



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DEL HÁBITAT

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS DEL HÁBITAT

**EL DISEÑO PARAMÉTRICO EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORANEA.
FORMA, FUNCIÓN Y EFICIENCIA. INDAGATORIA SOBRE MÉTODOS
PROYECTUALES.**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN
CIENCIAS DEL HÁBITAT EN ARQUITECTURA**

PRESENTA:

ARQ. ESMERALDA GÓMEZ RESÉNDIZ

DIRECTOR DE TESIS:

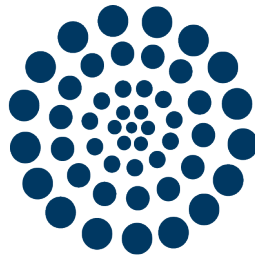
DR. MANUEL GUERRERO SALINAS

SINODALES:

DRA. ERÉNDIRA MANCILLA GONZÁLEZ

DR. JORGE AGUILLÓN ROBLES

SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P. DICIEMBRE DE 2018.



CONACYT

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

**PARA LA REALIZACIÓN DE ESTA TESIS SE CONTÓ
CON EL APOYO CONACYT NO. 786343**

“La arquitectura debe ser creada desde la reflexión, con amplio sustento teórico, dentro de un espacio multidisciplinar, con el objetivo de convertirse en un mecanismo para la concreción de sustanciales cambios sociales.” (EGR)

A ti Paolita que eres magia, perseverancia, luz y fuerza, el gran amor de mi vida,
de mis días, de mis noches, de mis horas.

Ricky mi alma gemela en esta vida y otras, mi única gran constante.

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| ABSTRACT | 8 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 9 |
| El diseño paramétrico. Conceptos y acepciones filosóficas. | |
| El contexto del modelado digital en las lógicas paramétricas. | |
| El parámetro en la arquitectura. Génesis, evolución y aspiraciones. | |
| 2. EVOLUCIÓN DE LA CIENCIA DE LA FORMA Y EL ESPACIO | 17 |
| Geometría y parámetro. | |
| Lenguaje de patrón. | |
| Del lenguaje de patrón a los sistemas complejos. | |
| 3. CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD | 33 |
| Sistemas complejos. Connotaciones y tipología | |
| El concepto de complejidad v/s paradigma de la simplicidad | |
| Principios del pensamiento complejo | |
| Arquitectura, complejidad y su edificación en la ciencia | |
| Del parámetro a la morfogénesis. Impulsores y vanguardias | |
| Las ciencias de la complejidad en los procesos de diseño | |
| 4. MANIFIESTO PARAMETRICISTA | 55 |
| 5. BIOMÍMESIS EN LA ARQUITECTURA | 67 |
| 6. DISEÑO METODOLÓGICO | 73 |
| Alejandro Zaera-Polo | |
| UnStudio | |
| Asymptote | |
| Morphosis | |
| Herzog & de Meuron | |
| 7. Resultados derivados de la investigación. | 157 |
| 8. Propuesta del modelo | 161 |
| Bibliografía | 167 |

RESUMEN

El presente trabajo se centra en la investigación del diseño paramétrico como herramienta en la producción arquitectónica contemporánea, tiene como objetivo principal establecer una metodología proyectual basada en teorías y pensamientos filosóficos de manera tal que el uso de esta herramienta le permita al arquitecto generar no solo formas innovadoras sino propuestas eficientes y funcionales.

Esta indagatoria consta de tres partes principales, en la primera se establece un marco de antecedentes donde se abordó desde los principales conceptos y acepciones del diseño paramétrico hasta su génesis, evolución y aspiraciones en la arquitectura. En la segunda parte se estableció un marco conceptual donde se dilucidó sobre la transformación de la ciencia de la forma y el espacio derivada de los avances tecnológicos, su representación mediante el lenguaje de patrón y su producción en los sistemas complejos.

Por último, se estableció el marco teórico, en el cual, mediante la exploración, se analizó y reflexionó sobre los diversos sistemas y pensamientos filosóficos que aborda la teoría de las ciencias de la complejidad, con el objetivo de encontrar dentro de su aplicación en los procesos de diseño paramétrico en cuál de ellos, la suma de sus partes o su integración total está la respuesta a este proyecto de investigación, en contraparte a la concepción del diseño paramétrico como estilo arquitectónico.

Palabras clave: eficiencia, funcionalidad, arquitectura digital, diseño paramétrico, algoritmos generativos, sistemas adaptativos emergentes, morfogénesis digital.

ABSTRACT

The present work focuses on the investigation of parametric design as a tool in contemporary architectural production, its main objective is to establish a project methodology based on theories and philosophical thoughts in such a way that the use of this tool allows the architect to generate not only forms innovative but efficient and functional proposals.

This investigation consists of three main parts, in the first a framework of antecedents is established where it was approached from the main concepts and definitions of parametric design to its genesis, evolution and aspirations in architecture. In the second part, a conceptual framework was established where the transformation of the science of form and space derived from technological advances was elucidated, its representation through the language of pattern and its production in complex systems.

Finally, the theoretical framework was established, in which, through exploration, we analyzed and reflected on the different systems and philosophical thoughts that the theory of complexity sciences addresses, with the aim of finding within their application in the parametric design processes in which, the sum of its parts or its total integration is the answer to this research project, in counterpart to the conception of the parametric design as an architectural style.

Keywords: efficiency, functionality, digital architecture, parametric design, generative algorithms, emerging adaptive systems, digital morphogenesis.

1. INTRODUCCIÓN

EL DISEÑO PARAMÉTRICO. CONCEPTOS Y ACEPTACIONES FILOSÓFICAS

Para comprender el significado de diseño paramétrico es preciso adentrarse en las definiciones de “paramétrico” y de “diseño” de manera independiente. “paramétrico” es un derivado de “parámetro” (OED, 2002). En el ámbito de las matemáticas un parámetro se define como una constante, otras acepciones describen al parámetro como un rasgo propio o como un elemento invariable de un factor. Un parámetro puede ser considerado como cualquier elemento medible que define un sistema o determina sus límites. Una breve, pero útil definición del diccionario de la palabra “diseño” es “el arte o la acción de producir un plan o dibujar” (OED, 2002).

De acuerdo a Simon el diseño es un proceso en el que un nuevo objeto se crea con el fin de resolver un problema. (Simon, 1996). En arquitectura, el diseño reside en otorgar una respuesta a un problema, usualmente la naturaleza del problema no está clara, por lo tanto, el proceso de diseño implica el desarrollo de su comprensión. (Lawson, 2006)

Lawson reconoce al diseño arquitectónico como “una cuestión de encontrar y resolver los problemas”. De tal manera que un sinnúmero de soluciones alternativas puede existir y el diseño, o la búsqueda de una solución, se convierten en un proceso de selección entre ellos. Para Simon (1996) esto debe ser una elección lógica, pero en la arquitectura la toma de decisiones basadas en la estética puede parecer irracional. Por otra parte, Gero describe el proceso de diseño como lo que “implica la exploración, explorando qué variables podrían ser apropiadas” (Gero, 1990)

Tomando en consideración lo anterior es posible concebir el diseño como una tarea que implica la definición de la representación de un problema, así como la búsqueda y generación de alternativas para encontrar una solución que satisfaga dicho

problema. La definición más común de parámetro es la de concebirlo como cualquier factor medible que especifica un sistema y determina sus límites, por lo tanto, el diseño paramétrico se entiende como un proceso en el que se crea una descripción de un problema usando variables, con una amplia gama de soluciones que se pueden generar al modificar estas variables.

Es decir, el modelado paramétrico se crea a través de procesos matemáticos que permiten alterar determinadas características del modelo en cualquier instancia sin tener que volver a calcular otras características que se verían afectadas frente al cambio realizado.

En este proceso se incorporan todo tipo de variantes, todas las categorías de información que afectan la toma de decisiones en el desarrollo de un proyecto tales como el cálculo de estructuras, los requerimientos medio ambientales, los factores asociados a la expresión formal, etc. hasta matrices biológicas, sistemas celulares, algoritmos genéticos que dan lugar no solo a geometrías complejas sino a la creación de arquitectura eficiente y funcional, que trabaja de forma similar a los sistemas naturales, con la posibilidad de poder evaluar los resultados en cualquier etapa.

Se puede definir mediante la programación o la escritura de un código utilizando un lenguaje de programación específico. Muchas aplicaciones de diseño asistido por ordenador (CAD) se pueden extender para proporcionar funcionalidad paramétrica mediante el uso de su interfaz de programación de aplicaciones (API). Es posible diseñar paramétricamente mediante varias aplicaciones CAD que el usuario puede controlar a través de una interfaz gráfica, por lo general estas aplicaciones ofrecen la opción de utilizar un lenguaje scripting para personalizar aún más la funcionalidad paramétrica. El software de diseño paramétrico ofrece a los usuarios los medios para crear relaciones y asociaciones entre objetos geométricos y objetos que encuentran las definiciones de las variables o funciones.

La variedad de plataformas digitales de diseño se ha diversificado considerablemente en las décadas recientes mediante programas de modelación constructiva como AutoCAD hasta programas de modelado paramétrico como Rhinoceros 3D y su plugin complemento Grasshopper 3D que contienen una interfaz de lenguaje de programación visual para editar y crear geometrías mediante esquemas algorítmicos. Como se puede ver, el uso de esta valiosa herramienta permite a los arquitectos diseñar y construir edificios innovadores con condiciones cualitativas y cuantitativas más exigentes. Los beneficios potenciales de diseño paramétrico han sido aclamados al mismo tiempo que se reconoce que la complejidad y el tiempo requerido para las tareas de diseño que incorporan métodos paramétricos se ha incrementado. (Aish & Woodbury, 2005)

En el diseño arquitectónico los problemas que se plantean son complejos y varían en gran medida, el mismo enfoque rara vez es propicio para los cada vez más mutables escenarios de diseño. Por lo tanto, es necesaria una estrategia que vincule la teoría al diseño paramétrico.

El diseño paramétrico se concibe como diseño asociativo y en esta representación las relaciones entre los objetos son controlados por variables,

por lo tanto, si bien es posible afirmar que todo diseño es paramétrico (Burry, 2004), la particularidad de estas estrategias se basa en la existencia de principios claros, como por ejemplo la relación entre las partes y el todo, la proliferación de un elemento adaptable a lo largo de un sistema, y las condiciones de variabilidad de sus partes.

Sin embargo, estos principios no han sido definidos claramente, y por lo tanto existen múltiples y confusas definiciones.

Luigi Moretti introduce en 1960 el término “Arquitectura Paramétrica” en la XII Trienal de Milán y comienza el desarrollo de proyectos basados en la aplicación de principios de cuantificación numérica y parametrización en la arquitectura, en colaboración con Bruno de Finetti y redacta diversos escritos donde exitosamente aborda la descripción de “arquitectura paramétrica” y utiliza el diseño de un estadio como ejemplo, explicando cómo la forma del estadio puede derivarse de diecinueve parámetros relativos a aspectos como los ángulos de visión y el coste económico del hormigón, como el estudio de sistemas de arquitectura con el objetivo de “definir las relaciones entre las dimensiones dependientes de diversos parámetros”.

ww(Moretti L. , 1971)

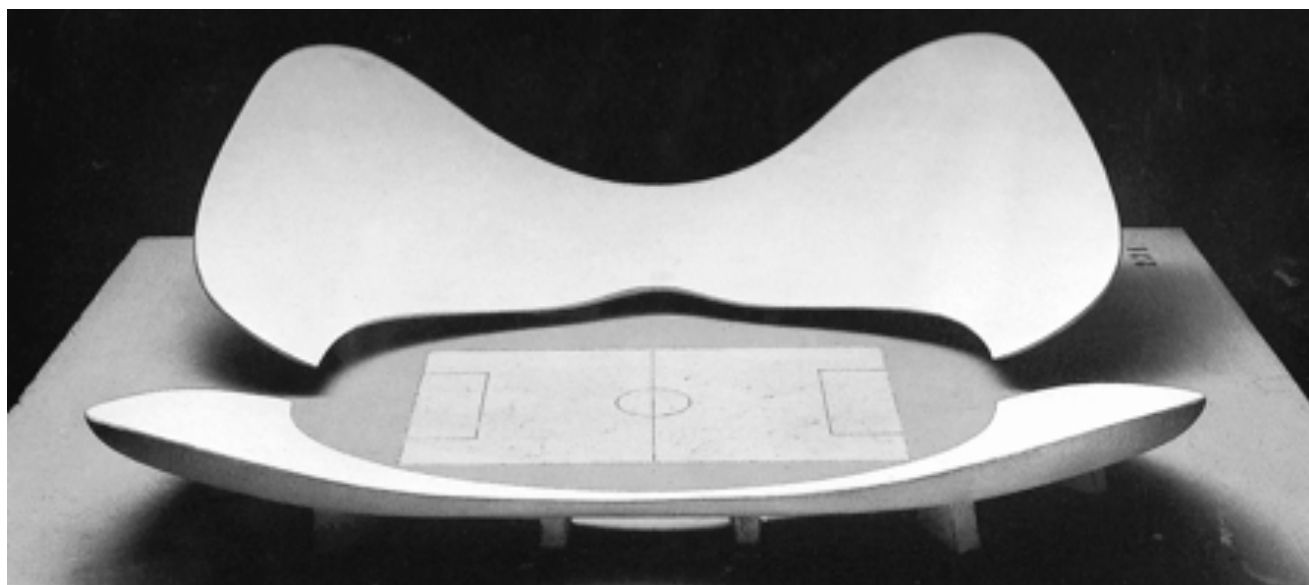


Ilustración 1. Estadio paramétrico. Moretti. Duodécima Trienal de Milán. 1960.
Fuente: (Davis, 2013). <http://www.danieldavis.com/a-history-of-parametric/>



Ilustración 2. Complejo Watergate. Moretti, Washington. 1961. Fuente: (Commons, 2015) <http://www.urbipedia.org/hoja/Archivo:WatergateFromAir.JPG>

Entre 1960 y 1965, Moretti diseñó el Complejo Watergate, que “se cree que es el primer trabajo importante de construcción que hace un uso significativo de la informática” (Livingston, 2002)

Todos los elementos de estos modelos están conectados mediante ecuaciones paramétricas y la geometría general es derivada de la variación numérica del código. En otras palabras, la búsqueda de posibilidades en las formulaciones matemáticas a través de relaciones paramétricas dentro del proceso de diseño ha estado al centro de significativas investigaciones para definir los límites y explorar las potencialidades de este enfoque (Converso y Bonatti, 2006).

Moretti genera un debate arquitectónico como reacción a lo que denomina una “perturbadora simplicidad” que caracteriza a la arquitectura de su tiempo, incluso cuando es abordada a través de aspectos de “forma-función”, motivo por el cual intenta encontrar los fundamentos teóricos del proyecto al formular el concepto de “arquitectura

paramétrica”, para referirse a “un nuevo lenguaje para el pensamiento arquitectónico.”

Así, de manera paralela reconoce que la “inevitabilidad geométrica” es limitada y sostiene que este nuevo lenguaje del pensamiento arquitectónico requiere un enfoque científico para su desarrollo (Viati, 2010)

La propuesta de Moretti, engloba los siguientes aspectos que consisten en introducir, describir y explicar de manera evidente las lógicas matemáticas como una importante estrategia dentro de los procesos de diseño arquitectónico:

- Las formulaciones matemáticas y de la ciencia como parte integral del proceso de diseño arquitectónico.

- La variación numérica del código capaz de producir múltiples versiones a partir de una formulación general, introduce un pensamiento asociativo en la arquitectura.

- Establece el término “Arquitectura Paramétrica” como nuevo lenguaje arquitectónico. (Viati, 2010)

- Se discute lo paramétrico como un método interdisciplinar que tiende a introducir los fenómenos de la arquitectura y el urbanismo en la raíz de las estructuras de pensamiento contemporáneos, en particular de las estructuras científicas.

- Define tipos de proyectos donde estas lógicas podrían ser aplicadas.

Los aspectos anteriores aplicados en la práctica le otorgan a Moretti una serie de útiles premisas a considerar como el hecho de que dentro del proceso de diseño existen factores imprecisos, difíciles de cuantificar, sin embargo, la gran aportación que otorga es la de formular un marco teórico para dar soporte a este proceso de diseño paramétrico, reconociendo sus límites y alcances.

EL CONTEXTO DEL MODELADO DIGITAL EN LAS LÓGICAS PARAMÉTRICAS.

La aparición de la tecnología BIM (Building Information Modeling) ha revolucionado el uso de las herramientas digitales en la arquitectura, a través de diversos programas de modelamiento paramétrico como: CATIA (1977), ArchiCad (1982), 3D Max (1992), Revit (1995), Digital Project (2004), Paracloud (2005), Generative Components (2005), o Rhinoceros (2000) con el plug-in complemento Grasshopper (2007), entre otros.

El modelado en entornos BIM se gestiona a través de la relación de datos interconectados, y se formaliza mediante parámetros cambiantes, los cuales afectan la totalidad del modelo. Esta estrategia se funda en lógicas paramétricas específicas, la cuales están invadiendo el quehacer arquitectónico a pasos acelerados, y se especula que será utilizado extensamente a futuro por las ventajas que presenta frente a otras herramientas de diseño. (Bravo, 2015)

Javier Monedero aporta diversas nociones y afirma que:

a) Lo paramétrico es, en un sentido, un término restringido. Implica el uso de parámetros para definir una forma, cuando lo que realmente está en juego es el uso de relaciones.

b) El termino en un sentido amplio cubre lo que puede encontrarse en literatura bajo el título de modelamiento relacional, diseño variacional, o diseño basado en restricciones, u otros títulos de diversas nociones con respecto al diseño paramétrico.

c) Que comienzan por una definición minuciosa acerca de “un modelador paramétrico interactivo que permite al usuario crear un modelo maestro que puede utilizarse como la base para introducir parámetros al sistema y solicitar al usuario la especificación de constreñimientos que fijaran el modelo a través de una descripción cerrada de sus componentes.

d) El diseño basado en historia o diseño paramétrico es opuesto a diseño variacional o diseño paramétrico constructivo.

e) Los parámetros operacionales pueden ser entidades geométricas como también expresiones.

f) El modelo puede ser modificado sustituyendo los datos usados en una operación particular, recalculando el modelo se tendrán efectos de cambiar alguna de sus características manteniendo las conexiones y las relaciones entre diferentes entidades. (Monedero, 2000)

Con respecto a la aparición de las nuevas herramientas por ordenador, no hay nada que afecte la esencia de la relación entre geometría y arquitectura. Todo lo que ocurre es que ahora tenemos más métodos y mejores máquinas. Esta es la “lógica paramétrica” fundamental, y es una lógica que no dice nada sobre la arquitectura, sino sobre sus condiciones de posibilidad desde un punto de vista geométrico, identificar el modelo paramétrico, intentando definir y expandir su significado, al enfatizar las relaciones entre elementos, posicionan-

do estas manifestaciones dentro de un contexto arquitectónico. (Bravo, 2015)

El parámetro en la arquitectura. Génesis, evolución y aspiraciones.

Bernad Cache ha pretendido vincular la teoría en los procesos de diseño digitales, mediante una postura en la que asevera la existencia de parámetros en la arquitectura desde antaño (Cache, 2009), desde esta concepción Mark Burry sostiene que “todo diseño es paramétrico,” y cuestiona el uso del término como redundante, dado que todo diseño actúa evaluando un rango de parámetros durante cualquier proceso, asevera que “el propósito de modelos paramétricos sirven para constreñir la geometría a los métodos de fabricación seleccionados para su construcción”. “La geometría del diseño en modelos digitales se constriñe por los métodos de fabricación y se vinculan con el análisis de ingeniería (materialidad y carga estructural).

Las interacciones de la geometría del diseño son entonces optimizadas o ‘resueltas’ para producir variaciones de acuerdo a los parámetros de diseño específicos” y afirma que esta definición proporciona importantes conceptos acerca de las ventajas más notables de este sistema de diseño, relacionadas con las ventajas dentro de los sistemas de fabricación y construcción. (Burry, 2010)

Leach conceptualiza el proceso paramétrico como una nueva manera de enfrentar el diseño, mediante técnicas computacionales que aborden sistemas evolutivos y emergentes, desarrollando procesos de diseño inteligentes y lógicos. (Leach, 2002)

Por otra parte, Woodbury define el “modelamiento paramétrico”, también conocido como modelamiento constreñido, introduciendo un cambio fundamental: las partes de un diseño que se relacionan y cambian juntas de manera coordinada, forjar el diseño desde la concepción del flujo de datos, o las estrategias de dividir para conquistar, nombrando, pensando con abstracción, un pensamiento matemático y algorítmico. (Woodbury, 2010)

En síntesis, el modelado paramétrico, se concibe como partes que se relacionan y cambian de forma coordinada, por lo tanto, el acto de relación re-

quiere una reflexión explícita sobre el tipo de concordancia relativa y de la reparación de imponer cambios fundamentales en los sistemas y el trabajo que se hace con ellos, definiendo un nuevo campo creativo para los diseñadores. (Bravo, 2015)

EL PARÁMETRO EN LA ARQUITECTURA. GÉNESIS, EVOLUCIÓN Y ASPIRACIONES.

Bernad Cache ha pretendido vincular la teoría en los procesos de diseño digitales, mediante una postura en la que asevera la existencia de parámetros en la arquitectura desde antaño (Cache, 2009), desde esta concepción Mark Burry sostiene que “todo diseño es paramétrico,” y cuestiona el uso del término como redundante, dado que todo diseño actúa evaluando un rango de parámetros durante cualquier proceso, asevera que “el propósito de modelos paramétricos sirven para constreñir la geometría a los métodos de fabricación seleccionados para su construcción”. “La geometría del diseño en modelos digitales se constriñe por los métodos de fabricación y se vinculan con el análisis de ingeniería (materialidad y carga estructural).

Las interacciones de la geometría del diseño son entonces optimizadas o ‘resueltas’ para producir variaciones de acuerdo a los parámetros de diseño específicos” y afirma que esta definición proporciona importantes conceptos acerca de las ventajas más notables de este sistema de diseño, relacionadas con las ventajas dentro de los sistemas de fabricación y construcción. (Burry, 2010)

Leach conceptualiza el proceso paramétrico como una nueva manera de enfrentar el diseño, mediante técnicas computacionales que aborden sistemas evolutivos y emergentes, desarrollando procesos de diseño inteligentes y lógicos. (Leach, 2002)

Por otra parte, Woodbury define el “modelamiento paramétrico”, también conocido como modelamiento constreñido, introduciendo un cambio fundamental: las partes de un diseño que se relacionan y cambian juntas de manera coordinada, forjar el diseño desde la concepción del flujo de datos, o las estrategias de dividir para conquistar, nombrando, pensando con abstracción, un pen-

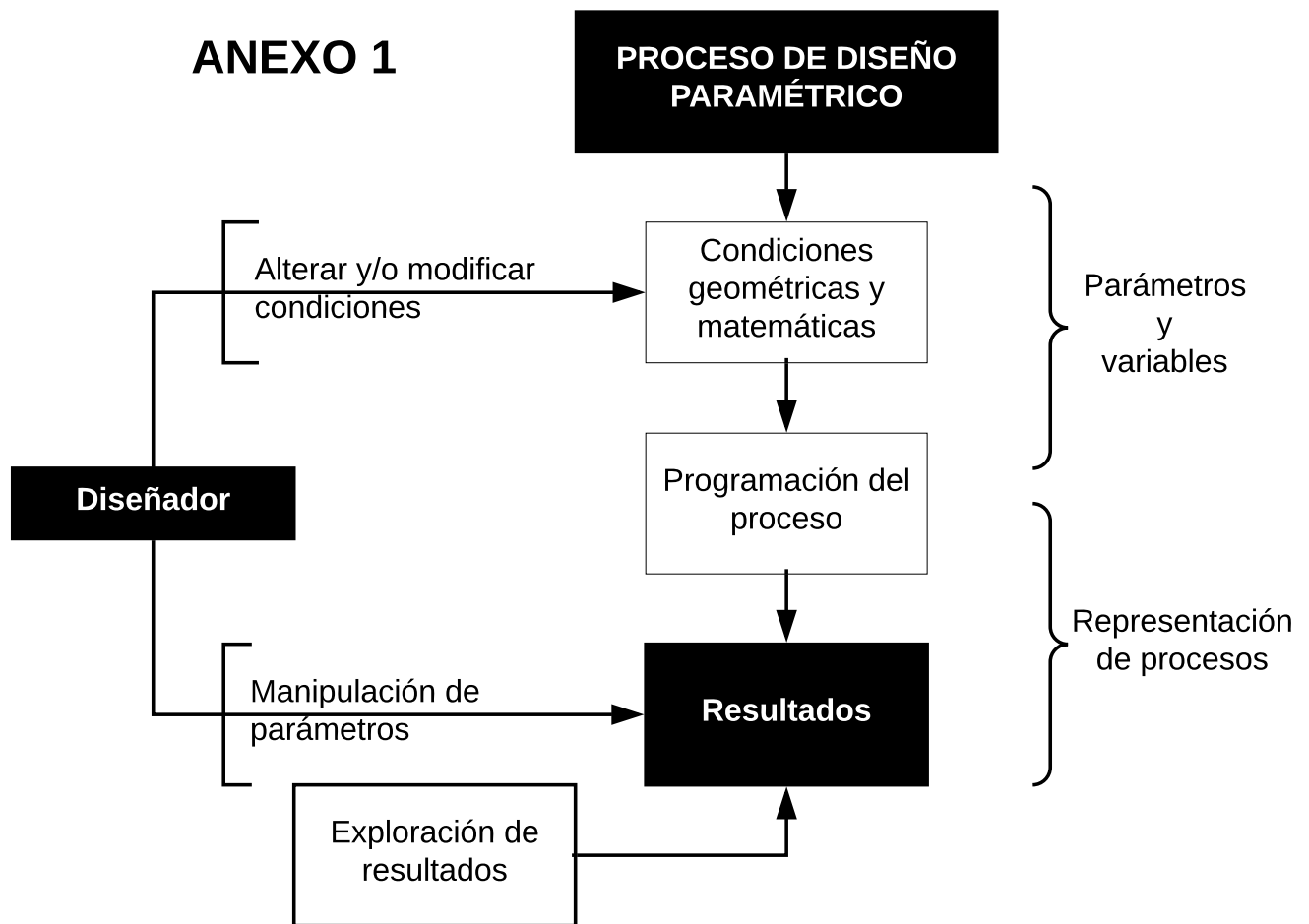
samiento matemático y algorítmico. (Woodburry, 2010)

En síntesis, el modelado paramétrico, se concibe como partes que se relacionan y cambian de forma coordinada, por lo tanto, el acto de relación requiere una reflexión explícita sobre el tipo de concordancia relativa y de la reparación de imponer cambios fundamentales en los sistemas y el trabajo que se hace con ellos, definiendo un nuevo campo creativo para los diseñadores. (Bravo, 2015)

Dicho de una manera más simple, el diseño paramétrico se realiza mediante procesos, al diseñar un proceso se desarrolla una serie de relaciones matemáticas y geométricas que crean sistemas que permiten explorar más de un resultado con premisas previamente establecidas, de tal manera que

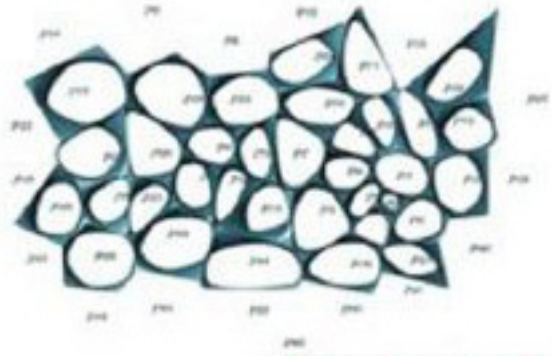
a través de este proceso se pueden manipular las variables y las propiedades modificando y comparando en tiempo real los resultados a fin de obtener el resultado más eficiente.

A través del diseño paramétrico se puede generar arquitectura eficiente que pueda adaptarse a cualquier contexto, es decir, es posible adaptar el diseño a cualquier variable dando resultados que logren satisfacer problemas complejos. Una de las mayores ventajas del diseño paramétrico es la simbiosis entre disciplinas, lo cual permite integrar cualquier variedad de criterios en cualquier etapa del diseño con la finalidad de que el modelo tridimensional no sea solo una maqueta virtual sino una herramienta capaz de otorgar resultados e información útil y contundente. (Molinare, 2011)

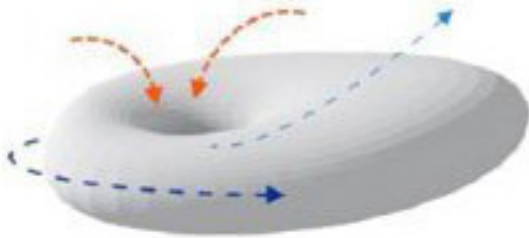




FORMA RESPONSIVA



DESARROLLO ALGORITMO



COLECCIÓN DE PROCESOS

Ilustración 4. Proceso gráfico. Fuente: (Molinare, 2011) <http://www.archdaily.mx/mx>

Sin embargo, no es novedad que los diseñadores empíricos que van transformando los procesos de diseño a partir del juego prueba-error, hayan intentado en distintos momentos de la historia, dar un paso sustentado por la mera experiencia. Tal como lo expresa la cita de Jung, son “amantes de la multiplicidad” y esto es lo que promete el diseño paramétrico, ilimitadas opciones, modificando variables.

Pero también la cita dice “sin pulimento”, es decir que estamos en la etapa de exploración, se hace necesario comenzar a abordar esta innovación con mayor precisión. Además, Jung enuncia que “el racionalista es adorador de principios abstractos y eternos”, sin ánimo de llegar a una postura tan extrema, en esta reflexión se pretende encontrar “principios” que sean comprensibles y transmisibles racionalmente. (Navarrete, 2014)

Por otra parte, el impacto que ejercen las herramientas digitales en todas las áreas del conocimiento humano resulta asombroso, a tal punto que su influencia ha llegado a redefinir las bases

de nuestra sociedad contemporánea. “Sociedad Informacional” como denomina Castells (1996) a este fenómeno, en donde estamos centrados en torno a las tecnologías informáticas y la arquitectura no se ha quedado atrás.

La aparición de la tecnología BIM (Building Information Modelling) ha revolucionado el uso de las herramientas digitales utilizadas en la arquitectura, tal es el caso del diseño paramétrico, sin embargo, la ausencia de bases conceptuales, teórica y metodológicas en este proceso de diseño, así como la inmediata incorporación de estas herramientas en la práctica arquitectónica ha generado como consecuencia la aparición de proyectos con gran impacto visual pero carentes de sentido.

En la idea errónea de concebir el diseño paramétrico como una corriente estilística de vanguardia, el efecto de su aplicación ha sido avasallador: una producción arquitectónica de gran libertad formal y de alarmante frivolidad que revela la carencia de un marco más amplio de referentes (Meredith 2008).

2. EVOLUCIÓN DE LA CIENCIA DE LA FORMA Y EL ESPACIO

GEOMETRÍA Y PARÁMETRO.

“Hablamos de construcción de la geometría con la intención de remarcar un largo proceso de germinación de las nociones y procedimientos que la definen. Pero aún más relevante es la condición incesante e inacabable de esos procesos constructivos. Menos aún puede legítimamente pensarse a la geometría como disciplina ajena a la realidad del mundo, independiente de los sujetos históricos que la orientan y enriquecen y de los marcos sociales que originan y sustentan su sentido. La otra dimensión, que se conjuga como reverso y complemento necesario de la construcción de la geometría, es la geometría de la construcción. Me refiero con esta expresión a la interpretación de la geometría como la estructura abstracta –pero decisiva– que subyace a todas las construcciones humanas. La necesidad de organizar las construcciones sobre la base de alguna geometría –sea entendida en términos específicos y directos o en términos metafóricos– recorre toda la gama de las producciones humanas, ya se trate de elaboraciones materiales, teóricas, políticas o poéticas”. (Doberti, 2004)

La geometría y la arquitectura poseen un camino interesante a lo largo de la historia del pensamiento occidental. La geometría aporta su capacidad de interpretar la estructuración del mundo y de la razón, mientras que la arquitectura contribuye con su capacidad para transformar los aspectos semánticos y físicos del hábitat. Los diferentes avances en la representación geométrica han definido las características de los espacios arquitectónicos que van: desde el rigor modulador del clasicismo y el nacimiento de la geometría euclidiana hasta el contemporáneo, la incorporación del cálculo matemático digital y su fuerte revisión del espacio cartesiano tradicional. (Chiarella, 2009)

En palabras de Doberti “Pocas disciplinas establecieron nexos tan recurrentes y fecundos con la geometría como lo ha hecho el diseño, pero precisamente esta habitualidad muchas veces ha opacado la consciencia de lo profundo y esencial de dicha relación. Las nociones de forma y de espacio serán los carriles que nos posibilitarán recuperar y reformular esa maravillosa interpenetración que se desarrolló a lo largo de la historia.

Relación que se establece entre quienes ejerzamos las artes rigurosas y generosas que derivan de la observación, la reflexión, la comprensión y la transformación tanto del mundo que objetivamente nos alberga como del que imaginativamente albergamos. La geometría, (en su posibilidad de interpretar, a la vez, la estructuración del mundo y de la razón) y el diseño (en su posibilidad de transformar, a la vez, la materialidad y el significado del medio que habitamos) tienen un necesario y abierto camino de diálogo. (Doberti, 2004)

A través de principios lógicos y mediante la abstracción, la ciencia de la forma y el espacio permite comprender y representar todo lo que nos rodea, la geometría facilita el acceso a la realidad y reinventarla, de tal manera que se sitúa entre la percepción y los conceptos en los que nace, es el instrumento para ordenar la realidad percibida, la geometría crea la capacidad para convertir en pensamiento cualquier imagen y viceversa.

La geometría por ser sustancia del pensamiento es abstracta y deductiva, no obstante, a su origen etimológico y al hecho de ser considerada como ciencia, se sitúa en el pensamiento antiguo a través de un uso pragmático (como recurso técnico de aplicación práctica) manifestándose siglos antes (Mesopotamia y Egipto) de que los griegos comenzaran a definir sus principios. Recién a partir del siglo III antes de JC, con la obra de Arquímedes y de Euclides, junto con la ciencia desarrollada en Alejandría, será cuando el acercamiento deductivo se haga principalmente mediante la ciencia matemática. Desde entonces la finalidad de la geometría ya no será solo de aplicación directa a la práctica ya que lo que se propone es estudiar y comprender los fenómenos y las formas de la naturaleza mediante la creación de un modelo sintético y analítico del mundo real. (Chiarella, 2009)

La geometría es el más poderoso instrumento para concebir y proyectar la arquitectura. Mediante la geometría es posible garantizar la optimización de la forma, mejorar los patrones organizativos garantizando sistematicidad tecnológica y rigor constructivo. Aspectos funcionales, tecnológicos, simbólicos y culturales se sostienen desde lógicas geométricas que se irán modificando en coherencia con cambios y rupturas en las formas de pen-

sar, hacer y proyectar el ambiente humano según parámetros culturales y temporales. (Blackwell, 1984)

El siglo XIX generó una ruptura formal y conceptual con la tradición constructiva arquitectónica y la geometría, el sistema clásico de proporciones geométricas preserva solamente el concepto de modularidad como el soporte de la racionalización de la forma. Surge la determinante concepción práctica en la resolución de los problemas espaciales, en la cual la modularidad geométrica se adapta a los resultados del cálculo gráfico, el análisis científico y a las exigencias de otros materiales y sistemas constructivos. De tal manera que la geometría descriptiva y ortogonal generan la comprensión y análisis de las formas y del espacio determinando, que rige hasta la actualidad la arquitectura y el diseño.

Sin embargo, con el surgimiento y la incorporación de los avances tecnológicos se generaron tipologías formales que dieron pie a las vanguardias artísticas de principios de siglo XX.

De acuerdo a Chiarella las nuevas formas compositivas de la geometría nacidas de las vanguardias son:

a) La sintaxis volumétrica espacial se organiza, mediante un sistema modular que organiza la forma.

b) Se inicia la retícula estructural de hormigón armado extendiéndose a todo el espacio y sometiendo a todas las partes del conjunto a una repetición modular tridimensional de medidas en forma de una jaula prismática que ordena sus superficies.

c) La geometría resultante de la arquitectura es de base aritmética y posteriormente evolucionará en la posibilidad de descomponer el edificio en piezas repetidas que puedan producirse industrialmente.

d) La modulación no solo se convierte en la racionalización de la forma y el espacio como componentes culturales, sino sobre todo de las posibilidades técnicas constructivas.

e) El racionalismo define, además, las tipologías de la ciudad contemporánea en términos estrictamente geométricos y con una visión cartesiana totalizadora.

tamente geométricos y con una visión cartesiana totalizadora.

f) Se conserva el esquema general de agrupación de sistemas independientes de tipologías diversas (Alvar Aalto, Hans Scharoun, Eero Saarinen).

g) Surgen conceptos espaciales y morfológicos contextuales con mayor libertad a partir del abandono de las simetrías estructurales y cierto distanciamiento del ángulo recto.

h) Se explora la incorporación de formas y contornos más difusos de superficies continuas quebrando el prisma contenedor y la repetición serial de elementos estructurales a favor de la fluidez, de la plástica del espacio y de cada pieza estructural.

i) Al quebrar el prisma puro de la retícula estructural ordenadora, la estructura incorpora elementos independientes y deja de proponerse como una repetición modular seriada de piezas.

j) Surgen estructuras laminares de hormigón armado (Torroja, Fuller, Candela, Nervi), a través de la resistencia mecánica de los materiales (Eladio Dieste) o a partir del desarrollo de membranas traccionadas y mallas espaciales suspendidas (Frei Otto).

k) Nace la revolución formal a partir del control geométrico y del proceso de ejecución de formas orgánicas espaciales iniciando sólidos antecedentes que retomarán algunas arquitecturas contemporáneas, superficies de simples curvaturas (cilíndricas y cónicas) superficies sin clásticas (esféricas) y superficies anti clásticas (parabólicas e hiperbólicas).

La crítica al pensamiento cartesiano y sus modos de entender el espacio (geometría euclidiana), así como las nuevas invenciones estructurales, combinadas con el desarrollo informático, abren nuevamente el campo de las geometrías con una amplitud muy superior a las experimentadas por las tendencias más formalistas. (Boudon, 1980)

ANEXO 3

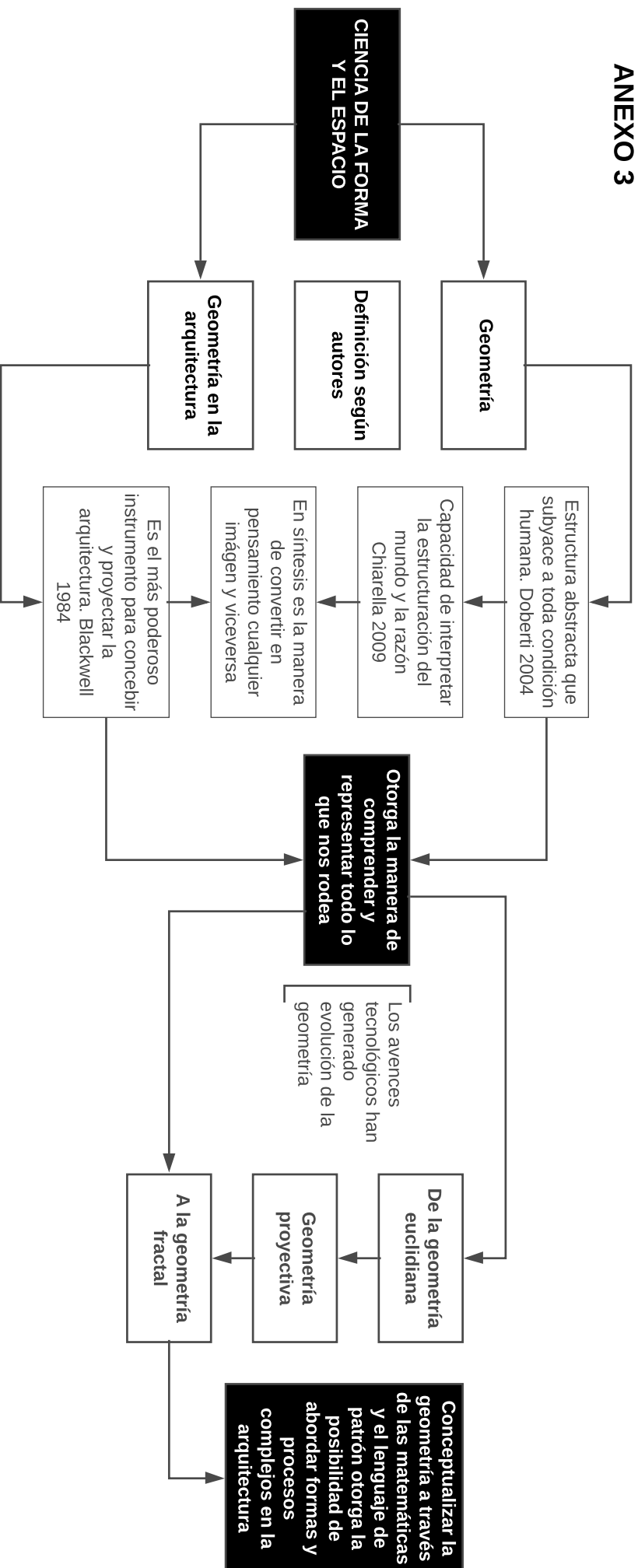


Ilustración 6. Evolución de la Ciencia de la Forma y el Espacio. Fuente: (Gómez, 2017) Autoría propia.

“Así, los volúmenes rotos, torsionados e inestables de Peter Eisenman, como las maclas minerales y hendiduras de Daniel Libeskind o las diagonales veloces y fugaces de Zaha Hadid, hablan de fracturas abiertas y móviles, heridas de geometría inesperada en pieles arbitrarias y tensas: son cristales de cuarzo brillantes y exfoliados con violencia por Matta-Clark o Smithson. Por su parte, entre el expresionismo con ecos de Amsterdam de Henri y Bruno Gaudin, que distorsiona y descompone sus apoyos formales, y el surrealismo imprevisible y vagarosos de Peter Kulka hay todo un abanico

de arquitecturas vegetales y fraccionadas, de las estructuradas y mórbidas como San Sebastianes de Enric Miralles, a los paisajes artificiales, amables y crueles de Rem Koolhaas. Finalmente tanto los caracoles inquietantes de Ushida-Finlay como los tentáculos deformes de Gehry remiten a un mundo de cuevas uterinas e interiores orgánicos, donde habitan también los alabeos dadaístas de Van Berkel o las formas flácidas herederas de Oldenburg, para dibujar un panorama invertebrado, re-blandecido y fofo que es la última expresión del organicismo descompuesto”. (Fernandez, 1996)

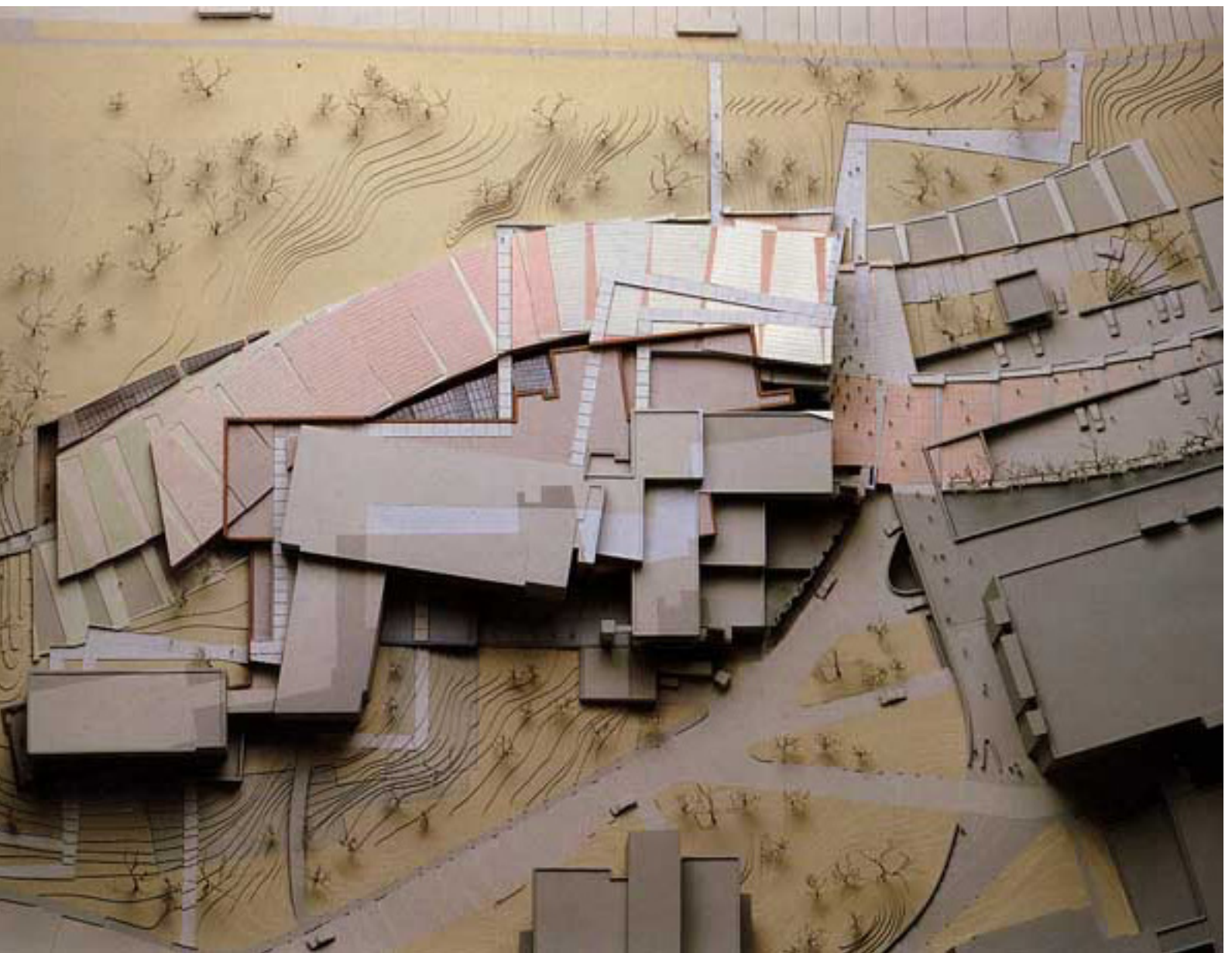


Ilustración 7. Centro Anoroff de Diseño, Arquitectura, Arte y Planeamiento. Eisenman. Ohio. 1988-1999.
Fuente: (Mansan, 2014) <https://proyectos4etsa.wordpress.com/2014/02/11/centro-anoroff-de-diseno-y-arte-19881996-peter-eisenman-3/>





Izquierda. Ilustración 8. Ampliación del Museo de Denver. J. Beskind, 2003. Fuente: arq.com.mx, 2010. http://noticias.arq.com.mx/Noticias/659.html#WH3Gcs1_IU
Derecha. Ilustración 9. Proyecto Estadio Olímpico de Tokio. Hadid, 2015. Fuente: http://noticias.arq.com.mx/Noticias/1659.html#WH3Gcs1_IU

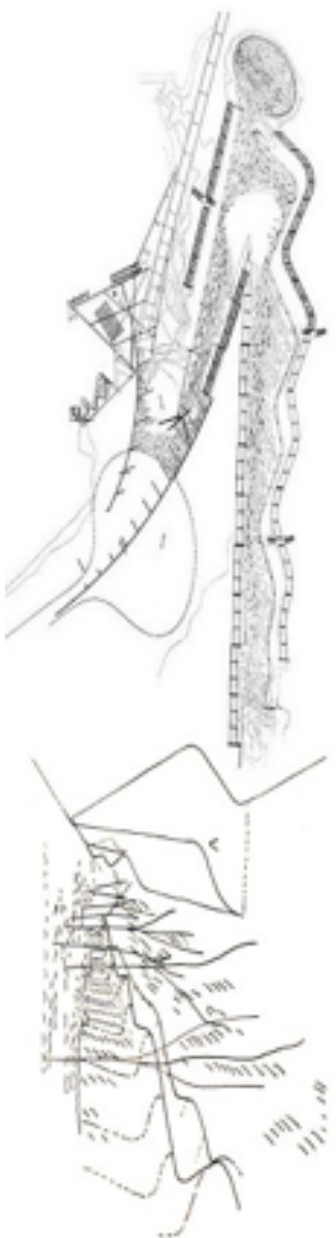


Ilustración 10. Parc Nou del Cementeri d'Igualada, Miralles/Pinos, Barcelona, 1992. Fuente: (Studio G., s.l.) <http://www.gestudios.es/portafolio/p-l-o-t-11-parque-del-cementerio-de-igualada-miralles-pinos/>

Ilustración 11. Proyecto Chemnitz Stadium. Kalka. Montreal. 1995. Fuente: (CCA, 2016) <https://www.acquired.com.mx/tecnologia/ca-presenta-arquitectura-digital-complejidad-convention/>



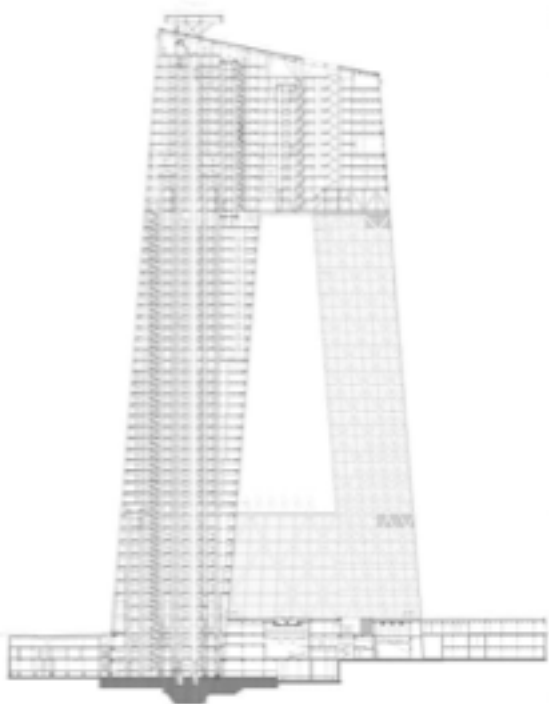


Ilustración 12. Torre CCTV. Kollhaas. Beijing, 2012.
Fuente: (Duque, 2012) <http://www.archdaily.mx/mx/02-159363/sede-de-cctv-oma>

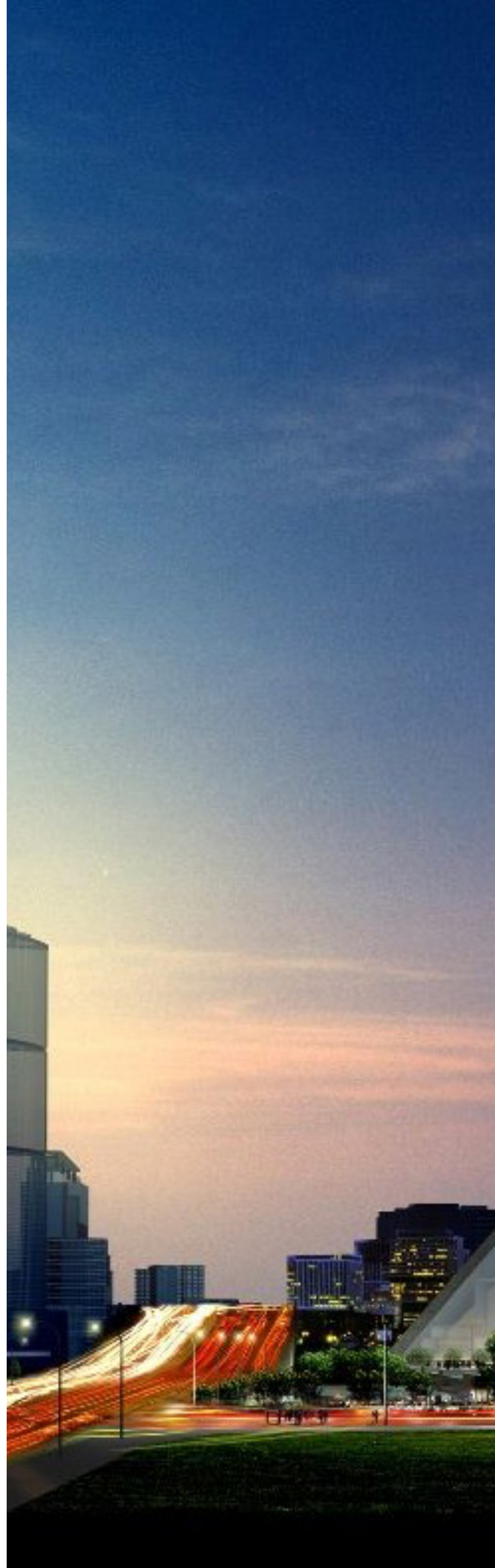






Ilustración 13. Proyecto The Hill. Ushida-Findlay. Londres. 2007. Fuente: (GRPH, 2016) <http://grph-findlay-ushida.blogspot.mx/2016/01/proyectos-ushida-findlay-architects.html>



Ilustración 14. Clinic Lou Ruvo. Gehry. Las Vegas. 2010. Fuente: (dD, 2010). <http://diariodesign.com/2010/05/frank-gehry-disena-un-centro-para-enfermos-de-alzheimer-en-las-vegas/>

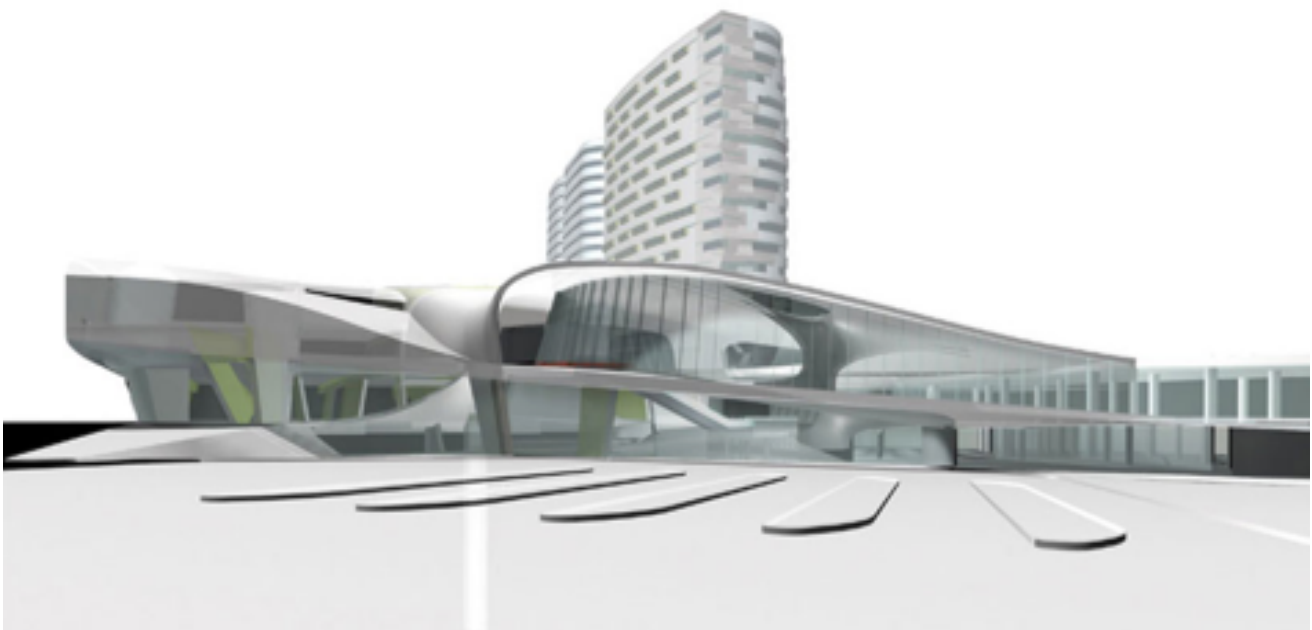


Illustration 15. Offices of the Master Plan. Van Berkel. Arnhem. 2000-2004. Fuente: (Boom, 2003) <http://www.designboom.com/interviews/ben-van-berkel-designboom-interview/>

Como es evidente, no es posible replicar en la arquitectura las formas de los sistemas permanentemente mutables de la naturaleza en la inmensidad de formas y procesos que se relacionan entre sí mediante la geometría clásica, sin embargo, en este tenor, los avances tecnológicos han logrado un acercamiento a los mecanismos internos que son la fuente de dicha complejidad.

Entender la naturaleza desde la geometría exige conceptualizarla a través de las matemáticas y el lenguaje de patrón, el cual establece la base del diseño paramétrico, con el objetivo de dilucidar y reflexionar sobre las acepciones dinámicas, los pensamientos interconectados y en permanente evolución de las variables y elementos contextuales que componen y determinan estos conceptos.

LENGUAJE DE PATRÓN

Christopher Alexander desarrollo el sistema de diseño por parámetros (A Pattern Language) para dar valor a la serie de necesidades que presenta un proyecto y que son difíciles de registrar, estas necesidades resultan obvias para la experiencia, sin embargo no siempre se documentan, Alexander utilizó el término lenguaje de patrón para señalar problemas presentes constantemente en el desarrollo del diseño arquitectónico y civil, aquellos que van desde la forma de disponer una ciudad a cómo deben situarse las ventanas en una habitación.

Alexander da la siguiente definición de patrón: “Cada patrón describe un problema que ocurre una y otra vez en nuestro entorno, para describir después el núcleo de la solución a ese problema, de tal manera que esa solución pueda ser usada más de un millón de veces sin hacerlo ni siquiera dos veces de la misma forma”. (Alexander, 1968)

En diferentes programas de estudio de arquitectura este sistema se utilizó en el proceso de enseñan-

za aprendizaje, con el fin de acotar a los aspectos funcionales primarios la complejidad de un proyecto, de este modo se podía diseñar por medio de un sistema de relaciones evitando conflictos entre las distintas áreas, similar al procedimiento de zonificación donde se clasifican las áreas en función a la actividad.

De acuerdo a James Coplien un buen patrón debe cumplir los siguientes requisitos:

a) Debe solucionar un problema: los patrones capturan soluciones, no sólo principios abstractos o estrategias.

b) Son conceptos probados: los patrones proponen soluciones que han sido probadas, no teorías o especulaciones.

c) La solución no es obvia: la mayoría de las técnicas de resolución de problemas (tales como métodos de diseño) intentan derivar soluciones partiendo de principios básicos.

d) Los mejores patrones generan una solución para un problema indirectamente, una aproximación necesaria para los problemas de diseño más complejos.

e) Describen una relación: los patrones no deben describir módulos, sino que deben describir sistemas, estructuras o mecanismos más profundos.

f) El patrón debe tener un componente humano importante: todo software sirve para el confort humano o para la calidad de vida; los mejores patrones recurren explícitamente a la estética y a la utilidad. (Coplien, 1998)

Según Alexander, un lenguaje de patrones provee la misma expresividad que un lenguaje natural, pero aplicada a la arquitectura, bajo la siguiente taxonomía. (Buschmann, 1996)

ANEXO 4

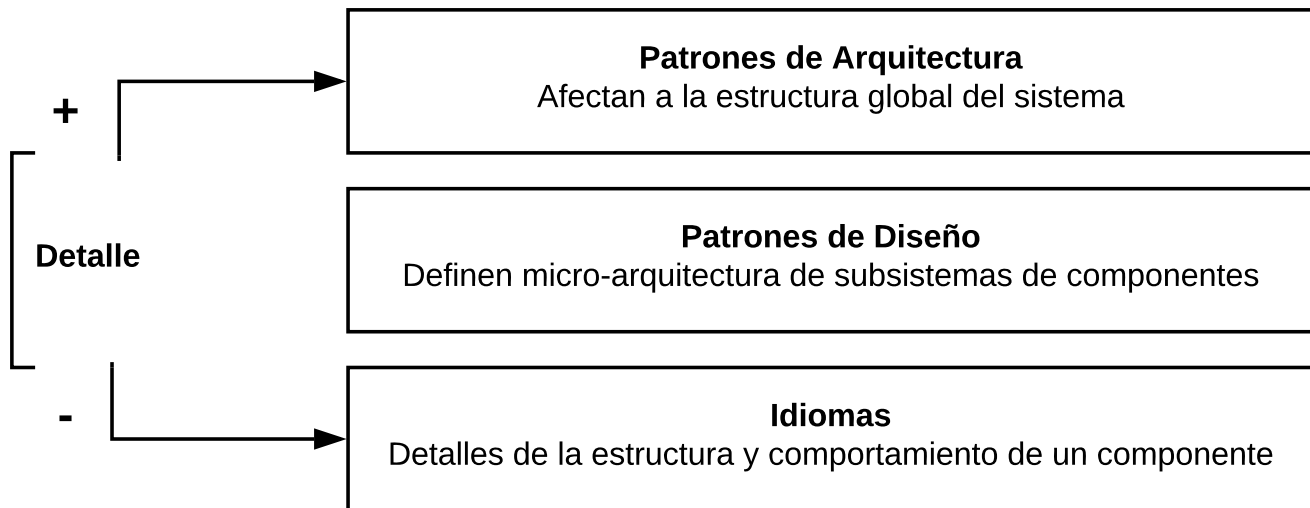


Ilustración 16. Taxonomía de parámetros. Alexander. Fuente: (Welicky, s.f.) <https://msdn.microsoft.com/es-es/library/bb972242.aspx>

El lenguaje de patrones útil se genera a través de una relación coherente y asociativa entre unos y otros, según Alexander, está implícita la idea de que los patrones deben estar organizados en estructuras lógicas o estructuras intuitivas. Dependiendo del tema, la estructura puede variar, cada patrón debe indicar su relación con otros patrones y con el lenguaje en sí.

Por lo tanto, si se quiere diseñar paramétricamente se debe desarrollar en primera instancia la definición de las variables (parámetros), posteriormente los indicadores medibles y de acuerdo a estos se generará la forma. La concepción de las ciencias, particularmente de las matemáticas y la geometría, a través de las innovaciones tecnológicas ha desarrollado un papel protagónico en el lenguaje y en las manifestaciones de la arquitectura, incorporando a la práctica profesional, nuevas posibilidades.

DEL LENGUAJE DE PATRÓN A LOS SISTEMAS COMPLEJOS

Gabriel Bernasconi explica de manera muy clara en su tesis la simbiosis del lenguaje de patrón en los sistemas complejos, expone de manera textual que el primer arquitecto en hacer referencia a los

sistemas complejos fue el austríaco Christopher Alexander, quien asistió a los primeros congresos sobre las ciencias de la complejidad junto a Simon. La formación anterior de Alexander como físico y matemático le brindó una visión más amplia sobre el mundo de la arquitectura, llevando sus esfuerzos académicos a aplicar sus conocimientos sobre las nuevas ciencias de la complejidad al diseño.

“Soy, como algunos sabréis, matemático de origen. Dedicé muchos años en los sesenta a intentar definir una visión del diseño aliada a la ciencia [...] Jugué con la investigación de operaciones, la programación lineal, todos estos juguetes fascinantes que la matemática y la ciencia nos ofrecían e intenté ver como todo esto podía darnos una nueva visión del diseño, que diseñar y cómo diseñarlo.” (Alexander, 1968)

Posteriormente, Alexander toma el concepto de auto-organización de Morin, llevándolo al área de los sistemas complejos adaptativos con relación a la arquitectura y formula que la auto-organización es un proceso que construye las redes internas a través de la conectividad, en el cual una energía adicional de enlace es necesaria para mantener a los componentes juntos, de manera paralela, la morfogénesis natural une la materia estableciendo múltiples conexiones a diferentes escalas e incre-

mentando la coherencia global de todo el sistema.

Para ejemplificar lo anterior Nikos Salingaros puntualiza las siguientes características de los sistemas complejos

a) Son irreductibles, en el sentido que representan mucho más que la suma de sus partes.

b) La red de conexiones que mantiene unidos a sus componentes establece la crucial estructura organizacional que hace que el sistema funcione.

c) Un sistema complejo no puede ser entendido observando a cada componente por separado, y la separación en componentes lo destruye.

d) El concepto de emergencia es utilizado para describir esta propiedad.

e) Cuando los componentes se unen para formar un sistema complejo, surgen propiedades que no pueden ser explicadas salvo al hacer referencia al funcionamiento del todo.

f) Es en realidad la conectividad la que dirige al sistema: con el objeto de crear un todo, las conexiones crecen y proliferan, utilizando a los componentes y aferrando nodos que forman una red coherente.

g) La arquitectura y el urbanismo son ejemplos primarios de campos con fenómenos emergentes.

h) Las ciudades y los edificios con vida tienen esta propiedad de increíble interconexión, que no puede ser reducida a los componentes del edificio o del diseño. (Salingaros, 2001)

Bernasconi continúa en la reflexión de que cada componente, desde los grandes elementos estructurales hasta el más pequeño ornamento, se unen en una coherencia global que crea un todo mucho más importante que la mera suma de sus partes.

Este es el concepto primordial sobre el que se basan los sistemas complejos y que sirve de base para el desarrollo conceptual del diseño paramétrico y algorítmico mediante herramientas de incalculable valor que facilitan la exploración creativa del

diseño generativo.

Años más tarde Charles Jencks propone de la misma manera que Alexander la aplicación de las ciencias de la complejidad en la arquitectura, concretamente en las formas autoorganizativas, autosemejantes, fractales, dinámicas no lineales y el concepto de emergencia.

Jencks hace énfasis sobre el aspecto cultural que el paradigma de la complejidad trae aparejado sobre la sociedad y por ende, sobre la arquitectura, más que en lo meramente científico. Jencks plantea un paralelismo entre lo que ocurre en la ciencia y en la arquitectura; el paradigma de la era moderna se basaba en la ciencia de Newton que demostraba que el universo funcionaba como un mecanismo, al igual que las obras de los grandes maestros modernos como Le Corbusier o Mies van der Rohe. (Bernasconi, 2016)

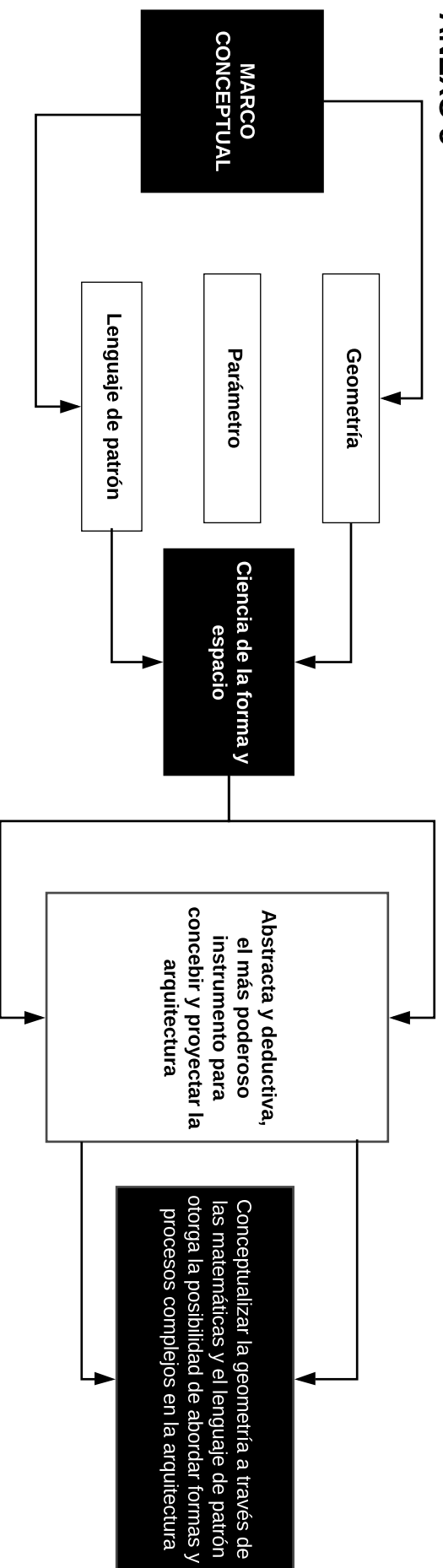
“Se trataba de una metáfora del Universo concebido como una máquina. A pesar de sus movimientos rotatorios relativos, no se trataba de un objeto orgánico sino mecanicista, materialista y determinista.” (Jencks, 2004)

Jencks plantea cinco facetas de la nueva ciencia que se aplican a la arquitectura contemporánea:

- La fractalidad.
- La tecnología orgánica.
- Las formas topográficas.
- Las ondulatorias
- La arquitectura cosmogénica.

Así, el lenguaje de patrón exige modificar la manera de diseñar y de conceptualizar el proyecto debido a que a través de este sistema se visualizan procesos no objetos, por tal motivo se hace evidente la exploración de teorías filosóficas como la teoría de las ciencias de la complejidad, a fin de que poder entender de manera clara como se integran estas lógicas del pensamiento complejo a los procesos de diseño.

ANEXO 5



3. CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD

SISTEMAS COMPLEJOS. CONNOTACIONES Y TIPOLOGÍA.

Un sistema es un conjunto de elementos o partes que interactúan entre sí a fin de alcanzar un objetivo concreto. De aquí se desprenden dos implicaciones fundamentales:

a) Existe una influencia mutua entre sus elementos, de forma que el cambio experimentado en uno de ellos repercute y afecta inevitablemente al resto.

b) Una serie de elementos reunidos (es decir, un conjunto), que no persigue un propósito común (un objetivo), de ninguna manera constituye un sistema.

Sin embargo, a diferencia de la primera de las características, se debe indicar que ésta es subjetiva, en consecuencia, para que el comportamiento de un sistema esté adecuadamente descrito, es necesario conocer, además de sus elementos, las interacciones o relaciones entre ellos.

Pero no sólo eso: también se requiere saber sus estados (los valores instantáneos de todos los elementos) y sus transiciones (los cambios dinámicos de esos estados). En otras palabras, se deben describir tanto la estructura (lo que es el sistema) como la función (lo que hace el sistema).

Un sistema es algo más (y algo menos) que la simple suma de sus elementos constitutivos, por un lado, emergen propiedades nuevas que no pueden atribuirse a ninguno de ellos; y, por otra parte, se reprimen o inhiben algunas de sus propiedades intrínsecas.

Existen varios ejemplos de ello. Los cardúmenes, los enjambres y las manadas se comportan - como conjunto- de manera distinta a como lo hacen sus individuos componentes. Una neurona por sí misma no posee ningún tipo de inteligencia, pero miles de millones de ellas interactuando entre sí pueden originar una mente, algo totalmente diferente. Este comportamiento surge únicamente cuando el sistema se considera como un todo, como algo

global y colectivo.

Existe una heterogénea clasificación de los sistemas atendiendo a diferentes perspectivas:

a) Dado que todo sistema se encuentra inmerso en un medio ambiente, en general, éste va a afectar tanto su funcionamiento como su rendimiento. Para medir, en cierta forma, esta influencia o interacción aparece el concepto de permeabilidad. Los sistemas escasamente permeables (es decir, aquellos que no intercambian o intercambian poca materia, energía o información con el entorno) se conocen con el nombre de sistemas cerrados. Por el contrario, los sistemas de permeabilidad alta son los que presentan mucha interacción con el medio ambiente y se denominan sistemas abiertos. Entre estos dos extremos existe toda una gama de diferentes grados de permeabilidad.

b) Dentro de la categoría de sistemas abiertos, están aquellos que son influidos pasivamente por el medio ambiente, llamados no adaptativos, y los que reaccionan y se adaptan al entorno, llamados adaptativos.

c) Los sistemas también pueden dividirse en dinámicos y estáticos, según modifiquen o no su estado interno a medida que transcurre el tiempo. Un sistema particular que, a pesar de estar inmerso en un entorno cambiante, mantiene su estado interno, se llama homeostático. Los sistemas altamente homeostáticos siguen las transformaciones del contexto a través de ajustes estructurales internos. No obstante, si el sistema no puede acomodarse al “esfuerzo tensional”(estrés) que padecen por parte del medio ambiente -modificando su estructura o su función- puede transformarse o deteriorarse parcial o totalmente, temporal o permanentemente. La resistencia de un sistema al estrés depende tanto de su estructura como de su función.

SISTEMAS COMPLEJOS.

Los sistemas complejos se caracterizan fundamentalmente porque su comportamiento es imprevisible. Sin embargo, complejidad no es sinónimo de

complicación: este último hace referencia a algo enmarañado, enredado, de difícil comprensión. En realidad, y por el momento, no existe una definición precisa y absolutamente aceptada de lo que es un sistema complejo, pero pueden darse algunas peculiaridades comunes.

a) Está compuesto por una gran cantidad de elementos relativamente idénticos. Por ejemplo, las células en un organismo, o las personas en una sociedad.

b) La interacción entre sus elementos es local y origina un comportamiento emergente que no puede explicarse a partir de dichos elementos tomados aisladamente. Un desierto puede contener billones de granos de arena, pero sus interacciones son excesivamente simples comparadas con las que se verifican en las abejas de un enjambre.

c) Es muy difícil predecir su evolución dinámica futura; o sea, es prácticamente imposible vaticinar lo que ocurrirá más allá de un cierto horizonte temporal.

En la naturaleza se pueden encontrar una gran cantidad de ejemplos de sistemas complejos que se extienden desde la física hasta la neurología, desde la economía hasta la biología molecular, desde la sociología hasta las matemáticas.

Por ese motivo, esta clase de sistemas no constituye un caso raro ni excepcional, sino que se manifiesta en la inmensa mayoría de los fenómenos que se observan a diario, sin embargo, y a pesar de su gran diversidad y abundancia, se pueden identificar conductas dinámicas genéricas, no importa su naturaleza (física, química, biológica o social); entre ellas, las leyes de crecimiento, la autoorganización y los procesos colectivos emergentes.

Como ejemplos de sistemas complejos se pueden mencionar -entre otros- una célula, un cerebro, un organismo, una computadora, un ecosistema, una sociedad de insectos, un sistema inmunológico o una economía de mercado.



Ilustración 18. Colonia de abejas. Fuente: <https://ecocolmena.com/la-apicultura/>

La mayoría de los sistemas complejos son inestables, se mantienen delicadamente equilibrados, cualquier variación mínima entre sus elementos componentes puede modificar, de forma imprevisible, las interrelaciones y, por lo tanto, el comportamiento de todo el sistema. Así, la evolución de esta clase de sistemas se caracteriza por la fluctuación, situación en la que el orden y el desorden se alternan constantemente. Sus estados evolutivos no transcurren a través de procesos continuos y graduales, sino que suceden por medio de reorganizaciones y saltos. Cada nuevo estado es sólo una transición, un período de "reposo entrópico."

Estos sistemas nunca llegan a un óptimo global, al estado de mínima energía, en general, crecen progresivamente hasta que llegan al límite de su desarrollo potencial, en ese instante, sufren un desorden, una especie de ruptura que induce una fragmentación del orden pre-existente, pero después, comienzan a surgir regularidades que organizan al sistema de acuerdo con nuevas leyes, produciendo otra clase de desarrollo.

Este comportamiento es típico en los sistemas naturales: por ejemplo, el tránsito, en los insectos, del huevo a la larva y de ésta a la crisálida. En consecuencia, la organización de los sistemas complejos se da en diferentes niveles. Las leyes que gobiernan la causalidad de un dado nivel, pueden ser totalmente diferentes a las de un nivel superior.

AUTO-ORGANIZACIÓN.

El orden y el desorden se necesitan el uno al otro, se producen mutuamente; son conceptos antagó-

nicos, pero, al mismo tiempo, complementarios, en ciertos casos, un poco de desorden posibilita un orden diferente y, a veces, más rico, así, por ejemplo, un organismo puede seguir viviendo a causa de la muerte de sus células; o una organización se perpetúa gracias a la desvinculación de sus miembros. La variación y el cambio son etapas inevitables e ineludibles por las cuales debe transitar todo sistema complejo para crecer y desarrollarse. Cuando esta transformación se consigue sin que intervengan factores externos al sistema, se denomina "auto-organización. La auto-organización se erige como parte esencial de cualquier sistema complejo, es la forma a través de la cual el sistema recupera el equilibrio, modificándose y adaptándose al entorno que lo rodea y contiene, en esta clase de fenómenos es fundamental la idea de niveles.

Las interrelaciones entre los elementos de un nivel originan nuevos tipos de elementos en otro nivel, los cuales se comportan de una manera muy diferente, por ejemplo, entre otros, las moléculas a las macromoléculas, las macromoléculas a las células y las células a los tejidos, de este modo, el sistema auto-organizado se va construyendo como resultado de un orden incremental espacio-temporal que se crea en diferentes niveles, por estratos, uno por encima del otro.



Ilustración 19. Diversos ejemplos de sistemas autoorganizados en la naturaleza. Fuente: <http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=64>



Ilustración 19. Diversos ejemplos de sistemas autoorganizados en la naturaleza. Fuente: <http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=64>

Los sistemas autoorganizados se mantienen dentro del estrecho dominio que oscila entre el orden inmutable y el desorden total, entre la constancia rígida y la turbulencia anárquica. Una condición muy especial, con suficiente orden para poder desarrollar procesos y evitar la extinción, pero con una cierta dosis de desorden como para ser capaz de adaptarse a situaciones novedosas y evolucionar, es lo que se conoce como transiciones de fase, el borde del caos, es en esta delgada franja en donde se ubican los fenómenos que edifican la vida y las sociedades. Por último, se puede aclarar que, aunque no es posible analizar matemáticamente la evolución de muchos de estos sistemas, se los puede explorar través de experimentos numéricos (por medios computacionales), esto se debe a que, desde el punto de vista computacional, son sistemas irreducibles; es decir, la única forma de estudiar su evolución es mediante la observación directa (o sea, permitiendo que evolucionen). Para su estudio, en consecuencia, se emplean potentes sistemas computacionales en donde se simulan sus componentes, sus conexiones y sus interacciones, observándose la dinámica emergente.

SISTEMAS CAÓTICOS.

Durante el siglo pasado, los científicos clasificaban a los sistemas según su grado de predictibilidad. Así, un sistema es determinístico cuando su comportamiento inmediato es predecible, determina-

do, y es probabilístico (estocástico) cuando no hay certeza de su estado futuro, sólo una probabilidad en su comportamiento, no obstante, esta clasificación ha sufrido severos embates durante el último medio siglo, por ejemplo, se descubrió que muchos sistemas dinámicos no lineales se comportan -en ciertas condiciones- de forma tan compleja que parecen probabilísticos, aunque, en realidad, son determinísticos.

En otras palabras, a pesar de que las reglas -a nivel local- son muy simples, el sistema -a nivel global- puede tener un comportamiento inesperado, no predecible. Se trata de un sistema caótico, una de las singularidades que caracterizan a los sistemas caóticos es que dependen sensiblemente de las condiciones iniciales, un insignificante cambio en las condiciones de partida se amplifica y propaga exponencialmente a lo largo del sistema y es capaz de desencadenar -a futuro- un comportamiento totalmente diferente.

Es decir, configuraciones iniciales casi idénticas, sometidas a influencias externas casi iguales, acaban transformándose en configuraciones finales absolutamente distintas, es este el motivo por el cual es prácticamente imposible hacer una predicción del estado final de estos sistemas complejos.

Sin embargo, el caos no es más que un desorden solamente en apariencia, tiene muy poco que ver con el azar, aunque parecen evolucionar de forma aleatoria y errática, estos sistemas tienen en realidad un orden interno subyacente, por eso, aun cuando son impredecibles, también son determinables, esto significa que su estado futuro está determinado por su estado actual y obedece estrictas leyes naturales de evolución dinámica.

Estos sistemas son tan irregulares que jamás repiten su comportamiento pasado, ni siquiera de manera aproximada, por ejemplo, y aun cuando se conozcan con gran precisión las ecuaciones meteorológicas y se puedan medir las variables críticas (temperatura, humedad, presión, masa y velocidad del viento), es muy difícil predecir con exactitud las variaciones climáticas más allá de un cierto tiempo posterior.



Ilustración 20. Tormenta eléctrica.

Fuente: <https://www.abc.es/tecnologia/redes/20150519/abci-tormentas-electricas>

Otros sistemas caóticos lo constituyen los fluidos en régimen turbulento, la dinámica de la atmósfera, las reacciones químicas, la propagación de enfermedades infecciosas, los procesos metabólicos de las células, el mercado financiero mundial, los movimientos de grupos animales (cardúmenes o enjambres), la aparición aperiódica de epidemias, la arritmia del corazón, la red neuronal del cerebro humano, etc.

El caos parece formar parte de la estructura misma de la materia y está muy ligado a los fenómenos de auto-organización, ya que el sistema puede saltar espontánea y recurrentemente desde un estado hacia otro de mayor complejidad y organización, un ejemplo típico es el agua que se desliza a través de una canilla en un goteo desordenado y, súbitamente, forma un chorro ordenado.

Estos sistemas se caracterizan por su flexibilidad y adaptación (y, en consecuencia, por su estabilidad), lo cual les permite enfrentar las condiciones cambiantes e impredecibles del entorno, operan bajo una extensa gama de condiciones, ya que parecen estar formados por una compleja estructura de muchos estados ordenados, aunque normalmente ninguno de ellos se impone sobre los demás (a diferencia de un sistema ordenado, que presenta un único comportamiento), por lo tanto, se puede controlar su evolución con ínfimas correcciones, a fin de forzar la repetición de ciertas trayectorias.

En otras palabras, si se los perturba adecuadamente, se los puede obligar a que tome uno de los muchos posibles comportamientos ordenados.

FRACTALES Y NATURALEZA.

La teoría del caos estudia la evolución dinámica de ciertas magnitudes, al representar geométricamente el conjunto de sus soluciones, aparecen modelos o patrones que los caracterizan, existe un comportamiento caótico cuando dichos modelos -a lo largo de extensos períodos de tiempo- oscilan de forma irregular, aperiódica; parecen girar asintóticamente en las inmediaciones de ciertos valores, como si describieran órbitas alrededor de ellos, estos valores se conocen con el nombre de atractores caóticos, atractores extraños o, simplemente, atractores (debido a que parecen atraer las soluciones hacia ellos) y su particularidad es que presentan propiedades fractales.

Un fractal es una estructura geométrica que tiene dos características principales: la auto semejanza y la dimensión fraccionaria.

a) La auto semejanza significa que posee estructura similar cualquiera sea la escala en que se la observa; es decir, a través de sucesivas ampliaciones (diferentes cambios de escala) se repite su forma fundamental (conserva el mismo aspecto).

b) La dimensión fraccionaria mide el grado de irregularidad o de fragmentación de un objeto: una dimensión entre 1 y 2 significa que se comparten las propiedades de una recta y de un plano. No obstante, la fractal no tiene el mismo significado que las dimensiones del tradicional espacio euclidiano: fractales con dimensiones enteras (1 y 2), no se parecen en nada a una línea o a un plano, respectivamente.

En general, las formas encontradas en la naturaleza son ejemplos de fractales: vasos sanguíneos y sus capilares, árboles, vegetales, nubes, montañas, grietas tectónicas, franjas costeras, cauces de ríos, turbulencias de las aguas, copos de nieve, y una gran cantidad de otros objetos difíciles de describir por la geometría convencional.

Se trata de formas en perpetuo crecimiento, por eso, cuando se observa una imagen o una fotografía de un fractal, se lo está viendo en un determinado instante de tiempo, congelado en una etapa precisa de su desarrollo y es justamente este concepto de proceso natural de crecimiento o de

desarrollo lo que vincula a los fractales con la naturaleza.

Una estructura fractal se puede generar por la repetición infinita de un proceso bien especificado (o sea, está gobernado por reglas determinísticas), así, la naturaleza es capaz de crear eficazmente infinitud de formas -con diferentes grados de complejidad- únicamente reiterando innumerablemente el mismo proceso, e ínfimas modificaciones en las condiciones iniciales o en los parámetros de ese proceso pueden provocar imprevisibles cambios finales.

Es por eso que la mayoría de los procesos caóticos originan estructuras fractales, y es por eso, también, que muchos fenómenos naturales aparentan tener una enorme complejidad, aunque -en realidad- poseen la misma regularidad geométrica (concepto de auto semejanza), sólo así se explica que existan 6.000 millones de seres humanos diferentes, a pesar de que el proceso de gestación sea idéntico y que una mínima diferencia en el código genético de chimpancés y humanos haya engendrado especies tan distintas, este proceso también puede esclarecer, en buena medida, cómo la escasa información contenida en una célula germinal es capaz de originar seres tan increíblemente complejos.

El desarrollo de un sistema se verifica al pasar de un estado más general y homogéneo (indiferenciado) a otro más especial y heterogéneo (diferenciado), esta transición se da gracias a la "especialización" y a la "división del trabajo," progresivamente algunos elementos se encargan de acciones específicas, al tiempo que se observa una subordinación a elementos dominantes (llamadas, a veces, "partes conductoras").

De esta forma, se instala en el sistema un "orden jerárquico" de partes o procesos, este principio de diferenciación es muy frecuente tanto en biología como en psicología y, aun, en sociología, en el desarrollo embrionario, por ejemplo, las células se van agrupando y subordinando a los llamados "organizadores," en el cerebro también se comprueba una superposición de "estratos neuronales" que adoptan el papel de partes conductoras, algo similar ocurre en el comportamiento social: para

poder diferenciarse, un conjunto de personas debe agruparse alrededor de uno o varios líderes.

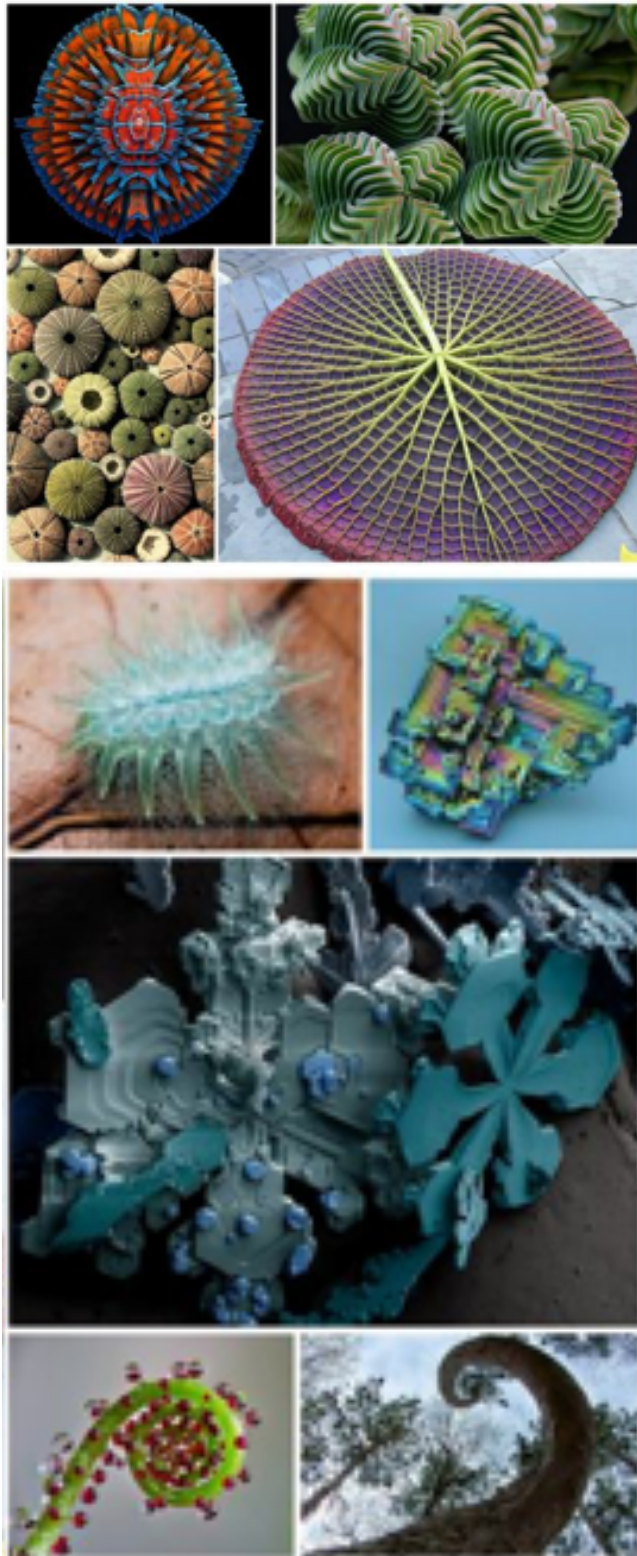


Ilustración 21. Fractales presentes en la naturaleza.
Fuente: http://arquimedes.matem.unam.mx/PUEMAC/PUEMAC_2008/fractales/html/naturaleza.

REDES COMPLEJAS.

Muchos sistemas biológicos, sociales o de comunicación se pueden describir adecuadamente a través de redes complejas cuyos nodos representan individuos u organizaciones y los enlaces simbolizan las interacciones entre ellos, una clase importante de redes son aquellas que cumplen con las reglas de un "mundo pequeño", cuya topología exhibe dos rasgos esenciales: todo nodo está fuertemente conectado con muchos de sus vecinos pero débilmente con algunos pocos elementos alejados (fenómeno conocido como apiñamiento, agrupamiento o "clustering") y todo nodo puede conectar a cualquier otro con sólo unos cuantos saltos (en otras palabras, existe una pequeña "distancia" entre ellos), esto implica dos cosas: que la información se transfiere muy rápidamente entre dos elementos cualquiera, y que existe un pequeño número de nodos claves por donde circula un gran porcentaje del tráfico total.

Son redes de mundo pequeño las conexiones neuronales en algunos gusanos, el patrón de difusión de una epidemia, la estructura de una red de transmisión eléctrica, la navegación a través Internet, las proteínas en una célula humana, los patrones lingüísticos, las redes de colaboración social, las relaciones entre especies de un ecosistema, etc.

Muchas de estas redes de mundo pequeño son también "redes independientes de la escala" (scale-free networks), que se caracterizan por un escaso número de nodos con muchos enlaces (denominados "concentradores" o "hubs") y una enorme cantidad de nodos con muy pocas conexiones, este tipo de estructura explica por qué algunas redes son generalmente muy estables y robustas (frente a posibles errores aleatorios), pero muy propensas a ocasionales colapsos catastróficos (por posibles ataques maliciosos).

En efecto, si se elimina una gran fracción de nodos al azar, la red todavía es capaz de funcionar con normalidad; pero si se quita alguno de los concentradores, el sistema puede sufrir una hecatombe, es lo que ocurre, por ejemplo, cuando fallece o desaparece el líder de un partido político o de un equipo de fútbol. Esta topología también es capaz de explicar la gran capacidad de crecimiento de estas redes y por qué insignificante puede

transformarse en un fenómeno de colosales proporciones si encuentra el camino adecuado.

Ahora bien, ¿cómo surge este tipo de orden?, aparentemente, estas redes siguen el mismo patrón de auto-organización de los sistemas complejos: los nuevos nodos agregados tienden a formar conexiones con aquellos que ya están bien conectados (las partes conductoras mencionadas en el apartado anterior), en otras palabras, los nodos no se conectan entre sí al azar, sino que se agrupan o apiñan en torno a los hubs, los nodos más atractivos, por ejemplo, los nuevos artículos científicos citan a otros ya bien establecidos y las nuevas páginas web se conectan a los buscadores más conocidos.

De allí que los hubs también parecen ser los responsables de mantener la cohesión de este tipo de redes e, incluso, de permitirle evolucionar, ya que pequeñas perturbaciones en ellos pueden ocasionar cambios en el funcionamiento de la red, asimismo, algunos investigadores especulan -es necesario aclarar- que los sistemas naturales evolucionan hacia redes de mundo pequeño, porque tienen una elevada tolerancia a las fallas (la conexión de cualquier pareja de nodos puede establecerse a través de varios caminos alternativos), y hacia redes independientes de la escala, porque utiliza más eficientemente los recursos que las redes aleatorias (resuelve adecuadamente el conflicto entre las necesidades de bajo costo y alto rendimiento).

Aun cuando su funcionamiento puede ser muy diferente entre una red y otra, el hecho de que compartan la misma topología permitiría estudiar las más complejas a partir de las más simples, así, por ejemplo, si las redes neuronal y genética pertenecieran a la misma categoría genérica, los científicos podrían aprender mucho más sobre el sistema nervioso escudriñando el sistema genético, el cual es relativamente más sencillo, pero también, quizás, se podrían responder algunas preguntas de difícil respuesta: ¿cuánto depende el funcionamiento de una red de su topología?, ¿cómo mejorar la confiabilidad de estas redes?, ¿cómo diseñar redes que evolucionen de manera estable?

Las reglas que determinan la dinámica de un sistema complejo suelen ser simples, sin embargo predecir el comportamiento del sistema a largo

plazo resulta casi imposible en la mayoría de las ocasiones, es muy complicado obtener resultados teóricos sobre el modelo, los científicos suelen utilizar algoritmos para aproximar la solución de estos sistemas, aunque a menudo tales algoritmos son poco eficientes o carecen de un tratamiento riguroso, de modo que la información que proporcionan es muy limitada.

No obstante, en muchos casos la simulación por ordenador es la única forma de obtener progreso en la comprensión del fenómeno, las herramientas de análisis matemático no son suficientes para explicar el modelo en cuestión, la simulación por ordenador también es una forma de experimentar.

Los datos y gráficas generados pueden proporcionar claves para entender el problema y ayudan en la búsqueda de resultados teóricos rigurosos, buscamos intuiciones y comprensión cualitativa sobre el sistema que pueden servir de guía para encontrar pruebas matemáticas, la relación entre simulación y análisis es un punto a resaltar. Teoría, experimentación y simulación son tres pilares fundamentales de cualquier ciencia moderna. (Sancho, 2016)

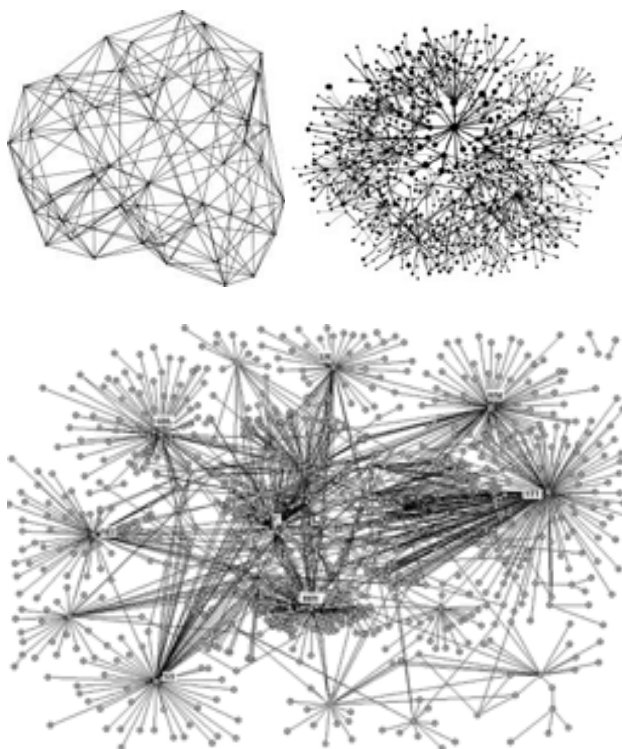


Ilustración 22. Redes complejas.
Fuente: <http://fiscayciencia.blogspot.com/2006/10/aplicaciones-de-redes-complejas.html>

EL CONCEPTO DE COMPLEJIDAD V/S EL PARADIGMA DE LA SIMPLICIDAD.

El uso de los medios análogos en la arquitectura, brinda enormes posibilidades y presenta grandes retos, la idea de complejidad hoy es clave para el desarrollo de herramientas proyectuales en la arquitectura contemporánea, pero como establece Bernasconi (2014), para abordar el tema de la complejidad, se debe retroceder hasta el paradigma de la simplicidad, el cual pretende establecer un orden en el universo reduciéndolo a un único principio o ley, la simplicidad trata lo particular y lo compuesto, pero no los afronta de manera equivalente, los aproxima en una sola dirección, separando lo adyacente y/o unificado lo disímil.

La simplicidad estudia lo individual y lo múltiple de manera aislada. Anteriormente el mundo era concebido como un mecanismo regido por leyes naturales, eternas e inmutables, sin embargo, esta noción fue refutada a raíz de la propuesta de la relatividad de Einstein, la cual sugiere representaciones del tiempo disímiles, lo anterior dio como resultado la enunciación de la una nueva teoría, la Teoría General de los Sistemas.

En la Teoría General de los Sistemas que desarrolló Ludwing Von Bertalanffy durante la década de los 40 afirma que las propiedades de los sistemas no pueden describirse significativamente en términos de sus elementos por separado. La comprensión de los sistemas sólo ocurre cuando se estudian globalmente, involucrando todas las interdependencias de sus partes, en ella propone una nueva forma de interpretar la realidad como “una interacción (entre observador y observado) que depende de múltiples factores de variada procedencia (biológica, psicológica, cultural, entre otras) y a la cual el ser humano está obligado a adaptarse en su condición histórica evolutiva”.

La propuesta de Von Bertalanffy fue convertir a la Teoría General de los Sistemas en un lenguaje científico universal con el fin de proporcionar un marco teórico y práctico a las ciencias naturales y sociales, esta teoría supuso un salto de nivel lógico en el pensamiento y la forma de ver la realidad, de tal forma que reconoce la importancia de la in-

terdisciplinariedad y la cooperación organizada de lo heterogéneo, preocupándose particularmente por la relación de los seres humanos entre sí y de los seres humanos y el mundo. (Von Bertalanffy, 1995) La premisa principal fue la de transformar la teoría general de sistemas en una expresión ecuménica indiscutible incorporando a ella la noción de la sociedad desde la perspectiva de las ciencias mediante la interdisciplinariedad y la cooperación organizada de lo heterogéneo.

PRINCIPIOS DEL PENSAMIENTO COMPLEJO.

La teoría general de los sistemas originó un cambio paradigmático que involucró disciplinas de manera sincrónica que empezó a dar respuesta a los cambios de una realidad cultural y social diversa y compleja.

De tal manera que las primeras referencias al paradigma de la complejidad las formula Edgar Morin, en contraposición al paradigma de la simplicidad. Define los siguientes principios básicos que guían el pensamiento complejo, los cuales considera complementarios e interdependientes:

- El principio sistémico u organizacional bajo el que se relaciona el conocimiento de las partes con el conocimiento del todo.
- El principio holístico que incide en que las partes están dentro del todo y el todo está en cada parte.
- El principio retroactivo que refleja cómo una causa actúa sobre un efecto y, a su vez, éste sobre la causa.
- El principio recursivo que supera la noción de regulación al incluir el de auto-producción y auto-organización.
- El principio de autonomía y dependencia en el que expresa la autonomía de los seres humanos, pero, a la vez, su dependencia del medio.
- El principio dialógico que integra lo antagónico como complementario.

El principio de la reintroducción del sujeto que introduce la incertidumbre en la elaboración del conocimiento al poner de relieve que todo conocimiento es una construcción de la mente.

El paradigma de la complejidad se ha dicho que constituye una manera concreta de orientar la forma de pensar el mundo, de construir conocimiento. Una forma que incorpora el concepto de sistema complejo adaptativo, hace suya la necesidad de un diálogo continuado entre las distintas formas de conocimiento, y niega la existencia de formas de conocimiento más simples unas que otras. (Morin, 1990)

A lo largo del tiempo se han planteado diferentes teorías que abordan la complejidad de la sociedad, como la teoría del no-equilibrio y la teoría del caos, Morin toma esta teoría como el inicio de su visión sobre la gnoseología de la complejidad, de acuerdo a sus palabras “la sociedad es un sistema global uno y complejo a la vez, dispone de calidades originales, no puede reducirse a la suma de los individuos que la constituyen”.

Es en este ámbito, donde se inserta la expresión del pensamiento complejo, concebida como el pensamiento que trata con la incertidumbre y es capaz de concebir la organización. “La turbulencia del pensamiento no es un movimiento repetitivo sino en espiral, hay regeneración después de cada nueva adquisición, modificación o turbulencia encontrada, y de allí emerge el producto del pensamiento: lo conocido se transforma en concebido, es decir, en pensamiento.” (Morin, 1990)

Morin sostiene que no se puede asumir esta noción de sujeto desde un paradigma simplista. Es necesario el pensamiento complejo; aquel “pensamiento capaz de unir conceptos que se rechazan entre sí y que son desglosados y catalogados en compartimentos cerrados” por el pensamiento no complejo. No se trata de rechazar lo simple, se trata de verlo articulado con otros elementos; es cuestión de separar y enlazar al mismo tiempo. Se trata pues, “de comprender un pensamiento que separa y que reduce junto con un pensamiento que distingue y que enlaza”. Así pues, dentro de la arquitectura se han desarrollado diferentes planteamientos de composición para alcanzar la máxima

expresión estilística, sin embargo, los resultados no pueden predecirse.

En su análisis de la Edad Moderna, Morin sitúa a Pascal como el pensador clave de la complejidad, valdría esta frase de Pascal para ilustrar la inseparabilidad que afecta a todo aquello con lo que nos enfrentamos, a todo lo que se nos presenta de forma compleja: "Siendo todas las cosas causadas y causantes, ayudadas y ayudantes, mediatas e inmediatas, y relacionándose todas por un vínculo natural e insensible que enlaza a las más alejadas y a las más distintas, consideró imposible conocer las partes sin conocer el todo, y también conocer el todo sin conocer las partes." (Morin, 1990)

Lo que Morin llama principio recursivo organizacional, que junto al principio dialógico - que se basa en la asociación compleja de instancias necesarias juntas para la existencia, el funcionamiento, y el desarrollo de un fenómeno organizado - y junto al principio hologramático - en el que no sólo la parte está en el todo, sino que el todo, en cierto modo, está en las partes- constituyen los instrumentos que nos ayudan a movernos en la Complejidad. (Villanueva 2011)

De manera paralela señala una situación paradójica: “se han adquirido muchos conocimientos sobre el mundo físico, biológico, psicológico, sociológico; han predominado los métodos de verificación empírica en la ciencia; en nombre de la razón se creyó enterrar mitos y tinieblas, y sin embargo el error, la ignorancia, la ceguera progresan por todas partes al mismo tiempo que los conocimientos. La inteligencia ciega, los errores, la ignorancia, no reconocen ni aprehenden la complejidad de lo real pues organizan el conocimiento de modo parcial, por ello se necesita de un pensamiento complejo. (Morin, 1990)

Las relaciones que se establecen entre el todo y las partes son complejas: la unión de las diversas partes constituye el todo, que a su vez retro actúa sobre los diversos elementos que lo constituyen confiriéndoles propiedades de las que antes carecían, esta relación no es meramente acumulativa, es solidaria. El productor es productor de lo que produce y el efecto, causante de lo que causa.



Ilustración 23. Mapa mental del pensamiento complejo según Edgar Morin.
 Fuente: <http://misionsucresjm.blogspot.com/2012/04/mapa-mental-sobre-pensamiento-complejo.html>

ARQUITECTURA, COMPLEJIDAD Y SU EDIFICACIÓN EN LA CIENCIA.

Herbert A. Simon, integra los términos arquitectura y complejidad. En el artículo “La Arquitectura de la Complejidad”, realiza una descripción del comportamiento de la complejidad que es aplicable al hecho proyectual. Simón plantea que: “La noción de sustituir una descripción del proceso para obtener una descripción del estado de la naturaleza ha desempeñado un papel central en el desarrollo de la ciencia moderna.

En un gran número de casos, las leyes de la dinámica, expresadas en forma de sistemas de ecuaciones diferenciales, han proporcionado la pista para la simple descripción de lo complejo. La correlación entre la descripción del estado y una descripción del proceso es fundamental para el funcionamiento de cualquier organismo adaptativo, y para su capacidad para actuar intencionadamente con el entorno. Nuestra comprensión actual de mecanismos genéticos sugiere que incluso en la propia descripción del organismo multicelular se encuentra una descripción del proceso en forma de un programa genéticamente codificado que es en definitiva una parsimoniosa y útil representación.”

(Simon, The architecture of Complexity, 1962)

En este sentido el concepto de simplicidad no deniega la admisión de lo complejo, incluso en aquello que tiene apariencia de simplicidad, subyace una extrema lógica de lo complejo, de manera adicional sostiene que la idea jerárquica en estos sistemas complejos, contiene la propiedad de descomponer, lo que simplifica en gran medida su comportamiento complejo. De tal manera que si es posible establecer una jerarquía en un procedimiento se accederá en la esencia de lo complejo y será posible dilucidar los códigos que rigen tal procedimiento.

Diversas nociones filosóficas han compuesto variedad de transformaciones científicas, de manera análoga, el pensamiento filosófico ha transitado la esfera científica. La ciencia y su desarrollo están ceñidos a la cultura vigente en un sumario de interacción bilateral, donde no predomina una correlación unidireccional. El avance científico, las manifestaciones culturales, sociales y artísticas contienen valores que no les son exclusivos, lo cual genera fronteras poco definidas entre los conceptos que sostienen y la representación de la socie-

dad en un tiempo específico.

No se puede concebir la ciencia como una actividad exclusiva para objetivos científicos o como un método infalible para determinar el conocimiento verdadero, por lo tanto, la premisa anterior da lugar a la imagen de la ciencia como una actividad condicionada por aspectos históricos y sociales, mediante la cual se edifica el saber que será temporal, relativo y permanentemente mutable, derivado de esta concepción surge el paradigma de las ciencias de la complejidad.

La construcción de una verdad ecuménica apela a la construcción de una verdad totalizadora, sin embargo, dicha concepción ha sido puesta en duda por las ciencias sociales desde hace varios años.

Por lo tanto, las concepciones que construye el modelo científico que pretende explicar el todo a partir de sus partes no alcanzan a visualizar los fenómenos del estudio de los elementos aislados dejando de lado las propiedades que emergen de en la interacción con otros elementos.

“Existe una visión estática que consiste en que consideramos a nosotros mismos en tanto organismos; estamos constituidos por 30 o 50 mil millones de células: En modo alguno, y creo que Atlan justamente precisó, no estamos constituidos por células, estamos constituidos por interacción de dichas células. El universo obedece estrictamente a leyes deterministas y todo lo que parece desorden solo es una apariencia debido únicamente a la insuficiencia de nuestro conocimiento. Las nociones de orden y ley son necesarias pero insuficientes. La antigua visión, la visión simplificante, es una visión en la que evidentemente la causalidad es simple, es exterior a los objetos, es lineal.” (Morin, 1990)

Es decir, de la misma manera en la que la Teoría del Caos actúa en las ciencias exactas como las matemáticas o la física donde se establece que pequeñas variaciones en condiciones iniciales pueden implicar grandes diferencias en el comportamiento futuro, el diseño paramétrico actúa de manera similar, bajo los mismos principios, por lo tanto, es posible establecer que así como en las ciencias de la computación un parámetro es una variable

que posee valores asignados previamente a fin de modificar su comportamiento en el tiempo de ejecución, en el diseño paramétrico bajo las mismas premisas se relacionan elementos para manipular y comunicar el diseño de geometrías y estructuras complejas, el uso de parámetros o variables que permiten manipular o alterar el resultado final de una ecuación o sistema.

Gran parte de la ciencia de la complejidad se enfoca en el estudio de los sistemas naturales dinámicos a través de teorías que se relacionan y complementan entre sí como la teoría del caos, la teoría de los fractales, el estudio de la auto-organización, estos fortalecen los conceptos clave como la no-linealidad, el azar, la emergencia, la auto organización y la misma complejidad, de tal manera que el objetivo de esta ciencia es el movimiento en este sentido orden-desorden-organización.

La ciencia de la complejidad incorpora conceptos de materia, energía, espacio, agregando además conceptos metafísicos como la irreversibilidad, la complementariedad e indeterminación.

En síntesis, complejidad es lo que está tejido en conjunto: es un tejido de constituyentes heterogéneos inseparablemente asociados, que presenta la paradoja de lo uno y lo múltiple. Es también el tejido de eventos, acciones, interacciones, retroacciones, determinaciones, azares que constituyen nuestro mundo fenoménico.

DEL PARÁMETRO A LA MORFOGÉNESIS. IMPULSORES Y VANGUARDIAS.

“Solo es cuestión de tiempo antes de que la tecnología informática sea capaz de reducir a términos construibles las complejidades inherentes de las formas” (Kiesler, 1957)

Kiesler aunado a artistas y arquitectos como Antonio Gaudí, Erich Mendelsohn, Frei Otto, Kiyonori Kikutae en la década de 1960 comenzaron a modelar estructuras complejas, sin embargo, no fue hasta la década de 1980 que los avances en el diseño paramétrico se volvieron útiles para los arquitectos, los avances científicos de la morfología de las plantas y de los animales se empezaron a utilizar en la práctica arquitectónica.

Arquitectos como Louis Sullivan, Mies van der Rohe, Lazlo Moholy-Nagy, Sir Patrick Geddes entre otros fueron influidos por escritos como “La metamorfosis de las plantas” de Goethe (1790), “Forma y función” de Russell (1916), sin embargo, a pesar de los avances para dar forma a los patrones biológicos mediante modelos matemáticos desarrollados por Alan Turing en 1952 y Astrid Lindenmayer en 1968. La morfología se convirtió en una ciencia demasiado complicada, donde las estructuras cambiantes y los patrones confusos de la vida orgánica eran complicados de analizar y evaluar, sin embargo el estudio de la geometría fractal de la naturaleza de Manderlbrot (1982) y los estudio de la evolución de Falconer (1990) en la teoría de fractales dieron paso a la simulación de formas biológicas (morfogénesis) de tal manera que la simulación de formas sencillas de vida marina como corales y esponjas y su respuesta ante diversos estímulos medibles empezaron a ser analizados y reconstruidos mediante modelos de diseño paramétrico en el ordenador, así la aplicación de simulaciones morfológicas en la arquitectura comenzó a finales de los años 80 a través de imágenes en movimiento para animar las formas arquitectónicas.

La visión de la realidad, la reflexión sobre la complejidad y su aprovechamiento son las vías sobre las que se erigen los estudios de los sistemas complejos, en el caso de los métodos proyectuales y particularmente de la arquitectura, se encuentran proyectos a finales de la década de los ochenta desarrollados por arquitectos como Peter Eisenman, Greg Lynn, Frank Ghery, Bernard Tschumi y Daniel Libeskind, sustentados en pensamientos de filósofos como Deleuze y Derrida, los cuales ya vislumbraban una concepción sobre una realidad compleja.



Ilustración 24. Museo Judío. Libeskind
Fuente: (Yunis, 2015) <http://www.archdaily.mx/mx/772830/clasicos-de-arquitectura-museo-judio-berlin-daniel-libeskind>

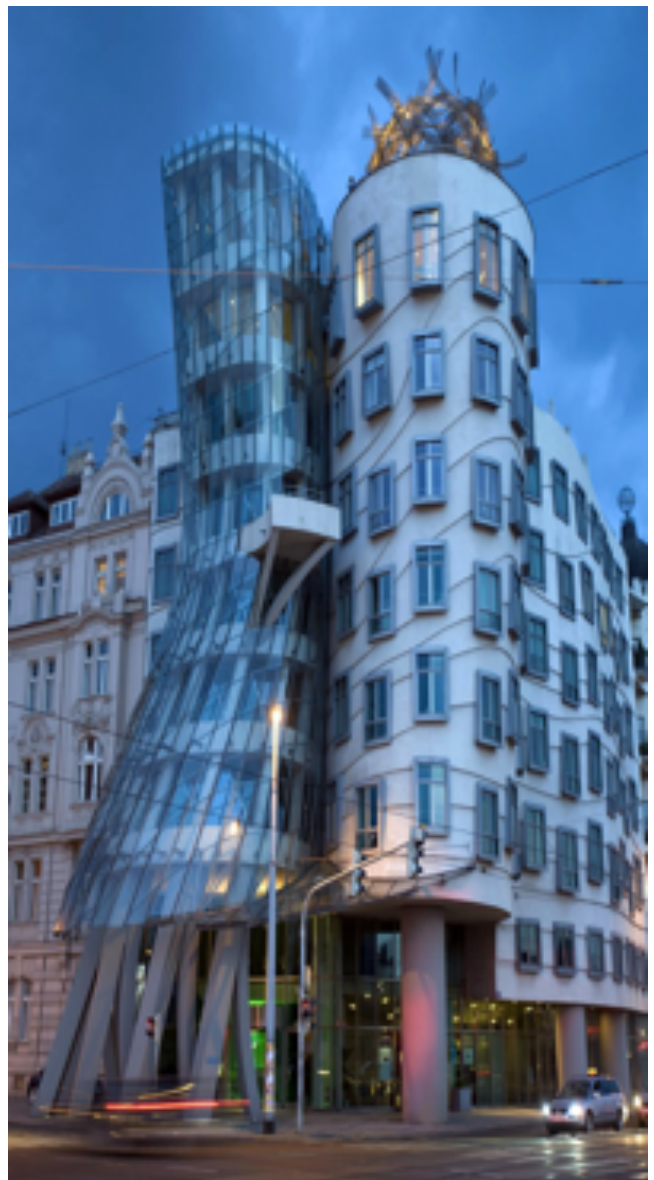


Ilustración 25. Casa Danzante Frank Gehry. Praga 1992
Fuente: (Arkiplus, 2014) <http://www.arkiplus.com/el-edificio-que-baila>

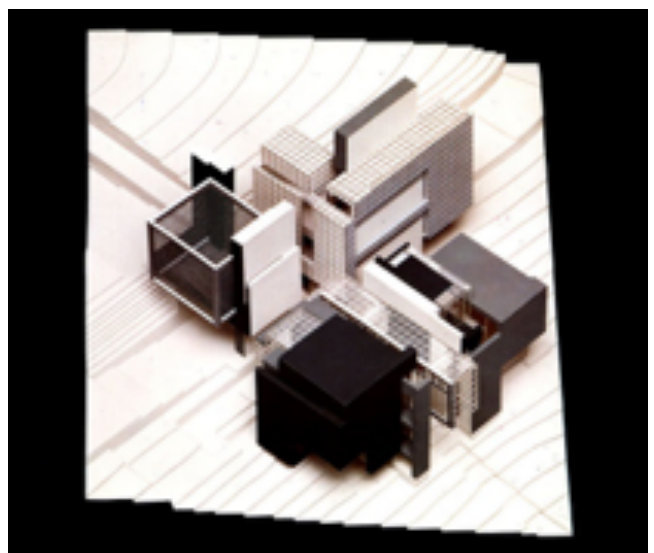


Ilustración 26 House X Peter Eisenman. 1975
Fuente: (Eisenman, 2015) <http://www.eisenmanarchitects.com/house-x.html#images>

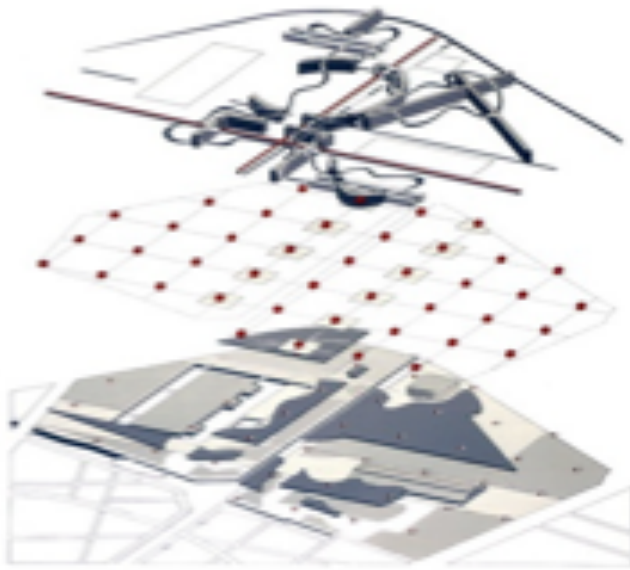


Ilustración 27 Park de la Villette Bernard Tschumi. Paris, 1982
Fuente: (Garnidetti, 2012) <http://tecnne.com/urbanismo/parc-de-la-villette/>

Años más tarde Greg Lynn se convirtió en el principal teórico y diseñador de la arquitectura morfo-genética, en su libro “Forma animada” (1999) establece las bases para el desarrollo de la arquitectura mediante sistemas genéticos y códigos morfológicos a través del ordenador.



Ilustración 28 Casa Embrionaria Greg Lynn. 1997
Fuente: (Gutierrez, 2014) <http://cerosyunosyelprocesonumerico.blogspot.mx/>

En 1995 Ben Van Berkel y Caroline Bos Studio publicaron el libro “Rubber-Mat Project for Rotterdam, 2045,” en este material los autores describen la manera de utilizar herramientas computacionales para la creación de grandes infraestructuras urbanas mediante la introducción de una gama de criterios paramétricos mediante un software de animación.

Posteriormente en 1999 Peter Eisenman demuestra mediante el proyecto del museo del muelle Branly que era posible la aplicación de la tecnología en la creación de formas complejas.



Sin embargo en el afán de la forma comenzaron a aparecer de manera insensata proyectos poco coherentes y demasiado difíciles de construir, de tal manera que arquitectos como Lynn, Massie, Burry, Goulthorpe, Reise, Hadid, etc comenzaron a profundizar en la manera de desarrollar técnicas de diseño y fabricación que investigaran las ideas pertinentes a los sistemas paramétricos para dar resultados más aterrizados. (AIACC, 2012)

De esta manera, diversos arquitectos comenzaron a explorar el campo del diseño paramétrico, Yusake Obushi de la Universidad de Princeton, presentó una tesis en la que incorporó los principios del diseño paramétrico creando una superficie generadora de energía que emulaba los movimientos de las corrientes oceánicas, de la misma forma Michael Hensel produjo en colaboración con el despacho Ocean North produjeron algunos de los textos más amplios sobre los sistemas y prácticas del diseño paramétrico morfo-genético aplicado a la arquitectura.

Para 2002 el despacho Foreign Office Architects (FOA), concluyó la Terminal Internacional del Puerto de Yokohama, este proyecto demostró que las formas complejas relacionadas a una serie de parámetros podrían ser organizadas y construidas.

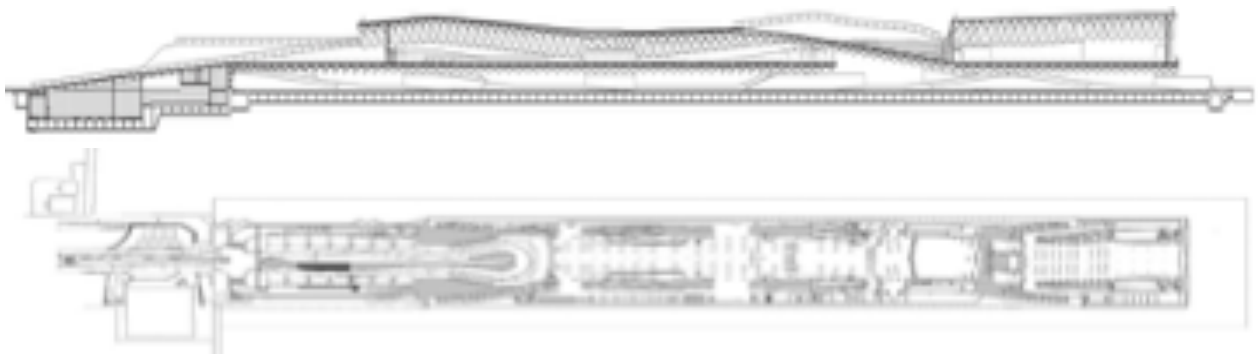
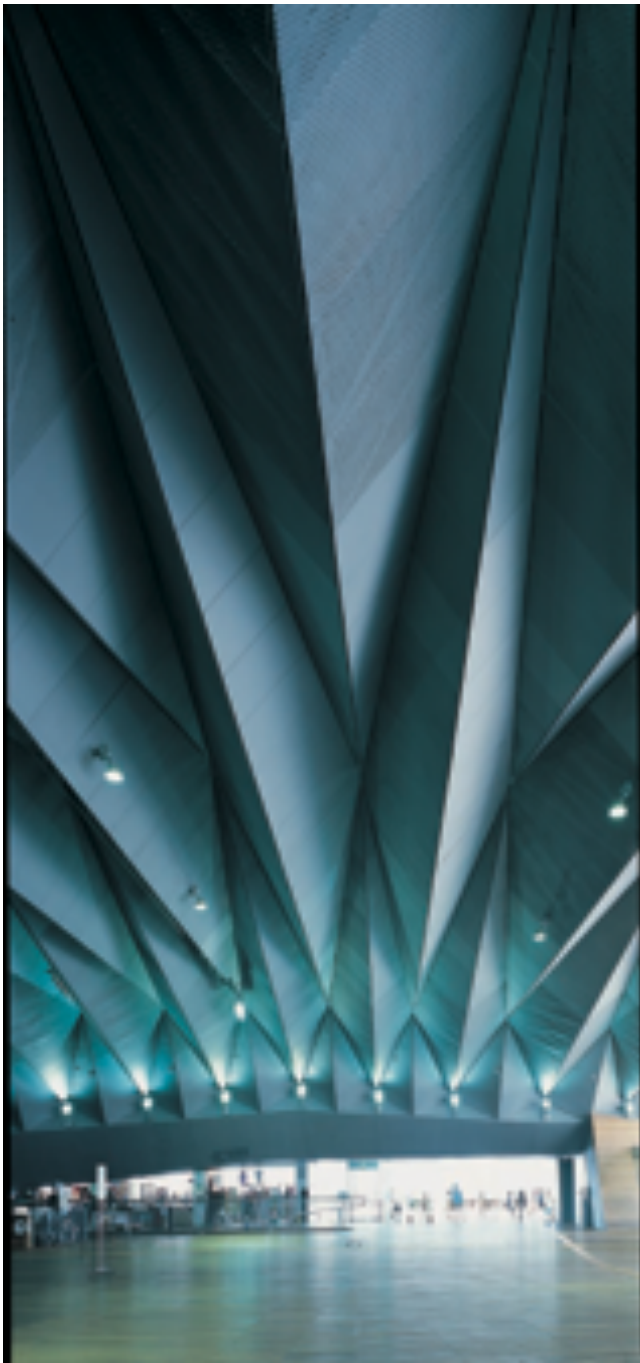


Ilustración 30. Terminal Internacional del Puerto de Yokohama, FOA. 2002,
Fuente: (Langdon, 2014) <http://www.archdaily.mx/mx/628249/clasicos-de-arquitectura-terminal-internacional-de-pasajeros-de-yokohama-foreign-office-architects-foa>

En 2005 Isa Iwamoto y Creig de Scott desarrollaron el proyecto Jelly Fish House, el cual se ha “inspirado en la idea de coexistir en el entorno al igual que una criatura del mar.” Como tal, está diseñado para funcionar “como una piel mutable de capas.” Esta casa se compone de lo que lo rodea en simbiosis con los procesos ecológicos de su sitio.

La superficie exterior, es parcialmente porosa, se forma lo que los arquitectos llaman una “camisa de agua”, con “deflectores acolchados,” en las que el agua puede fluir para ser tratada y limpiada. En el área superior la cámara actúa no sólo como un recinto físico, sino como una tecnología activa, inteligente, dedicada a la rehabilitación de su propio entorno. La piel, una malla paramétrica, captura, filtra y almacena el agua de lluvia para su uso en el hogar.

Los canales de agua en las cavidades purifican el líquido mediante luz ultravioleta. Durante la filtración, la casa se ilumina suavemente con el cambio de tonos de color azul.

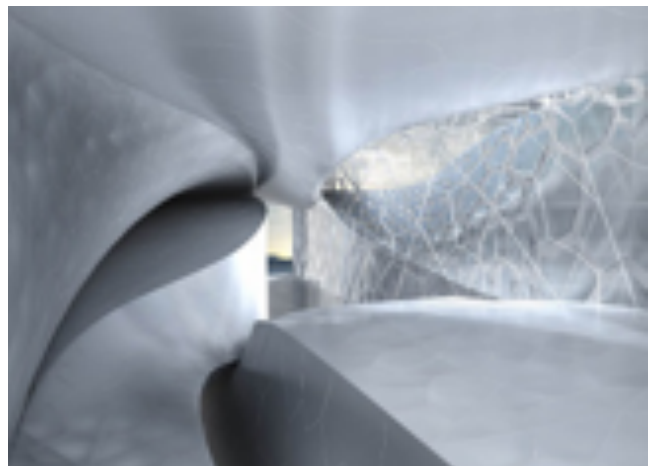
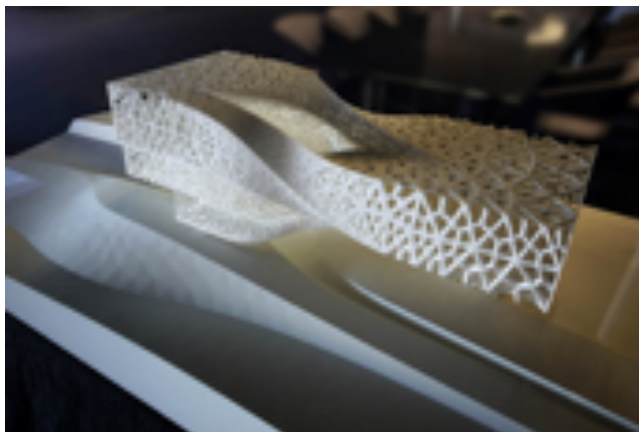
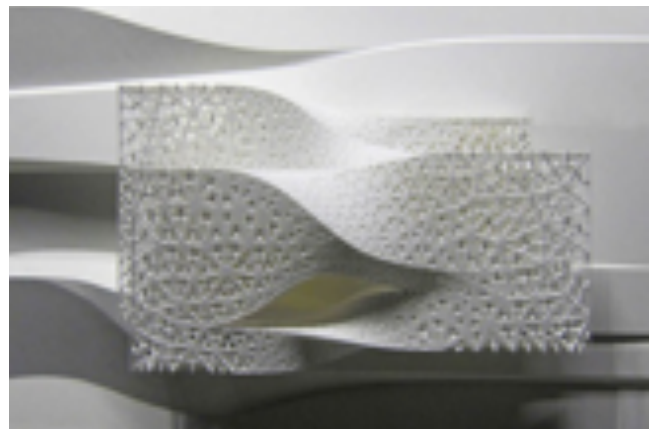


Ilustración 31: Jelly Fish House. Iwamoto Scott Architecture. 2005
Fuente: (Toledo, 2016) <http://www.arch2o.com/jellyfish-house-iwamotoscott-architecture/>

De manera subsecuente y con el objetivo de volver construibles edificios de estas características, Gehry Partners y Morphosis demostraron ser las fuerzas impulsoras detrás de la innovación en la construcción, con este objetivo, en 2002 Gehry Partners crea el equipo de investigación y tecnología Gehry Technologies para apoyar los avances tecnológicos en la arquitectura, de manera paralela Thom Mayne líder de Morphosis expone que era posible diseñar edificios innovadores, ambientalmente útiles y construibles, tal es el ejemplo de la torre Phare, diseñada de 2006 a 2009 y construida de 2010 a 2014, el cual es uno de los edificios más avanzados en el uso de la tecnología de procesos de diseño y fabricación paramétrica.

Basándose en el poder paramétrico, la Torre Phare reúne elementos físicos y de infraestructura dispares, los cuales se sintetizan de una forma que se integran perfectamente el edificio en la idiosincrasia de su sitio al tiempo que expresa múltiples flujos de movimiento, la torre representa los avances tecnológicos para convertirse en un referente cultural.

La compleja estructura y la piel se adaptan a la forma no estándar de la torre al mismo tiempo que responden a una serie de complejas consideraciones físicas y ambientales. La tecnología integrada en la Torre Phare captura el sol y el viento para la producción de energía de manera que se reduce de forma selectiva la ganancia solar, aumentando al máximo la luz del día sin deslumbramiento. Su piel de alto rendimiento se transforma con los cambios de luz, llegando a ser opaca, translúcida o transparente desde diferentes ángulos y puntos de vista. A medida que asciende desde su base trípode, se engrosa ligeramente el perfil asimétrico de la torre para dar cabida al hall, posteriormente se vuelve más delgado en respuesta a la carga de viento, para finalmente disminuir progresivamente en una maraña de turbinas de viento en el techo.

La estructura dinámica de la torre responde a sus necesidades del sitio, del medio ambiente y de rendimiento, la tecnología con la que cuenta la Torre Phare permite aprovechar el viento para la producción de energía, minimiza de forma selectiva la ganancia solar y aumenta al máximo la luz del día sin deslumbramiento. La torre está coronada por

un grupo de antenas y un parque eólico de turbinas que captan la energía. Tanto la forma como la orientación del edificio responden a la ruta del sol, la fachada norte maximiza la exposición interior de luz natural.

Una segunda piel curvilínea de paneles diagonales de malla de acero inoxidable envuelve las fachadas sur este y oeste de la torre para minimizar la ganancia de calor, el deslumbramiento y para maximizar la eficiencia energética. (Baraona, 2009)

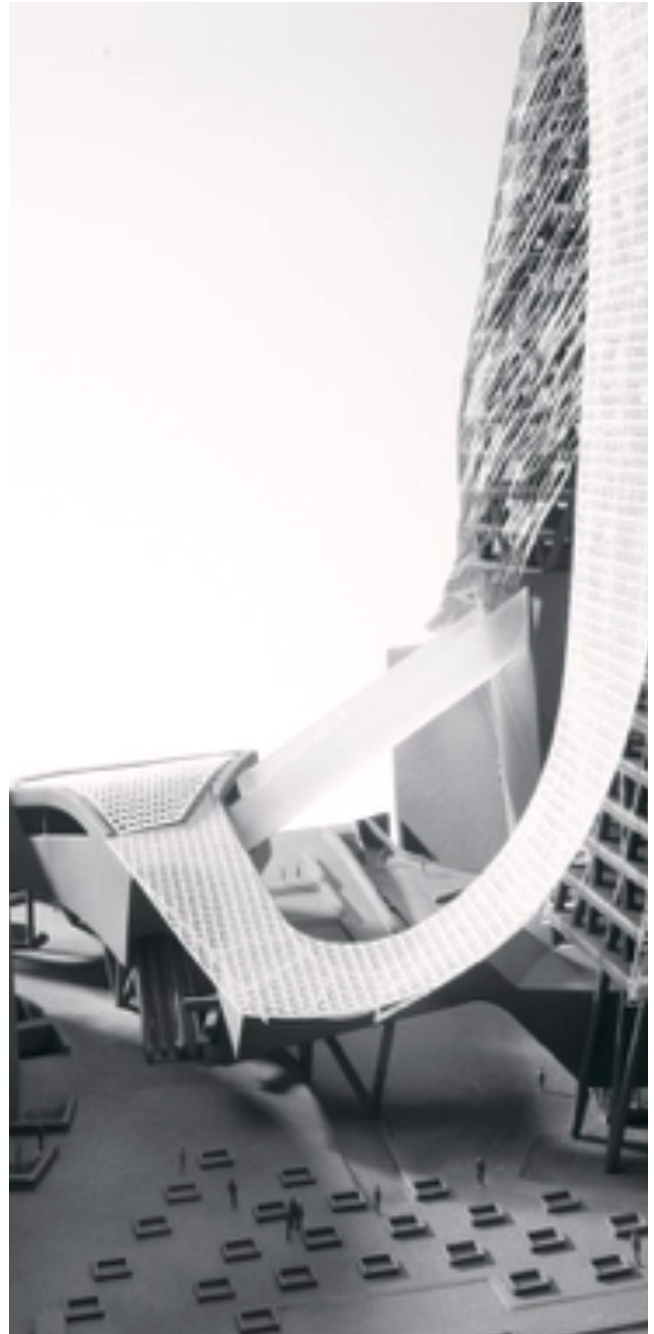
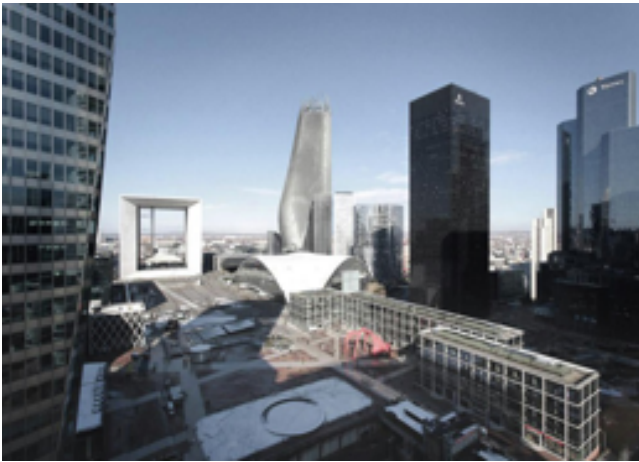


Ilustración 32: Torre Phare. Morphosis. París. 2006-2014

Fuente: (Baraona, 2009) <http://www.archdaily.com/20692/phare-tower-morphosis-achitects>



En los últimos años estas tendencias han ido en incremento auspiciadas por los avances tecnológicos en las plataformas digitales como recursos pre-figurativos, el trabajo de los despachos de diseño UN Studio, Nox, Herzog & De Meuron, FOA y del arquitecto Chris Bosse, ejemplifica lo anterior.



Ilustración 33 Museo MOMEMA. UNO Studio. Dubái. 2008. Fuente: (Studio, 2017) <https://www.unstudio.com/>

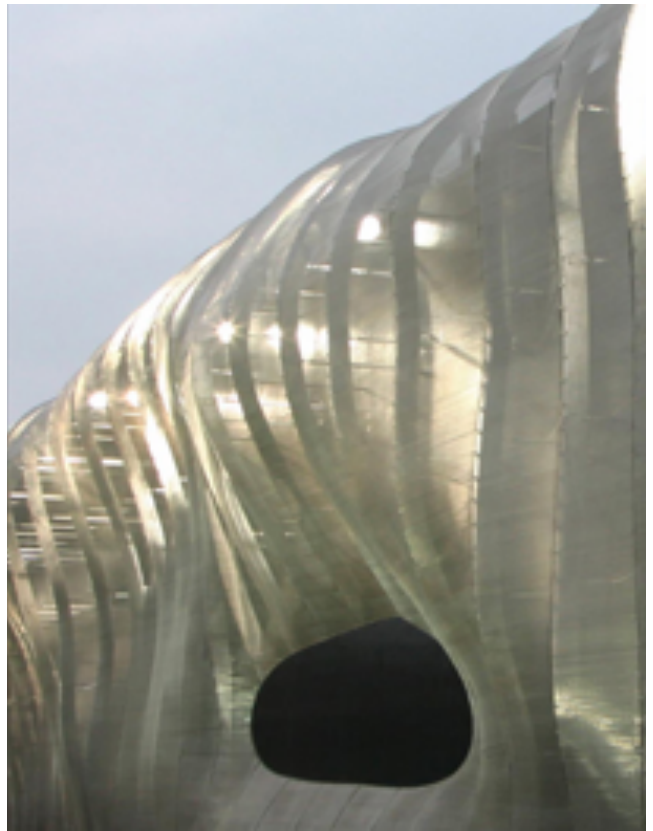


Ilustración 34. Maison Folie. 2001-2004. Lile, Francia. Fuente: (NOX, 2009) <http://www.nox-art-architecture.com/>



Ilustración 35. Estadio Nacional de Beijing. Herzog & De Meuron. 2012. Fuente: (ARQHYS, 2012). <http://www.arqhys.com/arquitectura/estadio-nacional-beijing.html>



Ilustración 36. Centro comercial Meydan. FOA. 2000-2010. Estambul. Fuente: (Proyectos, 2007) <http://www.arquitecturaproyectos.com/listings/centro-comercial-meydan-umraniye>

Como se observa en los proyectos anteriores, las plataformas digitales permiten el desarrollo de arquitectura con alto grado de complejidad convirtiéndose en referente y resultado de la complejidad que manifiesta la sociedad contemporánea.

Como menciona Puebla Pons “Peter Eisenman se apoya en gran medida en la teoría morfogenética proveniente de la biología, Bernard Tschumi hace uso de procedimientos de la teoría literaria y cinematográfica, Greg Lynn emplea procesos de la teoría fractal proveniente de las matemáticas, haciendo énfasis en el desarrollo de las formas orgánicas, Van Berkel muestra afinidad hacia las influencias dinámicas provenientes de todos los campos del conocimiento que implementa en sus propias interpretaciones de los vectores urbanos de sus proyectos como el tráfico y las circulaciones, en Sejima hay una constante exploración en los límites virtuales de la sociedad de la información y FOA encuentra en el concepto genético de la filogénesis, una base para implementar nuevas clasificaciones de la identidad y consistencia arquitectural. (Puebla Pons, 2002)

LAS CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD EN LOS PROCESOS DE DISEÑO.

La teoría de la ciencia de la complejidad aplicada en los procesos proyectuales contemporáneos, particularmente en los procesos de diseño paramétrico permite el desarrollo de proyectos arquitectónicos, bajo otra perspectiva, de acuerdo a Mauro Chiarella en estas nuevas condiciones se visualizan:

a) Métodos, estrategias y aproximaciones proyectuales múltiples caracterizadas por movimientos constantes en el sentido de orden-desorden-organización. El azar como valor creativo, la ausencia argumentativa de una racionalidad de medios y fines que se presente como una linealidad determinística generadora de la forma y el espacio.

b) Experiencias exploratorias de transversalidad e interdisciplinariedad como nuevas argumentaciones en la fundamentación epistemológica del proyecto arquitectónico.

c) Nuevas relaciones sobre lo arquitectónico y su representación. Los medios digitales suponen la creación de un espacio de información simbólico y donde la representación usurpa la identidad de lo representado. Sistemas mixtos análogos digitales posibilitan el abordaje de una mayor complejidad geométrica-espacial y una interacción técnica-instrumental y práctica-conceptual de medios.

d) Redefinición de conceptos como realidad, percepción y memoria. Eclipsados por conceptos como ciberespacio e imagen de síntesis (información diagramática y matemática). Se generan formas de lecturas y formas de memoria en relación a nuevos mecanismos de percepción y de conocimiento.

e) La creatividad del sujeto social se abre de lleno en un proceso de intercambio e interacción a través de la autoría colectiva, las bases de datos digitales y la construcción hipertextual posibilitadas por las tecnologías de información y comunicación (TIC'S). (Chiarella, 2009)

El concepto de complejidad se ha ido constituyendo en todas las esferas del conocimiento y de la sociedad, las ciencias de la complejidad buscan modelos predictivos que incorporen el azar y a indeterminación para la explicación de diversos fenómenos con el objetivo de aproximarse a la realidad en todos sus matices sin reducirla o simplificarla.

Como menciona Navarrete (2014), este fenómeno no es en absoluto un fenómeno aislado en las artes o la arquitectura, existe un paralelismo en la historia del pensamiento. Se renuncia a la transcripción de lo abstracto y se asume la realidad como una sustancia poliédrica imposible de sintetizar en un solo principio o sistema. En la arquitectura, la incorporación de la informática en el proceso de diseño permite abarcar ingentes volúmenes de datos imposibles de procesar de manera efectiva y rápida por la mente humana, esto nos permite diseñar desde un escalón superior del conocimiento humano.

Las teorías que forman parte de los sistemas complejos contienen una aproximación directa con las ciencias naturales y las ciencias humanas, por tal

motivo la arquitectura ha pretendido adoptar diversos conceptos que derivan de estas teorías, en la permanente exploración de sus aplicaciones en el aspecto espacial y funcional de tal manera que los aspectos científicos se entretujan en los aspectos culturales y viceversa, con la intención de dar respuestas cada vez más coherentes a la realidad social diversa y compleja que se vive.

Es posible racionalizar un proyecto permitiendo que sea el contexto, interpretado y procesado por el ordenador, el que dote al proyecto de infinitas situaciones particulares, sin duda la creación de un edificio y el complejo desarrollo que le precede –el proyecto–, deriva de la conexión entre la voluntad propulsora de elementos posibles que es el arquitecto y el impulso de fenómenos que se manifiestan en el mundo. Por consiguiente, si el orbe es participe en la creación, la arquitectura es tan solo una probabilidad.

El diseño paramétrico ofrece grandes posibilidades sin embargo el uso superficial de esta herramienta puede distorsionar la naturaleza del diseño mediante la reformulación de los parámetros con el único propósito de responder a aspectos formales, dejando de lado la solución de problemas complejos, el diseñador no puede omitir por el uso de esta herramienta la parte cualitativa de la arquitectura, aquella que se enfoca y resuelve problemas sociales, culturales, económicos, políticos, etc.

Por tal motivo resulta relevante la exploración extensa de la teoría de las ciencias de la complejidad para poder construir un pensamiento reflexivo que permita el desarrollo de un marco metodológico basado en una postura crítica para el correcto desarrollo del método proyectual que se busca en esta investigación.

Miles de posibilidades se abren con estas sofisticadas herramientas de diseño, son interesantes las reflexiones de Branko Kolarevic a este respecto, los nuevos sistemas de producción, la revolución de la información y el conocimiento, no pueden ser ignoradas por la arquitectura y el diseño.

4. MANIFIESTO PARAMETRICISTA

EL PARAMETICISMO COMO ESTILO.

(Extracción del Manifiesto Parametricista de Patrick Schumacher. 2008.)

“En mi manifiesto parametricista de 2008, anuncié por primera vez que un estilo nuevo y profundo había madurado dentro del segmento vanguardista de la arquitectura durante los últimos diez años”.

El término parametricismo ha tomado impulso creciente dentro del discurso arquitectónico y su cuestionamiento crítico lo han fortalecido. Hasta ahora el conocimiento de este estilo se ha mantenido en gran medida confinado dentro de la arquitectura, pero sospecho que el término se difundirá rápidamente una vez que los medios de comunicación empiecen a usarlo. Fuera de los círculos arquitectónicos el estilo es virtualmente la única categoría en la que la arquitectura observa y reconoce. Se necesita poner nombre a un estilo para que este reclame su actuación en nombre de la arquitectura.

El concepto de estilo hace tiempo que perdió fuerza en el discurso arquitectónico. Dejar que este concepto se marchite únicamente empobrecería el discurso y se perdería una poderosa baza comunicativa de la arquitectura hacia la sociedad. Sin embargo, resucitar este concepto agotado y maltratado requiere una reconstrucción conceptual en términos que sean creíbles hoy día.

Lo que se interpone en este camino es la tendencia a considerar el estilo como una mera cuestión de apariencia, así como la habitual confusión de estilo con modas superficiales y efímeras. Aunque la estética influye enormemente en la arquitectura y el diseño, ni la arquitectura ni sus estilos pueden reproducirse a cuestiones de apariencia. Tampoco se debe asimilar el fenómeno de los estilos al fenómeno de la moda.

Por tanto, el concepto de estilo debe quedar claramente distinguido y limpiado de estas connotaciones triviales. Denota la unidad de la diferencia entre la arquitectura gótica, renacentista, barroca, neoclásica, ecléctica o moderna. La propia conciencia histórica de la arquitectura demanda la

revitalización del concepto de estilo como un profundo fenómeno histórico que puede proyectarse hacia el futuro.

Por ello he propuesto que los estilos se comprenden mejor entendidos como programas de diseño e investigación, en analogía al modo en que los paradigmas sirven para elaborar los programas de investigación científica.

Un nuevo estilo en arquitectura y diseño es similar a un nuevo postulado científico, redefine las categorías, procesos y métodos fundamentales de un esfuerzo colectivo coherente. La innovación en la arquitectura procede a través de la progresión de estilos así entendida. Esto incluye la alternancia entre periodos de avance acumulativo dentro de un estilo y los periodos revolucionarios de transición entre los mismos. Los estilos representan largos ciclos de innovación sostenida, reuniendo los esfuerzos de diseño e investigación en un movimiento colectivo de forma que las aportaciones individuales sean relevantes, aceptables y beneficiosas.

Desde dentro de la arquitectura, la identificación del parametricismo demarca y dinamiza un movimiento de vanguardia en proceso de maduración, lo que podría servir para acelerar su proceso y potencial hegemonía como una investigación y desarrollo colectivos. Haciendo una descripción e interpretación retrospectiva, parece justificada la enunciación del parametricismo tras diez años de una investigación estilística coherente y acumulativa. Posiblemente la proclamación de este estilo consolidaría aún más los logros alcanzados y prepararía la transición de la vanguardia a corriente dominante. Finalmente, el parametricismo ofrece una respuesta sostenible a los veinticinco años de búsqueda estilística tras la crisis de la modernidad.

La posmodernidad y el deconstructivismo fueron meramente periodos transitorios, similares al Art Nouveau y al expresionismo como transición del historicismo a la modernidad. La distinción entre estilos de época y estilos transicionales es importante. En un periodo de transición podemos observar tanto una rápida sucesión de estilos como una pluralidad de estilos compitiendo entre sí. La crisis y caída del movimiento moderno nos ha lle-

vado a un periodo transicional profundo y prolongado, pero no hay razón para pensar que este pluralismo no pueda ser superado por la hegemonía de un nuevo estilo. De hecho, estamos presenciando el potencial de esa unificación.

El orden moderno de la separación y la repetición está siendo suplantado por el orden parametricista de la diferenciación y la correlación continua. Dentro del nuevo paradigma del parametricismo es de suponer que habrá cabida para estilos subsidiarios que enriquezcan y hagan progresar la nueva era del parametricismo.

La crisis del movimiento moderno y sus consecuencias ha llevado a muchos críticos a creer que ya no podemos aspirar a la forja de un estilo unificado. ¿Ha llegado a su fin el intenso papel de los estilos en el desarrollo de la historia de la arquitectura como demuestra la secuencia gótico-renacimiento-barroco-historicismo-modernidad? ¿Hemos llegado al fin de la historia? ¿O se ha fragmentado en trayectorias confusas y contradictorias? ¿Celebraremos esta fragmentación de esfuerzos bajo el lema del pluralismo?

Cualquier proyecto de arquitectura se expone y evalúa en comparación con otros proyectos. Es posible una convergencia mundial. Esto no significa homogeneización y monotonía. Simplemente implica una consistencia de principios, ambiciones y valores a unificar de forma que se sumen esfuerzos diferentes, sean relevantes y puedan competir constructivamente entre ellos, y de esta forma establecer unas condiciones de progreso en lugar de malgastarlos en una batalla sobre fundamentos. Esta es la idea de un estilo unificado; inicialmente un programa unificado de diseño e investigación vanguardista, y eventualmente, como un sistema unificado de principios, ambiciones y valores que se constituyan en prácticas globales.

La consistencia del estilo como un programa de diseño e investigación depende de la adhesión inquebrantable a los principios e imposiciones del parametricismo. La buena noticia es que toda una generación de jóvenes arquitectos se está adhiriendo realmente a esto.

Muchos teóricos como Charles Jencks, suponen

que la caída de la modernidad dio paso a una era de pluralismo estético. En consecuencia, la búsqueda de un nuevo estilo unificado se ve como un anacronismo. Al parecer, cualquier estilo actual solo puede ser uno entre muchos estilos operando simultáneamente, añadiendo una voz más a la cacofonía de voces predominante. La idea de un pluralismo de estilos es síntoma de una trivialización y degeneración general del concepto de estilo. Rechazo la aceptación complaciente, e incluso la celebración, de la aparente pluralidad de estilos como supuesto signo de nuestros tiempos. Un estilo unificado presenta muchas ventajas frente a un estado de fragmentación estilística. El parametricismo aspira a la hegemonía y derrota de los demás estilos.

La habilidad crucial del parametricismo para establecer continuidades y correspondencia entre elementos distantes se basa en principios que sostienen una alternancia ininterrumpida. La mezcla de diseños posmodernos, deconstructivistas o minimalistas solo hace interrumpir la penetrante continuidad a largo plazo del parametricismo. El caso contrario no se sostiene porque no hay un grado equivalente de continuidad en el urbanismo posmoderno, deconstructivista o minimalista. De hecho, el parametricismo puede tomar para sí condicionantes urbanos vernáculos, clásicos, modernos, posmodernos, deconstructivistas y minimalistas, y forjar con ellos una nueva red de afiliaciones y continuidades entre y más allá de cualquier fragmento y condicionante urbano.

¿Cuáles son los estilos actuales que debe combatir el parametricismo? ¿Realmente existe algún tipo de pluralismo estilístico como postula Jencks? De hecho, la posmodernidad ha desaparecido y las contribuciones y del deconstructivismo se ha incorporado al parametricismo. La corriente dominante ha vuelto de hecho a una visión pragmática del movimiento moderno con una paleta levemente enriquecida; una forma de eclecticismo que combina elementos de todos los estilos subsidiarios del movimiento moderno. La incapacidad de la posmodernidad y el deconstructivismo para formular un nuevo paradigma viable ha dado lugar al retorno al movimiento moderno bajo la forma del minimalismo como único estilo capaz de enfrentarse consistentemente e ideológicamente

con el parametricismo. La lucha principal por la hegemonía estilística se da por tanto entre el minimalismo y el parametricismo.

El parametricismo no se puede descartar como trabajo de firma excéntrica que sólo produce iconos intelectuales. El parametricismo es capaz de ofrecer todos los componentes para el alto rendimiento del nivel de vida contemporáneo. Todos los momentos de la vida contemporánea quedan singularmente individualizados en una textura continua y ordenada.

Los últimos trabajos de Zaha Hadid Arquitectos son mucho más que proyectos sacados de un manifiesto experimental; tienen éxito como proyectos de alta representatividad en el mundo real. Las estaciones de teleférico de Nordpak en Innsbruck son un buen ejemplo. Ningún otro estilo podría haber logrado esta coincidencia de variación adaptativa a las diferentes condiciones del lugar con una coherencia genotípica a través de variantes fenotípicas. El parametricismo está dispuesto a ser la corriente principal. La guerra de estilos ha comenzado.

Perseguimos el paradigma del diseño paramétrico en toda su amplitud, penetrando en todos los aspectos de la disciplina. La variación sistemática y adaptativa, la continua diferenciación y la figuración dinámica y paramétrica se aplica a todos los niveles de diseño, desde el urbanismo al detalle constructivo, mobiliario interior y el campo de los artículos de consumo. La arquitectura se encuentra en un punto medio del actual ciclo de innovación adaptativa – reformando la disciplina y adaptando el entorno arquitectónico y urbano al contexto socio-económico de la era post-fordista. La sociedad de masas caracterizada por unos sencillos y casi universales estándares de consumo ha evolucionado hacia la heterogénea sociedad de la multitud.

Las claves de la arquitectura y el urbanismo de vanguardia deberían asumir que pueden resumirse en el siguiente eslogan: organizar y articular la creciente complejidad de la sociedad post-fordista. El reto está en desarrollar un repertorio arquitectónico y urbano que sea capaz de crear complejos y policéntricos entornos urbanos y arquitectóni-

cos que estén densamente estratificados y continuamente diferenciados.

La vanguardia arquitectónica contemporánea está asumiendo la demanda de un creciente nivel de complejidad articulada mediante la redefinición de sus métodos en base a sistemas de diseño paramétrico. El estilo arquitectónico contemporáneo que ha alcanzado la hegemonía de las actuales vanguardias arquitectónicas se entiende mejor como un programa de investigación basado en el paradigma paramétrico. Proponemos llamar a este estilo paramétrico.

El parametricismo es el nuevo gran estilo desde el movimiento moderno. La posmodernidad y el deconstructivismo han sido episodios transicionales que prepararon el camino para esta nueva gran ola de investigación e innovación.

Estos estilos de vanguardia podrían ser interpretados y evaluados de forma análoga a los nuevos paradigmas científicos, proporcionando un nuevo marco conceptual, y la formulación de nuevos objetivos, métodos y valores. Por tanto, una nueva dirección para los trabajos de investigación se establece.

Mi tesis es la que sigue: Los estilos son los programas de investigación del diseño.

La innovación en Arquitectura ingresa a través de la progresión de estilos así entendida. Esto implica la alternancia entre períodos de avance acumulativo dentro de un estilo y de los períodos revolucionarios de transición entre ellos.

Los estilos representan los ciclos de innovación, reuniendo los esfuerzos de investigación del diseño en un esfuerzo colectivo. Una identidad estable es aquí una condición más necesaria que en el caso de la evolución de la vida orgánica. Mantener los nuevos principios en medio de las dificultades es crucial para las posibilidades de éxito final. Esta tenacidad -más que evidente en la vanguardia contemporánea- puede a veces aparecer como obstinación dogmática. Por ejemplo, la insistencia obstinada de resolverlo todo con una sola superficie plegable -proyecto a proyecto, poco a poco desgarrando lo verosímil de lo inverosímil- podría

ser comparada con la insistencia de Newton para explicar todo, de los planetas a las balas y a los átomos en función de los mismos principios.

“La teoría de la gravitación de Newton, la teoría de la relatividad de Einstein, la mecánica cuántica, el marxismo, el freudismo, son todos programas de investigación, cada una con un núcleo duro característico obstinadamente defendido... Cada una con su elaborada maquinaria para la resolución de problemas. Cada una de ellas, en cualquier etapa de su desarrollo, ha dejado sin resolver problemas y anomalías no digeridas. Todas las teorías, en este sentido, nacen refutadas y mueren refutadas” (Lakatos, 1978)

Lo mismo se puede decir de los estilos: Cada estilo tiene su núcleo duro de principios y una forma característica de hacer frente a los problemas/tareas del diseño. La arquitectura de vanguardia produce manifiestos: Exposiciones paradigmáticas del potencial único de un nuevo estilo, no edificios equilibrados preparados para funcionar en todos los aspectos. No puede ser ni la verificación, ni refutación definitiva simplemente la base de la construcción de su resultado.

El programa/estilo consiste en reglas metodológicas: algunas nos dicen cuáles son los caminos de la investigación para evitar (heurística negativa), y los demás los caminos para perseguir (heurística positiva). La heurística negativa formula restricciones que impiden la recaída en viejos patrones que no son totalmente compatibles con el núcleo, y la heurística positiva ofrece principios rectores y técnicas preferidas que permiten que el trabajo avance rápido en una dirección.

Las heurísticas definatorias del parametricismo se reflejan plenamente en los tabúes y dogmas de la cultura del diseño vanguardista contemporáneo:

a) Heurística negativa: Evitar tipologías familiares, evitar objetos platónicos/herméticos, evitar zonas/territorios vacíos, evitar la repetición, evitar las líneas rectas, evitar los ángulos rectos, evitar esquinas y lo más importante: no se suman o restan sin interarticulaciones elaboradas.

b) Heurística positiva: Interarticular, hibridizar,

transformar, desterritorializar, deformar, iterar, usar “SPLINES”, “NURBS”, componentes generativos, programar en lugar de modelar.

El parametricismo es un estilo maduro. Que el paradigma paramétrico se está convirtiendo en omnipresente en la arquitectura y el diseño contemporáneo es evidente desde hace bastante tiempo. Se ha hablado acerca de las versiones, la iteración y la masa de personalización durante bastante tiempo en el discurso arquitectónico vanguardista. El deseo fundamental que ha pasado a primer plano en esta tendencia ya se había formulado a principios de la década de 1990 con el lema fundamental de la diferenciación continua.

Desde entonces, ha habido a la vez una amplia difusión, incluso hegemónica, de esta tendencia, así como una compilación acumulativa de virtuosismo, resolución y refinamiento en su interior. Este desarrollo fue facilitado por la evolución concomitante de herramientas de diseño paramétrico y códigos que permitían la formulación y ejecución de las correlaciones complejas entre elementos y subsistemas de una manera más precisa. Los conceptos compartidos, técnicas computacionales, repertorios formales y lógicas tectónicas que caracterizan este trabajo se cristalizan en un sólido nuevo paradigma hegemónico de la arquitectura.

Una de las técnicas actuales más generalizadas implica rellenar superficies moduladas con componentes. Los componentes de adaptación podrían ser construidos a partir de múltiples elementos restringidos/cohesionados por las relaciones asociativas de modo que el componente general sensiblemente podría adaptarse a diferentes condiciones locales. A medida que pueblan una superficie diferenciada su adaptación debe valorizar y ampliar esta diferenciación.

Esta relación entre el componente base y sus diversas instancias en diferentes puntos de inserción en el “medio ambiente” es análoga a la forma en la cual un solo genotipo podría producir una población diferenciada de fenotipos en respuesta a diversas condiciones ambientales, la etapa actual de avance dentro del parametricismo se refiere tanto al avance continuo de las consiguientes tecnologías de diseño computacionales, como al deber

de los diseñadores de la realización de las únicas oportunidades formales y organizativas que se les concede.

El parametricismo sólo puede existir a través de técnicas paramétricas sofisticadas. Por último, las técnicas de diseño por computación avanzadas como secuencias de comandos (en MEL-script o Rhino-script) y el modelado paramétrico (con herramientas como GC o DP) se están convirtiendo en una realidad omnipresente. Hoy en día es imposible competir dentro de la escena vanguardista contemporánea sin dominar estas técnicas, el parametricismo emerge de la explotación creativa de los sistemas de diseño paramétrico en vista de su articulación con procesos e instituciones sociales cada vez más complejos. Las herramientas de diseño paramétrico por sí solas no pueden dar cuenta de este cambio estilístico radical del modernismo al parametricismo.

Esto se evidencia por el hecho de que los arquitectos modernistas tardíos están empleando herramientas paramétricas de manera que obtienen el mantenimiento de la estética modernista, es decir, utilizando el modelado paramétrico para absorber discretamente la complejidad. Nuestra sensibilidad parametricista empuja en la dirección opuesta y tiene como objetivo un máximo énfasis en la diferenciación visible.

Es el sentido de la complejidad organizada (gobernada por leyes) el que asimila las obras parametricistas a los sistemas naturales, en los que todas las formas son el resultado de la interacción mediante leyes de fuerzas. Al igual que los sistemas naturales, las composiciones parametricistas están tan integradas que no pueden ser fácilmente descompuestas en subsistemas independientes, un importante punto de diferencia en comparación con el paradigma del diseño moderno de la separación clara de los subsistemas funcionales.

Los siguientes cinco programas podrían proponerse aquí para inyectar nuevos aspectos en el paradigma paramétrico y además, para empujar el desarrollo del parametricismo.

a) Inter-articulación de los subsistemas:

La ambición es pasar de la simple diferenciación del sistema, por ejemplo un enjambre de com-

ponentes de fachada, a la asociación codificada de múltiples subsistemas: Envolverte, estructura, particiones, huecos de circulación. La diferenciación de cualquier sistema se correlaciona con diferenciaciones en los otros del parametricismo

b) Acentuación paramétrica:

La ambición es mejorar la sensación general de la integración orgánica a través de correlaciones complejas que favorezcan la amplificación de la desviación más que las adaptaciones compensatorias o de mejora. Por ejemplo, cuando los componentes generativos pueblan una superficie con una sutil modulación de la curvatura la correlación legítima del componente debe amplificar y acentuar la diferenciación inicial. Esto podría incluir la creación deliberada de umbrales o singularidades que acentúen. Así, se puede lograr una articulación mucho más rica y por lo tanto más información orientativa visual puede estar disponible.

c) Figuración paramétrica:

Proponemos que configuraciones complejas que están latentes con múltiples lecturas se pueden construir como modelo paramétrico. El modelo paramétrico puede ser configurado de forma que las variables sean extremadamente sensibles desde la perspectiva gestaltista. Variaciones paramétricas desencadenan catástrofes gestaltistas, es decir, la modificación cuantitativa de estos parámetros desencadena cambios cualitativos en el orden percibido de la configuración.

Esta noción de la figuración paramétrica implica una expansión de los tipos de parámetros considerados en el diseño paramétrico. Más allá de los parámetros de los objetos geométricos habituales, los parámetros ambientales (luces variables) y los parámetros de observación (cámaras variables) deben considerarse e integrarse en el sistema paramétrico.

d) Receptividad paramétrica:

Proponemos que entornos (interiores) urbanos y arquitectónicos se puedan diseñar con una capacidad cinética incorporada que permita a esos ambientes reconfigurar y adaptarse en respuesta a los patrones prevalecientes de uso y ocupación. El registro en tiempo real de uso de los patrones produce los parámetros que impulsan el proceso

de adaptación cinética en tiempo real. Registro acumulativo de los patrones de uso dan como resultado transformaciones morfológicas semipermanentes. El entorno construido adquiere entidad receptiva en diferentes escalas de tiempo

e) Urbanismo paramétrico:

El supuesto es que la masificación urbana describe una formación de muchos edificios en enjambre. Estos edificios forman un campo en continuo cambio, por tanto, continuidades regidas por leyes cohesionan esta maraña de edificios. El urbanismo paramétrico implica que la modulación sistemática de las morfologías de los edificios produce potentes efectos urbanos y facilita la orientación de campo. El urbanismo paramétrico podría implicar acentuación paramétrica, figuración paramétrica y receptividad paramétrica.

El modernismo fue fundado en el concepto de espacio. El parametricismo diferencia campos. Los campos están llenos, como si se llena con un medio fluido. Podríamos pensar en líquidos en movimiento, estructurado por ondas radiales, flujo laminal y remolinos en espiral.

Los enjambres también han servido como análogos paradigmáticos para el concepto de campo. Nos gustaría pensar en un enjambre de edificios que va a la deriva a través del paisaje. O podríamos pensar en grandes interiores continuos como los paisajes abiertos de oficinas o grandes salas de exposiciones del tipo de los utilizados para las ferias comerciales.

Estos interiores son visual e infinitamente profundos y contienen varios enjambres de muebles coalescentes con los enjambres dinámicos de los cuerpos humanos. No hay figuras discretas platónicas con contornos definidos.

Dentro de los campos sólo las cualidades de campo global y regional son importantes: los prejuicios, las derivas, los gradientes, y tal vez incluso las singularidades notables como centros radiantes. La deformación ya no significa el colapso del orden sino la inscripción mediante leyes de la información.

La orientación en un campo complejo y diferenciado mediante leyes permite la navegación a lo

largo de los vectores de transformación. La condición contemporánea de llegar a una gran ciudad por primera vez, y sin anteriores reservas de hotel, ni un mapa, puede instigar a este tipo de campo de navegación. Imagina que no hay más puntos de referencia de espera, ningún eje a seguir ni más fronteras que cruzar. La arquitectura contemporánea tiene como objetivo construir nuevas lógicas -la lógica de los campos- que se preparan para organizar y articular el nuevo nivel de dinamismo y complejidad de la sociedad contemporánea.

Los muebles y el diseño de productos, participan plenamente en la agenda parametricista que estamos persiguiendo. Consideramos al mobiliario no en términos de objetos aislados, sino como una sustancia espacio de decisiones preeminentes. Nuestros esfuerzos de diseño deben abarcar los ámbitos de diseño de interiores, diseño de muebles, e incluso el diseño de productos. Podemos organizar todos esos registros para avanzar en el diseño de mundos integrados, inmersivos. Nuestro manejo de muebles de interior como formaciones dinámicas en enjambre, a veces como una masa superficial o fluido continuo, se orienta hacia la elaboración detallada de los campos continuamente diferenciados descritos anteriormente. (Schumacher, 2008)

ESTILO Y PRETENSIÓN DE LA ARQUITECTURA "PARAMÉTRICA"

(Extracción del artículo *Style and the pretence of "parametric" architecture* publicado por Adam Nathaniel Mayer y traducido por Pablo Álvarez

El término estilo es un paria en el mundo del alto diseño arquitectónico. Basta con mencionar esta palabra en cualquier escuela de arquitectura que se precie para recibir una burla despectiva. Después de todo, un aspirante a diseñador con ideas de vanguardia no debería ser esclavizado por la tiranía de la historia. Por desgracia, la desconexión entre cómo el público y los profesionales del diseño ven y evalúan la arquitectura socava directamente y de forma significativa la capacidad de la profesión arquitectónica para ser entendida o respetada.

En un artículo reciente para "The Architects'

Journal”, el arquitecto Patrik Schumacher intenta contrarrestar esta desconexión abrazando completamente la noción de estilo y reconociendo que fuera de las profesiones relacionadas con el diseño, el estilo es “prácticamente la única categoría a través de la cual la arquitectura es observada y reconocida”. Schumacher, socio de Zada Hadid Arquitectos, utiliza este concepto a favor de un nuevo estilo llamado “parametricismo”. Él proclama que “el Parametricismo finalmente ofrece una respuesta creíble y sostenible a la crisis de la modernidad que dio lugar a 25 años de búsqueda estilística”.

Los “25 años de búsqueda estilística” se refieren al periodo dominado por los movimientos arquitectónicos reaccionarios de la posmodernidad y el deconstructivismo. Schumacher sostiene que se trataban de estilos en sí mismos, sino más bien “episodios de transición”. Este es su primer error. A pesar de la corta vida de la posmodernidad y el deconstructivismo, ambos movimientos comparten características particulares que pueden ser clasificadas como estilo. Su segundo error es afirmar con arrogancia que el parametricismo está de alguna manera por encima de estos dos por su capacidad para crear un “estilo hegemónico unificado”.

Hay muchos aspectos inquietantes sobre el parametricismo, siendo uno de los más importantes que la mayoría de los productos de este particular estilo son atroces. Sin embargo, la noción de parametricismo, cuando se considera como un proceso antes que como un estilo, no es intrínsecamente mala. De hecho, los parámetros, o la definición de sistemas basados en relaciones, se están convirtiendo una potente herramienta para arquitectos que les permiten proyectar edificios más rápido y de forma más eficiente que nunca.

Pero en este artículo, Schumacher no habla sobre el parametricismo como proceso sino que hace propaganda explícita de un nuevo tipo de expresión estética hecha posible gracias al poder del software de modelado. Explotar la tecnología para crear nuevas formas podría parecer revolucionario considerado superficialmente, pero sin objetivos sociales más amplios el movimiento es probable que pase rápidamente de moda.

En su revolucionario ensayo de 1908, Ornamento

y Delito, el arquitecto vienés Adolf Loos declaró que la ornamentación arquitectónica era nada menos que un acto criminal. Afirmó que el hombre verdaderamente moderno no le encontraba utilidad a la superflua decoración de su casa o vestido, y comparaba la ornamentación arquitectónica con los tatuajes de los “degenerados y criminales”. Loos estaba por supuesto en contra del estilo arquitectónico popular en la época, Art Nouveau.

Con Ornamento y Delito, Loos marcó la pauta para el diseño arquitectónico del siglo XX. Su mensaje llegó a todos los rincones, influenciando a todos desde miembros de la Bauhaus a los inmigrantes asentados en California Rudolph Schindler y Richard Neutra (ambos fueron discípulos de Loos en su Austria natal). Esta nueva clase de arquitectura caracterizada por líneas limpias, ángulos rectos, superficies lisas y colores neutros, llegó a ser conocida como Arquitectura Moderna.

Sin embargo, los primeros participantes en el nuevo y moderno estilo de la arquitectura para nada lo consideraron estilo, sino más bien un movimiento ideológico – un completo rechazo a la noción histórica de “estilo”. ¿Por qué deberíamos someter una casa a las leyes de la historia de la arquitectura, cuando en su lugar podríamos hablar, según la conocida frase de Le Corbusier, de “máquinas de habitar”? La agenda social de los Modernos no sólo incluyó el rechazo del estilo, además hizo hincapié en una nueva forma de vida para las masas. De acuerdo con los Modernos, la clave para vivir una existencia iluminada era tener fe en la religión de la tecnología.

En la segunda mitad del siglo XX surgió una reacción contra el dogma purista de la Modernidad. Comenzó en 1961 con el extraordinario tratado de Jane Jacobs contra las trampas de la planificación urbana moderna, “Vida y Muerte de las grandes ciudades Americanas”, donde no sólo atacó las políticas desarrollistas destructivas sino la deshumanizante arquitectura de los proyectos de vivienda pública inspirados en Le Corbusier. Después, en 1966, el arquitecto americano Robert Venturi publicó su “manifiesto suave”, Complejidad y Contradicción en Arquitectura, una refutación del “lenguaje puritano de la Arquitectura Moderna ortodoxa”.

El manifiesto de Venturi está en contraste directo con “Ornamento y Delito” de Loos. Cuando Loos ridiculiza la ornamentación, Venturi la celebra. Venturi dio un paso más en 1972 cuando lanzó “Aprendiendo de Las Vegas”, junto con sus colaboradores Denis Scott Brown y Steven Izenour. El libro fue un avance importante en el discurso arquitectónico ya que señalaba un cambio de paradigma lejos del arquetipo del arquitecto moderno como “creador omnipresente” mirando a sus usuarios en tinieblas desde su torre de marfil. En su lugar, Venturi y sus asociados incorporaron valerosamente una actitud contraria al descubrir la burda banalidad de la vida americana en la próspera ciudad del Desierto de Mojave.

Las exploraciones de Venturi condujeron a lo que más tarde sería conocido como arquitectura posmoderna. Este movimiento, ampliamente conocido como posmodernidad, no sólo afectó a la arquitectura sino también a otras disciplinas (arte, moda, cine, literatura, filosofía, etc...) e intentó llegar a un acuerdo con la condición del “tardocapitalismo”. En otras palabras, la posmodernidad abrazó la pluralidad, la subjetividad y la incertidumbre como verdades (mientras que bajo el paradigma moderno las únicas verdades eran “tecnología y progreso”).

Aunque podríamos afirmar que el mundo de hoy permanece en un estado de posmodernidad, la comunidad arquitectónica siempre ha rechazado el mantra posmoderno. Parece que a pesar de los intentos de Venturi y otros para volver a conectar la expresión arquitectónica con el lenguaje común del hombre (en contraste con las frías abstracciones geométricas de la modernidad), el consenso en torno a la arquitectura posmoderna es que fue un error colectivo de juicio estético y estilístico. Esto también es malo, pues la posmodernidad se juzga ahora en los círculos arquitectónicos como un “estilo desafortunado” en lugar de como un método útil para analizar la capacidad comunicativa y simbólica de la arquitectura.

Tras la posmodernidad surge casi sin pedir permiso un cínico estilo arquitectónico. El deconstructivismo no hizo mucho por mejorar la calidad del diálogo arquitectónico entre el público, sino más bien establecer nuevas bases para una génesis for-

mal: la “caótica situación del mundo globalizado”. Al igual que su estilística hermana mayor, la posmodernidad, el deconstructivismo buscó definir un nuevo lenguaje arquitectónico. Practicado por arquitectos como Daniel Libeskind, Zaha Hadid, Bernard Tschumi y Peter Eisenman, la arquitectura deconstructivista se caracteriza por sus ángulos agudos, apariencia fragmentada y rugosas cualidades escultóricas.

Al final, la posmodernidad y el deconstructivismo son dos caras de la misma moneda arquitectónica. Ambos intentan contrarrestar la pobreza estética y la agenda social fallida de la modernidad. El parametricismo no es muy diferente del deconstructivismo en su apariencia física desordenada. Sin embargo, en lugar de los planos inclinados y ángulos agudos del deconstructivismo, la arquitectura paramétrica adquiere una expresión formal “de burbuja viscosa” (blob). Los supuestos beneficios sociales de ambos estilos se diferencian mucho. Como explica Schumacher en su artículo:

“El parametricismo tiene por objeto organizar y articular la creciente diversidad y complejidad de las instituciones sociales y procesos vitales con el sector más avanzado de la red social post-fordista”. Suena agradable y seguro, pero es contradictorio en su planteamiento. Es cierto que, especialmente en Occidente, estamos viviendo en una “red social post-fordista” en evolución. Sin embargo, esto no quiere decir que necesitemos hacer que todos los edificios de nueva planta parezcan blobs. ¿Qué importa si vivimos en el piso 75 de un rascacielos de vidrio en Dubái o en una casa proyectada en serie a las afueras de Atlanta, mientras estemos conectados digitalmente?

Curiosamente, mientras que la forma física del edificio ha ido adquiriendo mayor significado en nuestra sociedad en red, las herramientas que usamos para conectarnos han asumido un papel más destacado en el cumplimiento de nuestras necesidades de diseño. Piensen en el teléfono móvil de diseño, el iPad, estos artilugios satisfacen el nicho de diseño que representa a nuestra actual sociedad zeitgeist mejor de lo que lo podría hacer cualquier pieza arquitectónica.

Dado que no hay necesidad social del parametri-

cismo como un nuevo “estilo de época”, ¿qué otro tipo de valor puede ofrecer este tipo de diseños? Para los promotores solventes que buscan asombrar al público con edificios nada convencionales, las viscosas burbujas paramétricas servirán a sus propósitos.

Pero tras el impacto inicial por ver algo diferente, el público se dará cuenta cuán horribles e inútiles son estas creaciones y el estilo pronto caerá en desgracia. Afortunadamente el parametricismo nunca llegará ser prolífico en el entorno construido, debido a los exponenciales costes de construcción de unas formas tan poco convencionales. De hecho, hasta ahora la mayoría de los diseños paramétricos están confinados en el reino de la “arquitectura de papel”, con pocas obras construidas aparte de pequeños pabellones e instalaciones artísticas.

El parametricismo tampoco respeta las ciudades. Lo confirma el examen de varias infografías de diseños paramétricos para proyectos de regeneración urbana. Anti-contextuales y haciendo caso omiso a los principios de la arquitectura clásica como la escala y la proporción, los diseños paramétricos se adaptan mejor al mundo virtual de los videojuegos y películas de ciencia ficción.

Sólo porque tengamos el software necesario para proyectar edificios que de parecen a las vainas de “The Matrix”, no significa que debemos construirlos. Debemos alabar al Sr. Schumacher por ser lo suficientemente audaz como para ser uno de los primeros en reclamar el parametricismo como un estilo legítimo. Y para estar seguros, el hecho de que la mayoría de las escuelas de arquitectura de todo el mundo hayan adoptado el mantra paramétrico añade cierta legitimidad a su argumento. Sin embargo, en última instancia su causa no termina de dar en el blanco.

En lugar de comprometerse con el mundo real abordando cuestiones relevantes. Schumacher continúa la tradición de insularidad miope propia de los círculos vanguardistas de la profesión arquitectónica.

Si bien la posmodernidad como estilo ya no es popular, las lecciones de Venturi y los posmodernos tienen ahora más relevancia que nunca. El mundo está cada vez más globalizado y lo absoluto sigue

dando pasa a un pluralismo creciente. Schumacher refuta directamente esta realidad e incluso afirma que el parametricismo debe “combatir el prulalismo estilístico”. Él continúa diciendo: “La corriente dominante ha vuelto de hecho, a una versión pragmática del Movimiento Moderno con una paleta levemente enriquecida; una forma de eclecticismo que combina elementos de todos los estilos subsidiarios del Movimiento Moderno. La incapacidad de la posmodernidad y el deconstructivismo para formular un nuevo paradigma viable ha dado lugar al retorno al Movimiento Moderno bajo la forma del minimalismo como único estilo capaz de enfrentarse consistente e ideológicamente con el parametricismo. La lucha principal por la hegemonía estilística se da por tanto entre el minimalismo y el parametricismo”.

Schumacher en ningún momento explica por qué “una versión pragmática del Movimiento Moderno con una paleta levemente enriquecida” es inferior al parametricismo. Se supone que es inferior porque se basa en lecciones del pasado y no es totalmente nuevo y extravagante. Pero de hecho parte de la mejor arquitectura que se construye hoy día ha sido proyectada por arquitectos cuya obra podría describirse como minimalista. Arquitectos como Peter Zumthor, Tadao Ando, Kengo Kuma, y David Chipperfield proyectan edificios que son subestimados formalmente, aunque ricos en materialidad y experiencia espacial. Se basan en principios de diseño clásico y un vocabulario moderno para crear edificios que respondan apropiadamente al contexto a la vez que permanezcan dignos y novedosos sin recurrir a trucos.

En cualquier caso, el artículo de Schumacher resulta oportuno ya que representa el estertor del ejercicio de la arquitectura tal como lo concebimos ahora. Postular que el parametricismo es la “próxima gran cosa” no es más que un infructuoso intento de buscar desesperadamente protagonismo y reconocimiento en un mundo indiferente a los sentimientos del arquitecto.

El ejercicio de la arquitectura y el sustento de sus profesionales están íntimamente ligados al estado de los sistemas financieros mundiales, como han demostrado claramente los últimos 2-3 años de desaceleración económica mundial. A su vez, el

desarrollo del parametricismo como estilo tuvo lugar durante una época en la que las economías funcionaban a base de créditos, posiblemente dando la falsa impresión de que esas creaciones dispondrían de presupuestos ilimitados para ser materializadas algún día.

Con la excepción de unos pocos jeques en Oriente medio y en una medida cada vez menor, China, el mercado potencial para la arquitectura paramétrica está bastante limitado. Esto no quiere decir que el estilo vaya a morir de un día para otro. Más bien el parametricismo es probable que continúe siendo promovido desde las escuelas de arquitectura durante unos cuantos años más antes de que la tendencia se agote. Hasta entonces, Schumacher y sus secuaces estarían mejor empleando su tiempo en preparar un cambio profesional a diseñadores de videojuegos o al desarrollo de un avatar en Second Life.

Schumacher termina artículo proclamando que “el parametricismo está dispuesto a ir contra la corriente principal. Ha comenzado la guerra de estilos”. De lo que no se da cuenta es que él ya ha perdido la guerra. (Mayer, 2010)

REFLEXIÓN.

“La obra arquitectónica no se crea, se concibe” (Aschner, 2009) fundamentado en la posición teórica de Christian Norberg Schütz

La arquitectura de vanguardia y el urbanismo están pasando por un ciclo de adaptación. En palabras de Schumacher la sociedad se ha convertido en una multitud homogénea marcada por la proliferación en el estilo de vida y su carente diferenciación, y son la arquitectura y el urbanismo mediante el “parametricismo” los elementos que están llamados a organizar y articular la creciente complejidad de esta sociedad posfrodista.

Según Schumacher la arquitectura contemporánea de vanguardia y el urbanismo están abordando esta demanda social a través de una rica panoplia de técnicas de diseño paramétrico, por esta razón lo concibe de manera inadecuada como un nuevo estilo (el parametricismo) y no como la herramienta que es.

Sostiene que más allá del carácter reconocible de la estética, el parametricismo es la consistencia a largo plazo de las ambiciones de diseño, justifica la enunciación de un estilo en el sentido de un fenómeno de época, ubica y reconoce al “parametricismo” como un estilo maduro y proclama que “el parametricismo finalmente ofrece una respuesta creíble y sostenible a la crisis de la modernidad que dio lugar a 25 años de búsqueda estilística.” Define el sello distintivo del parametricismo abarcando solo el aspecto formal: “estéticamente es la elegancia de la complejidad ordenada y la sensación de fluidez transparente, similar a los sistemas naturales”

Tal es el caso, en su afán por definir el diseño paramétrico como un estilo, como el nuevo tipo de expresión estética, que deja de lado las partes que dan sentido a la arquitectura, como la funcionalidad, la habitabilidad, las necesidades sociales y contextuales. El “parametricismo” produce formas nada convencionales, usualmente carentes de funcionalidad, la mayoría confiscadas a ser “arquitectura de papel” por la poca utilidad y los altos costos de construcción que representan, es arquitectura donde impera la forma en detrimento de todo lo demás.

Por el contrario, el diseño paramétrico como herramienta permite otorgarle valor a la producción arquitectónica más allá del impacto visual, se convierte en un procedimiento tal útil que puede ser desarrollado a través de teorías evolutivas, emulando el comportamiento celular mediante el uso de algoritmos generativos y sistemas adaptativos emergentes dando como resultado modelos capaces de mutar y desarrollarse.

Dando lugar a arquitectura morfogenética, aquella capaz de integrar las nuevas ciencias de la complejidad – fractales, dinámicas no lineales, sistemas auto-organizables, en la búsqueda de resultados más eficientes y funcionales a los estímulos del medio. Logrando de esta manera optimizar los recursos de un modo lógico, con parámetros bioclimáticos, que generen mayor grado de eficiencia energética, creando una arquitectura de rendimiento por encima de su apariencia, que reúna prácticas biológicas y digitales, donde se establezca una relación entre medio ambiente y técnica. Arquitectura, ca-

paz de replicar los sistemas existentes en la naturaleza para responder mejor a las condiciones de su ambiente, contribuyendo al desarrollo de una arquitectura sustentable.

En definitiva, el diseño paramétrico concebido como herramienta y utilizado como proceso no como una tendencia de diseño o como estilo arquitectónico, de la mano de fundamentos teóricos, bases conceptuales y reflexivas que aborden aspectos de funcionalidad y de eficiencia, puede ser un instrumento de gran utilidad que le permita al arquitecto proyectar no solo más rápido sino de manera más eficaz y coherente que nunca.

De manera que son precisamente las premisas anteriores lo que da pie a la pregunta principal en este proyecto de investigación ¿Cuáles son las metodologías de diseño que potencializan los beneficios que ofrece el diseño paramétrico en la arquitectura contemporánea?

5. BIOMÍMESIS EN LA ARQUITECTURA

En las últimas décadas, gracias a los avances tecnológicos, la evolución en los procesos de diseño arquitectónico ha dado pasos a gran escala, las plataformas digitales han posibilitado el desarrollo de arquitectura compleja con alto grado de eficiencia mediante estrategias de generación encontradas en la naturaleza y trasladadas al campo del diseño.

El análisis formal y funcional de los casos de estudio de este proyecto de investigación está basado en la morfogénesis como herramienta para la medición de la eficiencia, entendido el término de manera específica como el estudio de los procesos de generación de formas naturales para la reproducción de patrones adaptables y reconfigurables.

Este concepto está concebido como síntesis de eficiencia en la representación formal, debido a que no existe forma natural que no cumpla con una función determinada y que no se desarrolle con el mínimo material y presente el mínimo gasto energético.

Las formas presentes en la naturaleza se configuran mediante geometrías complejas, la aplicación de algoritmos generativos en el diseño paramétrico permite entender y reproducir los patrones de comportamiento que existen detrás de los sistemas de compactación, teselación y reproducción de diversos patrones naturales, con el objetivo de encontrar mediante un análisis morfológico la relación biomimética de estas formas complejas con los casos de estudio y a fin de tratar mediante diferentes posicionamientos la referencia de los patrones naturales y la estrategia generativa presente en el proceso de diseño.

POSICIONAMIENTO TEÓRICO:

En la indagación de los procesos de generación de formas eficaces extraídas del mundo natural Sanford Kwinter doctor arquitecto y profesor de Teoría y Crítica Arquitectónica de la Universidad de Harvard hace una reflexión en torno a los formalismos pobres, haciendo hincapié en la problemática de la no distinción entre los conceptos de forma y objeto, define la forma como una acción de ordenamiento a través de un proceso lógico y al objeto como una imagen seccionada de la forma,

es decir, una percepción de algo genérico.

“Lo que yo llamo formalismo verdadero se refiere a cualquier método que diagrame la proliferación de resonancias fundamentales y demuestre cómo estas se acumulan en figuras de orden y forma, la forma puede incorporar una lógica resonante y transmisible de control interno, una lógica capaz de disociarse inmediatamente de su sustrato material y mantenerse en tensión continua” (Sanford, 2003)

Sanford argumenta que la forma manifiesta es la que aparece como resultado de una interacción entre las reglas internas y las presiones externas morfogénicas que en si mismas derivan en otras formas adyacentes. Describe las formas internas como algoritmos, de tal manera que describe al formalismo algorítmico como dinámico y extensible.

La combinación de homogeneidad estructural y heterogeneidad de las formas presentes en la naturaleza para producir una variedad infinita de formas fue reiterada a lo largo del siglo XX por científicos, artistas, ingenieros y arquitectos con el afán de utilizar la ciencia en la búsqueda del impulso de nuevos inventos, de manera más reciente la fundamentación de esta búsqueda en las Ciencias de la Complejidad con apoyo de herramientas digitales ha generado nuevos modelos, nuevas formas de conceptualizar y de enfrentar los procesos de diseño.

ARQUITECTURA Y NATURALEZA:

La naturaleza ha estado presente como fuente de inspiración en la arquitectura al cabo del tiempo, uno de los primeros referentes en fue el arquitecto catalán Antonio Gaudí, quien trasladó diversas interpretaciones del mundo natural al diseño arquitectónico, las maquetas poli funiculares fueron el precedente del diseño paramétrico, y la versión analógica de la técnica digital de la búsqueda de la forma.



Ilustración 38. Simbiosis entre arquitectura y naturaleza. Fuente: <https://www.taschen.com/pages/es/catalogue/architecture/all/49210/facts.gaudi.htm>

Otro de los grandes referentes en este campo como ya se mencionó anteriormente es el arquitecto alemán Frei Otto quien desarrollo estructuras tridimensionales ligeras, formas eficaces arquitectónicas inspiradas en las energías mínimas y tensiones superficiales de las estructuras de las burbujas de jabón. A la par trabajó con los modelos físicos de estas películas de jabón para determinar el comportamiento de las membranas, las cuales dieron pie en 1972 a resultados tan asombrosos como el Estadio Olímpico de Múnich.



Ilustración 39. Estadio Olímpico de Múnich. Fuente: https://www.archdaily.co/02-48707/fallece-gunther-behnisch-el-arquitecto-del-estadio-olimpico-de-munich/02_estadio-olimpico-de-munich

Años más tarde el sendero que emprendió Otto continuó desarrollándose a través del ICD (Institute for Computational Design), este Instituto continuó con las investigaciones de Otto mediante modelos físicos y simulaciones computacionales con diseño paramétrico y el desarrollo de algoritmos generativos basados en la evolución genética.z

BIOMÍMESIS:

A partir de los años 90 la naturaleza como fuente de inspiración en la producción arquitectónica se convierte en ciencia, la biomímesis, biomimética o biomimetismo son los términos para nombrar a esta ciencia, la cual estudia a los seres vivos para resolver problemas humanos.

La producción de energía mínima, el control de la temperatura, el reciclaje, la economía de materiales y la optimización de las formas en balance con el entorno y sin comprometer la continuidad general del sistema.

El biomimetismo se desarrolla en la multidisciplinariedad, en colaboración con botánicos, físicos, matemáticos, ingenieros y zoólogos.

Las primeras fusiones entre biología y técnica nacen en el campo de la robótica, con el desarrollo de productos que basan sus principios de diseño en materiales aerodinámicos, resistentes al agua o generadores de energía solar.

La bióloga y escritora americana Janine Benyus hace una clara diferenciación entre la domesticación (bioprocesamiento) y la biomímesis (diseños inspirados en la naturaleza). Sostiene que lo importante no es la imitación o la analogía sino la toma de principios, estructuras y los procesos del diseño natural. (Benyus, 1997)

Como ejemplo de estas investigaciones es posible observar dentro del campo de la ingeniería la optimización de las estructuras y economías de materiales que presentan las estructuras microscópicas de los huesos, las ramificaciones de los árboles, las telas de araña o las películas de jabón, donde se encuentran en la naturaleza las claves para el desarrollo de estructuras experimentales.

De acuerdo a Mallo, a mitad del siglo XX se define la biomecánica como otra área científica relacionada a la biomímesis, esta ciencia estudia la aplicación de las leyes de la mecánica a estructuras y órganos de los seres vivos, está íntimamente ligada con la biónica que surge en la década de 1990 y se convierte en una ciencia autónoma.

La biónica se desarrolla mediante la microfotografía y los microscopios electrónicos de barrido, ofrece soluciones biológicas en ámbitos como la medicina para la implementación de prótesis humanas.

Esta ciencia toca a la ingeniería y la arquitectura abarcando la relación entre forma y función, como la morfología funcional que genera edificaciones biomórficas, como ejemplo se puede observar el trabajo desarrollado por el arquitecto español Javier Píoz, quien genera proyectos arquitectónicos y urbanos basados en la flexibilidad, la adaptabilidad y eficiencia energética presente en especies naturales.

Otro ejemplo es la arquitectura botánica digital que desarrolla el arquitecto Dennis Dollens, genera proyectos basados en los principios botánicos de las ramificaciones de los árboles trasladados a la arquitectura gracias al uso de plataformas digitales y el uso de algoritmos generativos, teniendo como resultado estructuras flexibles y multidireccionales.

Por otra parte Nery Oxman, arquitecta investigadora del Instituto Tecnológico de Massachusetts, enfoca su exploración en las tecnologías de fabricación digital inspiradas en los procesos de crecimiento de la naturaleza, así como el estudio de materiales de composición heterogénea para el desarrollo de materiales altamente eficientes mediante el prototipado rápido de propiedades variables. Este sistema de fabricación por capas permite la mixtura dinámica de materiales para su óptimo rendimiento.

En el mismo sentido el profesor investigador de Ingeniería de la Facultad de Stuttgart comparte la idea de la heterogeneidad de la naturaleza, así como la concepción de la adaptación de los elementos geométricos adaptables en propiedades físicas y químicas, contraponen los sistemas estáticos y jerárquicos tradicionales frente a los nuevos sistemas redundantes, adaptables e interdependientes.

En palabras de Mallo, con relación a la funcionalidad, Knippers investiga la utilización de componentes mono funcionales que se integran en sistemas de materiales multifuncionales que pueden ser

utilizados en estructuras adaptables que generan, transmiten y almacenan energía. Por tanto, apuesta por un cambio de paradigma en la construcción, gracias a las técnicas de diseño y producción digital, que dejan obsoleta la antigua consideración de usar la mayor cantidad de partes iguales unidad de la manera más sencilla.

Por último, es relevante mencionar la homeostasis como otro de los conceptos llevado de la naturaleza a la arquitectura, el cual permite el equilibrio dinámico que provee estabilidad de una condición interna mediante la autorregulación con el exterior, dando como resultado el uso eficiente de la energía. En este campo en los últimos años se han desarrollado propuestas de diseño arquitectónico definidos por patrones de auto-organización que adoptan la estrategia del diseño de la imperfección donde un alto número de elementos débiles organizados en patrones redundantes, generan una respuesta adaptativa a una gama de condiciones cambiantes e imprevisibles. (Mallo, 2015)



Ilustración 40. Principios de generación de biomímesis. Fuente: <https://www.dezeen.com/>



6. DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño del marco metodológico que se proyectó para el desarrollo de esta investigación es de corte cualitativo, en apego al enfoque inductivo y holístico de Taylor y Bogdán (1986), el método se implementó a través de la teoría fundamentada y la investigación-acción.

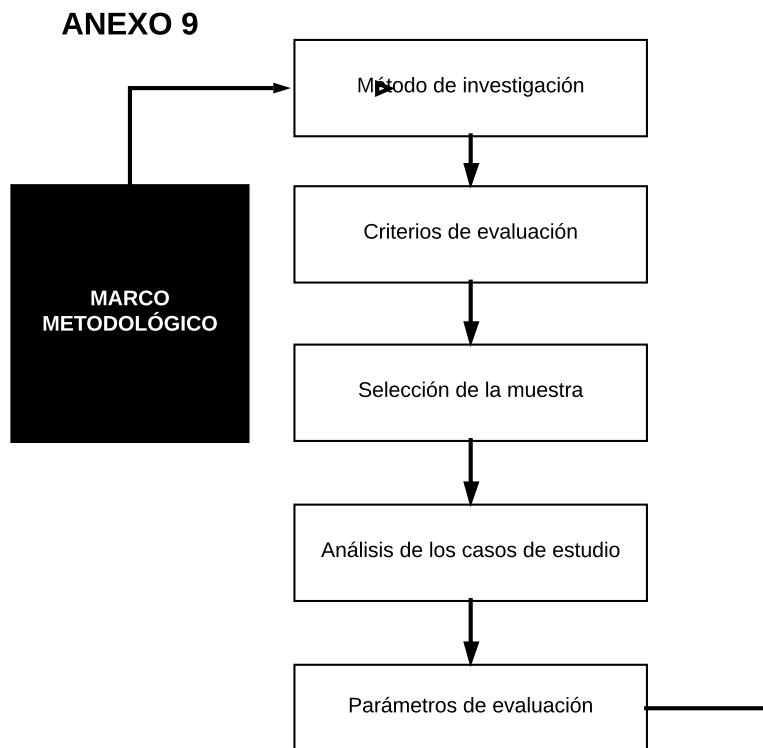
En cada caso de estudio se realizó en primer lugar un análisis morfológico tomando como herramienta la geometría desde el desarrollo de las formas simples de la geometría euclidiana a las formas complejas de la geometría evolutiva, en este primer acercamiento a los casos de estudios la base teórica fue mediante el principio de similitud de Thompson y los temas de composición de Clark y Pause.

En segundo lugar, se realizó el análisis funcional tomando a la biomímesis en la arquitectura como herramienta para la medición de la eficiencia, en este análisis los radiolarios, el mosaico hexagonal, los pentágonos y heptágonos y las estructuras alveolares fueron los elementos que permitieron entender los procesos de generación y reproducción de patrones que pueden ser replicables en la arquitectura como lo hace el mundo natural, tomando la forma como síntesis de eficiencia. La base teórica de este análisis fue el evolucionismo y adaptación como argumento de la funcionalidad de Bruno Zevi y Frei Otto.

En tercer lugar, se realizó el análisis teórico de los casos de estudio para establecer la relación y pertinencia entre la ideación, trama y fundamento de la obra arquitectónica a partir de una concepción científica dentro del marco de la ciencia de la complejidad en los procesos de diseño a través de los conceptos de caos, auto-organización, fractales, auto semejanza, catástrofes y pliegues, etc., con la eficiencia. El marco teórico sobre el cual se asentó este análisis fue el pensamiento filosófico de Von Bertalanffy, Morin, Pascal, Simon y Jencks.

Por último, con base en los análisis anteriores se determinó mediante los parámetros de medición previamente establecidos el grado de relevancia de cada caso, el aporte que se buscó fue la operatividad mediante la vinculación de la teoría a los procesos de diseño paramétrico.

MARCO METODOLÓGICO.



SELECCIÓN DE LA MUESTRA.

La selección de la muestra tuvo como criterio los siguientes puntos:

- Arquitectos a nivel mundial que desarrollan obras mediante procesos de diseño paramétrico. (criterio de evaluación 1)
- Arquitectos impulsores de la vinculación de la teoría de la ciencia de la complejidad a los procesos de diseño paramétrico. (criterio de evaluación 2)
- Arquitectos que desarrollen investigación e innovación tecnológica (criterio de evaluación 3)
- Arquitectos que hayan producido mediante procesos de diseño paramétrico arquitectura morfogenética. (criterio de evaluación 4)

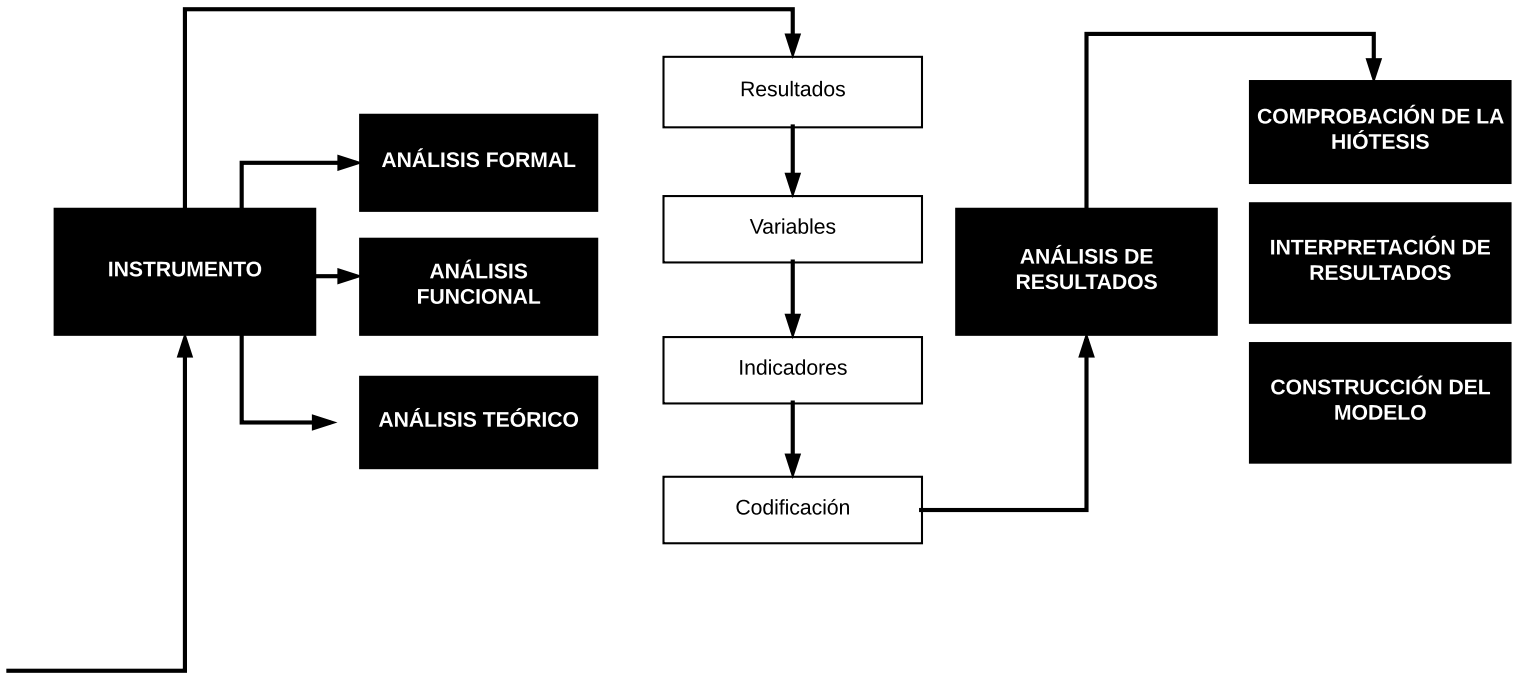


Ilustración 42. Marco metodológico. Fuente: (Gómez, 2018) Autoría propia.

ANEXO 10

| CRITERIOS DE EVALUACIÓN | Arquitectos a nivel mundial que desarrollan obras mediante procesos de diseño paramétrico | Arquitectos impulsores de la vinculación de la teoría de las Ciencias de la Complejidad a los procesos de diseño paramétrico | Arquitectos que desarrollen investigación e innovación tecnológica | Arquitectos que hayan producido mediante procesos de diseño paramétrico arquitectura morfogenética |
|-------------------------|---|--|--|--|
| | CRITERIO 1 | CRITERIO 2 | CRITERIO 3 | CRITERIO 4 |
| NOMBRE | | | | |
| Alejandro Zaera-Polo | — | — | — | |
| UnStudio | — | — | — | — |
| Asymptote | — | — | — | — |
| Morphosis | — | — | — | |
| Herzog & de Meuron | — | | — | — |

Ilustración 43. Tabla de selección de la muestra y criterios de evaluación. Fuente: (Gómez, 2018). Autoría propia.

La selección de muestras tuvo como criterio los puntos arriba mencionados, en los que la vinculación de la teoría de la ciencia de la complejidad a los procesos de diseño paramétrico fue el más significativo, además de tomar en consideración que los casos de estudios estuvieran edificados. Por tal motivo el criterio para la selección de muestras debería poder ser revisado en los tres aspectos principales de este análisis, el morfológico, funcional y teórico.

En función al criterio anterior se identifican a los siguientes expositores:

- Alejandro Zaera-Polo
- UNStudio
- ASYMPTOTE
- Morphosis
- Herzog & de Meuron

CASOS DE ESTUDIO.

ANEXO 11



Ilustración 44. Casos de estudio. Fuente: (Gómez, 2018). Autoría propia.

Análisis de los expositores elegidos en la selección de la muestra.

ALEJANDRO ZAERA-POLO FOA.

Graduado con honores en 1988 de la escuela técnica superior de arquitectura de Madrid obtuvo un grado MARCH2 GSD en Harvard con distinción en 1991. Trabajó en despacho OMA de Rem Koolhaas en Rotterdam antes de fundar FOA en 1993, práctica internacional galardonada que construyó proyectos como la terminal internacional de cruceros de Yokohama en Japón y participó en proyectos como la competencia Ground Zero en Nueva York y el plan maestro de los juegos olímpicos de Londres.

En 1992 junto a Farshid Moussavi fundaron en Londres el estudio de arquitectura FOA (Foreign Office Architects), que inició su camino aplicando a proyectos concretos los hallazgos en la investigación de superficies, topológicamente construidas, desarrolladas en el grupo docente en el que enseñaba en la Asociación de Arquitectura de Londres.

En esta línea de trabajo surgió la oportunidad de proyectar la terminal de pasajeros del puerto de Yokohama. Un encargo resultado del concurso de ideas en que el relevante arquitecto y director de la Office for Metropolitan Architecture, con la que Alejandro Zaera había colaborado en el pasado, Rem Koolhaas, actuaba como jurado. En junio de 2011 FOA se disuelve, meses más tarde Maider Llaguno-Munitxase se integra a la práctica de Alejandro Zaera-Polo y fundan AZPML.

Llaguno-Munitxase es investigadora científica en el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental en la Universidad de Princeton, es profesora adjunta en la Universidad de Columbia, sus campos de conocimiento incluyen la física urbana, física de edificios, modelado ambiental, análisis y visualización y diseño computacional. Ha enseñado en diferentes Universidades como Barnard College y GSAPP Columbia

University en Nueva York, ETH en Zúrich y Yale School of Architecture en New Haven.

El trabajo de Maider Llaguno-Munitxase ha sido publicado en varios periódicos y boletines de arquitectura internacional, así como en revistas científicas centradas en los temas de las ciencias ambientales y el cálculo del diseño, modelado am-

biental, análisis y visualización y diseño computacional.

De manera paralela a sus actividades profesionales, Alejandro Zaera-Polo ha desarrollado un rol sustancial en lo académico. Fue decano de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Princeton y decano del Instituto Berlage en Rotterdam. Fue profesor visitante de la Universidad de Princeton y profesor visitante inaugural de Norman Foster en la Escuela de Arquitectura de Yale.

Actualmente es profesor de arquitectura en la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Princeton y codirector de la Bienal de Arquitectura de Seúl 2017, ha publicado extensamente en las revistas Croquis, QUADERNS, A + U, ARCH +, VOLUME y muchas otras de corte internacional, además de ser miembro del proyecto London School of Economics Urban Age. Publicó Sniper's Log, una compilación de sus escritos más relevantes y actualmente está trabajando en el libro Ecologies of the Envelope.

El trabajo de Alejandro Zaera-Polo ha sido ampliamente publicado y exhibido, representó a Gran Bretaña en la 8ª Bienal de Arquitectura de Venecia en 2002; ha recibido el premio Enric Miralles de arquitectura, siete premios RIBA, el premio de la Bienal de Arquitectura de Venecia 2004 y el premio Charles Jencks de arquitectura.

La práctica profesional internacional del grupo AZPML integrado por Zaera-Polo y Llaguno-Munitxase con sede en Londres y Nueva York tiene como compromiso la excelencia en la arquitectura y el urbanismo, la cual combina la innovación técnica con la calidad del diseño.

Entre los proyectos realizados se destacan la Terminal Internacional de Pasajeros de Yokohama en Japón, la Facultad de Artes y Comunicación Revensbourne en Greenwich, los grandes almacenes John Lewis, la vivienda social Carabanchel en Madrid, el complejo minorista Meydan, el Pabellón de España en la exposición internacional de 2005 en Aichi, el parque costero de Barcelona, el teatro y auditorio municipal de Torre Vieja, el Centro de Transferencia de Tecnología de la Rioja en Logroño, la sede de publicación de Dulnyouk en

Paju, Corea del Sur y la estación Birmingham New Street.

Los proyectos actuales de AZPML incluyen la fundación Cerezales Antonino & Cinia en España, la residencia Haynes en Andalucía, el desarrollo de edificios administrativos y de comedor para la Universidad Weifang, la Residencia Universitaria Youbang en Shanghái, la vivienda social Kirchberg en Luxemburgo, la torre Snirchgasse en Viena, el

punto peatonal Ex-torretta en Bellinzona, y la sede del festival de cine de Locarno en Suiza.

PROYECTOS PRINCIPALES:

GRANDES ALMACENES JHON LEWIS

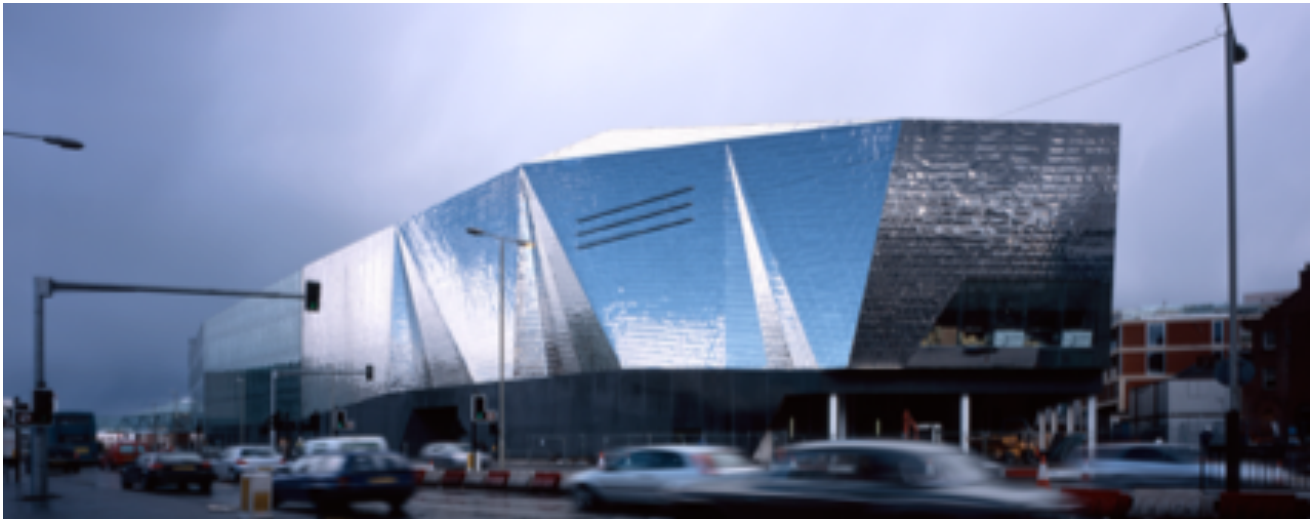


Ilustración 47. Grandes almacenes John Lewis. Leicester, Reino Unido. 2008. Fuente: <http://azpml.com/>

VIVIENDA SOCIAL CARABANCHEL



Ilustración 48. Vivienda social Carabanchel, Madrid. 2008. Fuente: <http://azpml.com/>

AEROPUERTO BOHOAN





Ilustración 49. Aeropuerto Bahoán, China. 2007. Fuente: <http://azpml.com/>

IGLESIA DE SYDHAUNEN



Ilustración 50. Iglesia de Sydhavn. Copenhague, Dinamarca. 2016. Fuente: <http://azpml.com/>

COMPLEJO DEL MUSEO NACIONAL SEJONG



Ilustración 51. Complejo del Museo Nacional Sejong City. Corea del Sur. 2016. Fuente: <http://azpml.com/>

PARQUE OLÍMPICO DE LONDRES



Ilustración 52. Parque Olímpico de Londres, Inglaterra. 2012. Fuente: <http://azpml.com/>

ESTACIÓN DE SANTIAGO AVE

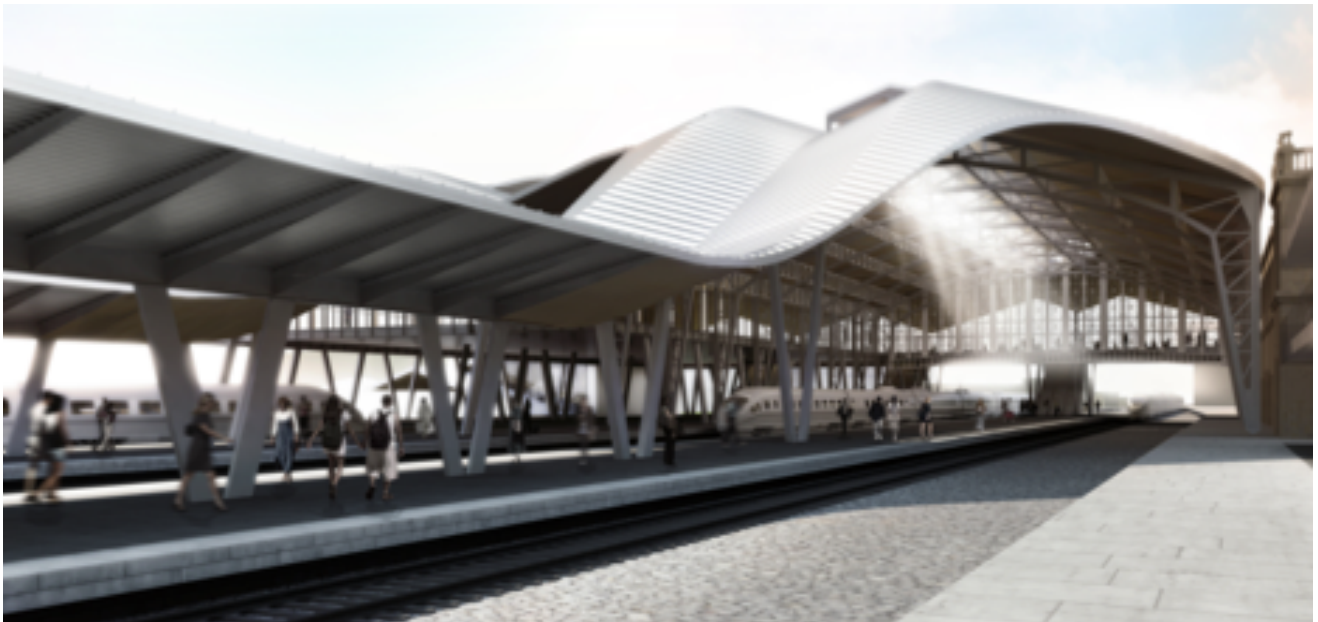


Ilustración 53. Estación de Santiago AVE. Santiago, España. 2011. Fuente: <http://azpml.com/>

CASO DE ESTUDIO: TERMINAL DE PASAJEROS DEL PUERTO DE YOKOHAMA 2002.



Ilustración 54. Terminal Portuaria Internacional de Yokohama. Yokohama, Japón. 2002. Fuente: <http://azpml.com/>

ANÁLISIS DEL CASO DE ESTUDIO

Descripción del proyecto

- Obra: Terminal Internacional de Pasajeros de Yokohama.
- Arquitecto: Foreign Office Architecture (FOA)
- Ubicación: Puerto de Osanbashi, Tokio Japón
- Área: 48,000 m² año: 1995-2002
- Programa: Terminal Portuaria

Inaugurado en 2002, la triunfal recepción crítica de la Terminal Internacional de Pasajeros de Yokohama fue el producto de la metodología arquitectónica inventiva y el pensamiento social consciente. (Langdon, ArchDaily, 2014)

Fue diseñado en 1995 por FOA, la terminal de carácter futurista simboliza una tipología emergente de la infraestructura de transporte, el diseño es radical, hiper-tecnológico y explora nuevas fronteras de la forma arquitectónica al tiempo que provoca un gran discurso sobre la responsabilidad social de los proyectos de gran escala para enriquecer los espacios urbanos compartidos.

El espectacular aspecto de la terminal se hizo posible gracias a los avances tecnológicos en el campo del diseño asistido por computadora, fue conce-

bido mediante herramientas de diseño paramétrico, principalmente en secciones, con una increíblemente y compleja serie de superficies que se curvan y se pliegan suavemente en una topografía arquitectónica apta y funcional.

Las oscilaciones en las circulaciones y las aberturas en los extensos espacios cerrados de los niveles inferiores permitieron el desarrollo cambios de elevación que se convirtieron en la esencia del lenguaje arquitectónico del proyecto.



Ilustración 55. Vista aérea del complejo. Fuente: <http://azpml.com/#/?q=terminal%20yokohama>

El edificio se organizó en tres niveles verticales, el primer nivel contiene área de estacionamiento, el segundo nivel contiene áreas administrativas y operativas de la terminal, incluyendo venta de entradas, aduanas, inmigración, restaurantes, tiendas y zonas de espera, el tercer nivel contiene la gran plataforma que une la terminal con la ciudad.



Ilustración 56. Circulación nivel intermedio. Fuente: <http://azpml.com/#?q=terminal%20yokohama>

La conexión de los tres niveles son una serie de rampas de suave pendiente, que los arquitectos decidieron al ser más efectivos que las escaleras en el mantenimiento de un flujo continuo y multidimensional de circulación, mientras que las vigas de acero que cruzan el techo amplían la sensación de peso en el espacio que disiente fuertemente con la sensación de la plataforma de observación, que pareciera estar hecha de una luz, flexible y fácilmente maleable.

El sistema estructural fue hecho de chapas de acero plegadas y vigas de hormigón que soportan al edificio, la resistencia de los materiales minimiza la necesidad de soportes verticales y permite una planta en su mayoría abierta, mientras que la altura de la estructura permite una espectacular variedad de condiciones de techo en los espacios interiores. Según los arquitectos, este esquema estructural es

especialmente hábil para hacer frente a las fuerzas laterales de los movimientos sísmicos, una condición previa necesaria de los edificios de su tamaño en Japón. (Zaera-Polo, 2007)

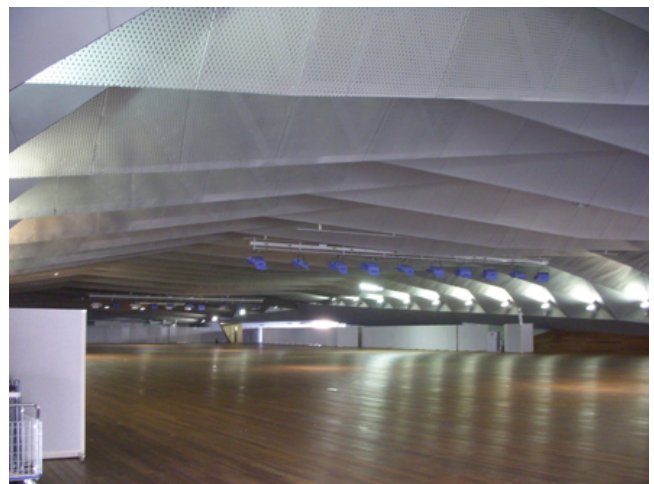


Ilustración 57. Vista interior del complejo. Fuente: <http://azpml.com/#?q=terminal%20yokohama>



Ilustración 58. Plataforma exterior. Fuente: <http://azpml.com/#/?q=terminal%20yokohama>

Durante todo el proyecto, el dinamismo formal impregnó los lenguajes tectónicos y materiales del edificio, la abundancia de muros, pisos y cubiertas no ortogonales, crea una sensación controlada de vértigo que se acentúa de manera similar a accesorios y detalles descentrados. El efecto se magnifica por los materiales, tales como los granos cambiantes de los tablonces de madera en la cubierta de observación que indican la ubicación de los pliegues, y los paneles de metal gris minimalista que se revelan por las estructuras que van por debajo. (Langdon, ArchDaily, 2014)

La circulación de la terminal funciona como un diagrama de bucle continuo, rechazando directamente cualquier noción de linealidad y direccionalidad. Los caminos sinuosos serpentean en ambos sentidos antes de llegar a cualquier destino, y sus líneas de visión a través del espacio son comparativamente tortuosas e indirectas. Para toda la complejidad caótica de los materiales y los gestos formales, la simplicidad de este diagrama ofrece una sensación de claridad y revela el proceso a partir del cual surgió el edificio. (Zaera-Polo, 2007)

La mayor fuerza conceptual del proyecto es la relación de la terminal con la línea de la costa, este concepto fue logrado mediante la plataforma de observación que se extiende como una plaza pública totalmente accesible generando un paisaje urbano ininterrumpido y accesible. La altura se calculó para generar esa la continuidad con la costa y garantizar que las líneas visuales del interior a la costa se mantuvieran sin obstrucciones.

La terminal fue acreedora de varios premios internacionales entre ellos el Premio Enric Miralles 2004, desafiando por completo el papel limitado de los proyectos tradicionales de infraestructura pública y creando un nuevo precedente de innovación tecnológica e integración urbana que muchos han tratado de igualar desde entonces. (Langdon, ArchDaily, 2014)

ANÁLISIS FORMAL

La planta está insertada en un paralelogramo cuadrilátero, con circulaciones sinuosas de curvas libres que generan un flujo continuo y multidisciplinar formando un diagrama de bucle incesante

ANÁLISIS FUNCIONAL

La idea principal fue utilizar el proyecto como un nexo entre la ciudad y el mar. El objetivo principal fue ofrecer al visitante un edificio que se des- envuelve hasta convertirse en una plaza frente al mar, con visuales hacia la bahía, teniendo como premisa organizar el edificio para convertirlo en una topografía, transformando la terminal en una superficie plana y oblonga, el edificio se convierte en parte del suelo como una superficie envolvente, con el fin de que no existiera un eje divisor entre el puerto y la ciudad, la circulación se propuso como un recorrido incesante con múltiples alternativas.

A cada segmento y a cada bifurcación del diagrama de circulación se le asoció una superficie tomando en cuenta aspectos ergonómicos y antropométricos. El proyecto se dividió en tres niveles, el ordenamiento general privilegia la plaza principal y los espacios públicos de cara al mar, debajo se ubica el salón de interacción cívica, restaurantes y tiendas, en el último nivel se ubica la terminal, las condicionantes del programa determinaron un esquema fundamentalmente simétrico.

La superficie envolvente se proyectó como un elemento estructural en sí, colocando una superficie ondulada entre dos placas planas, al eliminar columnas y escaleras las rampas se convirtieron en la solución para las circulaciones verticales.

Bajo la premisa de continuidad se utilizó en las superficies externas tablones de madera Ipe y al interior acero laminado, haciendo énfasis en la idea de un conjunto básicamente plano.

El interior de la cubierta envolvente contiene el principio de similitud con los esqueletos radiolarios, los diagramas de flujo y circulaciones sin retorno emulan el patrón de venas principales y las superficies el tejido homogéneo de la estructura alveolar del ala de libélula.



Ilustración 61. Vista de los espacios exteriores. Fuente: <http://azpml.com/>

ANÁLISIS TEÓRICO

El proyecto se conceptualizó tomando a las ciencias de la complejidad en la postura de interaccionar la arquitectura en el campo de las ciencias. De acuerdo a Jencks (2002) el proyecto está vinculado a la teoría científica de la autosemejanza aplicable a lo estético y lo conceptual, toma como criterios la armonía con la naturaleza y los lenguajes naturales, las verdades básicas cosmogénicas, polivalencia y complejidad.



Ilustración 62. Vista aérea del complejo. Fuente: <http://azpml.com/>

en el proyecto se consideró la flexibilidad presente en las estructuras de la naturaleza como premisa fundamental de diseño creando espacios intensivos donde la capacidad del espacio no está directamente relacionada a su tamaño y cuya flexibilidad varía diferencialmente creando funciones específicas dentro de la superficie.

SUMA DE RESULTADOS

De acuerdo a los análisis realizados y a los parámetros de medición se establece que el proyecto contiene biomímesis pragmática con relevancia filosófica.

RESULTADOS

ANÁLISIS FORMAL

Proyecto de estructura colaboradora (la estructura adopta un papel relevante en el diseño del proyecto).

ANÁLISIS FUNCIONAL

Proyecto con relación biomimética por el principio de similitud de Thompson contenida diagramática y estructuralmente con una topología de relación homóloga con radiolarios y estructuras alveolares.

ANÁLISIS TEÓRICO

Proyecto con soporte teórico de auto semejanza,

UNSTUDIO

UNStudio es un despacho neerlandés especializado en arquitectura, desarrollo urbano y proyectos de infraestructura, fundado en 1998 por Ben van Berkel y Caroline Bos.

Ben van Berkel estudió arquitectura en la academia Rietveld en Ámsterdam y en la Architectural Association en Londres, recibiendo el diploma AA con honores en 1987, en 1998 Ben van Berkel cofundó UNStudio (United Net) al lado de Caroline Bos, extendiendo sus proyectos teóricos y de escritura a la práctica de la arquitectura, ha dado conferencias y enseñado en muchas escuelas de arquitectura de todo el mundo. Actualmente ocupa la cátedra de profesor visitante de Kenzo Tange en la facultad de diseño de la universidad de Harvard.

Caroline Bos estudió historia del arte en Birkbeck College de la Universidad de Londres y planificación urbana y regional en la Facultad de Geociencias de la Universidad de Utrecht, ha enseñado como conferenciante invitada en la Universidad de Princeton, el Instituto Berlage en Rotterdam, la Academia de Bellas Artes en Viena y la Academia de Arquitectura en Arnhem, en 2012 fue galardonada con una cátedra honoraria en la Facultad de Arquitectura, Edificación y Planificación de la Universidad de Melbourne.

UNStudio, es una red internacional de diseño arquitectónico con tres oficinas internacionales de servicio completo en Ámsterdam, Hong Kong y Shanghái, especializados en arquitectura, arquitectura de interiores, diseño de productos, desarrollo urbano y proyectos de infraestructura.

Desde su fundación UNStudio ha tenido una participación activa en la teoría de la arquitectura, además de mostrar interés por la geometría, la producción digital, el efecto de los materiales y diseños, así como las soluciones costeables y sustentables, puntos que lo que lo ha llevado a desarrollar una serie de plataformas de conocimiento.

Para UNStudio las plataformas de conocimiento son lugares de encuentro donde se comparte la experiencia adquirida en proyectos, conferencias

y con asesores, las plataformas crean y mantienen una base de datos de la información obtenida de los proyectos, estos proyectos ofrecen una gama de soluciones para diferentes entornos de todo el mundo, incluida la información sobre las soluciones técnicas, materiales y normas para diversos métodos de diseño y evaluación.

Los objetivos duales de las plataformas de conocimiento facilitan el intercambio de conocimientos dentro del estudio, “como lo que diseñamos hoy normalmente se construye en un plazo de tres a cinco años, estamos acostumbrados a trabajar pensando en el futuro, sin embargo, el futuro está cambiando más rápido que nunca, incluso las predicciones más precisas pueden ser redundantes por un avance repentino en la tecnología, Para garantizar que no contribuyamos a un desperdicio de materiales e inversión que ya no es sostenible o apropiado en el mundo de hoy, desarrollamos estrategias que no solo anticipan el futuro, sino también posibles cambios en ese futuro, creemos que la clave para "proteger el futuro del futuro" es el conocimiento. Durante la última década, nos hemos centrado en ampliar nuestra comprensión de las tendencias y la práctica en la arquitectura y más allá, con equipos dedicados que investigan cada faceta del entorno construido dentro y fuera de la arquitectura, en nuestra red, las plataformas de conocimiento sirven como una base de datos para compartir y ampliar la experiencia y las habilidades adquiridas durante nuestros proyectos de diseño. Externamente, colaboramos con socios como la escuela de postgrado de diseño de la Universidad de Harvard, Microsoft y Mitsubishi en cuatro áreas de trabajo que investigan cómo mejorar la calidad de vida. Los resultados contribuyen a nuestra misión de producir diseños centrados en el usuario que sean adaptables, resilientes y a prueba de futuro, independientemente de lo que pueda deparar el futuro.” (UNSTUDIO, 2017)

Las plataformas de conocimiento son una de las mayores herramientas de este despacho, recopilan una base de datos exhaustiva de todas las ideas y la investigación desarrollada por todos los diseñadores de UNStudio, estas plataformas de conocimiento se organizan en cuatro áreas: organizaciones, parámetros, materiales y sostenibilidad.

“De acuerdo con nuestra filosofía de colaboración, también invitamos a expertos externos, fabricantes, formuladores de políticas y académicos a contribuir con las plataformas, realizar investigaciones y desarrollar iniciativas para fomentar el intercambio de conocimiento. Esta combinación de experiencia y experiencia hace que cada plataforma sea un banco de inspiración que impulsa nuestro pensamiento de diseño hacia una mayor innovación.” (UNSTUDIO, 2017)

De acuerdo a la filosofía de UNStudio para poder proteger el futuro del futuro, es necesario pensar más allá de la arquitectura, la resiliencia en sí misma ya no es suficiente se necesita crear diseños verdaderamente sostenibles, una mejor comprensión de cómo las personas vivirán, se moverán, aprenderán y trabajarán en el futuro.

Dentro de sus investigaciones, los equipos de Workfield rastrean patrones de comportamiento para investigar cómo las personas actúan e interactúan individualmente a nivel comunitario en cuatro áreas: Superliving, Mobility, Work & Campus y Culture & Commerce, estos equipos desarrollan escenarios futuros plausibles y provocativos que ayudan a predecir cómo los factores tecnológicos, sociales, políticos y económicos afectarán la forma en que los usuarios se relacionan con el entorno construido.

Así mismo, las colaboraciones multidisciplinarias con expertos en otros campos fomentan el desarrollo de productos que proporcionan nuevos conocimientos sobre la arquitectura, sus procesos, materiales y organización. Esto lleva a la creación de edificios de mejor rendimiento y ciudades más saludables.

UNStudio promueve la práctica del diseño sostenible, tomando en cuenta desde el inicio de un proyecto las cuestiones medioambientales como la sostenibilidad social y ecológica, en la búsqueda de hacer que todos los proyectos sean viables desde el punto de vista financiero y social.

La plataforma de sostenibilidad involucra todos los proyectos de UNStudio desde las primeras fases para garantizar que se tomen las decisiones correctas y que los altos estándares sostenibles de la oficina continúen siendo una parte integral del

proceso de diseño. “Con énfasis en la arquitectura, nos aseguramos de que nuestro conocimiento sostenible y nuestras conclusiones informen directamente nuestras decisiones de diseño. Esto implica herramientas de diseño activo y pasivo, que tienen un efecto reconocible en el diseño del edificio, producto o plan urbano”. (UNSTUDIO, 2017)

La plataforma de parámetros gestiona, mantiene y desarrolla las herramientas y procesos computacionales involucrados en un proceso integral de diseño y construcción. El conocimiento tratado en esta plataforma está sujeto a modificaciones rápidas, el diseño computacional no se limita a la búsqueda de formas para UNStudio, sino que abarca explícitamente todos los parámetros involucrados en el diseño y los procesos de construcción de la arquitectura.

La plataforma de la organización se estableció para encontrar nuevas respuestas en respuesta a las cambiantes demandas programáticas y espaciales y para interrogar a nuevos tipos de organizaciones para crear soluciones espaciales.

Esta plataforma profundiza en potenciales innovadores en la superposición de ensamblajes de programas con criterios sociales, culturales y ambientales. Al inflexionar a la organización con parámetros suaves adicionales, es posible desarrollar métodos más eficientes y configuraciones espaciales novedosas y pronosticar desarrollos organizacionales futuros.

La plataforma de materiales se ha creado para involucrar el desarrollo del conocimiento que implica la capacidad de desarrollar y adaptar los materiales existentes, los activos creativos desarrollados dentro de la plataforma y su relación con los proyectos de UNStudio proporcionan una lente para comprender la complejidad de la ciencia de los materiales.

Esta plataforma se esfuerza por investigar los materiales más allá de sus propiedades físicas singulares y comprenderlos en términos relacionales de economía, efecto ambiental y sostenibilidad. “Hacemos todo lo posible para desarrollar colaboraciones creativas e imaginativas con otros expertos y con los fabricantes de la industria de la construcción para impulsar el progreso en el campo de los

materiales”. (UNSTUDIO, 2017)

Entre los proyectos realizados se destacan la Torre Wafra en Lusail, Qatar, proyecto ganador cinco estrellas en el sistema de calificación de sostenibilidad GSAS (Sistema Global de la Sostenibilidad).

PROYECTOS PRINCIPALES

TORRE WAFRA



Ilustración 63. Torre Wafra. Lusail, Qatar. 2015-2019. Fuente: <https://www.unstudio.com/>

EDIFICIO DIAMOND HOUSE



Ilustración 64. Edificio Diamon House. Ámsterdam, Países Bajos. 2015. Fuente: <https://www.unstudio.com/>

EDIFICIO CENTRAL W21-22



Ilustración 65. Edificio Central W21-22. White City, Bakú, Azerbaiyán. 2012. Fuente: <https://www.unstudio.com/>

WASL TOWER



Ilustración 66. Wasl Tower. Dubái, Emiratos Árabes. 2014. Fuente: <https://www.unstudio.com/>

CENTRO COMERCIAL EASTSIDE

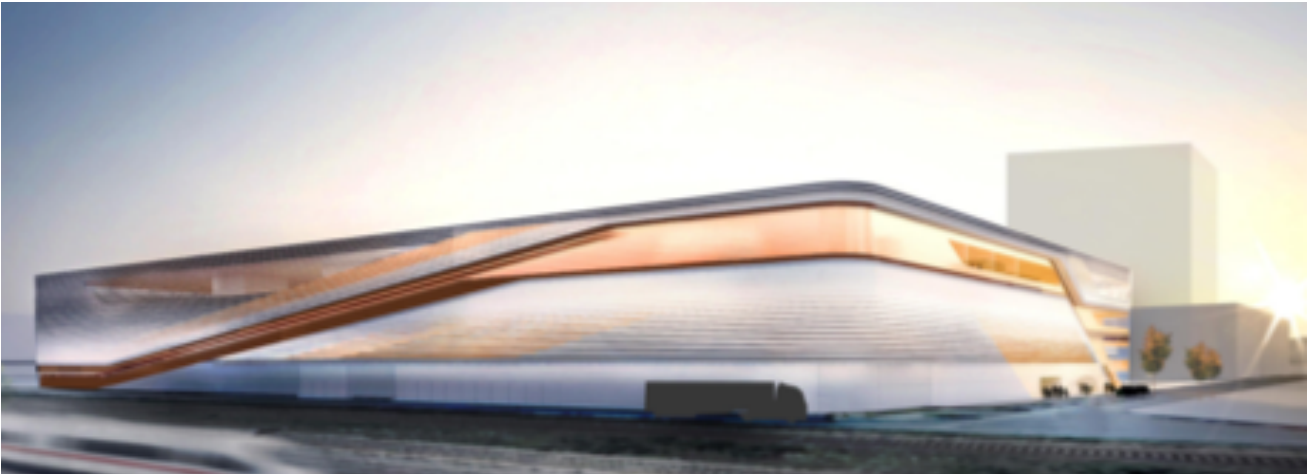


Ilustración 67. Centro comercial Eastside. Berlín, Alemania. 2013. Fuente: <https://www.unstudio.com/>

GALERÍA CENTER CITY

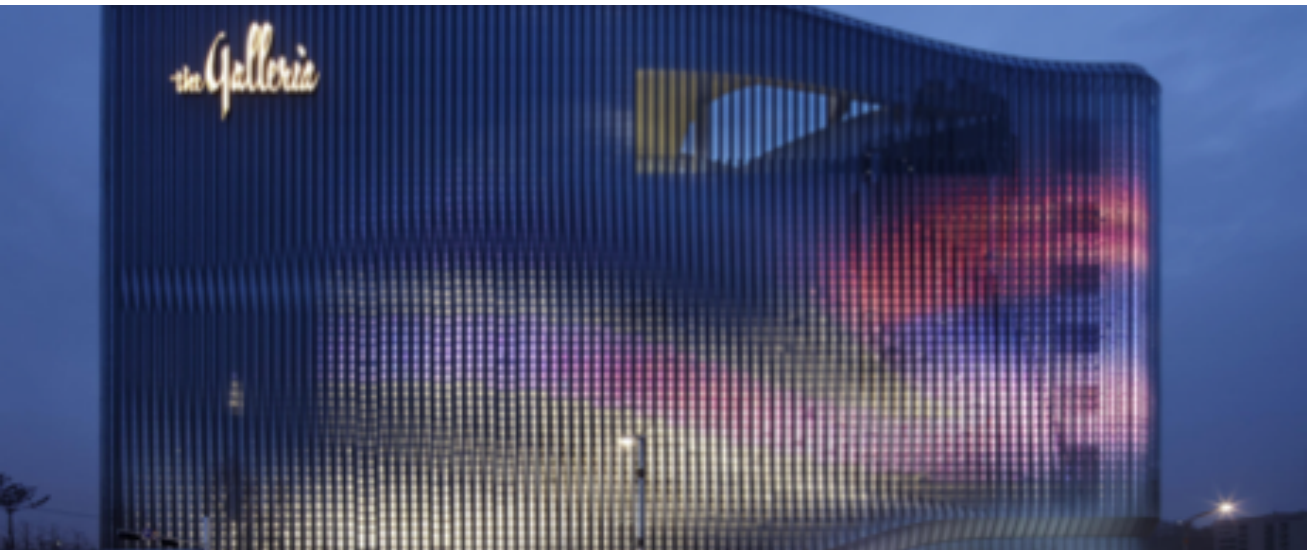


Ilustración 68. Galería Center City. Cheonan, Corea. 2008-2010. Fuente: <https://www.unstudio.com/>

CENTRO COMERCIAL HANJIE WANDA SQUARE



Ilustración 69. Hanjie Wanda Square. Wuhan, China. 2011-2013. Fuente: <https://www.unstudio.com/>

CASO DE ESTUDIO:

RAFFLES CITY HANGZHOU I, 2008-2017



Ilustración 70. Raffles City. Hangzhou, China. 2008-2017. Fuente: <https://www.unstudio.com/>

ANÁLISIS DEL CASO DE ESTUDIO

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

- Proyecto: Raffles City Hangzhou
- Diseño: UNStudio
- Ubicación: Hangzhou, Zhejiang China
- Área: 392,526.
- Programa: Centro urbano
- Año: 2017

Diseñado por Ben van Berkel / UNStudio, el complejo Raffles City propiedad de CapitaLand es un centro urbano sustentable para vivir, trabajar y divertirse localizado en Hangzhou, una de las ciudades más pintorescas de China, está situado en el Nuevo Pueblo de Zhejiang cercano al Río Qiantang, este desarrollo de uso mixto se transforma en un hito importante a lo largo del eje ecológico del nuevo CBD de la ciudad. Una rica mezcla de funciones 24/7 que ocupa casi 400,000 m² dentro de dos torres aerodinámicas colocadas encima de un podio y de una plaza ajardinada.



Ilustración 71. Plaza de acceso al complejo. Fuente: <https://www.unstudio.com/>

Está concebido como una animada zona vertical, presenta vistas impactantes del río y de las áreas de West Lake, las torres de sesenta niveles, 250 metros de altura contienen espacios residenciales, oficinas Clase A, el Hotel Conrad y un helipuerto en la azotea; el podio de 116,000 m² de seis niveles aloja comercios, restaurantes, instalaciones recreativas, estacionamiento y cuenta con una conexión subterránea directa hacia el metro.



Ilustración 72. Vista exterior. Fuente: <https://www.unstudio.com/>

En palabras de Berkel, Raffles City Hangzhou será un punto de confluencia, un centro de negocios y un nuevo destino para tanto los visitantes como los residentes por igual; un destino ‘todo-en-uno’ para trabajar, vivir y divertirse en un entorno altamente sustentable. (Ben van Berkel, 2017)

La ciudad donde se inserta el proyecto está arraigada en las tradiciones con una mirada hacia el futuro, está localizada a 50 minutos en tren de alta velocidad desde la ciudad de Shanghai, Hangzhou se ha convertido actualmente en una potencia económica dentro de China gracias al fortalecido sector tecnológico, su futuro apunta hacia un nuevo centro económico, político y cultural orientado hacia el río.



Ilustración 73. Vista aérea de la intersección de las torres. Fuente: <https://www.unstudio.com/>

Con fuertes ambiciones en lo concerniente a la sustentabilidad, economía y habitabilidad, Hangzhou es una ciudad en movimiento y debido a los impactos de la urbanización alrededor del mundo, UNStudio planteó la pregunta: ¿Cómo se puede utilizar un programa denso y mixto como parte de un desarrollo orientado hacia el tránsito para estimular el hábitat sustentable y mejorar la calidad de vida?

Para dar una respuesta coherente UNStudio desarrolló el proyecto bajo las siguientes premisas:

PROYECTO DE USO MIXTO: CIUDADES SALUDABLES DEL FUTURO

El proyecto promueve la investigación en marcha sobre la práctica del Superliving, como una estrategia (integral) para crear ciudades sustentables,

saludables que ofrezcan una alta calidad de vida, y al mismo tiempo abordar las necesidades futuras de una mayor eficiencia y densidad en una época de rápido crecimiento y urbanización.

El edificio ha sido diseñado con una combinación cuidadosamente considerada de programas que reúnen una amplia gama de usos. Además de trabajar y habitar en la Ciudad de Raffles City, las personas pueden quedarse en el hotel, comprar comestibles, disfrutar de una comida, hacer ejercicio, ver una película o incluso casarse ahí, todo en un entorno interconectado.

Como tal no sólo proporciona a los residentes y a aquellos que trabajan o se quedan en el complejo un entorno saludable y socialmente integrado, también asegura que los programas estén activos todo el día, creando una zona segura y animada para todos.



Ilustración 74. Vista aérea de la ciudad. Fuente: <https://www.unstudio.com/>

ARQUITECTURA DE PAISAJE

En armonía con el paisaje natural de la ciudad, el diseño desarrollado por UNStudio crea una identidad local para Raffles City, mientras celebra su concepto de marca registrada de 'ciudad dentro de una ciudad'. Reflejando el movimiento en el río, el diseño de la torre presenta una especie de movimiento ondulatorio. Estas ondas concéntricas incrementan su dinamismo, iniciando tranquilamente en la base del edificio y tornándose más vigorosamente a lo largo del eje vertical. Estas expresiones formales permiten conectar la amplia variedad de programas por todo el edificio en un flujo perfecto.

Por otra parte, el diseño contribuye al carácter del paisaje de esta ciudad ecológica al estar situado diagonalmente opuesto al centro cívico, los límites del terreno en las esquinas coinciden tanto con el contexto urbanizado como con el eje/parque de la ciudad que conecta a West Lake con el Río Qiantang.



Ilustración 75. Vista de las torres en conjunto. Fuente: <https://www.unstudio.com/>

De manera adicional, la arquitectura de las dos torres consolida estos dos contextos en un gesto en el que el frente urbano del edificio gira hacia el paisaje, mientras el aspecto del paisaje, en cambio, reconoce el contexto urbano. Las torres no son idénticas sino, a su vez, complementarias, como si establecieran un diálogo.

La planta está organizada como dos diagonales que se intersectan con una figura de ocho, posicionadas sobre las esquinas opuestas, cada torre consiste en una 'fachada urbana' que enmarca la esquina del terreno, así como una articulada 'fachada paisajista' que desciende hacia el patio interior a nivel del podio.

El acceso principal hacia el sur cuenta con la apariencia de una prominente puerta de acceso desde el parque de la ciudad y desde el centro cívico. La orientación este-oeste de las torres minimiza la sombra y al mismo tiempo maximiza la iluminación natural para las residencias y oficinas.

ARTICULACIÓN

El diseño de la torre y el interjuego de texturas contrasta con las fachadas del podio. Están reves-

tidas con un brillante recubrimiento escalable de tejas de aluminio, las fachadas del podio reflejan las actividades del edificio y el paisaje para ofrecer perspectivas pixeladas, las torres cuentan con una capa exterior de aleros giratorios verticales para proporcionar sombra, colocadas encima del sistema de muro de cortina, acentuando el giro característico de las torres, estas también enmarcan las vistas interiores.



Ilustración 76. Vista total del conjunto. Fuente: <https://www.unstudio.com/>

Captando la iluminación durante todo el día, las líneas de paneles aportan una textura luminosa a la fachada. De noche la silueta curvilínea se ilumina: esto refuerza la prominencia del edificio y minimiza la contaminación lumínica del edificio ya que sólo el contorno es iluminado.



Ilustración 77. Espacios exteriores. Fuente: <https://www.unstudio.com/>

DISEÑO DE INTERIORES

Situado en el centro de la columna comercial, un atrio espectacular forma el enfoque organizacional y visual del interior del podio. El atrio ha sido diseñado como una espiral de capas traslapadas, creando una conectividad perfecta y extensas líneas de visión entre los espacios.

Como un detalle característico el barandal de bambú evoca la forma curvilínea del edificio. En un camino sinuoso alrededor del podio como una cinta continua, que agrega un elemento de tactibilidad y contraste natural con un interior futurista, desde este elemento dos vacíos diagonales ascienden hasta siete niveles a través de las alas opuestas de la columna comercial. Como un dispositivo intuitivo de localización, los vacíos guían a los visitantes a lo largo de cada ala que abarca casi 150 metros en cada dirección.

Una abundante iluminación natural corre a través del atrio y los vacíos hasta los pisos de menor altura, introduciendo una calidad única al aire libre al interior del podio. Al mirar hacia arriba a través de los domos, las torres siempre son visibles desde el atrio principal, cambiando su apariencia dependiendo del punto de observación.



Ilustración 78. Integración de materiales. Fuente: <https://www.unstudio.com/>

A medida que la escala del flujo de formas crea una transición desde la arquitectura hasta el interior aerodinámico y los sinuosos barandales, este da como resultado una experiencia espacial cohesiva – como si el exterior se combinara con el interior.

CONCEPTO SUSTENTABLE

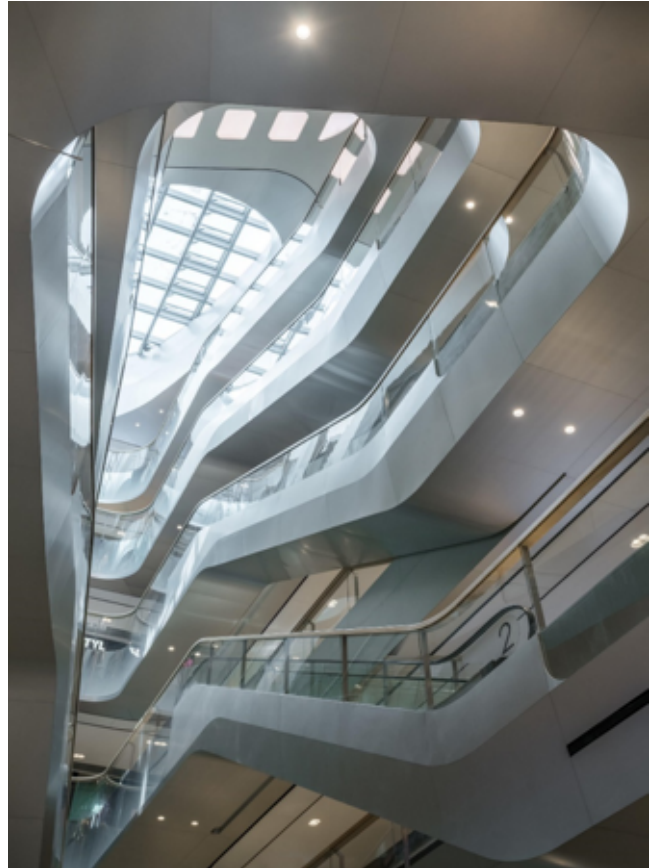


Ilustración 79. Vista interior. Fuente: <https://www.unstudio.com/>

Un enfoque incluyente hacia la sustentabilidad formó parte integral de la filosofía hacia el diseño en UNStudio. La incorporación de la ventilación natural, la ganancia solar y los principios de iluminación natural adaptados al contexto local, la estructura eficiente y las formas en las cuales los materiales son empleados y todos trabajan en conjunto entre sí para reducir la demanda de energía y de materiales del edificio.

Raffles City Hangzhou es el primer centro comercial en China en utilizar la ventilación natural a gran escala y ha logrado la certificación LEED Gold, de esta manera, con la sustentabilidad social en mente, la mezcla de programas crea un ciclo de actividades dinámica y continua 24/7 que exhorta a la participación y al compromiso del público.



Ilustración 80. Vista interior. Fuente: <https://www.unstudio.com/>



Ilustración 81. Plaza de acceso. Fuente: <https://www.unstudio.com/>

DISEÑO PARAMÉTRICO

“Al comenzar un proyecto tan complejo y tan ambicioso como Raffles City, era importante establecer nuestras ambiciones humanas y sociales. Mucho más que una forma ondulada, los parámetros de este edificio se enraizaron en un nivel humano y programático en primer lugar, apoyados estratégicamente por componentes de diseño paramétrico.” (UNSTUDIO, 2017)

Los elementos humanos finalmente logran o anulan el éxito de la función y ocupación del edificio, y como tal, cada elemento de diseño viene con un proceso de pensamiento, estrategia e intención considerados. De esta forma, la ciudad de Raffles se diseñó desde adentro hacia afuera: la accesibilidad, la estratificación programática y el entrelazado, y la interacción con el contexto urbano determinó la geometría externa.

Por otra parte, para garantizar que estos materiales se adaptaran a diferentes parámetros, el despacho trabajó con sistemas paramétricos y herramientas como Grasshopper®, Rhinoscript y el Proyecto Digital de Gehry Technologies, que se enraizaron

profundamente en el ADN del proyecto.

El resultado fue una serie integrada de herramientas paramétricas optimizadas que integran parámetros cada vez más numerosos en un producto final de diseño sintetizado y enfocado, donde estos parámetros se optimizan automáticamente durante la creación de instancias automatizada, lo que simplifica las demandas de fabricación y reduce los costos. La optimización del panel de muro cortina impulsada por componentes en Digital Project analizó parámetros de sostenibilidad, fabricación e instalación tales como inclinación vertical, ángulo horizontal, geometría del panel de vidrio y eficiencia del tipo.

Grasshopper y Rhinoscript sirvieron como generadores de formularios y optimizadores de envolventes, incorporando áreas de piso y alturas para crear geometría de conductor y hojas de datos sistematizadas. Juntas, la geometría y las hojas de datos actuaron como el sistema esquelético del modelo de información de construcción (BIM). Al imputar los parámetros del edificio en rutinas desarrolladas con guiones, encontramos la mejor relación y tamaño de unidad a unidad para superficies particulares.

“Para desarrollar la estructura dentro de estas herramientas, la fachada se dividió en facetas, unidades y paneles, y cada unidad se trató como un píxel que tiene sus propias características y relaciones con sus vecinos. Todas estas medidas fueron sistemáticamente categorizadas, organizadas y descritas en un marco geométrico. En pocas palabras, esto nos permitió ver exactamente cuántos ángulos necesitábamos, qué longitudes necesitaríamos y dónde se encuentran los elementos específicos y pudimos entender nuestros materiales para preparar la documentación para el proceso de construcción. Por ejemplo, a lo largo de la doble superficie curva, pudimos ver que solo necesitaríamos cuatro anchuras de vidrio diferentes, varias longitudes relacionadas con la altura del piso al suelo y solo ocho ángulos específicos para establecer la inclinación vertical y horizontal de las unidades de la fachada.” (UNSTUDIO, 2017)

Al personalizar y fusionar las funciones de estas herramientas, el espacio pudo profundizarse mu-

cho más y centrarse en áreas clave. Los flujos de trabajo integrados y no lineales procesaron y asimilaron una mayor cantidad de parámetros, lo que permitió una solución de diseño más simple, eficiente y adaptable. Esto generó grupos de elementos del edificio y organizó las familias de componentes que definen los sistemas de la fachada que siguen la geometría retorcida del edificio y ayudan a superar las limitaciones ambientales y económicas.

A medida que la tecnología se desarrolla para ser aún más poderosa, la creación de formas y el control de formas ya no son sus características más útiles por sí solas. Ya sea a través de software personalizado o una sola pieza de código, el potencial de computación radica en su flexibilidad para traducir y comunicar datos de diseño en múltiples disciplinas, y para visualizar esos datos. Esto se vuelve particularmente útil al maniobrar o manipular características, haciendo que el conocimiento específico esté disponible cuando sea necesario.

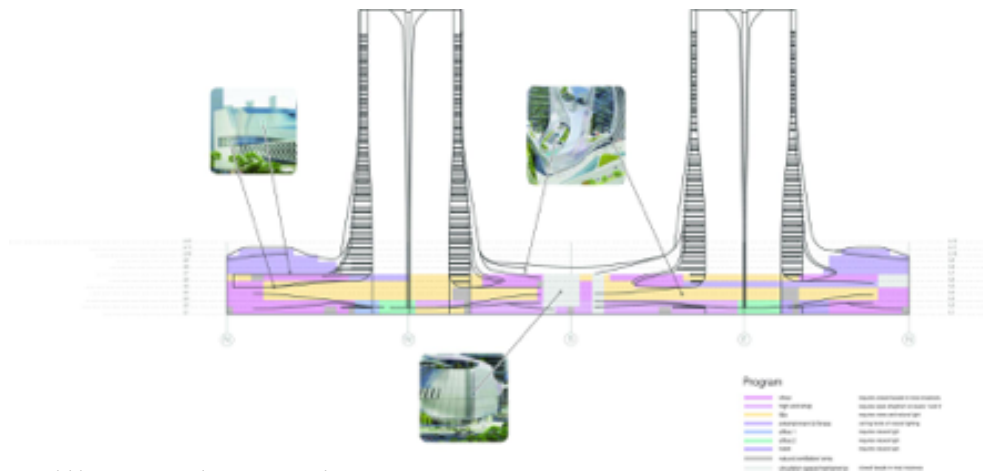


Ilustración 82. Gráfico proyectual del conjunto. Fuente: <https://www.unstudio.com/>

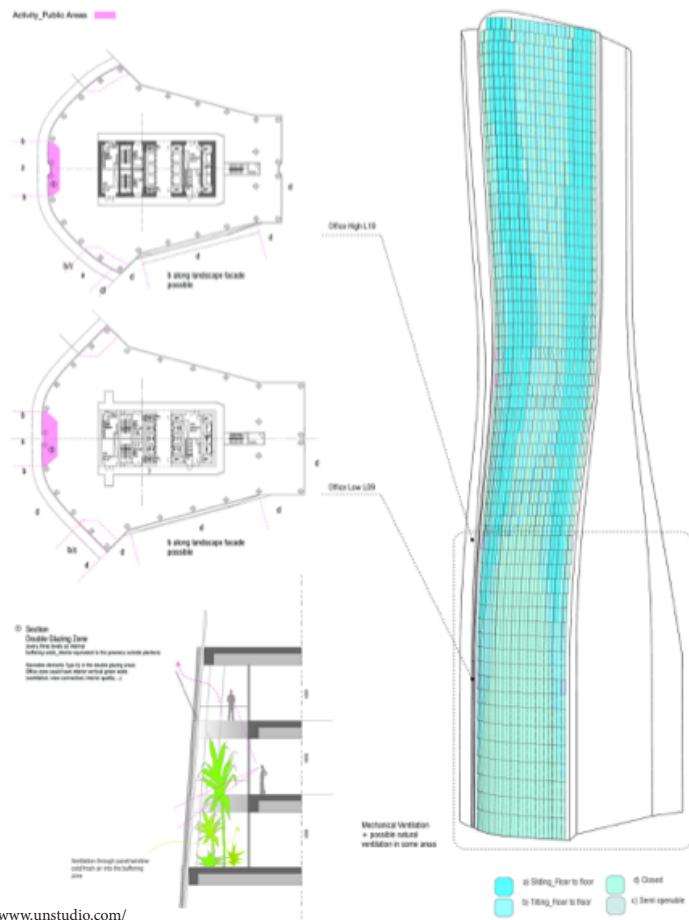


Ilustración 83. Proceso de diseño. Fuente: <https://www.unstudio.com/>

ANÁLISIS FORMAL

La base de la torre está insertada en dentro de un trapecio inscriptible en uno de los extremos por una hipérbola, la circulación es un flujo continuo horizontal y vertical que conecta los programas combinados entre los niveles de las torres. La circulación principal une los 4 nodos ubicados en las esquinas de las torres, los nodos del este y el oeste descienden en espiral hasta los niveles inferiores, mientras que los nodos norte y sur fluyen en espiral de manera ascendente desde el atrio interior.

La estructura está formada por cilindros oblicuos ondulados diseñados como una espiral de capas superpuestas que vinculan ambas fachadas entre sí, interconectados mediante los nodos de circulación.

La superficie metálica está revestida con una piel en forma de escamas de placas de aluminio que funcionan como aletas solares verticales giradas diseñadas en un patrón de plegado triangular.

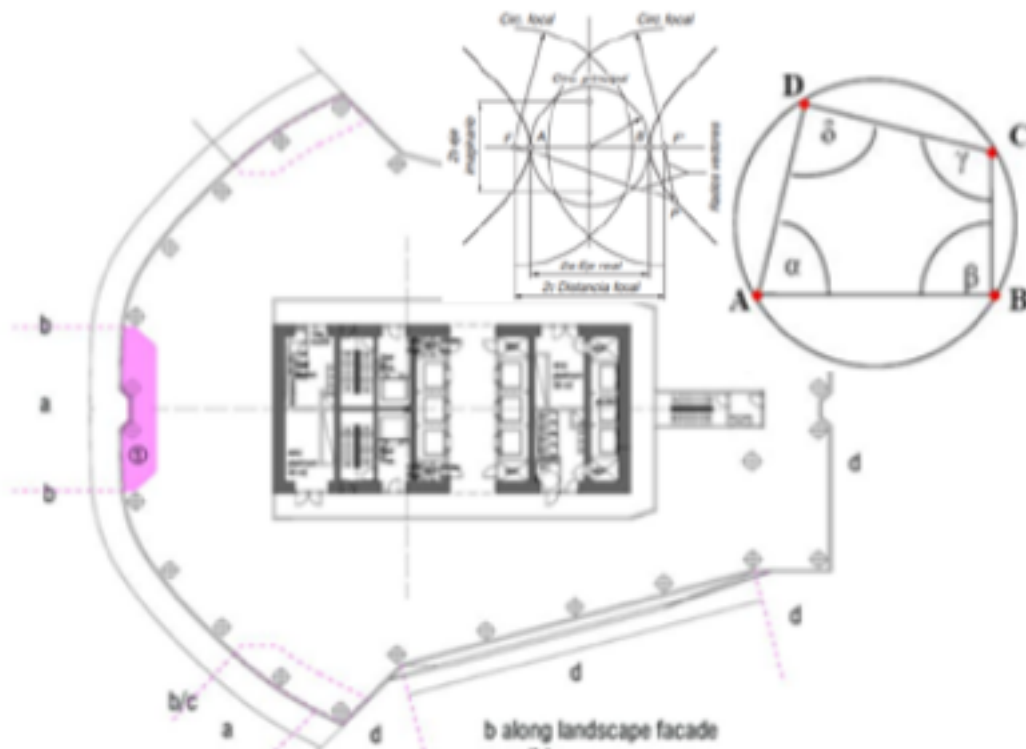
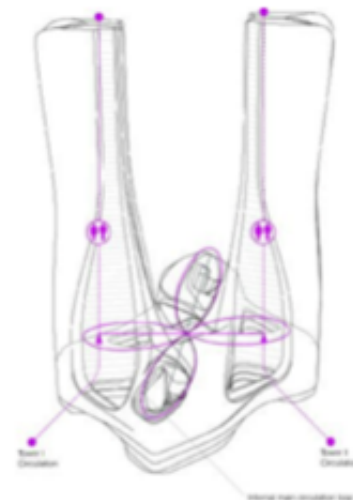


Ilustración 84. Planta arquitectónica. Fuente: <https://www.unstudio.com/>

La estructura está formada por cilindros oblicuos ondulados diseñados como una espiral de capas superpuestas que vinculan ambas fachadas entre sí, interconectados mediante los nodos de circulación.

La superficie metálica está revestida con una piel en forma de escamas de placas de aluminio que funcionan como aletas solares verticales giradas diseñadas en un patrón de plegado triangular.



ANÁLISIS FUNCIONAL

La idea principal fue diseñar el proyecto como un nuevo centro económico, político y cultural, orientado hacia la sostenibilidad, la economía y la habitabilidad, consolidando en un solo elemento el contexto urbano y el paisaje de la ciudad.

Las expresiones arquitectónicas del edificio se conectan en todo el edificio mediante las circulaciones de flujo continuo que comienza interconectando la base a las torres que simulan figuras de ochos diagonales que se cruzan, con capacidad para comercio, restaurantes, ocio y estacionamiento. Esta amplia gama de funciones de uso mixto brinda un entorno socialmente integrado.

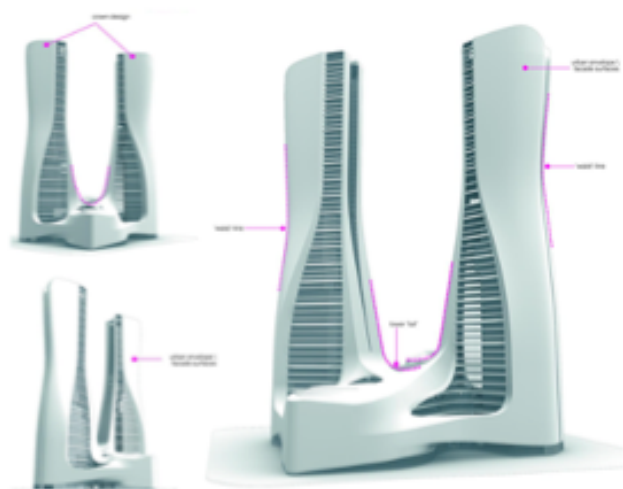


Ilustración 85. Modelos conceptuales Fuente: <https://www.unstudio.com/>



Ilustración 86. Detalle estructural de la piel. Fuente: <https://www.unstudio.com/>



Ilustración 87. Vista total del complejo. Fuente: <https://www.unstudio.com/>

El diseño de la torre se presenta en un movimiento ondulatorio mediante ondas concéntricas que aumentan el dinamismo, comenzando con calma en la base y acumulándose vigorosamente a lo largo del eje vertical.



Ilustración 88. Vistas exteriores Fuente: <https://www.unstudio.com/>

El diseño del proyecto hace referencia a las aguas sinuosas del río vecino Qiantang proporcionando un diálogo visual entre el contexto urbano y las áreas verdes circundantes, está conformado por dos rascacielos de 60 plantas que contienen viviendas, oficinas, el Hotel Conrad y un heli-

puerto. El edificio central contiene comercio, restaurantes, instalaciones de ocio, aparcamiento y conexión directa con el sistema de transporte del metro, la entrada principal se encuentra frente al centro de la ciudad.

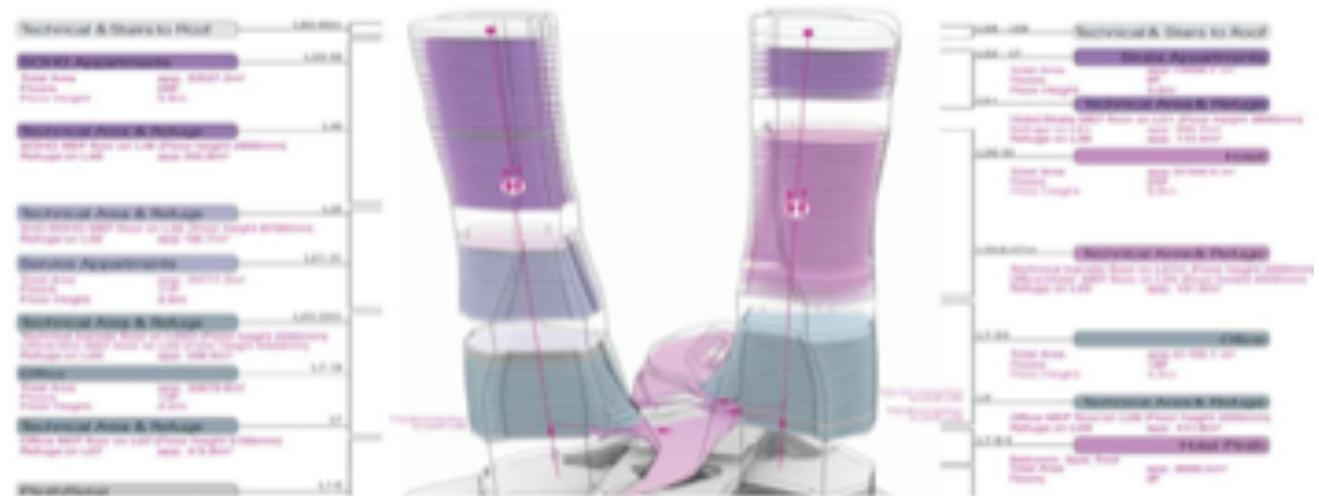


Ilustración 89. Programa arquitectónico Fuente: <https://www.unstudio.com/>

La estructura en el diseño de la torre es una piel que está conformada por una capa exterior de aleros giratorios verticales que proporcionan sombra como un muro cortina.

en conjunto para reducir la demanda de energía del edificio. Este proyecto es el primer centro comercial en China en utilizar ventilación natural a gran escala con la certificación LEED Gold.

El enfoque incluyente hacia la sustentabilidad fue la premisa principal que integró mediante el uso de materiales con conceptos de ventilación natural y ganancia solar mediante materiales que trabajan

Los diagramas de flujo y circulaciones emulan estructuras óseas de huesos y ramificaciones.



Ilustración 90. Detalle de la piel. Fuente: <https://www.unstudio.com/>

La piel de la cubierta envolvente contiene el principio de similitud con las escamas ganoideas, las cuales se sobrepone unas a otras conformando una piel flexible y elástica.

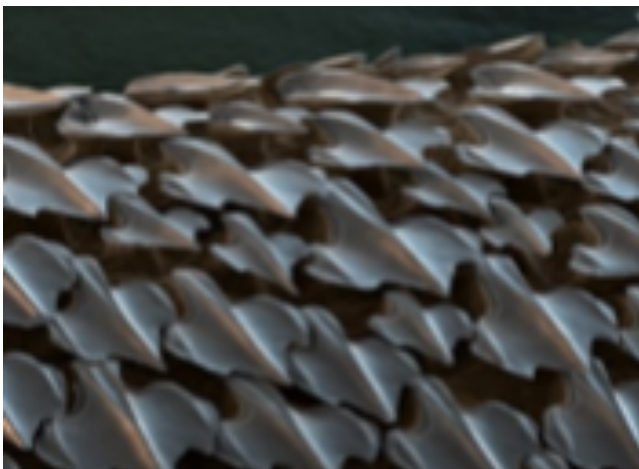
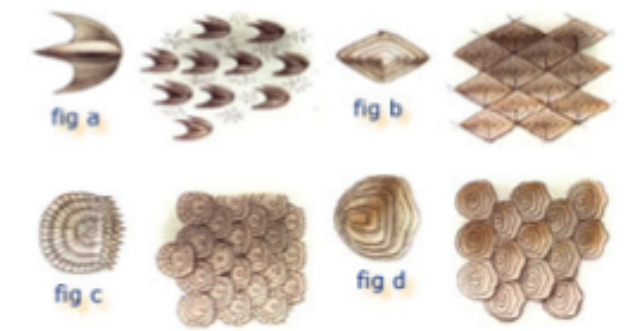


Ilustración 91 . Desarrollo de escamas ganoideas. Fuente: (Mallo, 2015) Sistemas Radiolarios. Geometrías y Arquitecturas Derivadas. Madrid, Universidad Politécnica de Madrid.

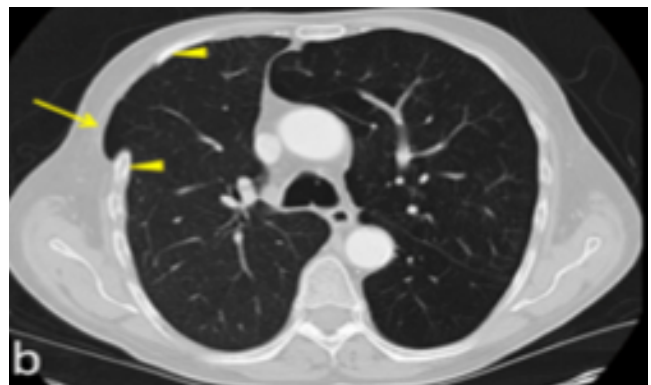
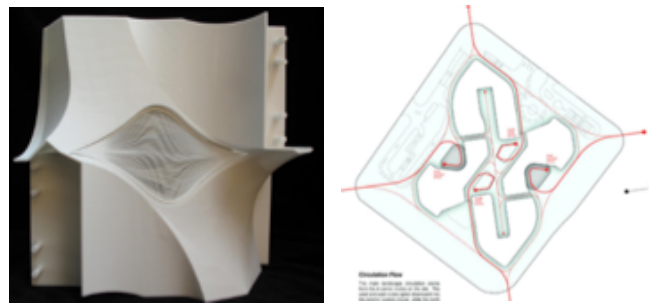


Ilustración 92. Estructuras óseas y concepto. Fuente: (Mallo, 2015) Sistemas Radiolarios. Geometrías y Arquitecturas Derivadas. Madrid, Universidad Politécnica de Madrid.

ANÁLISIS TEÓRICO

El proyecto está basado en la investigación del Superliving, como una estrategia integral para crear ciudades sustentables que ofrezcan una alta calidad de vida y al mismo tiempo aborden las necesidades futuras con mayor eficiencia por lo que se utilizó un proceso de diseño paramétrico analizando datos de sostenibilidad y generadores de formularios y optimizadores de las envolventes, para que en conjunto con la estructura el modelo diera como resultado unidad y relación profundizando en los espacios mediante flujos de trabajo integrados y no lineales generando una solución de diseño más simple, eficiente y adaptable. (UNStudio 2017).



Ilustración 93. Imagen total del complejo. Fuente: <https://www.unstudio.com/>

RESULTADOS

ANÁLISIS FORMAL

Proyecto de estructura algorítmica (Los principios paramétricos, el orden matemático de la naturaleza del proyecto y el proceso algorítmico determinan la forma)

ANÁLISIS FUNCIONAL

Proyecto con relación biomimética por el principio de similitud de Thompson contenida diagramática y estructuralmente con una topología de relación homóloga con estructuras de escamas y alveolares óseas.

ANÁLISIS TEÓRICO

Proyecto con soporte teórico de autosemejanza

en el que se consideró la eficiencia y flexibilidad presente en las estructuras de la naturaleza como premisa fundamental de diseño mediante estrategias integrales para lograr una estructura eficiente enraizando los parámetros a un nivel humano, diseñando de adentro hacia fuera. La accesibilidad, la estratificación pragmática, el entrelazado y la interacción con el contexto urbano determinó la geometría externa.

SUMA DE RESULTADOS

De acuerdo a los análisis realizados y a los parámetros de medición se establece que el proyecto contiene biomímesis pragmática con relevancia por eficiencia.

ASYMPTOTE

Fundada en 1989 por Hani Rashid y Lise Anne Couture, es una práctica de arquitectura internacional líder que se ha distinguido a nivel mundial por proyectos inteligentes, innovadores y visionarios que incluyen diseños de edificios, proyectos de planificación maestra, instalaciones artísticas, entornos de realidad virtual de interiores y diseño industrial.

Hani Rashid, fundó ASYMPTOTE en Milán en 1989, cuenta con más de veinte años de experiencia liderando equipos de diseño desde el boceto conceptual hasta la realización construida, Hani ha logrado el reconocimiento internacional por su trabajo y el renombre mundial de ASYMPTOTE.

Junto con el trabajo profesional de Hani, ha logrado una distinguida carrera académica internacional que incluye cátedras en numerosas universidades, incluida la Real Academia de Bellas Artes de Copenhague, el Instituto de Arquitectura del Sur de California en los Ángeles, la Escuela de Postgrado de Diseño de la Universidad de Harvard, el Instituto Berlage en Ámsterdam y el Instituto Federal de Tecnología Suizo (ETH) en Zúrich.

Siendo profesor asociado de arquitectura en la Escuela de Graduados de Arquitectura de la Universidad de Columbia, co-desarrolló el programa de diseño digital avanzado de la escuela en 1991 y co-fundó los estudios de diseño Paperless en 1996, Hani Rashid ha ocupado la cátedra Kenzo Tange de arquitectura en Harvard y trabajó en el comité directivo del premio Aga Khan de arquitectura.

En la actualidad Hani Rashid dirige un departamento de investigación en la Universidad de Artes Aplicadas en Viena, Austria, en 2000, representó a Estados Unidos en la 7ª bienal de arquitectura de Venecia.

En 2004 fue galardonado con la cátedra Luis Ba-

rragán en Monterrey, México, y en el mismo año él y Lise Anne Couture recibieron en 2004 el premio Frederick Kiesler de arquitectura y arte.

Lise Anne Couture maestra en arquitectura por la Universidad de Yale, es socia gerente y directora de ASYMPTOTE ha ocupado numerosos cargos académicos de prestigio como catedrática en la Universidad de Yale, en la Universidad de Michigan, en la Universidad de Harvard y como catedrática visitante en la Universidad de Princeton, en el Instituto de Arquitectura de California, en la Universidad de Virginia, en la Universidad de Montreal, en el Instituto Berlage en Ámsterdam, la Escuela de Diseño Parsons, entre otros.

Durante más de diez años ha formado parte de la Facultad de Arquitectura, Planificación y Preservación de la Universidad de Columbia, en 2009 ocupó la cátedra Davenport en la Universidad de Yale como profesora visitante y en 2010 fue profesora visitante en la universidad de arquitectura de Baird.

De manera paralela ha sido becaria de la Fundación de las Artes de Nueva York, miembro de la junta de directores de la Liga de Arquitectura de Nueva York, asesora de la Asociación de Constructores y miembro de la junta de revisión de pares de excelencia de diseño GSA del gobierno federal.

El enfoque de ASYMPTOTE en la utilización de herramientas digitales y tecnológicas, la vinculación a la teoría contemporánea, las prácticas de construcción innovadoras y el avance en soluciones de ingeniería y sostenibilidad del medio ambiente le han permitido una amplia perspectiva en la práctica y un gran alcance en la solución de todos los aspectos relacionados con el diseño, la arquitectura y el urbanismo.

La filosofía de diseño de ASYMPTOTE nace de la estrecha colaboración entre el despacho y el cliente, con el respaldo de un equipo multidisciplinar

de profesionales y expertos, en apego a la idea de que la colaboración es el motor que impulsa soluciones creativas y fomenta un enfoque basado en equipos que respalda este proceso y permite alcanzar resultados extraordinarios.

Una de las principales bases de trabajo de ASYMPTOTE proviene de obtener una comprensión de las necesidades y objetivos del cliente informados por las dimensiones culturales, tecnológicas y sociales con una perspectiva tanto local como global. “Estamos firmemente comprometidos con la creencia de que la arquitectura puede lograr con éxito objetivos específicos de clientes y proyectos al mismo tiempo que se crean experiencias significativas para un público amplio y diverso”. (ASYMPTOTE, 2017)

ASYMPTOTE está en la búsqueda constante de innovación mediante materiales, técnicas y tecnologías de vanguardia para sus proyectos, así como enfoques transformadores en temas relacionados con la sostenibilidad, el medio ambiente y la integración de la tecnología con la arquitectura. La capacidad de la empresa para incursionar en nuevos territorios es evidente en sus diseños para proyectos de todo el mundo, donde lidera el camino hacia los enfoques del siglo XXI para la optimización y construcción de edificios.

Dentro del diseño ambiental y la sostenibilidad, la intención de ASYMPTOTE es emplear y abordar la calidad ambiental y la sostenibilidad en colaboración con clientes y consultores expertos, para la evaluación de los atributos de cada proyecto con el objetivo de optimizar el diseño mediante la integración adecuada de las estrategias de diseño sustentable.

ASYMPTOTE ha recibido numerosos premios de prestigio como el premio AIA NY Chapter, los Middle Eastern Architecture Awards y Le Grand Prix de L'architecture en París, así como importantes premios por logros dentro de la disciplina, como el

premio Frederic Kiesler 2004 en reconocimiento a sus contribuciones excepcionales al progreso y la fusión del arte y la arquitectura.

El trabajo de ASYMPTOTE forma parte de una serie de colecciones privadas y de museos, incluido el Museo de Arte Moderno de Nueva York, el Instituto Holandés de Arquitectura (NAI), la Pinacoteca de Múnich, el Museo de Arte Moderno de San Francisco, el Centro Pompidou en París, el Frac Centre en Orleans, Francia y el Museo Guggenheim de Nueva York. El trabajo de ASYMPTOTE ha sido tema de tres monografías y se publica ampliamente en revistas profesionales y en la prensa general.

Dentro de los proyectos concluidos más relevantes se encuentran el hotel Yas Viceroy en Abu Dhabi, el Teatro Multimedia en Daegu, Corea del Sur, el Pabellón Cultural Hydra Pier de los Países Bajos, el Condominio Perry Street en Nueva York, el Condominio Strata Tower en Abu Dhabi, la Torre del Banco de Budapest, el World Business Center de Busan, entre otros. Este despacho ha diseñado a la par importantes proyectos de planeamiento maestro para Bérgamo, Italia, Praga, la República Checa, Monterrey, México y Penang, Malasia. Actualmente, está completando edificios en Gante Bélgica para la Sede Central del Banco ING, dos torres de oficinas en Zhenzhou China y dos torres residenciales de vanguardia conectadas en Seúl, Corea.

PROYECTOS PRINCIPALES

PABELLÓN HYDRA PIER



Ilustración 94. Pabellón Hydra Pier. Haarlemmermeer, Países Bajos. 2002. Fuente: <http://www.asymptote.net>

CONDOMINIO PERRY STREET



Ilustración 95. Condominio Perry Street. Nueva York. 2006-2010. Fuente: <http://www.asymptote.net>

CONDOMINIO STRATA TOWER



Ilustración 96. Condominio Strata Tower. Al Raha Beach, Abu Dhabi. 2009. Fuente: <http://www.asymptote.net>

TORRE DEL BANCO DE BUDAPEST





Ilustración 97. Torre del Banco de Budapest. Budapest, Hungría. 2006. Fuente: <http://www.asymptote.net>

WBC WORLD BUSINESS CENTER



Ilustración 98. Wbc World Business Center. Busan, Corea del Sur. 2007. Fuente: <http://www.asymptote.net>

SEDE DE ING



Ilustración 99. Sede de ING. Ghent, Bélgica. 2011. Fuente: <http://www.asymptote.net>

VELO TOWERS



Ilustración 100. Velo Towers. Seúl, Corea. 2017. Fuente: <http://www.asymptote.net>

CASO DE ESTUDIO

HOTEL YAS VICEROY 2010



Ilustración 101. Hotel Yas Viceroy. Abu Dhabi, Emiratos Árabes. 2010. Fuente: <http://www.asymptote.net>

ANÁLISIS DEL CASO DE ESTUDIO

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

- Proyecto: Hotel Yas Viceroy
- Diseño: ASYMPOTOTE
- Ubicación: Abu Dhabi, Emiratos Árabes
- Área: 85,000
- Programa: Hotel
- Año: 2010

Diseñado por Hani Rasid y Lisa Anne Couture

(ASYMPOTOTE), el hotel Yas Viceroy está ubicado en Abu Dhabi, Emiratos Árabes, se inserta en un espacio altamente mediato y atractivo, este proyecto apostó por la inclusión en el circuito internacional de espacios globales mediante la espectacularidad, las ciudades del Golfo Pérsico como Bahrain, Qatar y particularmente las que se encuentran alrededor de los Emiratos Árabes se caracterizan por ser ciudades nuevas sobre el punto de contacto del desierto con el mar con enormes retracciones climáticas y de habitabilidad.



Ilustración 103. Vista de la bahía. Fuente: <http://www.asymptote.net>

Sin embargo, concretamente en Abu Dhabi se ha consolidado una gran infraestructura turística, ejemplo de ello es este proyecto situado sobre la isla artificial de Yas como un atractivo más de esta gran metrópoli.

El hotel Yas Viceroy es el primer hotel en el mundo construido sobre una pista de carreras de la Fór-

mula 1, está conformado por dos torres, con doce niveles ubicados sobre la pista y en el puerto de la marina, estas torres se unen por un puente donde la estructura actúa de forma independiente, con una cubierta que conforma un monocasco en forma de rejilla, la cual, mediante paneles componen la fachada.



Ilustración 104. Vista general. Fuente: <http://www.asymptote.net>



Ilustración 105. Vista de la pista de Fórmula 1. Fuente: <http://www.asymptote.net>

El edificio se proyecta sobre un muelle reservado para yates y embarcaciones de recreo, en el punto más estrecho se define como un puente de pronunciada curva la cual forma parte del recorrido del circuito automovilístico de la pista, de manera tal que desde el interior es posible contemplar las carreras de Fórmula 1 que tienen lugar durante el año. Por otra parte, en los espacios exteriores de la cubierta se sitúan piscinas ligeramente obsecurecidas que mejoran el confort térmico al interior.

El hotel fue inaugurado en 2009, está conformado por una pista de Fórmula 1, 499 habitaciones, 75 suites, 7 restaurantes, dos piscinas de borde infinito, spa, bares, discotecas y puerto deportivo con la pretensión de ser la sede de eventos de escala mundial.

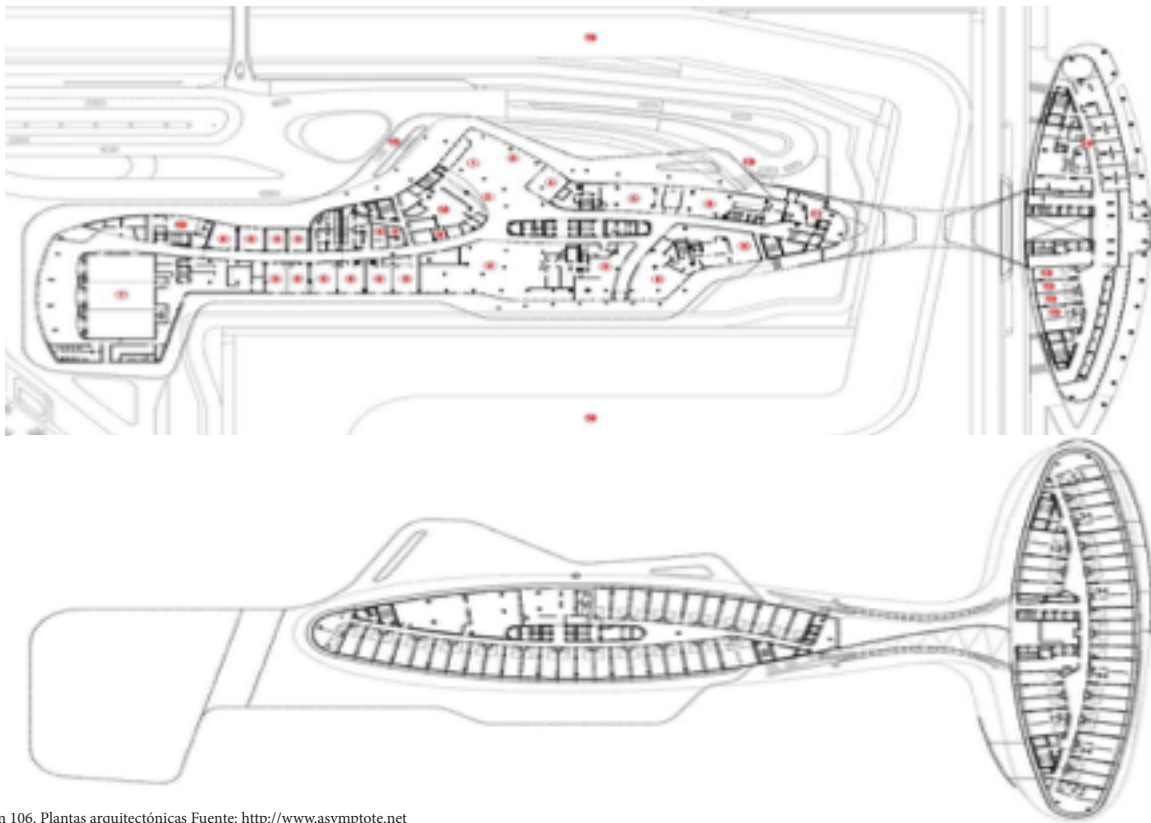


Ilustración 106. Plantas arquitectónicas Fuente: <http://www.asymptote.net>

Asymptote estableció dentro de las premisas principales de diseño que este proyecto se convirtiera en un hito arquitectónico que integrara influencias como la estética, mediante formas que emularan la velocidad, el movimiento, el espectáculo, el arte y las formas geométricas que forman la base del arte islámico antiguo, así como las tradiciones artesanales de medio oriente, como una unión bella y armónica entre la elegancia y el espectáculo.



Ilustración 107. Vista nocturna. Fuente: <http://www.asymptote.net>

La naturaleza del proyecto está integrada fundamentalmente por dos bloques elípticos en forma de óvalo, una de las torres se ubica sobre la pista y la otra en el puerto de la marina, ambas se conectan por un puente metálico, la cubierta de diseño paramétrico conforma la fachada como un monocasco en forma de rejilla compuesta por 5,800 paneles de acero y cristal en un entramado

romboidal que supera los 200 metros de longitud dispuestos como escamas que cubre y sombrea al edificio como un velo atmosférico.

La estructura conecta y fusiona visualmente todo el complejo al mismo tiempo que produce efectos ópticos y reflejos espectrales que interactúan con el paisaje adyacente.



Ilustración 108. Vistas exteriores. Fuente: <http://www.asymptote.net>

El recubrimiento define una forma exterior redondeada que contribuye a atenuar el intenso asoleamiento que incide sobre las fachadas y al interior del edificio, asimismo esta estructura en forma de malla incorpora un sistema masivo de lámparas LED que permiten la generación de atractivos y coloridos diseños.

El caparazón cuadricular de luces de colores fun-

de tres intervenciones lumínicas, el controlar el deslumbramiento solar, el cambio del color de las luces y el ahorro energético, está conformado por 5,000 paneles de luz LED, cada uno iluminado mediante un diseño personalizado por luminarias dinámicas programadas para cambiar de color, por otra parte, las lámparas se ligan a las fuentes de agua, la iluminación principal de los puentes vehiculares y peatonales en todo el hotel.

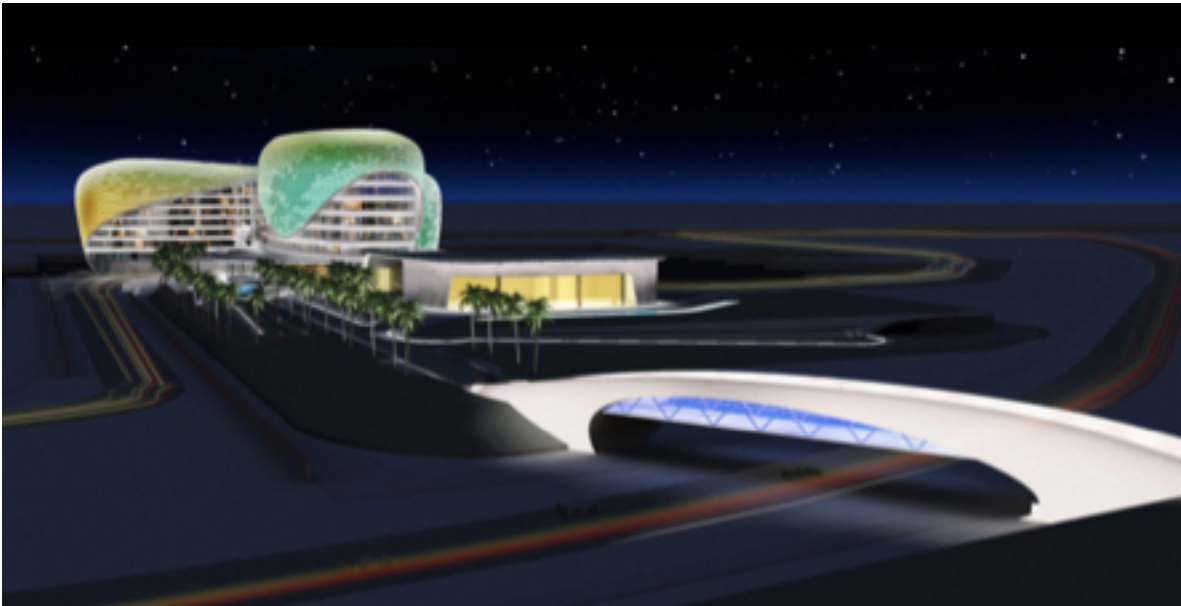


Ilustración 109. Vista exterior nocturna. Fuente: <http://www.asymptote.net>

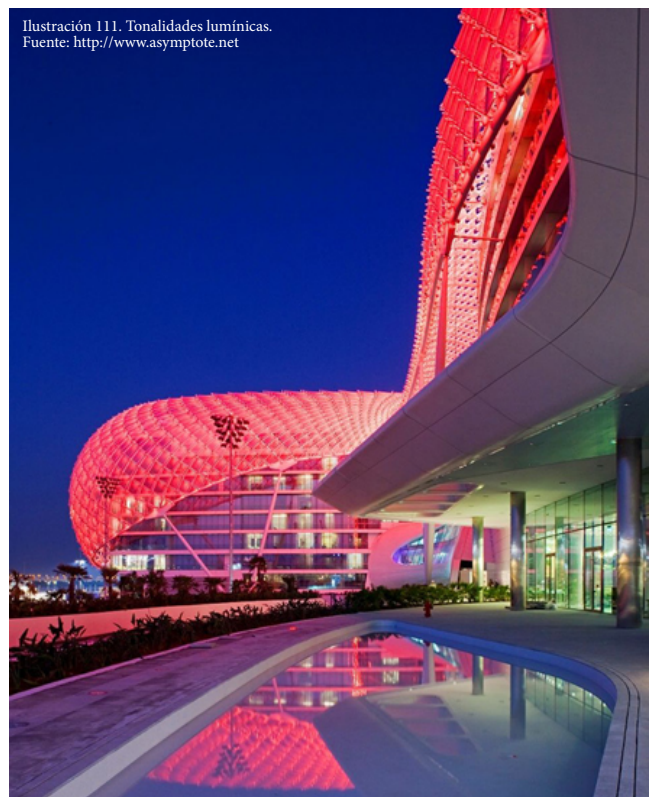


Ilustración 110. Vista exterior. Fuente: <http://www.asymptote.net>

La iluminación del hotel Yas es una propuesta directamente integrada con cada aspecto arquitectónico, que van desde consideraciones sociales hasta consideraciones naturales derivadas de la ubicación y orientación de la estructura. Incorpora la tecnología DMX-RDM la cual es un sistema de control inteligente que maneja la comunicación bi-direccional para más de 19,000 canales de video y que incorpora además mapeo de pixeles.

La cubierta es un exoesqueleto de acero y cristal que conforman la estructura en forma de caparazón de doble curvatura diseñada mediante herramientas paramétricas por medio de un módulo regular que se repite y forma una malla, la cual, conforma un volumen de baja altura respecto a la relación de su longitud en planta garantizando un óptimo comportamiento de la estructura ante un sismo y funcionando tanto como una solución ambientalmente sensible como una arquitectura de espectáculo.

En la búsqueda de responder tectónica y visualmente, la composición del proyecto pretende crear un sentido de lugar extravagante y poderoso como telón de fondo para la Formula 1, en palabras de su creador este proyecto es “una unión perfecta y una interacción armoniosa entre la elegancia y el espectáculo.



La búsqueda de nosotros fue lograr una respuesta arquitectónica inspirada a lo que podríamos llamar el arte y la poética de la velocidad, específicamente en lo que se refiere a la Formula 1 y al automovilismo. Esta noción se combina con la construcción de un edificio que celebra Abu Dhabi como un tour cultural y tecnológico”

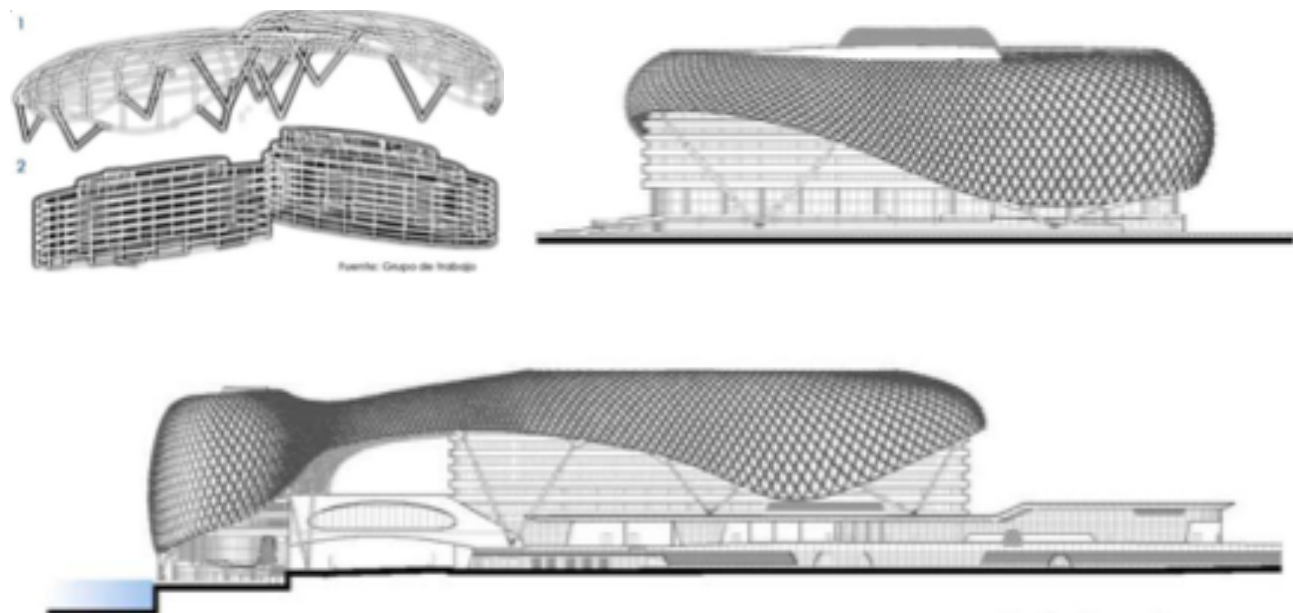


Ilustración 112. Detalles estructurales. Fuente: <http://www.asymptote.net>

ANÁLISIS FORMAL

Las bases de las torres están insertadas dentro de óvalos interconectados el primero por el eje horizontal y el segundo por el eje vertical, mediante un

hiperboloide, la circulación es un flujo continuo circular que conecta ambos elementos en la planta principal de manera horizontal en cada nivel y vertical en cada óvalo de manera independiente y ascendente desde el atrio interior.

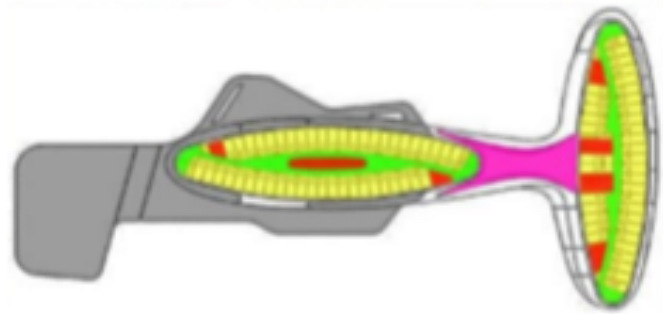
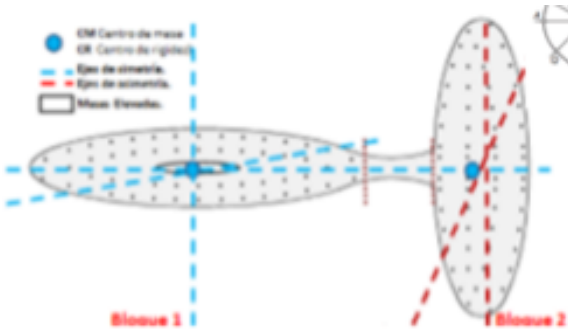


Ilustración 113. Diagramas conceptuales. Fuente: <http://www.asymptote.net>

El sistema estructural de bloques elípticos está conformado por pórticos en unión de elementos horizontales dentro de diagramas sostenidos por elementos verticales. La cubierta en forma de caparazón construida por perfiles de acero que conforman una estructura espacial de doble curvatura que se aísla y se une a los bloques por medio de

soportes horizontales anclados al entrepiso y se apoya por medio de diagonales en forma de "V." La superficie está revestida por una rejilla cubierta por paneles de acero y cristal en un entramado romboidal dispuestos como escamas a modo de velo atmosférico

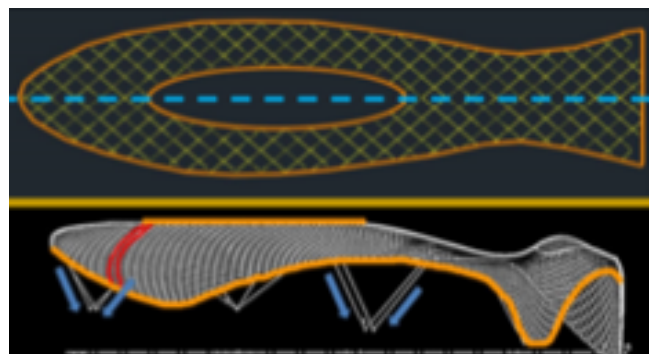
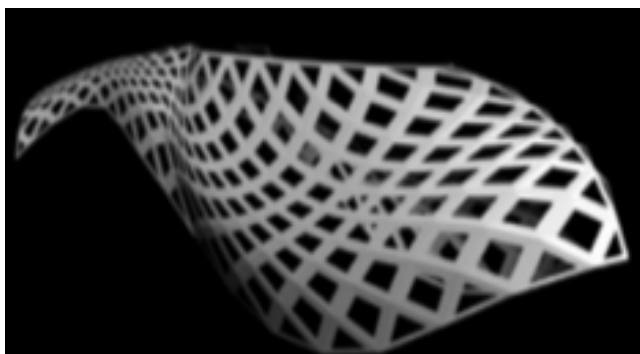
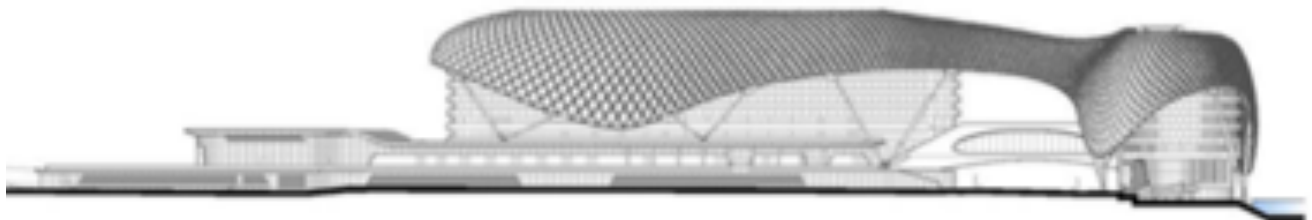


Ilustración 114. Conceptualización de la cubierta. Fuente: <http://www.asymptote.net>

ANÁLISIS FUNCIONAL

La premisa principal de diseño fue crear una composición extravagante y poderosa como telón de fondo para la Fórmula 1. "Como una unión perfecta y una interacción armoniosa entre la elegancia y el espectáculo" (Rasid, 2017)

Otra de las premisas fundamentales para el desarrollo de este diseño fue lograr una respuesta inspirada en el arte y la poética de la velocidad del automovilismo de la Fórmula 1.

En palabras de sus creadores el proyecto pretende integrar influencias estéticas mediante formas dinámicas que emulan la velocidad, el movimiento, el espectáculo, el arte y las formas geométricas que forman la base del arte islámico antiguo, así como las tradiciones artesanales de medio oriente, en una bella unión entre la elegancia y el espectáculo. (ASYMPTOTE, 2017).

El caparazón cuadrícula de luces, está compuesto por 5000 paneles LED, incluye un sistema de control inteligente que integra tres intervenciones lumínicas, el control del deslumbramiento solar, el valor estético de la luz de colores cambiantes y la gestión del ahorro energético.

El ambicioso programa arquitectónico del proyecto de contener casi 500 habitaciones, 75 suites, 7 restaurantes, dos piscinas de borde infinito, spa, bares, discotecas, puerto deportivo y situarlo sobre una pista de carreras de Fórmula 1 dentro de la marina de yates mediante dos grandes bloques elípticos cimentados uno sobre tierra y otro sobre la marina, conectados a un gran puente de acero sin apoyos, así como el desarrollo de la estructura de la cubierta de doble curvatura solo fue posible mediante el poder de las herramientas de diseño paramétrico

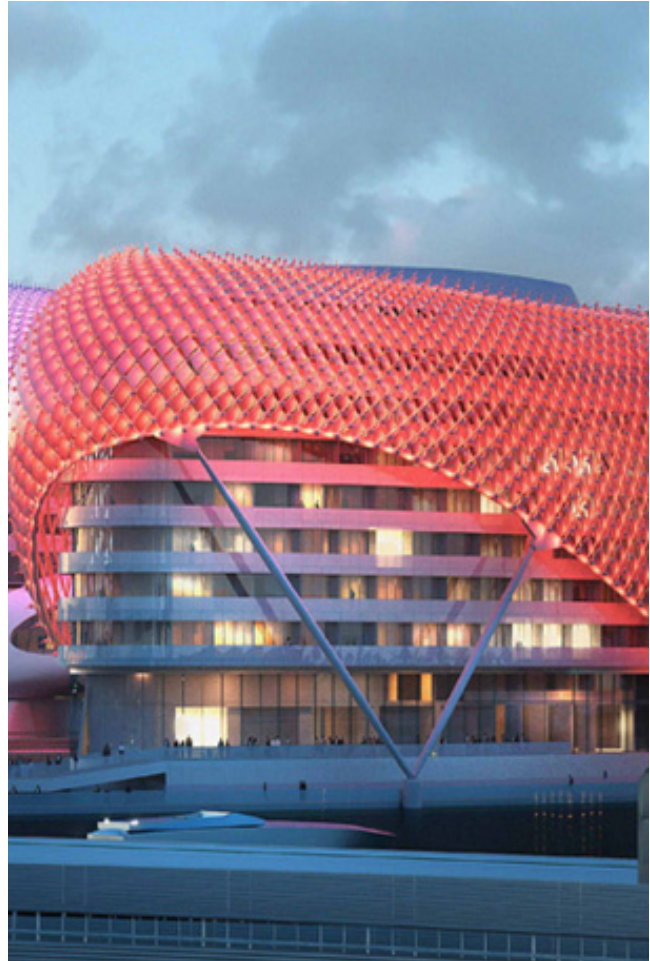


Ilustración 115. Vista exterior Fuente: <http://www.asymptote.net>

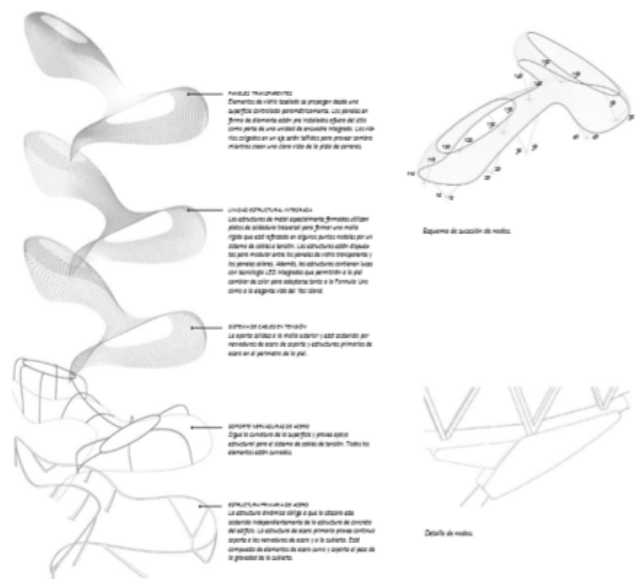


Ilustración 116. Diagramas conceptuales de la cubierta. Fuente: <http://www.asymptote.net>

La cubierta es un exoesqueleto de acero y cristal que conforman la estructura en forma de caparazón de doble curvatura diseñada mediante herramientas paramétricas por medio de un módulo regular que se repite y forma una malla, la cual, conforma un volumen de baja altura respecto a

la relación de su longitud en planta garantizando un óptimo comportamiento de la estructura ante un sismo y funcionando tanto como una solución ambientalmente sensible como una arquitectura de espectáculo.



Ilustración 117. Vista desde la bahía. Fuente: <http://www.asymptote.net>



Ilustración 118. Vista de las terrazas exteriores. Fuente: <http://www.asymptote.net>

Los bloques elípticos están conformados por hormigón armado de alta resistencia, donde el bloque que está en sentido E-O se inserta sobre una plataforma en la pista de carreras y el bloque N-S sobre la bahía artificial. La cubierta tipo caparazón es una red de acero que soporta los 5800 paneles romboidales de cristal dispuestos como escamas.



Ilustración 119. Vista general del complejo. Fuente: <http://www.asymptote.net>

ANÁLISIS TEÓRICO

La estructura de la cubierta contiene el principio de similitud con las superficies de la cáscara de las diatomeas, las cuales pueden ser planas, cilíndricas, cupulares o alabeadas, en ellas se pueden detectar varios principios estructurales. Existen cáscaras de gran transparencia que presentan muy

pocos orificios, mientras que existen otras con mayor número de orificios que asemejan estructuras de barras, otras presentan elementos tan delgados acompañados de superficies rígidas de mínimo espesor que asemejan mallas espaciales.

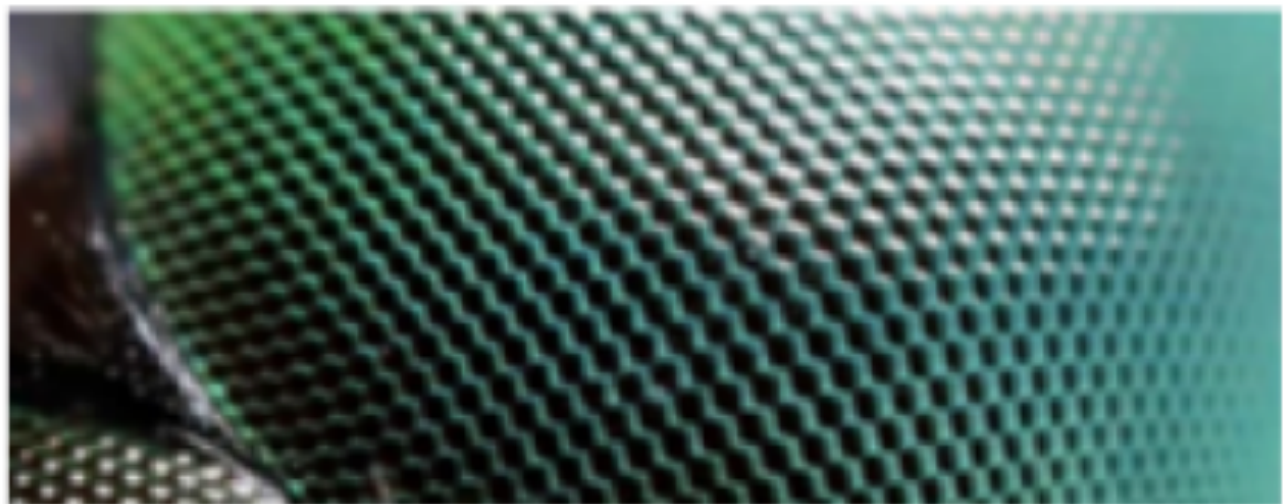
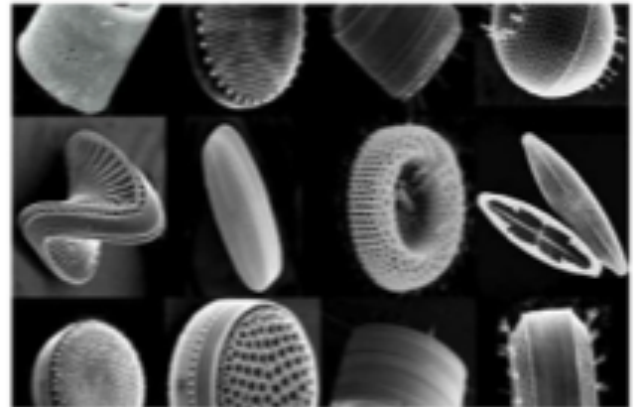
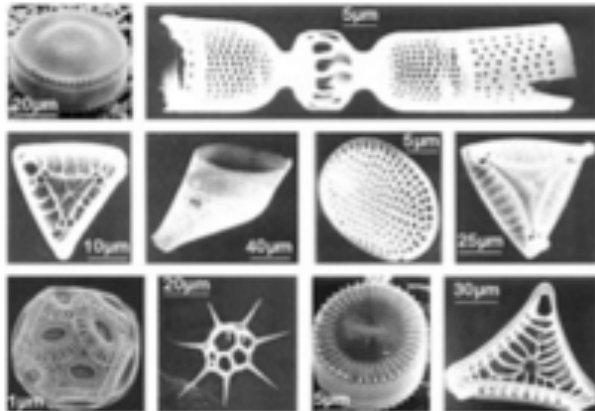


Ilustración 120. Cáscaras de diatomeas. Fuente: (Mallo, 2015) Sistemas Radiolarios. Geometrías y Arquitecturas Derivadas. Madrid, Universidad Politécnica de Madrid.

La piel de la cubierta envolvente contiene el principio de similitud con las escamas ganoideas, las

cuales se superponen unas a otras conformando una piel flexible y elástica.

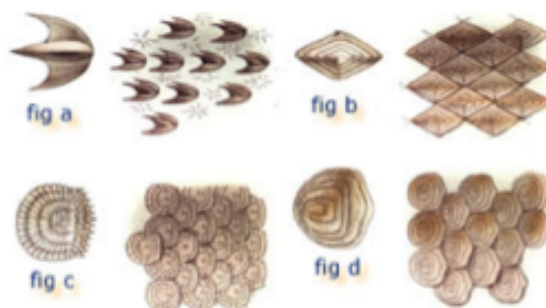
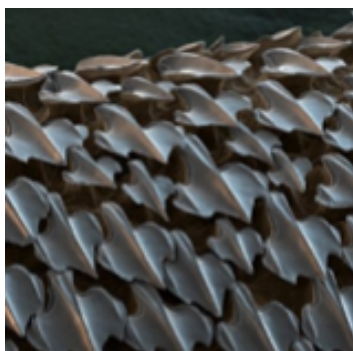


Ilustración 121. Escamas ganoideas. Fuente: (Mallo, 2015) Sistemas Radiolarios. Geometrías y Arquitecturas Derivadas. Madrid, Universidad Politécnica de Madrid.

El proyecto a pesar de ser ambicioso, altamente lujoso, desarrollado con herramientas de diseño paramétrico, con un presupuesto ilimitado y con características de similitud con organismos vivos no contiene soporte teórico. En palabras de García el proyecto se trata de una propuesta formal y técnica que plantea serias dudas más allá de su espectacularidad visual, en la estela hegemónica de la transformación cultural para la venta de mercancías y productos. (García, 2014)

Por otra parte, análisis bioclimáticos del proyecto realizados por maestrantes de la Universidad de Colombia en 2014 sugieren que el edificio cuenta

con pocas estrategias bioclimáticas, la membrana de cristal presenta grandes deficiencias que hacen que la envolvente interna esté cerrada todo el tiempo y los sistemas bioclimáticos propuestos no permiten tener un menos consumo energético en el edificio.

Por otra parte, la automatización de los sistemas bioclimáticos es nulo, solamente se destacan los sistemas inteligentes que controlan el termostato, la intensidad y color de las luces y las persianas, entre otros. (Domínguez, Galindo, Tibanta, & Vela, 2014)



Ilustración 122. Vista general del complejo y la bahía. Fuente: <http://www.asymptote.net>

RESULTADOS

ANÁLISIS FORMAL

Proyecto de estructura contenedora (La piel es figurativa y ornamental)

ANÁLISIS FUNCIONAL

Proyecto con intención biomimética por el principio de similitud de Thompson contenida estructuralmente con una topología de relación homóloga con cáscaras de diatomeas y de escamas.

ANÁLISIS TEÓRICO

Proyecto sin soporte teórico, aunque presenta similitud con estructuras naturales no contiene soporte teórico, no presenta características de eficiencia. La estructura es contenedora donde la forma exterior es independiente del soporte estructural y la piel es figurativa y ornamental.

SUMA DE RESULTADOS

De acuerdo a los análisis realizados y a los parámetros de medición se establece que el proyecto contiene biomimesis representativa. La relevancia solo es estética-conceptual.

MORPHOSIS

Fundada en 1972, Morphosis es una práctica interdisciplinaria involucrada en el diseño riguroso y la investigación que produce edificios emblemáticos e innovadores y entornos urbanos. Con el fundador Thom Mayne sirviendo como director de diseño, la firma hoy consiste en un grupo de más de 50 profesionales, que siguen comprometidos con la práctica de la arquitectura como una empresa colaborativa.

Con proyectos en todo el mundo, el trabajo de la firma varía en escala de edificios residenciales, institucionales y cívicos a grandes proyectos de planificación urbana. El nombre del término griego, morfosis, que significa formar o estar en formación, Morphosis es una práctica dinámica y en evolución que responde a las cambiantes y avanzadas condiciones sociales, culturales, políticas y tecnológicas de la vida moderna. En los últimos 30 años, Morphosis ha recibido 25 premios de arquitectura progresiva.

Thomas Mayne se licenció en arquitectura por la universidad de California en 1968, estudios que complementó con un master en Harvard años más tarde, de manera paralela comenzó su práctica profesional al lado del urbanista Víctor Gruen y como docente en la Universidad de Pomona en California, a principios de la década de 1970 Mayne consideró que el sistema educativo tradicional necesitaba un cambio y creó de la mano de varios colegas el instituto de arquitectos del sur de California (SCI-ARC), un centro de estudios de vanguardia con sede en los Ángeles que tendría una influencia determinante en las décadas siguientes, en este Instituto nace el desarrollo de conceptos como intuición, reflexión, contradicción, conflicto y dinamismo aplicados a la arquitectura.

Años más tarde al lado de Michael Rotondi cofundó en esta misma ciudad el grupo Morphosis, un estudio de arquitectura interdisciplinar de diseñadores, grafistas y urbanistas, basado en estos mismos conceptos. Entre los proyectos de éxito de esta firma se encuentra el Centro de Investigación Educativa Sequoyah premiado en 1974, la casa Delmer en Venecia, el restaurante Kate Mantilini en Beverly Hills, la residencia Lawrence en Her-

mosa Beach, la residencia Crawford en Santa Bárbara, fungiendo al mismo tiempo como teórico y profesor.

A finales del siglo XX y principios del siglo XXI Morphosis comenzó a ganar concursos para construcciones a gran escala y a materializar las ideas radicales forjadas en años anteriores, Las obras de Mayne se caracterizaron por presentar de manera recurrente formas macizas sobresalientes, vidrio y metal, revestimientos dobles, grados variables de luz, paredes curvilíneas, etc.

Los proyectos actuales destacados de Morphosis son la escuela Diamond Ranch de Pomona, las Oficinas Centrales Caltrans District, la Sede del Departamento de Transportes de California, el Centro de Recursos para la Educación Científica, el Centro de Ciencias, el Centro Cahill de Astrofísica del Instituto Tecnológico de Pasadena, el edificio Salick Medical, entre otros.

Adicionalmente Morphosis ha ganado tres concursos relevantes para el programa de excelencia en diseño de la administración de servicios generales de Estados Unidos que incluyen un edificio federal de oficinas en San Francisco, la Corte Nacional Wayne I. Morse en Eugene (Oregón) y el Centro de Control de Operaciones por satélite para la Dirección Nacional Oceánica y Atmosférica.

Mayne ganó también, en Nueva York, el concurso de la Villa Olímpica, un proyecto, frente a la Sede de las Naciones Unidas, el Edificio Académico para la Escuela Superior de Arte, Arquitectura e Ingeniería Cooper Union, así como la construcción del nuevo capitolio de Alaska.

Thom Mayne proyectó además la Torre Sun en Seúl, el Hypo Bank en Klagenfurt, el Graduate House de Toronto, el Centro Cultural y de Negocios JVC en México, en España, dirigió la construcción de un total de 140 viviendas sociales en el distrito de Carabanchel, en Madrid, un original proyecto, encargado por la empresa municipal de la vivienda, que presentaba una transición entre áreas verdes y viviendas multifamiliares con azoteas concebidas como jardines.

En su afán por la interacción entre disciplinas artísticas, Mayne colaboró con el coreógrafo belga

Frédéric Flamand en el espectáculo *Silent Collisions*, un ambicioso proyecto que trataba de relacionar arquitectura y danza que se presentó en el Mercat de les Flors, en Barcelona, a principios de 2005. También ha diseñado innumerables muebles y objetos.

En el ámbito académico Thom Mayne es miembro de la Academia Americana de las Artes y las Letras desde 1992, la labor docente ha sido una constante en la trayectoria de Mayne, primero desde el SCI-ARC y posteriormente desde la Universidad de California en los Ángeles (UCLA), donde ejerce en la actualidad.

Ha sido profesor visitante y ha impartido conferencias en universidades de todo el mundo, a lo largo de su trayectoria profesional ha recibido, entre otros galardones, el premio de la Comunidad Romana de la Academia Norteamericana de Diseño de Roma en 1987, la medalla de oro del Instituto Americano de Arquitectos en 2002 y el premio Chrysler a la Excelencia en Diseño 2001 además de numerosos reconocimientos internacionales.

El 20 de marzo de 2005, contra todo pronóstico, el jurado del premio Pritzker decidió otorgarle el galardón, el más prestigioso que puede recibir un arquitecto, porque “ha superado los límites de las formas y los materiales tradicionales, a la vez que se esfuerza por delimitar un territorio arquitectónico más allá de los límites de lo moderno y lo posmoderno”.

Y seguía diciendo: “su visión arquitectónica, su filosofía, no derivan ni del estilo moderno ni de las influencias asiáticas, ni siquiera de los clásicos norteamericanos del pasado siglo. Su carrera se ha caracterizado siempre por su deseo de crear una arquitectura original, una de las pocas que representan perfectamente el estilo del sur de California y, en especial, de los ángeles”. (Archdaily, 2017).

Dos meses después, el 31 de mayo, Mayne, emocionado, recibía este premio, considerado el equivalente al Premio Nobel en Arquitectura, en el Pabellón Jay Pritzker del Millennium Park de Chicago. Se convertía así en el octavo arquitecto estadounidense que obtenía este reconocimiento desde su creación, en 1979.

En el otoño del presente año, cuatro proyectos de Morphosis en África, Medio Oriente, Europa y EE. UU, alcanzan importantes hitos en la construcción. Desde la sede corporativa y la torre de oficinas hasta un cruce fronterizo entre EE. UU. y Canadá, la amplia gama de proyectos de Morphosis refleja el enfoque innovador y visionario al tiempo que responde a las necesidades de cada proyecto y su comunidad circundante.

Los hitos de la construcción incluyen el remate de Casablanca Finance City, la primera torre financiera importante en Casablanca, Marruecos, que cataliza el desarrollo del distrito de Anfa en un distrito financiero para la inversión del norte de África; el inicio del puerto de ingreso terrestre de los EE. UU, en la bahía de Alexandria que proporcionará una conexión vital en los viajes y el comercio del noreste; la fase de construcción inicial de una nueva Sede Corporativa en Milán para ENI, una de las compañías energéticas líderes en el mundo; y el inicio del nuevo campus para la Embajada de EE. UU., en Beirut, Líbano.

"Con proyectos en cinco continentes, el alcance del trabajo en el que estamos comprometidos continúa expandiéndose", dijo el fundador y director de diseño de Morphosis, Thom Mayne. "si bien estos cuatro proyectos son muy diferentes en términos de tipo y escala, todos son representativos de nuestro enfoque del trabajo, abordando los desafíos únicos de cada sitio sin dejar de centrarse en el diseño sostenible e innovador". (Morphosis, 2014).

PROYECTOS PRINCIPALES

BLOOMBERG CENTER AT CORNELL TECH.



Ilustración 123. Bloomberg Center at Cornell Tech. Roosevelt Island, Nueva York. 2012-2017. Fuente: <https://www.morphosis.com/architecture>

BEIRUT NEW EMBASSY CAMPUS

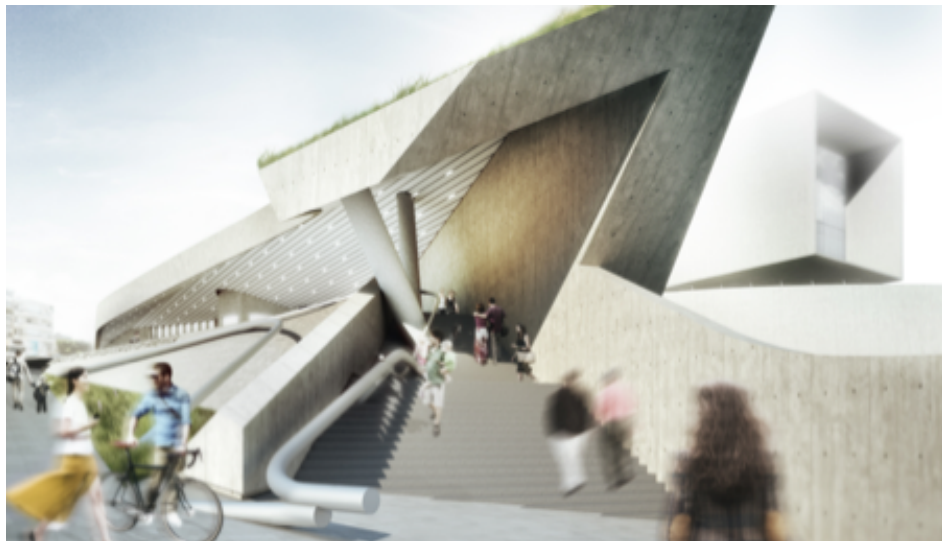


Ilustración 124. Beirut New Embassy Campus. Beirut, Líbano. 2014-2023. Fuente: <https://www.morphosis.com/architecture>

KOLON FUTURE RESEARCH PARK

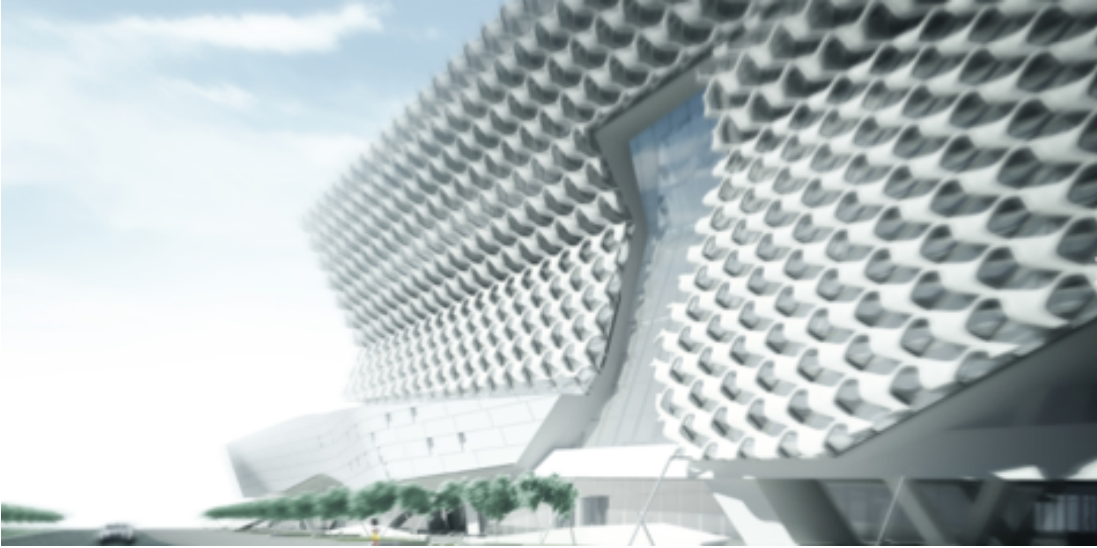


Ilustración 125. Kolon Future Research Park. Seúl, corea del sur. 2013-2018. Fuente: <https://www.morphosis.com/architecture>

MUSEO PEROT DE LA NATURALEZA Y LA CIENCIA





Ilustración 126. Museo Perot de la Naturaleza y la Ciencia. Dallas, Texas. E. U. 2008-2012. Fuente: <https://www.morphosis.com/architecture>

EMERSON COLLEGE LOS ÁNGELES



Ilustración 127. Emerson College los Ángeles. L.A. california, E.U. 2008-2014. Fuente: <https://www.morphosis.com/architecture>

CENTRO HYPO ALPE-ADRIA



Ilustración 128. Centro Hypo Alpe-Adria. Carintia, Austria. 1996-2002. Fuente: <https://www.morphosis.com/architecture>

CASO DE ESTUDIO:

PORTAL BILL & MELINDA GATES 2014



Ilustración 129. Bill y Melinda Gates Hall. Nueva York, E.U. 2010-2014. Fuente: <https://www.morphosis.com/architecture>

ANÁLISIS DEL CASO DE ESTUDIO

- PROYECTO: BILL Y MELINDA GATES HALL
- DISEÑO: Morphosis
- UBICACIÓN: Ithaca, Nueva York. E.U.A.
- ÁREA: 9,425 m²
- PROGRAMA: Edificio académico
- AÑO: 2014

El proyecto Gates Hall es un edificio académico con sala de conferencias, oficinas, salas de seminarios, laboratorios y espacios de colaboración, está inserto en la Universidad de Cornell en Ithaca, Nueva York, reúne a los departamentos de Ciencias de la Computación y Ciencias de la Información de la Universidad en una nueva instalación conjunta diseñada para promover la colaboración, integración y discurso entre ambas disciplinas.



Ilustración 130. Vista exterior Fuente: <https://www.morphosis.com/architecture>

Mediante diversas estrategias el edificio pretende ampliar la visibilidad, transparencia e interacción social con el objetivo de interpretar la misión educativa compartida de ambas ciencias para “integrar la informática y la ciencia de la información -sus ideas, tecnología y modos de pensamiento- en cada campo académico”. (Morphosis, 2014).

En relación al contexto, unas de las premisas de diseño fue re-energizar un área subutilizada del campus, creando una nueva puerta de entrada y fachada al centro educativo. El proyecto está constituido por paneles de acero inoxidable y un dosel de acceso en voladizo que cubre la plaza al aire libre y el espacio social integrando el paisaje y las formas escultóricas del campus.



Ilustración 131. Integración al contexto. Fuente: <https://www.morphosis.com/architecture>



Ilustración 132. Acceso principal. Fuente: <https://www.morphosis.com/architecture>

La piel de acero es performativa y envuelve la fachada exterior en un tejido angular diseñado con la intención de dotar de sombra el interior de las aulas creando una superficie continuamente dinámica.

El proyecto se desarrolló con herramientas avanzadas de modelado digital paramétrico utilizadas para generar el patrón, la geometría y los detalles de la piel en la búsqueda de crear en la expresión del edificio una relación estrecha con la informática, las artes y las ciencias.

La circulación principal se organizó alrededor del atrio acristalado en el lado oeste del edificio,

donde una fachada de vidrio de altura completa, tragaluces y una envoltura interior de vidrio sinterizado revelan creando vínculos de actividad en todos los niveles. Por otra parte, el atrio pretende proporcionar conexiones literales y visibles entre los espacios disciplinares.

El Gates Hall se desarrolló bajo la premisa de integrar sistemas de sostenibilidad que expresaran el compromiso de la Universidad de Cornell con la gestión ambiental, para lo cual se utilizaron múltiples estrategias con el objetivo de crear entornos más saludables, reducir el consumo de energía y preservar los recursos naturales.



Ilustración 133. Detalle de la piel. Fuente: <https://www.morphosis.com/architecture>



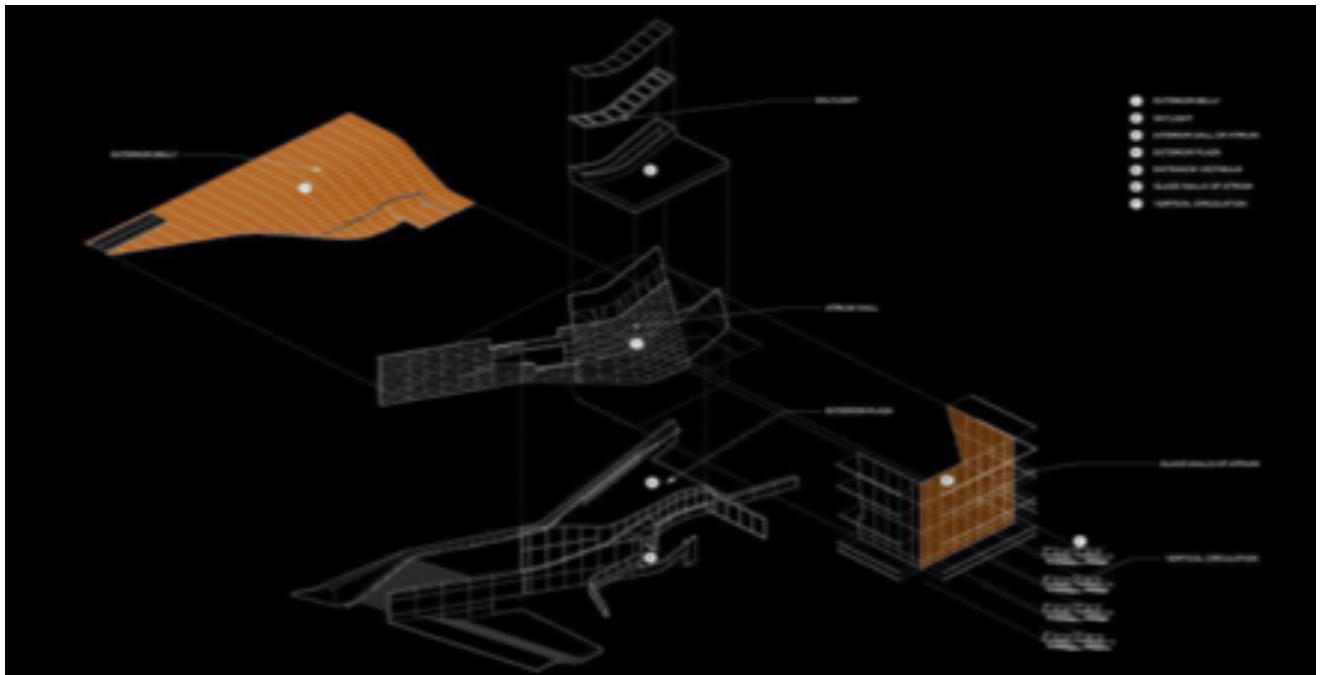
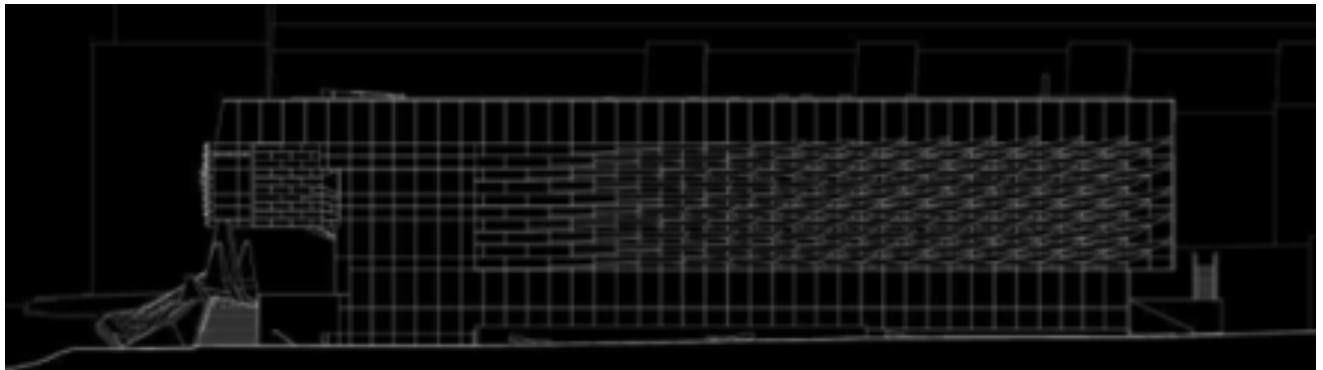


Ilustración 134. Planta arquitectónica, sección y geometrización. Fuente: <https://www.morphosis.com/architecture>

Diseñado para captar la mayor cantidad de luz natural, el edificio utiliza la apertura y la transparencia para crear entornos de trabajo más saludables para los estudiantes, la fachada de vidrio de alto rendimiento, las pantallas de sombreado de metal perforado y el sistema mecánico que utiliza el en-

friamiento de la fuente del lago del campus contribuyen a reducir el 30% el consumo energético, en la búsqueda de disminuir el impacto ambiental de la construcción con el uso de materiales reciclados y renovables.

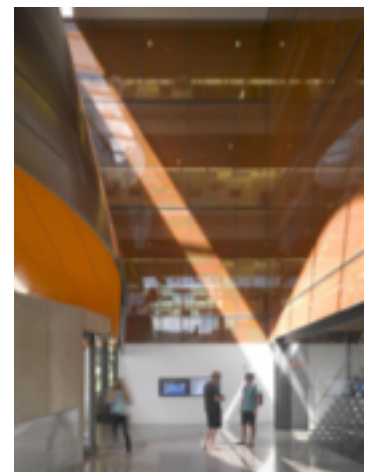
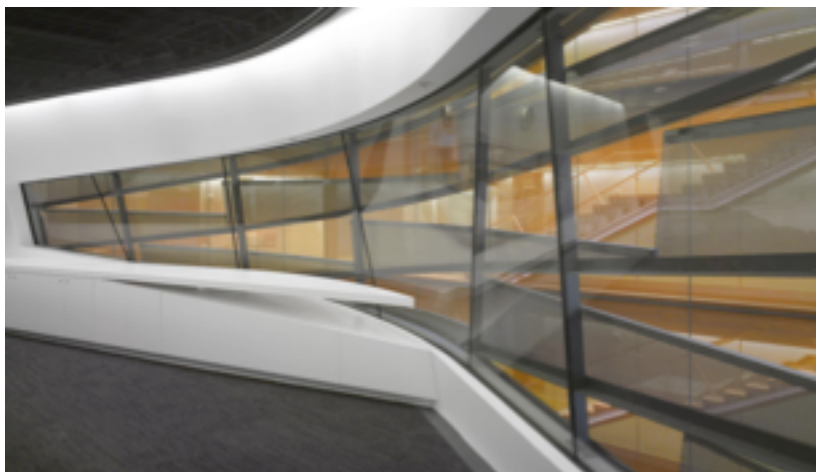


Ilustración 135. Vistas interiores. Fuente: <https://www.morphosis.com/architecture>

Cabe destacar que este proyecto ha recibido múltiples reconocimientos al diseño, entre ellos el Premio de Arquitectura Internacional 2017, el Premio de Diseño GOOD Green 2017, el premio a Lo Mejor de lo Mejor de ENR 2015, el premio Excelencia de Diseño de Nueva York, el Premio Diamante para Sistemas de Tecnología de Construcción de Nueva York 2015, así como el Premio de Arquitectura Estadounidense Chicago Athenaeum 2014.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS FORMAL

La base del edificio está conformada por dos paralelogramos rectángulos intersectados por un triángulo obtusángulo que da forma a la plaza que contiene el acceso principal, está desarrollado mediante un sistema estructural rígido de acero y hormigón armado de grandes luces, de superficie plana de trama simple desarrollado con herramientas avanzadas de modelado digital paramétrico utilizadas para generar el patrón, la geometría y los detalles de la piel.

La piel de acero performativa que envuelve la fachada exterior en un tejido angular, la cubierta es de cristal de alto rendimiento y pantallas de sombreado de metal perforado construidas con materiales reciclados y renovables

ANÁLISIS FUNCIONAL

La premisa principal de diseño fue interpretar y vincular la misión educativa de las Ciencias de la Comunicación y las Ciencias de la Información en una nueva instalación conjunta. Otra de las premisas fundamentales para el desarrollo de este diseño fue integrar la ideas, tecnología y modos de pensamiento en cada campo académico.

La circulación principal se organizó alrededor del atrio acristalado con el objetivo de crear vínculo

entre las actividades de todos los niveles del edificio y mediante el atrio crear conexiones literales y visibles entre los espacios disciplinares.

Como compromiso de la Universidad de Cornell, el proyecto se desarrolló bajo la premisa de integrar sistemas de sostenibilidad con el objetivo de crear entornos saludables, reduciendo el consumo de energía y la preservación de los recursos naturales.

El proyecto se desarrolló como un edificio de uso académico que integra los departamentos de Ciencias de la Computación y Ciencias de la Informática, contiene salas de conferencias, oficinas, salas de seminarios, aulas, laboratorios, espacios comunes y espacios de colaboración.

La cubierta está constituida por paneles de acero inoxidable y un dosel de acceso en voladizo que cubre la plaza al aire libre y el espacio social integrando el paisaje y las formas escultóricas del campus, la piel de acero es performativa y envuelve la fachada exterior en un tejido angular diseñado con la intención de dotar de sombra el interior de las aulas creando una superficie continuamente dinámica.

A pesar de que el proyecto no contiene principios de similitud con formas presentes en la naturaleza, ostenta gran eficiencia en cuestión energética, creando espacios saludables mediante la utilización de materiales como el vidrio de alto rendimiento, las pantallas de sombreado de metal perforado y un sistema mecánico de enfriamiento que reducen el 30% del consumo energético, disminuyendo el impacto ambiental al estar edificado con materiales reciclados y renovables.

ANÁLISIS TEÓRICO

El proyecto, aunque no presenta soporte teórico

en las ciencias de la complejidad, está desarrollado con un amplio enfoque en la investigación y aplicación de estrategias para problemas complejos que desarrolla el NOW INSTITUTE, dirigido por Thom Mayne, líder y fundador de Morphosis. Las investigaciones de este instituto contemplan aspectos de avanzada en tecnología, resiliencia, cultura, sostenibilidad y movilidad, así como un amplio espectro de las manifestaciones urbanas.

RESULTADOS

ANÁLISIS FORMAL

Proyecto de estructura algorítmica (Los principios paramétricos, el orden matemático de la naturaleza del proyecto y el proceso algorítmico determinan la forma).

RESULTADO DEL ANÁLISIS FUNCIONAL

No presenta relación biomimética, sin embargo, es eficiente energéticamente y amigable con el medio ambiente.

RESULTADO DEL ANÁLISIS TEÓRICO

Proyecto con soporte teórico de investigación.

SUMA DE RESULTADOS

De acuerdo a los análisis realizados y a los parámetros de medición se establece que el proyecto contiene biomímesis pragmática con relevancia por eficiencia.

HERZOG & DE MEURON

Jaques Herzog y Pierre de Meuron nacieron en 1950 en Basilea Suiza, estudiaron arquitectura en la Escuela Politécnica Federal (ETH) de Zúrich, en 1978 abren el estudio de arquitectura Herzog & de Meuron en su lugar de origen. Un equipo internacional de seis socios, cerca de 40 asociados y 380 colaboradores que trabaja proyectos en Europa, América y Asia.

Herzog & de Meuron entraron en la escena arquitectónica, a principios de los 80, en un momento donde la arquitectura se hallaba en pleno proceso de cambio causado por el cansancio de las formas y soluciones postmodernas, que habían desembocado en un punto muerto. Por esta razón, la propuesta de estos jóvenes arquitectos en la búsqueda de una arquitectura que encontrara el sentido formal como resultado de su propia lógica material y constructiva resultó sorprendente e innovadora.

Constituido el estudio, los proyectos no tardaron en llegar, sus primeros trabajos, tales como la casa azul, la casa de piedra o el almacén Ricola, tomaron como punto de partida la construcción tradicional y los materiales cotidianos, pero reinterpretándolos para que adquiriesen un nuevo significado.



Ilustración 136. Casa azul. Oberwill, Suiza. 1979. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works/001-025/005-blue-house/image.html>



Ilustración 137. Casa de piedra. Tavole, Italia. 1988. Fuente: <http://analisiscasadepiedra.blogspot.com/p/conclusion.html>

Como resultado, los edificios de aspecto minimalista en los que el elemento más innovador se manifiesta sobre todo en el exterior, continuó la búsqueda de la forma del edificio mediante la lógica del material empleado y del proceso constructivo, esta característica ha acompañado a Herzog & de Meuron a lo largo de toda su carrera, tomando como postura principal negar la interpretación meramente estilística, en la que los propios materiales debían forzosamente determinar el resultado de la arquitectura.

Aspecto que resulta evidente en obras como los almacenes Ricola, la propuesta frente a las complejas formas del postmodernismo, fue un volumen sencillo, un prisma puro de planta simple, pero cuyo valor formal, basado en la propia capacidad expresiva del material empleado (madera) fue sensacional. La propia lógica del material otorgó al edificio un cierto componente clásico -tres ritmos distintos en fachada- poco usual en la arquitectura de la época.

Herzog & de Meuron admiradores en un princi-

pio, de Aldo Rossi, estaban familiarizados con el lenguaje de formas simples y volúmenes puros de este último, pero la arquitectura de ambos poco tiene que ver con la de Rossi, cuyo interés por la expresividad del material era mucho menor que la de los suizos.

El amor de los dos arquitectos por la tradición en combinación con la tecnología moderna dio como resultado una extraordinaria inventiva en soluciones arquitectónicas para las necesidades planteadas. Entre sus obras, destacan las bodegas Dominus en el Valle de Napa, el revestimiento de cobre de la Signal Box, en Basilea para los ferrocarriles suizos y las imágenes impresas en los paramentos de la Biblioteca de la Universidad de Eberswalde Alemania.



Ilustración 138. Bodegas Dominus. Napa Valley, California. 1996-1998. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works/126-150/137-dominus-winery.html>

Herzog & de Meuron han diseñado proyectos que van desde la pequeña a la gran escala, numerosas viviendas y edificios residenciales, propuestas de diseño urbano, estadios, museos y fábricas, hoy en día figuran entre los arquitectos más prestigiosos del mundo, y también entre los más galardonados, con numerosos premios, incluidos el Pritzker Architecture Prize en 2001, la Riba Royal Gold Medal y el Praemium Imperiale en 2007, el premio Mies Crown Hall Americas, en 2014, entre otros.

Aunado a lo anterior, su aporte es notable en la investigación y docencia, fungen como profesores visitantes de la Universidad de Harvard desde 1994, profesores del Departamento de Arquitectura Network City and Landscape en el Instituto Federal Suizo de Tecnología de Zúrich desde 1999,

son cofundadores del Eth Studio Basel, que inició un programa de investigación sobre procesos de transformación en el dominio urbano, sus actividades en la investigación están documentadas en diversas publicaciones, entre ellas se encuentran:

- Suiza. Un retrato urbano (2006) que investiga la condición urbana de Suiza.

- Abierto – cerrado en las Islas Canarias (2007), centrado en el proceso de urbanización de este lugar.

- Metrobasel, un modelo de región metropolitana europea (2009) sobre el desarrollo de la región trinacional de Metrobasel.

- The Inevitable Specificity of Cities (2014), un estudio centrado en la evolución de la ciudad contemporánea.

Resulta relevante mencionar que en 2011, Herzog & de Meuron recibieron el encargo de diseñar el plan maestro conceptual para el Instituto Skolkovo de Ciencia y Tecnología y sus territorios adyacentes cerca de Moscú, donde la visión arquitectónica detrás del esquema apuntó a crear un centro global de tecnología innovadora del siglo veintiuno, el cual ofrece cualidades urbanas inherentes, desarrollando además el plan maestro para Lyon Confluence en Francia, la remodelación urbana del extremo sur de la península de la ciudad.

En 2012, completaron Burgos Bulevar, un desarrollo de paisaje urbano de 11 kilómetros de largo a través de la ciudad de Burgos, España, fusionando el transporte público y privado con espacios públicos verdes.

De igual manera han desarrollado una serie de proyectos orientados al arte y el diseño de museos como el Museo de Arte Moderno y Contemporáneo en Guadalajara, México, el nuevo Museo para la Cultura Visual en Hong Kong y la Galería de Arte de Vancouver, su influencia los ha llevado a colaborar en diversos proyectos artísticos como el diseño del Pabellón de la Serpentine Gallery en 2012 en conjunto con Ai Weiwei.

En palabras de Herzog “la arquitectura no es un

arte", no se puede entender la arquitectura como una simple expresión individual, como un mero gesto personal.

PROYECTOS PRINCIPALES



Ilustración 139. Museo Tate de Arte Moderno. Londres, Reino Unido, 2010-2016.
Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works/251-275/263-the-tate-modern-project.html>

Página siguiente. Ilustración 140. Torre Tribeca. Nueva York, EE.UU. 2008-2017. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works/301-325/305-56-leonard-street/image.html>





Ilustración 141. Walker Art Center. Minneapolis. EE.UU. 2003-2005. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works/151-175/175-walker-art-center-expansion.html>



Ilustración 142. Edificio Roche. Basilea, Suiza. 2011-2015. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works/326-350/345-roche-building-1.html>



Ilustración 143. Edificio Nouveau Stade. Bordeaux, Francia. 2013-2015. Fuente: <https://www.herzog-demeuron.com/index/projects/complete-works/351-375/367-nouveau-stade-de-bordeaux.html>

CASO DE ESTUDIO:

Filarmónica del Elba 2017



Ilustración 144. Filarmónica del Elba. Hamburgo, Alemania. 2017. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works.html>

ANÁLISIS DEL CASO DE ESTUDIO

- PROYECTO: FILARMÓNICA DEL ELBA.
- DISEÑO: Herzog & de Meuron.
- UBICACIÓN: Hamburgo, Alemania.
- ÁREA: 120,383 m².
- PROGRAMA: Sala de conciertos.
- AÑO: Diseño 2001-2004, Construcción 2007-2017.

En el paseo marítimo del río del Elba, en el extremo occidental de la Hafencity, Alemania, surge

un nuevo hito de la ciudad de Hamburgo, la Filarmónica del Elba, obra de gran carácter, que fusiona arte, arquitectura e historia.

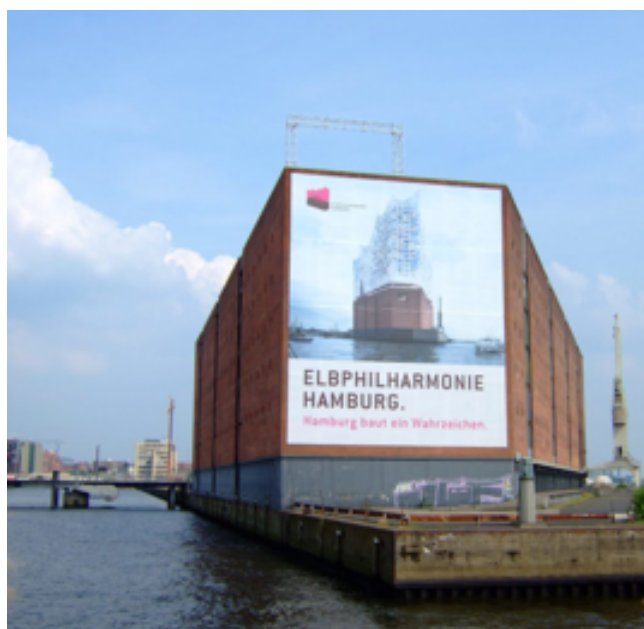
Esta obra surge como respuesta a la necesidad de habilitar parte de la zona portuaria de la ciudad de Hamburgo, con la intención de infundir identidad a través de un nodo cultural para la población alemana, el proyecto se formuló mediante un programa variado, compuesto de un sinfín de actividades.



Ilustración 145. Puerto de Hamburgo, Alemania. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works.html>

Se erige a partir de la habilitación del almacén histórico Kaispeicher A., con la intención de integrar sobre esta enorme y antigua base sólida el nuevo y ondulante edificio cristalino que plantea un recorrido en el que se van descubriendo todos los rincones de esta la espléndida obra, el conjunto es fascinante, una escalera mecánica de 82 metros

de largo, “ingeniosamente curva”, sorprende al visitante hasta su llegada a la plaza pública en la parte superior del techo del antiguo almacén. Ahí, a una altura de 37 metros, la construcción deslumbra con una impresionante vista panorámica de la ciudad.



Consolidada después de más de una década, fue inaugurada oficialmente el 11 de enero 2017, con un costo total de 875 millones de euros, la obra se edificó sobre 10,540 m² de terreno, con una superficie construida de 120,383 m², el proyecto se eleva verticalmente a 110m desde el nivel del mar hasta la punta del edificio, dentro de este espacio están contenidas tres salas de conciertos, un hotel y apartamentos residenciales, incluye gran extensión de espacios públicos y una terraza que se extiende como una gran plaza pública.



Ilustración 146. Filarmónica del Elba, Hamburgo, Alemania.
Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works.html>





Ilustración 147. Interiores de la Filarmónica del Elba. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works.html>

Este espléndido sitio no es sólo un lugar para la música, es un complejo urbano, residencial y cultural, la sala principal de conciertos alberga 2150 espectadores, la sala secundaria llamada Kaistudios y el salón de música de cámara alojan 550 oyentes, ambos están incrustados entre pisos de

lujo y un hotel de cinco estrellas con servicios integrados como restaurantes, un centro de salud y fitness e instalaciones para conferencias, consolidándose como un vibrante centro internacional para los amantes de la música y un imán tanto para turistas como para el mundo de los negocios.



Ilustración 148. Sección de la Filarmónica del Elba. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works.html>

CONTEXTO

La Filarmónica del Elba está situada en el histórico Sandtorhafen, que fue el antiguo puerto de trabajo de Hamburgo, Alemania durante siglos. Este almacén considerado el más grande de Hamburgo en el agua, es llamado El Kaiserspeicher, construido en 1875 fue destruido durante la segunda guerra mundial, en 1963 se reconstruyó, rebautizado con el nombre de Kaispeicher y fungió desde ese momento como almacén de cacao, té y tabaco.

Como símbolo de la ciudad, sobre este almacén y con la gran connotación histórica que contiene, Herzog & de Meuron llevan a cabo una intervención arquitectónica de gran valor en la que respetan, el contexto, el edificio y su historia, no invaden, esconden o destruyen lo que ya existe, sino que resaltan y destacan su potencial.



Ilustración 149. Antiguo almacén Kaispeicher. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works.html>

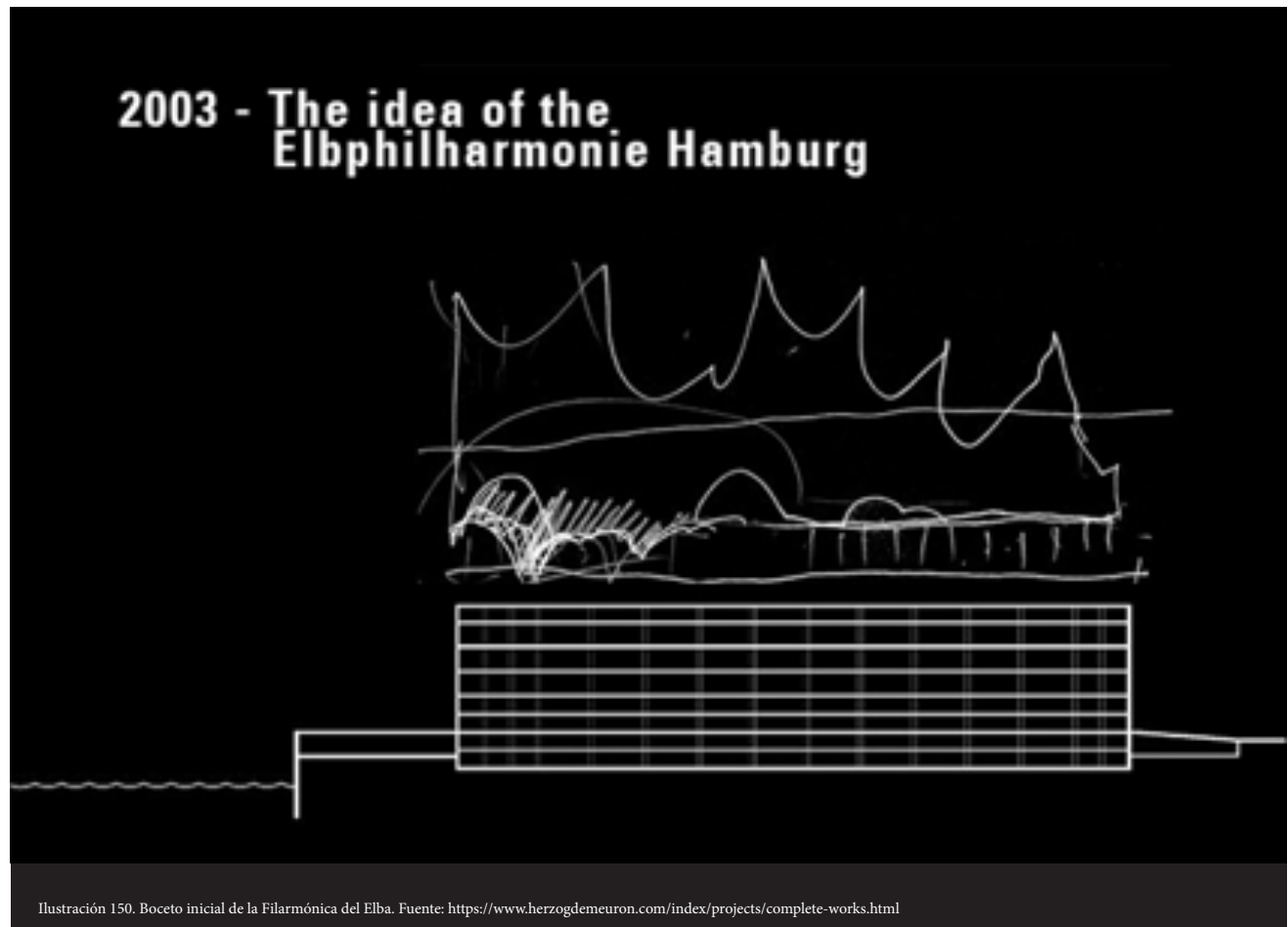


Ilustración 150. Boceto inicial de la Filarmónica del Elba. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works.html>

La Filarmónica se ha convertido en un hito de la ciudad y un faro para toda Alemania revitalizando el barrio de la creciente HafenCity, como resultado de un proyecto urbanístico destinado a recuperar la antigua zona de carga y almacenamiento del puerto, se consolida como una obra de gran rele-

vancia para la ciudad de Hamburgo, por todo lo que significa y aporta como símbolo icónico y referencia cultural en la ciudad alemana integrándose de manera muy positiva al paisaje urbano como una genuina atracción pública.

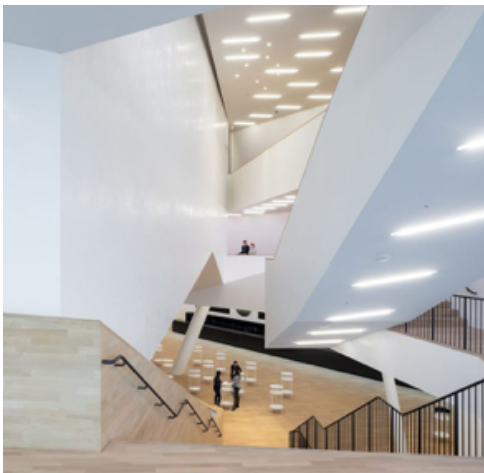


Ilustración 152. Interiores de la Filarmónica del Elba. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works.html>

Los variados usos que ofrece el nuevo edificio se combinan en perfecta armonía como lo harían en una ciudad. Y como una ciudad, las dos arquitecturas contradictorias y superpuestas del Kaispeicher y la filarmónica aseguran secuencias espaciales excitantes y variadas: por un lado, la sensación original y arcaica del Kaispeicher marcada por su relación con el puerto, por otro lado, el suntuoso y elegante mundo de la filarmónica, sorprenden por su magnificencia a cualquier visitante.

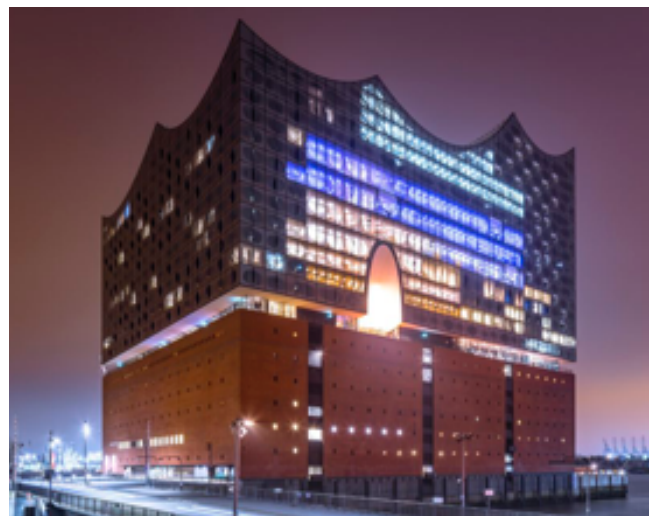


Ilustración 153. Vista nocturna de la Filarmónica del Elba. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works.html>

El corazón del complejo es la filarmónica en sí, un espacio que pone en primer plano a los oyentes y a los músicos para que juntos sean ellos los que realmente representan la arquitectura, con la idea fundamental de la filarmónica como un espacio donde la orquesta y el director están localizados en medio de la audiencia: la distribución arquitectónica y el arreglo de los estrados se toman de la lógica del sonido acústico y percepción visual de la música, artistas y público, de tal manera que la for-

ma del vestíbulo define la estructura del volumen haciendo eco en la silueta del edificio como un todo. La geometría compleja de la sala filarmónica une el flujo orgánico con una forma incisiva y casi estática, desarrollada a partir de paneles únicos en tamaño y forma que recubren el techo, las paredes y las balaustradas, generan formas orgánicas, que emulan las estructuras monocromáticas ondulantes de los arrecifes de coral.

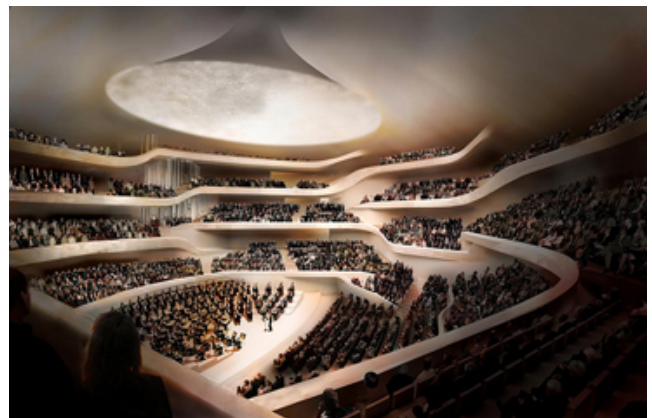
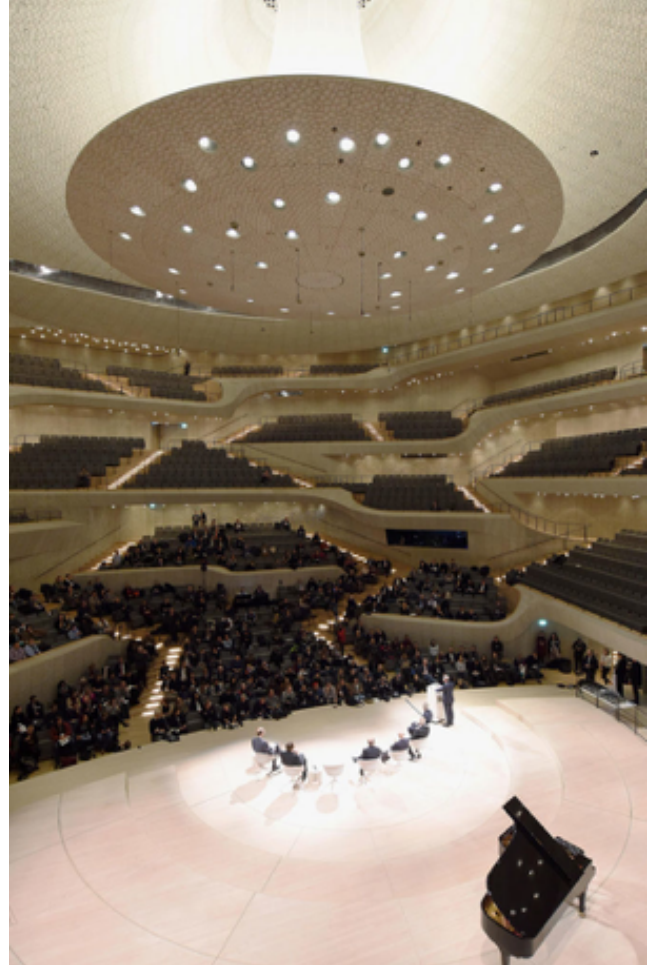


Ilustración 154. Interiores de la sala principal de conciertos de la Filarmónica del Elba. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works.html>

Considerado como un proyecto a gran escala sin precedentes dentro del mundo de la arquitectura; su gran vestíbulo, colgado del tejado de 700 toneladas, cuenta con 1.000 lámparas de vidrio sopladas a mano y 10.000 paneles acústicos tallados de forma única. Para que esto fuera posible el especialista en acústica, Yasuhisa Toyota, envolvió la sala con dichos paneles y se suspendió un reflector

de sonido desde el techo abovedado, dándole un tono de sonido perfecto. La estructura de 26 pisos no sólo cuenta con tres salas de conciertos de clase mundial, sino también 45 apartamentos, restaurantes, bares y un hotel de 5 estrellas. Su gran salón tiene capacidad para 2.100 invitados alrededor de un escenario central.



Ilustración 155. Vista panorámica desde el puerto de la Filarmónica del Elba. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works.html>



Ilustración 156. Recinto principal de la Filarmónica del Elba. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works.html>

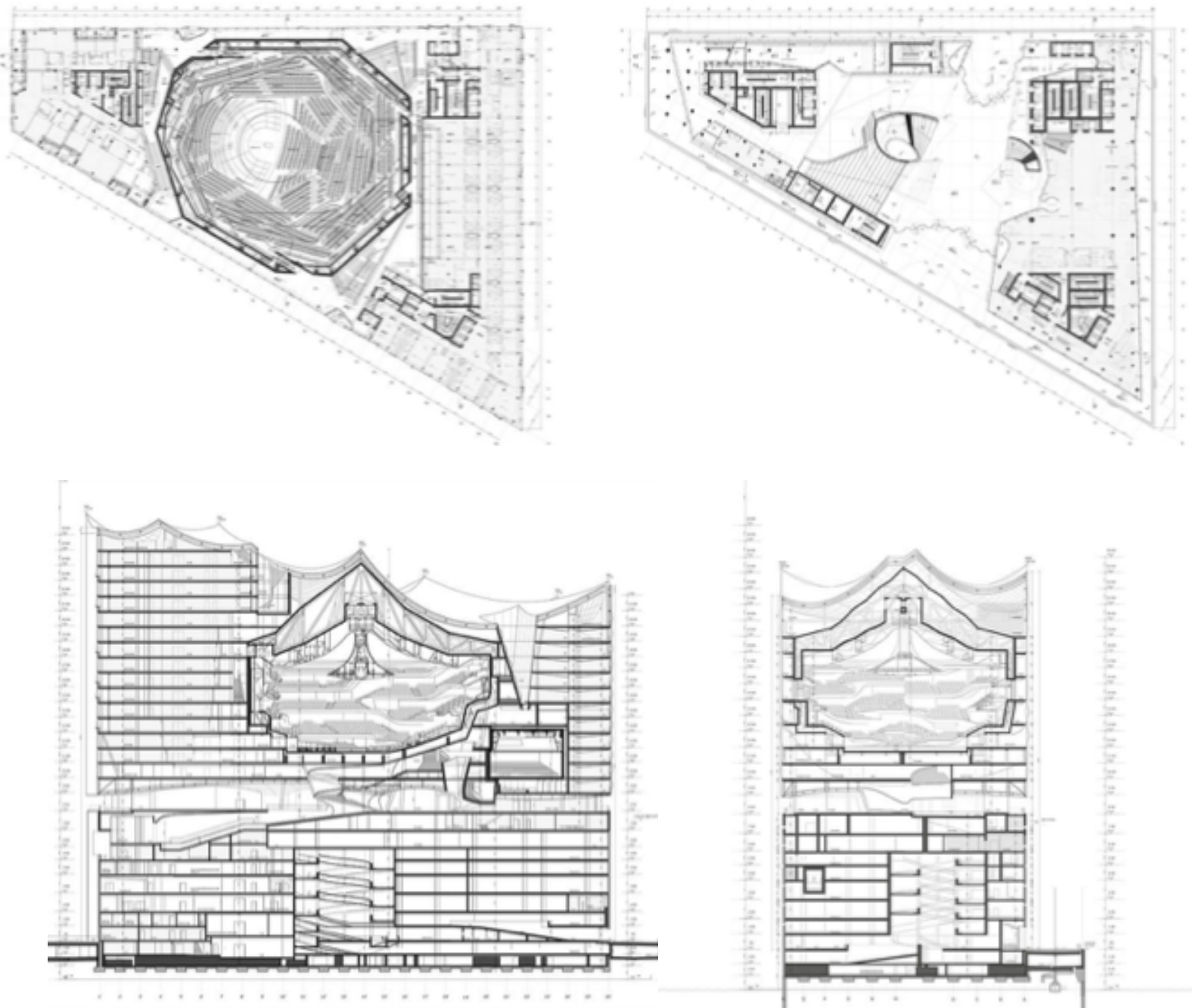


Ilustración 157. Proyecto final de la Filarmónica del Elba.
 Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works.html>

La plaza de 43.055 metros cuadrados ofrece vistas panorámicas y es la entrada al hotel Westin Hamburg. La propiedad cuenta con 244 habitaciones y se pueden realizar reservas. Construido entre el vidrio y la parte superior del edificio de ladrillo, hay también un espacio de observación que se envuelve alrededor de la estructura para ofrecer vistas de 360 grados de la ciudad. Su fachada de dos mil pa-

neles de cristal ondulante imita el pasado náutico de la ciudad y los visitantes pueden ascender por una escalera mecánica de doscientos metros que recorre un túnel iluminado hasta la parte superior de la plaza pública. Las principales partes del complejo están conectadas por espacios en los que la oscuridad se alterna con elementos cóncavos ligeros, convexos y que se cierran con la apertura.



Ilustración 158. Sección volumétrica de la Filarmónica del Elba. Fuente: <https://www.herzogdeмеuron.com/index/projects/complete-works.htm>

Página siguiente. Ilustración 165. Fachada principal de la Filarmónica del Elba. Fuente: <https://www.herzogdeмеuron.com/index/projects/complete-works.html>

Uno de los aspectos más interesantes y atractivos es el gran contraste que se produce entre las paredes de ladrillo del edificio antiguo y la cúspide que alberga el gran espacio interior de la filarmónica,

en conjunto con la gran fachada ondulada que se eleva sobre la ciudad, así como el gran auditorio central, sala principal de conciertos, que asemeja una reluciente cueva de marfil.

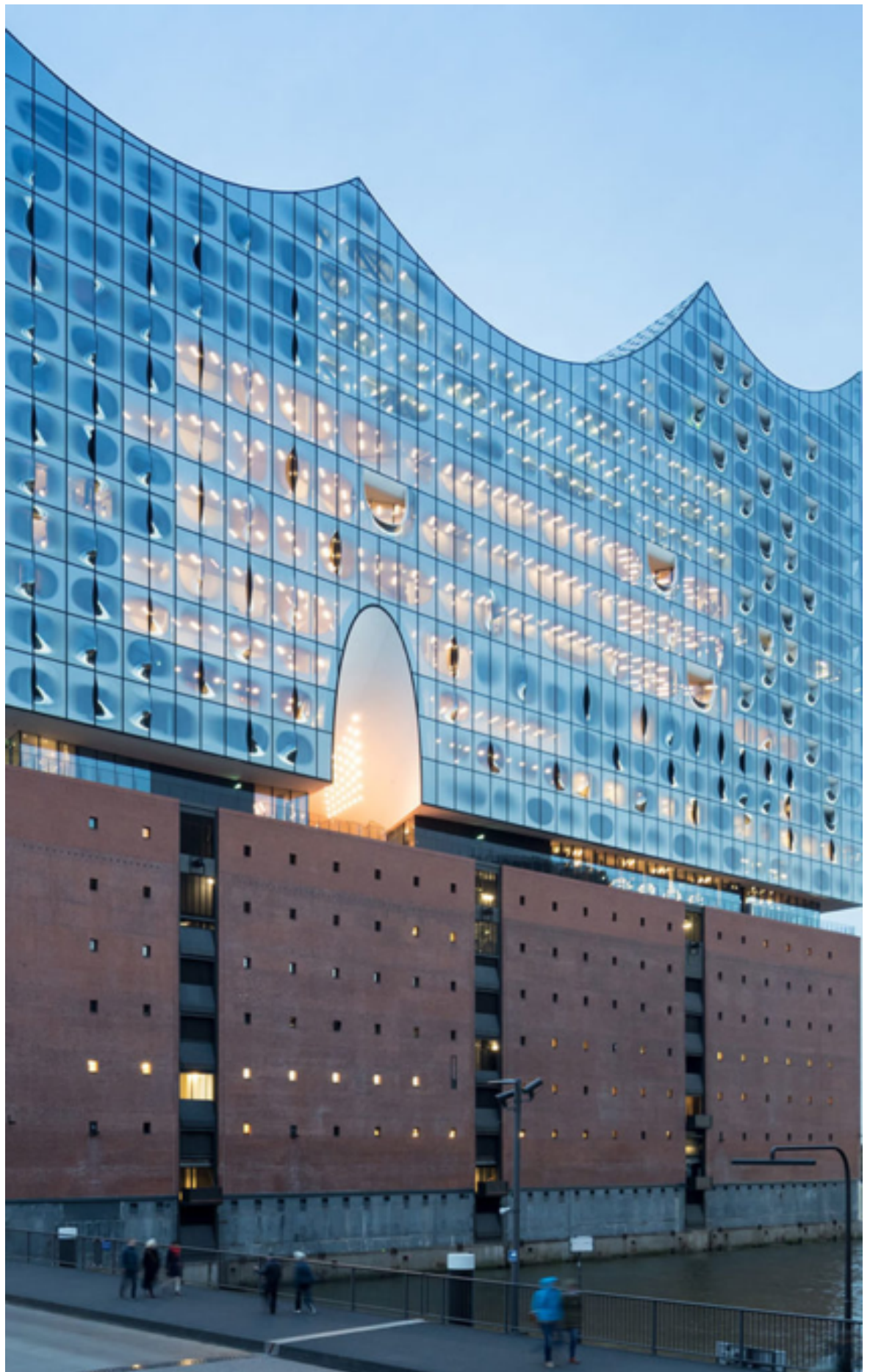




Ilustración 159. Interior de la sala principal de conciertos de la Filarmónica del Elba. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works.html>

Dentro de las premisas de diseño, la belleza era solo una parte de la ambiciosa intención de Herzog & de Meuron, los paneles están compuestos por un millón de células, estas celdas, varían entre cuatro y dieciséis milímetros de ancho, están diseñadas para dar potencializar el sonido dentro del auditorio, de tal manera que cuando las ondas de sonido golpean un panel, la superficie desigual las absor-

be o las dispersa, por lo tanto, no hay dos paneles que absorban o dispersen el sonido por igual, pero juntas crean una reverberación armónica en todo el auditorio. Esta técnica de difusión del sonido ha sido utilizada durante siglos, sin embargo, esta hazaña solo pudo ser lograda mediante los avances tecnológicos y el uso del diseño paramétrico.



Ilustración 160. Estructura de los paneles de la sala principal de conciertos. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works.html>

El diseño de estos paneles, se realizó en colaboración con el especialista en acústica Yasuhisa Toyota, quien creó el mapa de sonido óptimo para el auditorio, basado en la geometría de la sala se desarrollaron los paneles de tal manera que la piel fuera uniforme en todo el recinto, independientemente de los requisitos acústicos debía ser bello y ondulante, de acuerdo a estos requisitos se desa-

rrolló un algoritmo que produjo diez mil paneles, cada uno con una forma y patrón único. En palabras de sus diseñadores “Este es el poder del diseño paramétrico, una vez que todo está en su lugar, pueden ser creadas un millón de células, todas diferentes basadas en los parámetros establecidos, en control total de la configuración del algoritmo”.

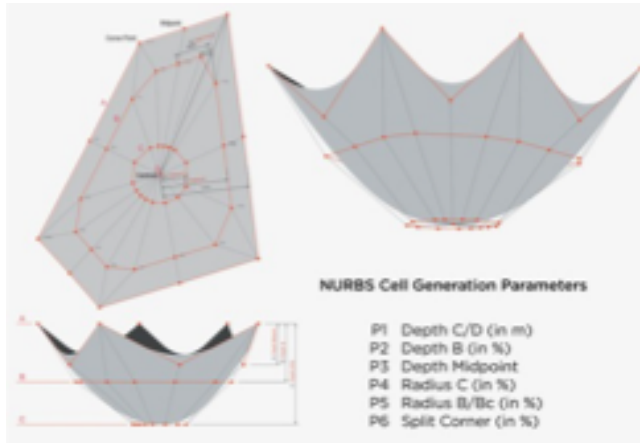


Ilustración 161. Algoritmo generativo. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works.html>



Ilustración 162. Producción del algoritmo. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works.html>

Inspirada en el antiguo teatro de Delphi, la Filarmonía del Elba imprime parte de su gran carácter mediante una fachada de cristal que se erige sobre una planta de diseño triangular fabricada por mil paneles curvados que fueron diseñados específicamente a medida para lograr reflejar los rayos del sol, de modo que este muro cortina de alto rendi-

miento protege el interior del edificio de la radiación solar mediante cristales de baja emisividad y reflejantes de calor, logrando a la par un importante ahorro energético. Por otra parte, la cubierta permite el reciclaje de agua de lluvia para el abastecimiento de servicios.



Ilustración 164. Estructura de la piel exterior. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works.html>

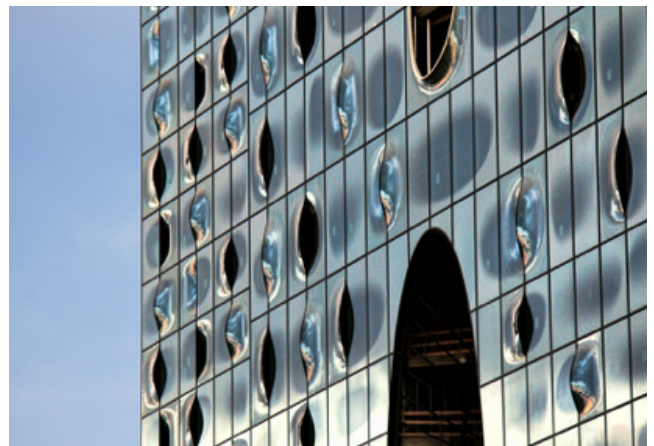




Ilustración 164. Estructura de la cubierta. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works.html>

Este macro proyecto fue está construido sobre aproximadamente 1.750 pilotes de hormigón armado ya que se agregaron 650 a los 1.100 ya existentes, estos pilotes fueron hundidos a 15m de profundidad en el barro del río, con lo que el antiguo edificio podría soportar unas 200.000tn de nueva construcción. Por consideraciones arquitectónicas la Filarmónica que se despliega como una corona sobre el antiguo almacén se separó de éste de modo que los volúmenes quedan ópticamente separados uno del otro. De la separación entre ambos fue que nació la Plaza.



Ilustración 165. Vista aérea del macro proyecto. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works.html>

La estructura del techo está compuesta por ocho secciones esféricas cóncavamente dobladas que forman una elegante silueta curvilínea única y elegante, la estructura de acero del techo, con sus

curvas escarpadas y altos picos, cubre el complejo marco de acero en forma de estrella que transporta la Gran Sala, sin pilares de apoyo.

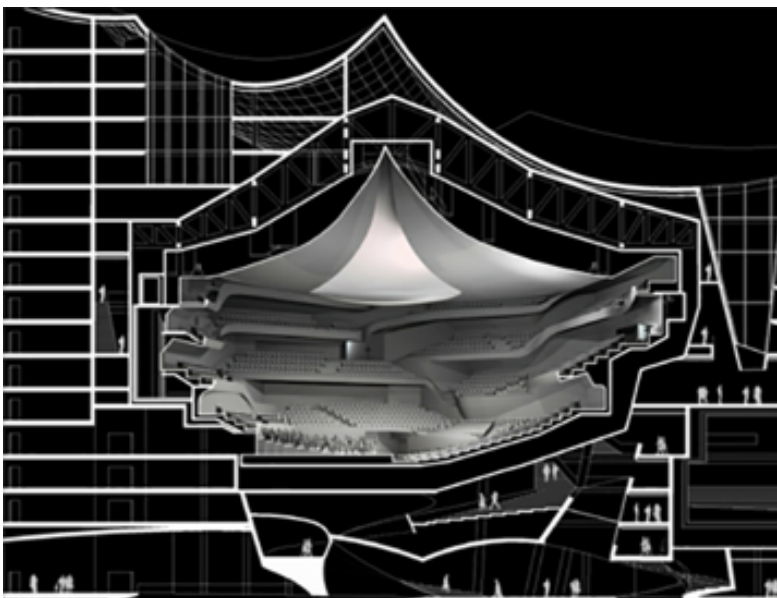


Ilustración 166. Sala principal de conciertos en construcción. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works.html>

Ilustración 167. Sala principal de conciertos. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works.html>

Ilustración 168. Sección transversal. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works.html>

Ilustración 169. Vista general del conjunto. Fuente: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works.html>

ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS FORMAL

La base del edificio está conformada por un triángulo rectángulo con ochava en el vértice superior, extruido de la forma del almacén original, es idéntico en planta, por encima se eleva tal cual la nueva estructura.

El sistema estructural está diseñado a base de pilotes de hormigón armado de grandes luces, con superficie plana de trama simple, la habilitación se realizó a base de concreto de alta resistencia, la estructura es de acero paraboloide de doble curvatura, recubierta con una piel reflejante de formas esféricas, la piel de cristal es de alto rendimiento y en el interior la piel está compuesta de paneles de fibra de yeso de alta densidad generados con papel reciclado y diseñados mediante algoritmos de patrón único, desarrollados con herramientas avanzadas de modelado digital paramétrico utilizadas para generar el patrón, la geometría, la estructura y los detalles de la piel.

ANÁLISIS FUNCIONAL

La premisa principal de diseño fue la habilitación de la zona portuaria de Hamburgo mediante un programa arquitectónico de uso mixto. Otra de las premisas fundamentales para el desarrollo de este diseño fue el infundir identidad en la población alemana mediante la creación de un nodo cultural, el proyecto se desarrolló con la intención de convertirlo en un complejo urbano, residencial y cultural internacional para los amantes de la música con servicios integrados como salas de conciertos, hotel cinco estrellas, centro de fitness e instalaciones para conferencias.

El mayor compromiso dentro del diseño fue lograr la intervención en un sitio de gran connotación histórica respetando el contexto, el edificio existente sobre el que se desarrolló el proyecto y la historia del lugar, como un conjunto de uso mixto que contiene una sala principal para conciertos, hotel de lujo, apartamentos privados, salas polivalentes, oficinas, bares y restaurantes.

Derivado de lo anterior, el proyecto se diseñó mediante un tejido tanto de la cubierta superior de acero, como de la piel de cristal y el interior del recinto principal mediante algoritmos paramétricos, los diez mil paneles interiores son únicos en forma y patrón, diseñados a partir de un mapa acústico, elaborado con fibra de yeso que se fusionan en una piel ondulante, la cubierta está constituida por ocho secciones de acero en forma de paraboloides de doble curvatura, recubiertas con paneles esféricos que reciclan el agua de lluvia. La piel de acero es performativa y envuelve la fachada exterior en un tejido cuadrangular iridiscente diseñado con la intención de proteger al edificio de la radiación solar.

Por otra parte, la estructura de la cubierta superior contiene el principio de similitud con estructuras moleculares a modo de una membrana solar que proporciona sombra durante el día y a la vez acumula energía gracias a células fotovoltaicas flexibles que se convierten en luz por la noche a través de mico LED de bajo consumo, la piel de los paneles interiores contiene de igual manera el principio de similitud con las superficies de la cáscara de las diatomeas, las cuales pueden ser planas, cilíndricas, cupulares, sinuosas o alabeadas, en ellas se pueden detectar varios principios estructurales.

La piel de la cubierta envolvente contiene el principio de similitud con las escamas ganoideas, las cuales se sobrepone unas a otras conformando una piel flexible y elástica.

ANÁLISIS TEÓRICO

El proyecto altamente ambicioso, desarrollado con herramientas de diseño paramétrico, con un presupuesto ilimitado y con características de similitud con organismos vivos contiene un fuerte soporte teórico, basado en la investigación de espacios urbanos de usos múltiples, integra con gracia y belleza aspectos que le otorgan sostenibilidad y optimizadores de energía en las cubiertas y envolventes, convirtiéndolo en un símbolo icónico y de referencia cultural en la ciudad alemana.

RESULTADOS

ANÁLISIS FORMAL

Proyecto de estructura algorítmica (Los principios paramétricos, el orden matemático de la naturaleza del proyecto y el proceso algorítmico determinan la forma).

RESULTADO DEL ANÁLISIS FUNCIONAL

Proyecto con relación biomimética por el principio de similitud de Thompson contenida diagramática y estructuralmente con una topología de relación homóloga con estructuras moleculares, cáscaras de diatomeas y escamas ganoideas.

RESULTADO DEL ANÁLISIS TEÓRICO

Proyecto con soporte teórico de auto semejanza En el proyecto se consideró la eficiencia y flexibilidad presente en las estructuras de la naturaleza como premisa fundamental de diseño mediante estrategias integrales para lograr una estructura eficiente enraizando los parámetros a un nivel humano, diseñando de adentro hacia fuera. La accesibilidad, la estratificación pragmática, el entrelazado y la interacción con el contexto urbano determinó la geometría externa.

SUMA DE RESULTADOS

De acuerdo a los análisis realizados y a los parámetros de medición se establece que el proyecto contiene biomímesis pragmática con relevancia por eficiencia.

7. RESULTADOS
DERIVADOS DE LA
INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de este proyecto de investigación, se llevó a cabo un análisis íntegro de los casos de estudio que abarcó desde el análisis de la forma, hasta el análisis de su función para establecer el grado de eficiencia y soporte teórico que contenía cada uno de ellos, con el objetivo de dar respuesta a las preguntas, hipótesis y objetivos planteados al inicio de la investigación.

En la selección de la muestra el criterio de mayor valor al momento de la elección, fue considerar arquitectos de talla mundial que desarrollaran obras mediante procesos de diseño paramétrico, impulsores de la teoría de las ciencias de la complejidad y que desarrollaran además investigación e innovación tecnológica,

Previo al análisis de los casos de estudio se realizó una investigación profunda de los expositores, desde el inicio de su labor como arquitectos, haciendo un recorrido por sus obras principales, con énfasis en su postura respecto a la implementación de la teoría en la práctica y sus aportes en la investigación y docencia.

Una vez definidos los expositores, dentro de los parámetros de selección se eligieron proyectos desarrollados en diversas partes del orbe (China, Japón, Emiratos Árabes, Estados Unidos y Alemania), un punto importante a considerar fue que estas obras estuvieran construidas y que contaran con suficiente información para su análisis, debido a que no fue posible la observación del fenómeno in situ.

El período de tiempo que abarcó este análisis fue de 2002 con la Terminal Internacional de Pasajeros de Yokohama a 2017 con el análisis de la Filarmonía del Elba.

El enfoque metodológico que se utilizó fue de corte cualitativo, a través de un análisis formal que comprendió desde el estudio bidimensional al estudio tridimensional y el análisis de las cubiertas a fin

de establecer mediante el resultado de este análisis la estructura algorítmica de los proyectos, es decir, los principios paramétricos y el orden matemático contenidos en ellos.

De manera subsecuente y una vez entendido lo anterior, se realizó el análisis funcional de los proyectos mediante la identificación, el estudio y la reflexión de las premisas conceptuales así como del programa arquitectónico, con el objetivo de conocer la postura del diseñador y la manera en que se dio solución a los problemas arquitectónicos a fin poder establecer la relación biomimética contenida en cada proyecto, en este análisis el resultado otorgó en cada caso de estudio la relación biomimética contenida por el principio de similitud de Thompson diagramática y estructuralmente, así como la topología de relación homóloga con estructuras presentes en la naturaleza.

Por último, se realizó el análisis teórico mediante la investigación del sustento del proyecto dentro de las ciencias de la complejidad, la suma de estos tres análisis dio como resultado en cada proyecto el grado de biomimesis presente, esto se tradujo a la codificación de las variables dando como resultado el grado de relevancia de cada proyecto.

GRÁFICA DE INDICADORES

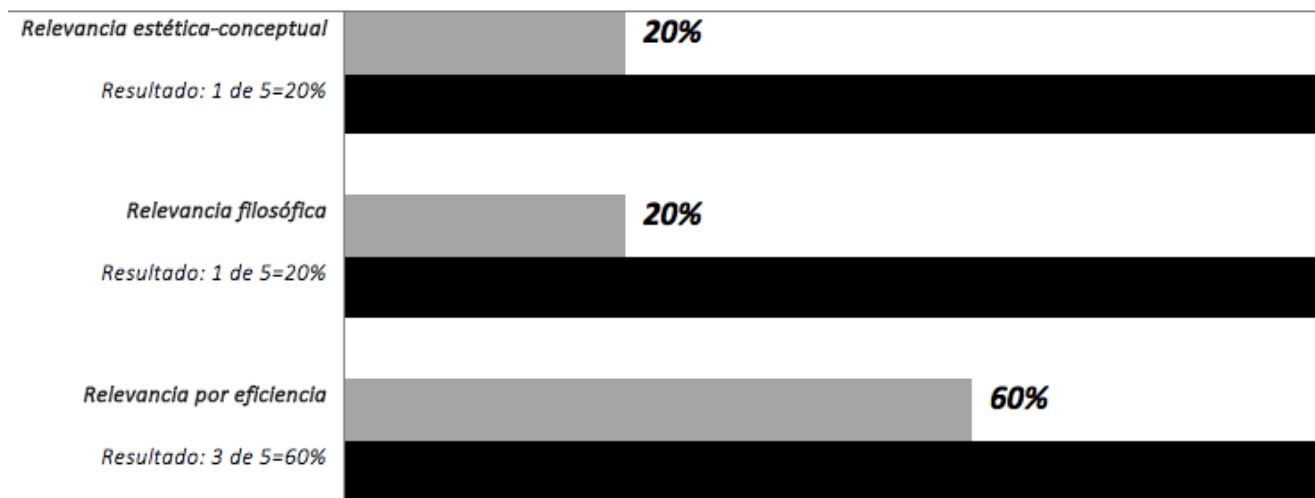


Ilustración 170. Gráfica de indicadores. Fuente: (Gómez, 2018). Autoría propia.

De acuerdo a lo anterior se establecen que:

- La selección de la muestra fue adecuada.
- Los exponentes analizados cumplieron con el criterio de selección.
- La herramienta metodológica al ser mayormente gráfica y contener todos los puntos de análisis resultó de gran utilidad.
- Por consiguiente, de acuerdo a los principios marcados al inicio de este proyecto de investiga-

ción, la tesis que se formuló se constata al establecer de acuerdo a los resultados que el diseño paramétrico centrado en las ciencias de la complejidad genera arquitectura con características de eficiencia y funcionalidad.

“El grado de relevancia está íntimamente ligado con el soporte teórico del proyecto, entre mayor soporte teórico y filosófico, los proyectos responden con mayor eficiencia, sobre todo cuando se desarrollan mediante la multidisciplinaria y se sustentan con plataformas de conocimiento, por lo tanto, se comprueba la hipótesis.”

8. PROPUESTA DEL MODELO

A través de la arquitectura se desarrolla, produce y verifica el conocimiento disciplinar, de manera paralela el proyecto se convierte en una forma de reflexión acerca del tiempo y el espacio, por lo tanto los procesos de diseño no pueden ser intrínsecos, sino mecanismos para dar solución a los problemas del hábitat, por lo tanto, adición a los procesos proyectuales la ciencia, la tecnología y el arte, facilita el desarrollo de procesos de diseño articulados a la teoría en una dimensión multidisciplinar.

La propuesta de este modelo de investigación proyectual tiene como objetivo principal integrar la teoría, la metodología y la técnica para la producción arquitectónica, está basado en la creación del constructo ontológico del objeto arquitectónico mediante la teoría de sistemas, la teoría de la complejidad y la postura sistémica de Bunge (2004)

Pretende promover el desarrollo del pensamiento sistémico y complejo en el diseñador mediante la investigación proyectual a través de la transdisciplina en la búsqueda de la creación de un objeto polisémico y la producción de conocimiento disciplinar.

Este modelo intenta integrar la metodología de la investigación proyectual a los procesos de diseño paramétrico a través de un proceso lógico derivado de la búsqueda y el análisis de información en las diferentes etapas del diseño a fin de que el proceso sea evolutivo adicionando cualidades a cada paso del proceso de investigación para garantizar en cada etapa el enriquecimiento del modelo.

En primer lugar, el sustento teórico de este modelo se basa en la integración de la teoría de sistemas, (Von Bertalanffy, 1968), la cual, establece que las propiedades de los sistemas no pueden separar sus elementos, ya que su comprensión se da cuando el sistema se estudia globalmente, involucrando todas las interdependencias de sus partes, los principios que la integran son:

- Totalidad, entropía (incertidumbre),
- Sinergia (cooperación),
- Finalidad,
- Equifinalidad (capacidad de un sistema abierto de arribar a un mismo estado final por diferentes vías partiendo de diferentes condiciones),
 - Retroalimentación,
 - Homeóstasis (auto-regulación),
 - Morfogénesis (evolución)

De manera que todo es más que la suma de sus partes y la organización de todo produce cualidades emergentes no identificables en las partes, el manejo de estos conceptos desarrolla el pensamiento sistémico en el que es posible percibir el mundo real en términos de totalidades para su análisis y comprensión.

El enfoque sistémico (Bunge, 2004), permite por otra parte, percibir el mundo como un sistema de sistemas donde toda cosa concreta es un sistema o parte de algún sistema, por lo tanto, estudia y aborda los problemas desde un enfoque totalizador, esto traducido a los procesos de diseño permite abordar las problemáticas del hábitat desde un escalón superior de conocimiento, se deja afuera la postura del “arquitecto artista” para dar lugar al pensamiento reflexivo del “arquitecto investigador.”

En segundo lugar, se integra a este modelo proyectual la teoría de la complejidad (Morin, 1990) para lograr la construcción del conocimiento a través de una visión que promueva la transdisciplinariedad, mediante los siguientes principios de pensamiento:

- Principio dialógico: Orden y desorden se mantienen en unidad.
- Principio de recursividad: Rompe con la idea

lineal de causa-efecto, el todo constituye un ciclo auto constitutivo y auto organizador.

- Principio hologramático: El todo está en las partes que están en el todo.

De esta forma, es posible desarrollar en el diseñador el pensamiento complejo con el objetivo de abordar la complejidad como un tejido de constituyentes heterogéneos, inseparablemente asociados, mediante un pensamiento capaz de profundizar críticamente en la esencia de los fenómenos a través de las ciencias de la complejidad, favoreciendo el diálogo del hombre y su entorno desde las diferentes perspectivas del conocimiento, en otras palabras, el pensamiento complejo contextualiza y globaliza para comprender, entender y reorganizar cualquier fenómeno.

Por último, la unificación de esta teoría al desarrollo de la metodología proyectual tiene como objetivo dotar al diseñador de habilidades que le permitan en el estudio e investigación de los aspectos de la realidad encontrar los fundamentos y su funcionalidad en cualquier sistema, mediante la transdisciplina, de manera que sea capaz de integrar el pensamiento simple y complejo vislumbrando la pluridisciplina (englobar varias disciplinas) y la multidisciplina (involucrar el conocimiento de varias disciplinas manteniendo cada una su enfoque particular).

De esta manera es posible examinar la conciencia colectiva, atendiendo a los criterios utilitarios, sociales, constructivos y formales de los espacios arquitectónicos. Unir la arquitectura a las humanidades, la ciencia y la tecnología, da como resultado en el diseñador la creación y concreción del pensamiento crítico generador de realidades complejas.

Cabe mencionar que el objetivo principal de esta propuesta proyectual se derivó de la necesidad personal de crear un espacio de reflexión sobre la manera de proyectar la arquitectura, pretende hacer notar al lector que a través de la integración de

la teoría y la investigación a los procesos de diseño, es posible desde cualquier escalafón ofrecer arquitectura habitable, eficiente, construible, estructurada y estética, mediante un enfoque integral que abarque la composición, el entorno, la estructura y el mecanismo.

APORTE DEL MODELO:

- Promueve en el diseñador el pensamiento reflexivo, sistémico y complejo, se observa y analiza desde el todo a las partes y viceversa, tomando como punto fundamental para el desarrollo del sistema el vínculo entre los componentes.

- La investigación se desarrolla dentro de un marco social como punto nodal (evalúa el contexto en ambas direcciones).

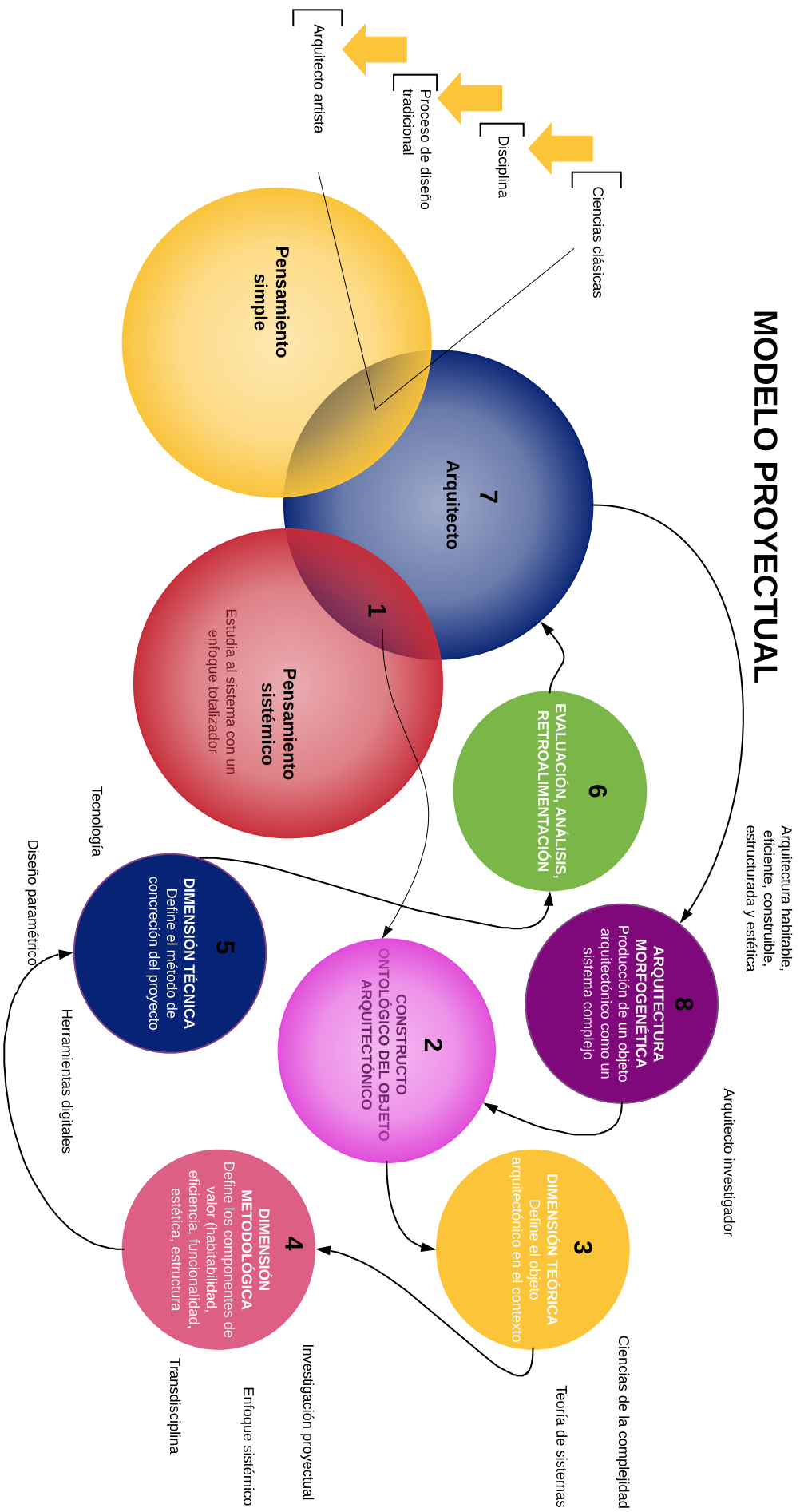
- Contiene soporte teórico y filosófico.

- La innovación se centra en el sistema, no en el individuo (arquitecto creador), ni en el objeto concreto (estética).

- Promueve la investigación como empresa social al integrar la multidisciplina.

ANEXO 20

MODELO PROYECTUAL



CONCLUSIONES

Resulta pertinente reflexionar sobre la manera en la que actualmente abordamos y conceptualizamos la arquitectura, sin lugar a dudas, debido al papel protagónico que desempeña el arquitecto en el ejercicio de su profesión, aunado a la ausencia de bases teóricas, así como a los diversos fenómenos sociales y económicos en los que nos encontramos inmersos, nos enfrentamos a la presencia cada vez más frecuente de innumerables proyectos de gran impacto visual, pero carentes de sentido, obras vacías y frívolas fuera todo contexto.

Otro de los porqués fundamentales sobre los que es menester dilucidar son los motivos por los que se ha exiliado a la teoría de la práctica, tomar un momento como responsables del quehacer arquitectónico para entender los efectos avasalladores que la globalización y el neoliberalismo han producido en la condición de hacer y de pensar la arquitectura, a fin de incorporar nuevamente las bases teóricas que den valor y soporte a los procesos de diseño, asumiendo la responsabilidad que nos confiere brindar soluciones coherentes a las problemáticas sociales y de habitabilidad que demanda el ejercicio de nuestro hacer.

Innumerables son los temas que se abordan a través de la teoría de la arquitectura, pero independientemente del contenido en el que se incursione, el objetivo principal siempre será el mejor entendimiento del ejercicio profesional, la coherencia y el valor de sus resultados.

Sin embargo, este conocimiento cómo se puede observar pese a su importancia, ha sido desterrado no solo de las aulas, es evidente su ausencia en la mayoría de la producción arquitectónica actual. Como lo explica Salguero (1995), este fenómeno “lejos de conformar un nuevo y homogéneo cuerpo teórico capaz de explicar los viejos problemas, así como los nuevos y actuales dentro de generalizaciones cada vez más amplias, ha coadyuvado,

por la inercia misma de la premura, a acentuar cada vez más el desmembramiento, la dispersión y el abaratamiento de los conocimientos respectivos.”

Es evidente que los factores primordiales que dieron origen a esta desestima fueron en primer lugar, las pretensiones de los estratos económicos más altos, aquellos que pretendían hacer gala de su poder mediante manifestaciones arquitectónicas importadas.

El segundo factor surgió de la intensión de modificar la estructura de la teoría a fin de incorporar a ella fenómenos colectivos como la anarquía urbana y el problema de la vivienda, dejando cada vez más desprotegidos a los grupos más vulnerables de la sociedad.

El tercero fue la incorporación en las aulas de pensamientos derivados de modernas ciencias sociales en la que se le daba mayor importancia a la ganancia económica como indicador de un mejor desempeño profesional.

El cuarto factor, un “relativismo” epistemológico donde lo real no tiene una base permanente, sino que se basa en los vínculos que existen entre los fenómenos, bajo esta premisa el conocimiento no alcanza lo absoluto, renuncia por completo al orden intelectual que refleja lo concreto. Llegados a este punto, la adición de los factores anteriores recluyó a la teoría únicamente a frívolas caracterizaciones.

Aunado a las ideas equivocadas que prevalecen entorno a nuestro hacer como que -“la obra arquitectónica es un “arte”, que quien la práctica es un “artista,” que la belleza o calidad artística de una obra es producto de un acto de “creación” exquisita, que la “creación artística” es el resultado de un acto de intuición formal y, por ende, individual, intransferible e incompartible, que el arquitecto-artista debe prepararse, en consecuencia, para que afine, despierte o agilice su intuición, si es que

esto es posible, dejando de lado por improcedente o carente de sentido, el captar las modalidades del vivir local o social o la forma como éstas han sido ser resueltas; concebidos así, a la manera platónica, la belleza se convierte en una manifestación del bien.

En palabras de Salguero el arquitecto-artista en una especie de “emisario de los dioses” que transmite a los simples mortales las visiones formales que sólo a él le son concedidas en aquellos actos de intuición estética y que la idea de que la belleza no es una función de tiempo y lugar, sino propiedad de ciertas características eternas como la proporción, las texturas, el color y demás calidades formales”- (Salguero 1995).

Bajo estas premisas es entendible que aquel arquitecto que se considere “artista” supondrá a la teoría inútil en la conceptualización y en la práctica, tan es así que las consecuencias derivadas de estas falsas ideas discurren en la producción de espacios donde la estética es el valor principal de la obra, sin importar el grado de habitabilidad que ofrezca.

En este proceso, el usuario, a la par de sus necesidades queda claramente marginado, su papel se reduce a la participación económica y el usuario estorba en el proceso creativo, en la creación de belleza intuitiva del arquitecto-artista. Más grave aún, en la estadía de sobrevaluar el “acto creativo,” se ha dejado de lado las necesidades sociales a las cuales debe servir la arquitectura.

En los últimos años la huella que ha dejado la arquitectura ha sido predominantemente la que responde a la “artisticidad” y no a la habitabilidad, a la moda y no al contexto, a la estética y no a la necesidad social, siendo destinada al consumo de muy pocos.

Aunado a lo anterior e inmersos en estas estructuras económicas llamadas globalización donde global equivale a mundial y neoliberalismo equi-

vale a la producción privada con capital único, se puede constatar que el rezago que estas estructuras prevalecientes en el orbe actual se están generando en diversos ámbitos y el efecto ha sido avasallador, obviamente, el ámbito que nos compete no ha sido exento.

La incorporación de las tecnologías digitales, sin duda, han cambiado los procesos de producción de diseño, la tecnología digital enmarca otra realidad en la arquitectura contemporánea que permite introducir una nueva forma de pensar, de diseñar y de obtener mejores resultados. Incorporar al proceso de diseño pensamientos filosóficos como los de las ciencias de la complejidad, o conceptos relacionados a la teoría general de los sistemas, las secuencias evolutivas, los sistemas adaptativos emergentes, etc., nos permite vislumbrar una producción arquitectónica digital coherente, con sentido, capaz de responder de manera eficiente a su entorno.

Es decir, el diseño implica complejidad y síntesis. Un diseñador juega con variables, reconcilia los valores en conflicto y transforma los impedimentos. Se trata de un proceso donde no existe una sola respuesta.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- AIACC. (26 de 06 de 2012). The American Institute of Architects. Obtenido de Parametric design, a brief history: <http://www.aiacc.org/2012/06/25/parametric-design-a-brief-history/>
- Aish, R., & Woodbury, R. (2005). *Multilevel interaction in parametric design*. Berlín: Springer.
- Alexander, C. (1968). Ensayo sobre la síntesis de la forma. En C. Alexander, *Ensayo sobre la síntesis de la forma*. Buenos Aires.
- Ansari, I. (26 de 04 de 2013). The architectural review. Obtenido de Interview: Peter Eisenman: <https://www.architectural-review.com/rethink/interview-peter-eisenman/8646893.article>
- Archdaily. (19 de 09 de 2017). Archdaily. Obtenido de Raffles City Hangzhou/ UNStudio: <https://www.archdaily.com/879869/raffles-city-hangzhou-unstudio>
- Arkiplus. (20 de 12 de 2014). Arkiplus. Obtenido de Arkiplus: <http://www.arkiplus.com/el-edificio-que-baila>
- arq.com.mx. (10 de Diciembre de 2010). arq.com.mx Buscador de Arquitectura. Obtenido de Noticias de arquitectura: http://noticias.arq.com.mx/Detalles/16591.html#.WTH3Ges1_IU
- ARQHYS. (12 de 2012). ARQHYS ARQUITECTURA. Obtenido de Estadio Olimpico Nacional de Beijing. El nido de pájaro.
- ASYMPTOTE. (26 de 11 de 2017). ASYMPTOTE. Obtenido de Projects: <http://www.asymptote.net>
- Baraona, E. (28 de 04 de 2009). Arch Daily. Obtenido de Phare Tower. Morphosis Architects: <http://www.archdaily.com/20692/phare-tower-morphosis-architects>
- Benyus, J. (1997). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. E.U.
- Bernasconi, G. (2016). *Síntesis en la complejidad*. Buenos Aires: Universidad de Belgrano.
- Blackwell, W. (1984). *Geometry in architecture*. Berkeley: Press.
- Boom, D. (8 de Abril de 2003). Design Boom. Obtenido de Ben Van Berkel interview: <http://www.designboom.com/interviews/ben-van-berkel-designboom-interview/>
- Boudon, P. (1980). *Del espacio arquitectónico. Ensayo de epistemología de la arquitectura*. Buenos Aires: Victor Leru.
- Bravo, M. (2015). *Lógicas paramétricas en la arquitectura del siglo XX*. Cataluña: UPC.
- Burry, M. (2010). *The new mathematics of architecture*. Thames and Hudson.
- Buschmann, F. (1996). *Pattern oriented software architecture*. Willey & Sons.
- Cache, B. (2009). *De arquitectura. On the table of content of the ten books on architecture*.
- CCA. (14 de Junio de 2016). Archi Red. *Arquitectura, arte, diseño y cultura digital*. Obtenido de Archaeology of the digital: Complexity and convention.: <https://www.arquived.com.mx/tecnologia/cca-presenta-archaeology-of-the-digital-complexity-and-convention/>
- Chiarella, M. (2009). *Unfolding Architecture*. En C. Mauro, *Unfolding Architecture*. Laboratorio de

Representación e Ideación. Medios análogos y digitales. Catalunya.

Commons, C. (20 de Diciembre de 2015). Urbipedia. Archivo de arquitectura. Obtenido de Complejo Watergate: <http://www.urbipedia.org/hoja/Archivo:WatergateFromAir.JPG>

Coplien, J. (1998). Lean Architecture for Agile Software Development. Wiley.

Daily, A. (23 de Enero de 2016). Arch Daily. Obtenido de Tokio 2020. Zaha Hadid: http://noticias.arq.com.mx/Detalles/16591.html#.WTH3Ges1_IU

Davis, D. (6 de Agosto de 2013). D. Obtenido de A history of parametric: <http://www.danieldavis.com/a-history-of-parametric/>

dD. (31 de Mayo de 2010). Diario Design. Obtenido de Frank Gehry diseña un centro para enfermos de Alzheimer en Las Vegas.: <http://diariodesign.com/2010/05/frank-gehry-disena-un-centro-para-enfermos-de-alzheimer-en-las-vegas/>

Doberti, R. (2004). The construction of geometry. The geometry of the construction. Mar de Plata.

Duque, K. (23 de Mayo de 2012). Arch Daily. Obtenido de Sede de CCTV/ OMA: <http://www.archdaily.mx/mx/02-159363/sede-de-cctv-oma>

Eisenman, P. (2015). Eisenman Architects. Obtenido de Eisenman Architects: <http://www.eisenmanarchitects.com/house-x.html#images>

Fernandez, L. (1996). Formas de lo informe. Arquitectura Viva.

Garnidetti, M. (abril de 2012). Tecne. Obtenido de Parc de la Villete: <http://tecne.com/urbanismo/parc-de-la-villette/>

Gero, J. (1990). Design prototypes. A knowledge representation schema for design. Ai magazine.

GRPH. (20 de 01 de 2016). Ushida-Findlay Architects. Obtenido de Green-roofed park houses: <http://grph-findlay-ushida.blogspot.mx/2016/01/proyectos-ushida-findlay-architects.html>

Gutierrez, S. (5 de febrero de 2014). Ceros & Unos. Obtenido de Proceso numérico en arquitectura: <http://cerosyunosyelprocesonumerico.blogspot.mx/>

Hernández, J. (08 de 2016). José Miguel Hernández. Obtenido de Filarmónica de Hamburgo: <http://www.jmhdezhdz.com/2016/08/elbphilharmonie-hamburg-filarmonica-de.html>

Jenks, C. (2004). El nuevo paradigma en la arquitectura contemporánea. Valencia: Ediciones generales de la construcción.

Kiesler, F. (1957). The art of architecture for art. Viena: Art News.

Lakatos, I. (1978). La metodología de los programas de investigación científica. Cambridge.

Langdon, D. (8 de Octubre de 2014). Arch Daily. Obtenido de Clásicos de arquitectura. Terminal Internacional de Pasajeros de Yokohama. FOA: <http://www.archdaily.mx/mx/628249/clasicos-de-arquitectura-terminal-internacional-de-pasajeros-de-yokohama-foreign-office-architects-foa>

Langdon, D. (08 de 10 de 2014). ArchDaily. Obtenido de Terminal Internacional de Pasajeros de Yokohama: <https://www.archdaily.mx/mx/628249/clasicos-de-arquitectura-terminal-internacional-de-pasa->

jeros-de-yokohama-foreign-office-architects-foa

Lawson, B. (2006). *How designers think. The design process demystified*. Burlington: Architectural Press.

Leach, N. (2002). *Design for a digital world*. New York.: Jhon & Wiley & Sons.

Livingston, M. (2002). *Watergate: The name that branded more than a building*. Washington Business Journal.

Mallo, M. (2015). *Sistemas Radiolarios. Geometrías y Arquitecturas Derivadas*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Mansan, R. (11 de Febrero de 2014). *Proyectos 7/ Proyectos 8* . Obtenido de Centro Anoroff de Diseño y Arte.: <https://proyectos4etsa.wordpress.com/2014/02/11/centro-anoroff-de-diseno-y-arte-19881996-peter-eisenman-3/>

Mayer, A. (13 de Agosto de 2010). *Reflexiones sobre un clasicismo contemporáneo*. Obtenido de Estilo y pretencion de la arquitectura paramétrica: <http://otraarquitecturaesposible.blogspot.mx/2010/08/estilo-y-pretension-de-la-arquitectura.html>

Meuron, H. &. (2017). *Herzog & de Meuron*. Obtenido de Elbphilharmonie Hamburg: <https://www.herzogdemeuron.com/index/projects/complete-works/226-250/230-elbphilharmonie-hamburg/image.html>

Molinare, A. (2011 de Noviembre de 2011). *ArchDaily México*. Obtenido de ¿Qué es el diseño paramétrico?: <http://www.archdaily.mx/mx>

Monedero, J. (2000). *Parametric Design. A review and some experiences*.

Moretti, L. (1971). *Ricerca Matematica in Architettura e Urbanistica*. New York: Moebius.

Morin, E. (1990). *Introducción al pensamiento complejo*. En E. Morin, *Introducción al pensamiento complejo*. Madrid.

Morphosis. (2014). *Morphosis Architecture*. Obtenido de Bill & Melinda Gates Hall: <https://www.morphosis.com/architecture/212/>

NOX. (2009). *NOX Architects*. Obtenido de NOX ARCH. *Maison Folie*.

Proyectos, A. (2007). *Arquitectura Proyectos*. Obtenido de Centro Comercial Meydan: <http://www.arquitecturaproyectos.com/listings/centro-comercial-meydan-umraniye>

Puebla Pons, J. (2002). *Neovanguardias y representación arquitectónica. La expresión innovadora del proyecto contemporáneo*. Catalunya: UPC.

Salinger, N. (2001). *A theory of architecture*. Germany: Umbau-Verlag.

Sancho, F. (4 de Diciembre de 2016). *Fernando Sancho Caparrini*. Obtenido de *Sistemas complejos*.: <http://www.cs.us.es/~fsancho/?p=sistemas-complejos-2>

Sanford, K. (2003). *Filogénesis, las especies de Foreign Office Architects*. Barcelona: Actar.

Schumacher, P. (2008). *Parametricismo como estilo-Manifiesto parametricista*. Londres.

Simon, H. (1962). *The architecture of Complexity*.

Simon, H. (1996). *The sciences of the artificial*. Massachusetts: MIT.

Studio, G. (s.f.). GRC Studio. Obtenido de Plot-11. Parque del cementerio de Igualada: http://www.grcstudio.es/portfolio/p-l-o-t-_11-parque-del-cementerio-de-igualada-miralles-pinos/

Studio, U. (2017). UN Studio. Obtenido de *The museum of middle eastern moder art*.

Toledo, M. (2016). Arch20. Obtenido de Jelly Fish House IwamotoScott Architecture: <http://www.arch2o.com/jellyfish-house-iwamotoscott-architecture/>

UNSTUDIO. (20 de 09 de 2017). Arquired. Arquitectura, arte, diseño y cultura digital. Obtenido de Raffles City Hangzhou. Un destino todo en uno para vivir, trabajar y divertirse.: <https://www.arquired.com.mx/arq/design/raffles-city-hangzhou-destino-en-uno-vivir-trabajar-divertirse/>

Viati, A. (2010). *Architettonico. Ricerca operativa e architettura parametrica*. Milan: Mondadori Electa.

Von Bertalanffy, L. (1995). *Teoría general de los sistemas*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.

Welicky, L. (s.f.). Microsoft Developer Network. Obtenido de Patrones y antipatrones: <https://msdn.microsoft.com/es-es/library/bb972242.aspx>

wikiarquitectura. (2017). wikiarquitectura. Obtenido de Filarmonica del Elba: <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/filarmonica-del-elba/#lg=1&slide=42>

Woodburry, R. (2010). *Elements of parametric design*. Taylor and Francis.

Ybarra, T. (12 de 01 de 2017). Expansión. Fuera de serie. Obtenido de Inauguración del Edificio de Herzog & de Meuron: <http://www.expansion.com/fueradeserie/arquitectura/2016/11/14/582980d7268e3e-9c458b4658.html>

Yunis, N. (4 de septiembre de 2015). Arch Daily. Obtenido de Clásicos de arquitectura: Museo Judío, Berlín. Daniel Libeskind: <http://www.archdaily.mx/mx/772830/clasicos-de-arquitectura-museo-judio-berlin-daniel-libeskind>

Zaera-Polo, A. (26 de 02 de 2007). AZPML. Obtenido de Yokohama International Port Terminal: <http://azpml.com/#/projects/yokohama-port-terminal/1070?q=terminal%20yokohama>