número exponencial de ejemplares que surgen de las mismas líneas de investigación.

En la aplicación de esta lógica al segundo ejercicio de la optativa de Parametric and Generative Design, partimos de una misma investigación de la forma como mediadora de luz que resulta en una familia de luminarias. El enfoque del ejercicio nos aleja del diseño singular de entidades aisladas y nos centra en el diseño de procesos de formación. Al analizar los códigos elaborados por alumnas de generaciones pasadas, se crean sistemas de clasificación del ADN formal compartido entre luminarias. Los árboles genéticos sirven como herramientas de diseño al facilitar la vinculación del conocimiento, la detección de áreas de oportunidad y la continuación de ciertos procesos de generación. Se formulan



Un sistema de clasificación generativa de luminarias que propone dos bloques de código que determinan la volumetría y el tratamiento de la superficie. En ambas etapas se presentan bifurcaciones o áreas de oportunidad para la investigación de especies distintas. Diseño de lámparas: Víctor Márquez, Ixchel Barreiro, Alejandro Arenas, Brenda Carrizales y Fernando Miguel. Impresión 3D: Posgrado en Diseño Industrial, UNAM. Fotografía: Tania Vázquez



La misma definición paramétrica expresada en una luminaria y transformada en un edificio bioclimático para Villahermosa, Tabasco. Elaborado por Ixchel Barreiro Reyes. Fotografía: Tania Vázquez y Rafael Carlos Guerrero

hipótesis sobre los efectos de luz y sombras que resultarían de nuevas combinaciones paramétricas; estos nichos se convierten en el punto de partida para el diseño de la nueva generación de luminarias. Las variaciones formales en la naturaleza son consecuencia de parámetros externos que exigen la adaptación. En el último ejercicio cambiamos a la escala arquitectónica y tomamos las definiciones de luminarias como precursores de edificios bioclimáticos. Con un enfoque sistémico, se utiliza la herramienta para visualizar y analizar las bases de datos de información climática recopilada para un sitio específico y se identifican los periodos de análisis críticos de estudio para definir mejor la problemática de diseño.¹¹ A partir de este entendimiento, preguntamos cómo se podría establecer una relación entre los parámetros formales que se exploraron en la generación de las luminarias.

Por ejemplo, la definición de luminaria de una alumna permite el paso de luz difusa por medio de una serie de rendijas verticales que crean un espiral al interior de un cono truncado, ofuscando una vista directa a la fuente de luz. Al traducir esta definición a la escala arquitectónica para la exploración de estrategias bioclimáticas, la alumna escoge su sitio de estudio y define la nueva problemática: ¿Cómo refrescar el interior de una torre en los meses más húmedos y calurosos de Villahermosa, Tabasco? Al analizar las nuevas condicionantes se determinan los meses entre abril y junio como el período crítico de intervención y se observa la radiación directa y los vientos predominantes. La alumna transforma su definición para proponer una volumetría en espiral con rendijas horizontales que maximizan la superficie abierta en dirección a los vientos predominantes, a la vez que se produce un perfil esbelto y cerrado en la orientación donde incide la radiación más alta.

El cimentar las reglas y relaciones entre variables en código nos brinda una riqueza de información transferible dentro de una disciplina y entre diversas disciplinas. De esta manera, el diseño paramétrico contribuye a la construcción de un banco de definiciones para estrategias climáticas adaptables a ubicaciones o vocaciones distintas. La definición conjuga una relación entre la forma y el clima, y al nutrir el algoritmo con la base de datos climáticos de otros sitios que comparten la misma problemática, prolifera un sinnúmero de variaciones morfológicas. Un lenguaje compartido también trasciende límites disciplinarios; esto permite la reinterpretación de estrategias formales en diferentes escalas y contextos. Por consiguiente, el ejercicio de diseñar se vuelve un esfuerzo comunitario e interdisciplinario que se desenvuelve en tiempos y espacios sin límites.

Cerrando la brecha

Como profesionales y docentes nos vemos en la necesidad de cuestionar continuamente nuestros modos de pensar, enseñar, diseñar y construir. ¿Equipamos alumnos para que enfrenten problemas de alto grado de complejidad, haciendo pleno uso de las nuevas herramientas a nuestra disposición? ¿Cómo enseñamos flujos de trabajo interdisciplinarios que emprendan las transformaciones profundas en nuestro gremio?

Actualmente existe un desfase entre un cambio de paradigma y los procesos de diseño y fabricación que se imparten en la Facultad de Arquitectura de la UNAM. Más allá del impacto visual que produce, el diseño paramétrico puede ser el vehículo para implementar la filosofía del diseño sistémico en nuestra disciplina. Hemos ilustrado metodologías y resultados que aprovechan herramientas paramétricas para esta intersección.

El grado de complejidad que podamos extraer como producto del proceso que lo involucre se dará en función del éxito del planteamiento del problema. Aquí recae la importancia de su inclusión integral en las etapas

de formación del diseñador, para que abone al desarrollo del profesional y éste sepa evitar un aprovechamiento deficiente con un desarrollo conceptual somero sin sustento. El alfabetismo en la generación formal y en el manejo y discriminación de información es de suma importancia para ejercer cambios significativos al pasar de una iteración a otra; esto simplifica el proceso de evaluación en el éxito conseguido y facilita la retroalimentación.

La relación entre el diseño paramétrico y la interdisciplinariedad no se reduce a la facilidad de interacción entre los distintos gremios de diseñadores. Esta metodología puede servir como un nodo para verter datos y experiencias que serán tratados por el código. De esta manera, las herramientas pueden aumentar la accesibilidad a nuevos *inputs* y a colaboraciones en aquellos procesos que generan los objetos que usamos y los espacios que vivimos, estrechando la relación que existe entre el diseño y su entorno.

Notas

1. El pensamiento sistémico forma parte de la Teoría general de sistemas, desarrollada por Ludwig von Bertalanffy en la década de los años sesenta.
2. Christopher Alexander, "Systems Generating Systems," *Architectural Digest* 38 (diciembre 1968), 605.
3. Un algoritmo se refiere a un conjunto de procedimientos que consisten en un número de reglas finitas que definen operaciones sucesivas para dar solución a un problema. Ver Achim Menges y Sean Ahlquist, *Computational Design Thinking. Architectural Design* (Chichester: John Wiley and Sons, 2011), 11.
4. Achim Menges y Sean Ahlquist, *Computational Design Thinking. Architectural Design*.
5. La optativa Parametric and Generative Design fue diseñada y es impartida por la Mtra. Marcela Delgado Velasco, con el apoyo de Javier Mercado, colaborador desde 2019 y anteriormente alumno de la materia.
6. Las materias optativas se organizan conforme a las líneas de interés profesional (LIP) del Plan de estudios 2017, con el propósito de canalizar y fortalecer la vocación de los estudiantes. Parametric and Generative Design participa en la LIP de Proceso proyectual.
7. Como lenguaje de programación visual, utilizamos Grasshopper, un complemento del software Rhinoceros 3D. Los procesos de fabricación digital incluyen corte a láser e impresión 3D.
8. Greg Lynn, *Animate form* (Nueva York: Princeton Architectural Press, 1999).
9. Robert Woodbury, *Elements of Parametric Design* (Abingdon: Routledge, 2010).
10. Kasper Sánchez, *Architectural System Structures: Integrating Design Complexity in Industrialised Construction* (Hoboken: Taylor and Francis, 2014).
11. Usamos Ladybug, un plug-in de fuente abierta que facilita la importación, visualización y análisis de datos climáticos en Grasshopper.

Referencias

- Alexander, Christopher. "Systems Generating Systems." *Architectural Digest* 38 (diciembre 1968): 605-610.
- Claypool, Mollie. "The Digital in Architecture: Then, Now and in the Future." *Space10*. <https://space10.com/project/digital-in-architecture/>
- Lynn, Greg. *Animate Form*. Nueva York: Princeton Architectural Press, 1999.
- Menges, Achim y Sean Ahlquist. *Computational Design Thinking. Architectural Design*. AD Reader. Chichester: John Wiley and Sons, 2011.
- Plan de Estudios 2017. Licenciatura en Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México: 4-7.
- Sánchez, Kasper. *Architectural System Structures: Integrating Design Complexity in Industrialised Construction*. Hoboken: Taylor and Francis, 2014.
- Woodbury, Robert. *Elements of Parametric Design*. Abingdon: Routledge, 2010.
- Zaera-Polo, Alejandro y Farshid Moussavi. *Filogénesis: las especies de Foreign Office Architects*. Barcelona: Actar, 2003.

Marcela Delgado

Master of Architecture,
Harvard Graduate School of Design
Profesor asociado,
Facultad de Arquitectura,
Universidad Nacional Autónoma de México
✉ marcela.delgado@fa.unam.mx
<https://orcid.org/0000-0002-8925-6381>

Javier Mercado

Tesista de la licenciatura en Arquitectura,
Facultad de Arquitectura,
Universidad Nacional Autónoma de México
✉ j.javiermercado.l@comunidad.unam.mx