

TEMA: INVESTIGACION.

SUBTEMA Nuevos Paradigmas en el campo del DISEÑO

CODIGO:

TÍTULO DE LA PONENCIA: MODELADO GEOMETRICO Y PARAMETRICO EN SUPERFICES SINGULARES.

AUTOR/ES: ARQ. KARIN KLEIN, INGA CECILIA NICASIO, ARQ. MARIA EDEL RUATA

INSTITUCION: FACULTAD DE ARQUITECTURA URBANISMO Y DISEÑO U.N.C.

PROVINCIA: CORDOBA

PAIS: ARGENTINA

CORREO POSTAL: 5009

CORREO ELECTRONICO DE CONTACTO: CECILIA.NICASIO@GMAIL.COM

TELEFONOS: 152040954

## RESUMEN

El Modelado Paramétrico es un importante recurso para el diseño conceptual, ya que permite controlar con precisión las modificaciones sobre el modelo digital.

En el enfoque paramétrico el diseñador comienza por establecer las relaciones entre las partes, construye su diseño a partir de estas relaciones y las modifica a partir de la evaluación y selección de los resultados obtenidos. Las geometrías resultantes son generadas a partir de restricciones geométricas y dimensionales preestablecidas. De esta manera se potencia la posibilidad de examinar variantes sin la necesidad de rehacer cada vez el trabajo de representación. Esto exige un cambio en los hábitos de trabajo del diseñador que debe incluir la definición de las relaciones, de la lógica que hace coherente su diseño, como fase imprescindible en su proceso de diseño. Dentro de un modelo paramétrico, cada entidad posee parámetros asociados. Estos parámetros controlan las diversas propiedades geométricas de la entidad, tales como su longitud, anchura, altura, radio, etc.; su ubicación en el modelo y las relaciones entre sí. Cada una de estas variables pueden ser modificadas por el operador para crear la geometría deseada.

El presente trabajo describe una experiencia en diseño paramétrico desarrollada en el Taller de Investigación y Diseño Estructural de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Córdoba, enmarcado en un proyecto de investigación llevado a cabo por dicha universidad. El modelado se realiza por medio de generación y racionalización de geometrías complejas mediante software específico. En este caso las principales herramientas o medios de abordaje para el diseño de arquitectura paramétrica fueron software 3d basados en scripting y algoritmos como Rhinoscript o Grasshopper.

Se generaron algoritmos para diseñar pieles estructurales cuyas envolventes globales pueden ser variables y adaptarse a cambios en el volumen del contenedor. Las pieles estructurales tienen lógicas propias en cuanto a su geometría, para que puedan ser consideradas portantes, dichos algoritmos se fueron ajustando para finalmente poder generar posibles y variadas geometrías estructurales. Por medio de este método se evalúa el proceso, la generación de alternativas variables, la parametrización de alguna de ellas y resultado específico para cada una. A partir de allí se analizan las potencialidades y dificultades en las geometrías alcanzadas para realizar el ajuste de los algoritmos necesario reformulándolos hasta encontrar la solución más adecuada.

## **Introducción**

*La geometría ha sido siempre instrumento importante de la visión totalizadora de los arquitectos.[...]Las organizaciones espaciales crecen en complejidad, resultado de nuevas exigencias de programa, conceptos energéticos o estructurales, etc. [...] Todo esto nos plantea la posibilidad de apasionantes sistemas geométricos, y de un nuevo experimentalismo centrado en aquellas formas capaces de integrar la búsqueda espacial con los nuevos conceptos tecnológicos...*<sup>1</sup> En los últimos años hemos sido testigos del impacto de la incorporación de las herramientas digitales (CAD) en el proceso de diseño conceptual en arquitectura. Actualmente las técnicas y tácticas paramétricas están siendo utilizadas en forma emergente durante el proceso proyectual modificando completamente la génesis del mismo. Su enfoque metodológico está basado en reglas y relaciones entre componentes que definen al objeto arquitectónico y que pueden ser evaluados de manera interactiva y evolutiva donde la flexibilidad, el dinamismo, el desarrollo de múltiples soluciones y las posibilidades de materialización mediante interfaz CAD-CAM son sus principales ventajas. Denominada también arquitectura digital o genética, la diferencia básica entre esta y otras formas de diseño se da en el proceso. Lo importante del proceso es la programación. Los arquitectos e ingenieros comprenden y manipulan una

serie de códigos numéricos para el modelado de las geometrías mediante el empleo de parámetros variables que determinan las propiedades y relaciones de cada elemento y del conjunto en pos de una solución integral que mejor responda a los requerimientos de diseño planteados. Para el modelado se emplean algoritmos que requieren del manejo de conocimientos de geometría y matemáticas. De esta forma cualquier modificación sobre un elemento produce cambios en el modelo global y lo regenera, otorgando una dinámica con el potencial de producir una diversidad infinita de formas.

En resumen, en un proceso de diseño paramétrico se produce una estrecha relación evolutiva y recursiva entre las premisas de diseño, la definición de los parámetros variables, la programación, el modelo digital resultante y los procesos de fabricación digital y construcción.

## **Etapas del proceso paramétrico**

Dentro del proceso creativo paramétrico podríamos distinguir las siguientes fases:

- Determinación de las premisas de diseño: inherentes a cada proyectista en particular.-
- La definición de parámetros: descripción del objeto o forma a través de distintas variables y relaciones.
- La creación de reglas: implica el uso de lenguajes de programación computacional, instrucciones para llevar a cabo acciones específicas - *scripting* -. Las reglas se basan en parámetros y ofrecen distintas

(1) Ramón Araujo Armero, "Geometría, Técnica y Arquitectura" Revista Tectónica N° 17, Geometrías Complejas, Edit. ATC ediciones S.L, Madrid, 2004.

posibilidades de acción. Pueden permitir la programación interna de aplicaciones de manera de automatizar tareas repetitivas. El *script* produce propiedades generativas particulares, su propia lógica.

- La evaluación de los modelos. A partir de su cualidad interactiva permite avanzar en la toma de decisiones basadas en datos fiables.
- La fabricación del diseño propuesto: la combinación de tecnologías computacionales con máquinas de control numérico permiten materializar geometrías irregulares y complejas de forma sistematizada.

### **Relación Modelado Paramétrico y Diseño Estructural**

El empleo de algoritmos permite establecer una serie de leyes o reglas capaces de definir de manera clara y precisa una forma determinada favoreciendo el desarrollo de geometrías de gran complejidad con formas aparentemente aleatorias, pero inscritas en un sistema matemático o geométrico conocido y controlable. De esta manera las formas gozan de un orden interno y una lógica propia.

El modelado paramétrico es en esencia una herramienta de procesamiento de información por lo tanto lo realmente importante es el *conocimiento y el criterio* de control de las propiedades y los parámetros que rigen estas formas lo que

amplía la capacidad de explorar y desarrollar su potencial.

El proceso de pensamiento crítico del proyectista es entonces el que define el manejo y el enfoque de dicha información por ejemplo, un objeto arquitectónico puede estar definido a partir de la interrelación de diferentes variables que tengan en cuenta el asoleamiento, el rendimiento térmico, el control acústico y el comportamiento estructural, etc.

Dentro del diseño estructural el empleo de estas herramientas han posibilitado el modelado de geometrías cuyas configuraciones dan respuesta a una búsqueda de la eficiencia del mecanismo estable y de la optimización de los elementos estructurales de acuerdo a los esfuerzos a los que están sometidos.

El presente trabajo se enmarca dentro de esta última temática y forma parte del proyecto de investigación “Los medios digitales como herramientas proyectuales.

Diseño estructural a partir de la generación geométrica” desarrollado en la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño de la UNC. Su principal objetivo es indagar sobre el empleo de la tecnología digital que constituya un recurso eficaz y significativo en la generación de la forma-estructural capaz de desempeñar un rol fundamental en el desarrollo del planteo arquitectónico-tecnológico sustentable.

A partir del estudio de antecedentes se determinó que el empleo procesos algorítmicos enfocados esta área específica del conocimiento podía organizarse a partir de dos grandes grupos:

- Sistemas de ordenación y organización del espacio.

Las superficies o configuraciones estructurales tridimensionales son concebidas a partir de la generación y organización de sus elementos en función de un algoritmo como por ejemplo la Feria de Milán de Massimiliano Fuksas (fig. 1) y Watercube de PTW Architects (fig 2)



Fig. 1 Nueva Feria Milán (superficies)



Fig. 2 Watercube (Reticulado Espacial)

- Sistemas de definición de patrones estructurales

Un algoritmo rige el patrón (geometría y posición) que define la directriz de un elemento o conjunto de elementos estructurales. Dentro de este lineamiento podemos citar el Pabellón de la Serpentine Gallery 2002 de Toyo Ito y Cecil Balmond (fig. 3)



Fig. 3 Serpentine Gallery (Patrón Estructural)

El presente trabajo fue desarrollado a partir del estudio de obras pertenecientes al primer grupo y dentro del mismo en la determinación de superficies con la premisa de trabajar desde sus lógicas estructurales para la generación de la configuración geométrica a partir de la triangulación de barras.

Se tomaron como ejemplos disparadores los proyectos del patio del British Museum y la torre Swiss Re Headquarters ambos de Norman Fosters and Partners (fig. 4 y 5)

para desarrollar **dos casos** basados en el mismo algoritmo pero que nos permitiera abordar dos estrategias proyectuales diferentes. Por un lado la generación de una cubierta con estructura laminar de doble curvatura y por el otro la determinación de una piel estructural como plano vertical que define la configuración exterior de un edificio.



Fig.4 British Museum Estructura Laminar



Fig. 5. Swiss Re Headquarters  
Piel structural

## Caso 1 Cubierta Estructura Laminar

- Determinación de las premisas de diseño:

Cubierta para un espacio público en el cual se desarrollaran actividades culturales de gran convocatoria de planta rectangular inserto en un contexto parque urbano. La volumetría debe adaptarse a entorno natural ser lo más etérea posible pero un hito referencial del sector.

- La definición de parámetros:

Superficie generada a partir de la vinculación entre dos curvas aleatorias que definen el ingreso por un lado y el respaldo por el otro. Utilización de programa Rhinoceros

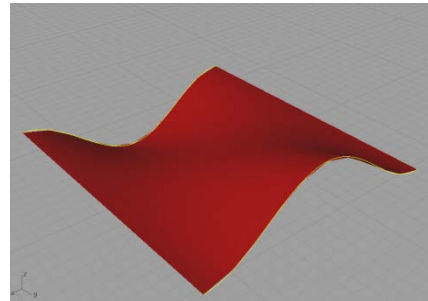


Fig. 6 Generación de la Superficie.

La configuración laminar deberá dividirse de manera tal de generar triángulos rectángulos cuyas dimensiones dependerán de dos variables, por un lado se adaptarán a las dimensiones panel de cubierta y por el otro las secciones necesarias a partir de las solicitudes

estructurales pero que mantengan la idea generadora de liviandad y transparencia.

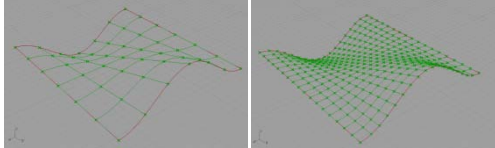


Fig.7 Variación de divisiones

- La creación de reglas:

El algoritmo consiste en una rutina para dividir en rectángulos la superficie con variación en eje x-y, (1 a 20), que luego será explotada en líneas y vértices, para configurar diagonales entre estos últimos generando una estructura de barras de sección circular también variable.

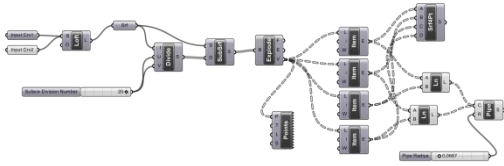


Fig. 8 algoritmo generativo Grasshopper

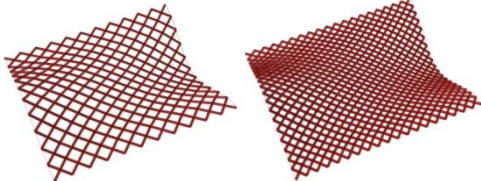


Fig. 9 Cambios en Densidad de Malla

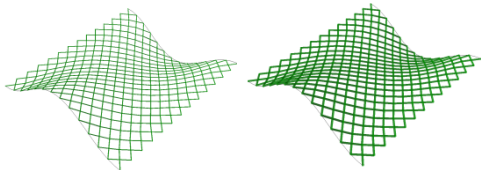


Fig. 10 Cambios de Sección de las barras

- La evaluación del modelo

Una vez determinadas las dimensiones y sección de las barras se inicia la búsqueda de una mayor eficiencia estructural a partir de las triangulaciones de la malla cuadrada y del manejo de la densidad de malla sobre los sectores de borde o de mayor sollicitación

- La fabricación del diseño propuesto:

Posible materialización a partir del desarrollo de una malla cuadrada de tubos y una red de cables a desarrollar según posibilidades tecnológicas locales con una respuesta similar al resuelto en el Museo de Historia de Hamburgo. Ver fig. 11.



Fig. 11 Schlaich Bergermann und Partner Museum für Hamburgische Geschichte

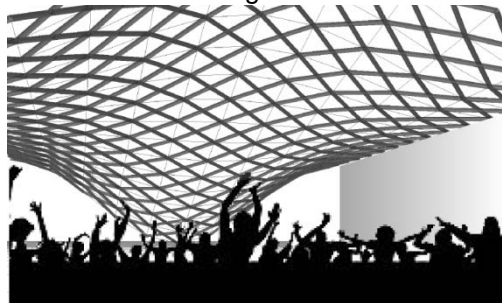


Fig. 12- Prefiguración Arquitectónica

## **Caso 2 Piel Estructural Edificio**

- Determinación de las premisas de diseño:

Piel estructural generada a partir de una malla triangular que a través de los planos horizontales de entepiso se vincule a un núcleo central. Búsqueda formal a partir de la utilización plantas circulares para evitar efecto vórtice frente a la acción del viento.

- La definición de parámetros:

Superficie generada a partir de la vinculación entre tres círculos posicionados a diferentes alturas.

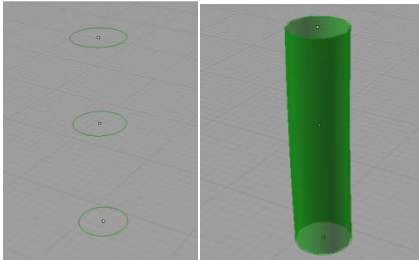


Fig. 13 Generación de la Superficie mediante modelado en Rhinoceros

- La creación de reglas:

El algoritmo inicial también puede aplicarse sobre superficies cerradas cuyos radios y posición relativa son variables a los fines de una búsqueda formal que defina la configuración exterior.

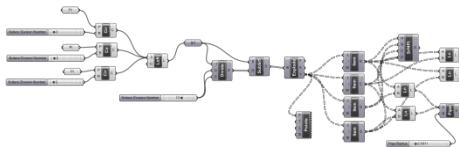


Figura 14 Algoritmo generativo Grasshopper

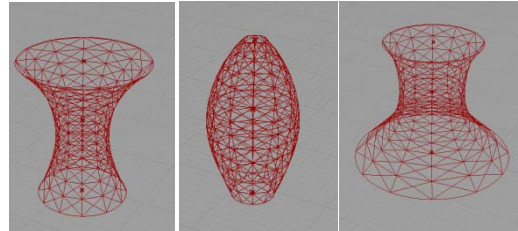


Fig. 15 Cambios de Radio

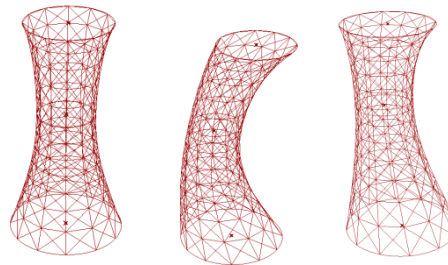


Fig. 16 Cambios de Posición de los círculos

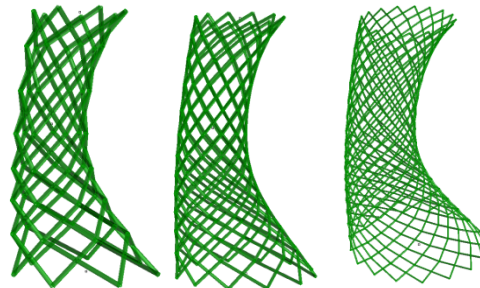


Fig. 17 Variación en densidad de Malla y sección de las barras

- La evaluación del modelo

En este caso se evalúa la ductibilidad y facilidad de la búsqueda formal a partir de múltiples configuraciones resultantes a medida que se modifican sensiblemente



cada una de las variables de restricción de la geometría, que podrá adaptarse en sucesivas etapas de diseño al partido arquitectónico que defina la funcionalidad del edificio y la resolución de las envolventes, protecciones, etc.

- La fabricación del diseño propuesto:  
Posible materialización a partir del desarrollo de una malla de tubos rectangulares que configuren la macro piel estructural definida a partir de 2 niveles de plantas cuya materialidad posible es propuesta mediante un entramado metálico para el plano vertical exterior con entrepisos tipo steeldeck y núcleo central en H° A°. Pueden observarse como antecedentes las obras construidas de Swiss Re Headquarters y en la torre Abgarr de Barcelona.-



Fig. 18 Ej. Obras Construidas

## Conclusiones

La generación geométrica tiene una importancia fundamental en el diseño estructural. Es precisamente la manipulación de la geometría a partir de un pensamiento evaluativo la que nos define como diseñadores.

El modelado paramétrico es tan solo una herramienta de transformación de la información en donde las variables dependen de la claridad conceptual con el que definimos las reglas esenciales de las configuraciones estructurales. Su empleo ha potenciado la creatividad formal, ha revolucionado las estrategias proyectuales y la definición de los procesos de diseño, de fabricación y construcción. Estas nuevas metodologías pueden aplicarse en la enseñanza de las estructuras dentro de un proyecto arquitectónico integral. Por ello el desafío para las nuevas generaciones será el de adquirir la capacidad de adaptación y actitud crítica del uso de la Tectónica Digital para el manejo de las formas complejas que posibiliten el desarrollo de proyectos.

## Bibliografía

- MOUSSAVI, F. (2009). *The function of Form*. Ed. Actar. Harvard Univ. Graduate School of Design.
- BERNABEU LARENA, A. (2007) *Estrategias de diseño estructural en la arquitectura contemporánea. El trabajo de Cecil Balmond*. Univ. Politécnica de Madrid. E T S A. On line.
- Revista C3 N°313. Septiembre de 2010. C3 Publishing Co. [www.c3p.kr](http://www.c3p.kr)