

# Herramientas digitales para la ideación y desarrollo de formas complejas

## *Digital tools for conception and development of complex forms*

Ana Julia Claro

Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo. Universidad Nacional del Litoral. Argentina.

anajuliaclearo@hotmail.com

**Abstract:** *The aim of this investigation is to study the connection between geometry and architecture, nowadays strongly stimulated by the use of digital tools, design and fabrication. At the same time, it expresses the need to develop interdisciplinary processes when analyzing the conception and construction of complex forms in the architecture, focusing on creating a computer application in charge of the unfold of NURBS surfaces, carried out for this study*

**Palabras claves:** geometría no euclidiana, forma compleja, arquitectura digital, herramientas digitales

### Introducción

Los avances y progresos en el campo de la Arquitectura están ligados, históricamente, a los desarrollos de las ciencias y a las posibilidades constructivas de cada época. Este trabajo de carácter cualitativo y exploratorio atraviesa cuatro extensos campos de estudio: arquitectura, geometría, diseño y tecnología, desde una mirada interdisciplinaria, que perciba las interrelaciones que se producen a partir de la incorporación de los medios digitales en las instancias de diseño y desarrollo de formas arquitectónicas complejas.

En la arquitectura, los procesos de ideación, diseño formal y materialización, se valen de representaciones gráficas bidimensionales y de maquetas tridimensionales como medios para la comunicación; las cuales, tradicionalmente, aplican lógicas geométrico-matemáticas derivadas de los principios euclidianos.

Generalmente, al hablar de geometría se hace referencia a la G. clásica ó elemental. Poco se conoce de los desarrollos en geometría que se potenciaron a partir de los intentos de demostración o negación del V postulado de Euclides, que se realizaron a partir de mediados de siglo XIX: las “geometrías no-euclidianas” (G. Hiperbólica G. Elíptica/ Riemann) y, en general, la geometría diferencial, así como los desarrollos que surgen de otras ramas de la matemática, como la topología y los fractales. Actualmente, la Computación Gráfica permite utilizar

las herramientas de la Geometría Computacional para virtualizar (representar en la computadora) cualquier objeto geométrico susceptible de ser descrito mediante ecuaciones (Coons, NURBS) o algoritmos (fractales, subdivisión surfaces).

Si bien las leyes de ordenación de la geometría Euclidiana, funcionaron y siguen funcionando como dispositivos ordenadores de la forma, en las últimas décadas, con el desarrollo y creciente popularización de las herramientas digitales de diseño y desarrollo, se incorporan nuevas lógicas geométricas: las de la Informática Gráfica, que potencian el empleo de formas complejas, altamente curvilíneas, facilitando su representación, cálculo, dimensionamiento y fabricación.

Las arquitecturas de lo digital presentan elaboraciones conceptuales referidas a la multiplicidad, la diversidad de recorridos y abordajes, la elaboración de sistemas y diagramas; y la complejidad como característica general. Todas nociones relacionadas con las cualidades del mundo conceptual computacional.

En este contexto, el presente trabajo observa que es el aspecto tecnológico el que plantea situaciones críticas y pone en evidencia la incapacidad de los materiales y lógicas constructivas tradicionales (pre-industriales e industriales) para asumir y manifestar los requerimientos proyectuales de las morfologías complejas que las herramientas digitales permiten alcanzar.

La utilización de procesos tecnológicos mixtos en la construcción de estas geometrías complejas, que combinen tecnologías CAD/CAM de bajo costo y tecnologías tradicionales; posibilitan una continuidad en las lógicas de ideación y desarrollo proyectual garantizando una mejor resolución formal y una racionalidad constructiva eficiente.

## Objetivos

Para guiar el estudio a través de las aéreas inicialmente mencionadas, este trabajo se propuso:

Reflexionar sobre la incorporación de geometrías complejas en arquitectura con los nuevos instrumentos de ideación y producción digital.

Explorar las posibilidades de integración no forzada entre las nuevas tecnologías digitales que posibilitan la generación de geometrías complejas (instancias de ideación) y las tecnologías locales disponibles (instancias de materialización).

Realizar ejercicios proyectuales, que vinculen exploraciones morfológicas de geometrías complejas y las posibles materializaciones suponiendo la mixtura de tecnologías de bajo costo e infraestructura simple con procesos CAD/CAM.

## Desarrollo

El trabajo se desarrolla en dos partes: una instancia de carácter teórico de revisión, relevamiento, reflexión, determinación de categorías de análisis y una instancia de carácter práctico de ensayos proyectuales que articula una experiencia interdisciplinar, sobre la cual se enfoca esta presentación.

En primera instancia, la revisión de la relación arquitectura-geometría detectó distintos momentos de evolución dentro de los que se destacan claramente tres: el periodo grecoromano, con la creación de los órdenes; el periodo que va del renacimiento al neoclasicismo, con la revolución industrial, científica y tecnológica; y el movimiento moderno con la búsqueda de un nuevo lenguaje. Paralelamente, se observan filtraciones que ponen de manifiesto la coexistencia de diferentes movimientos modernos “...al observar arquitectos-obras-teorías poco consideradas por lo que se entiende frecuentemente como “movimiento moderno”, que por su número configuran un cuadro significativo de realizaciones modernas que anticiparían algunos discursos y proposiciones actuales” (Sperling D.M. 2003, 25.)

Los avances científicos, teóricos, materiales, ingenieriles y socio - económicos, introducen desde fines de los 80 al presente un nuevo paradigma espacial. Las teorías posmodernas del espacio son dominadas por nociones de dinamismo, interactividad, flexibilidad, y un fuerte énfasis en los procesos y eventos que rodean la obra arquitectónica. “En contraste con el paradigma históricos del espacio arquitectónico que privilegiaba el concepto vitruviano de firmitas, el nuevo paradigma critica el énfasis en una arquitectura dominada por la idea de permanencia, durabilidad, dureza, sistemas estructurales basado en la comprensión, promoviendo, en cambio, arquitecturas inacabadas, en un continuo estado de cambio, provisional en su naturaleza transicional” (García, M. 2007, 8.)

Las elaboraciones que presentan las arquitecturas de lo digital pueden vincularse desde una perspectiva tecnológica, a la materialidad y los estados energéticos de los textiles, con sus propiedades comunes de continuidad, liviandad, suavidad, flexibilidad, delgadez y fluidez dinámica.

Actualmente, la convivencia entre las polaridades pre-digital/digital, distingue teorías y practicas completamente desarrolladas en correspondencia con uno u otro polo. Se relevaron antecedentes de la arquitectura contemporánea que responden a dos estrategias constructivas habitualmente usadas en los últimos años para la construcción de formas complejas: los sistemas de envolventes continuas sobre Nervaduras y los sistemas de pieles auto-portantes ó estructurales, que se benefician con la rigidez estructural de las superficies envolventes (construcciones monocasco).

Se observa que en ambos casos se admite la incorporación del textil, desarrollando pieles tensadas sobre pórticos (nervaduras rígidas), o como estructuras neumáticas inflables, y se incorporan procesos de despliegue de las superficies geométricas, para generar el patrón de corte del material textil, así como procesos CAD/CAM a partir del empleo de maquinas CNC para el corte de la estructura o de la envolvente.

La instancia practica de este estudio, requirió del desarrollo de diversas actividades que definieran el entorno y las herramientas de trabajo. Las mismas pueden englobarse en dos etapas:

La primera etapa de preparación de la situación proyectual. La misma se orientó a elaborar ensayos en relación a un ejercicio simple, el diseño de un stand que responda formalmente a los condicionantes propuestos por las categorías de análisis elaboradas. Las mismas surgen a partir de la indagación teórica sobre las geometrías y las

distintas estrategias constructivas, distinguiéndose entre: Geometrías pre-digitales/Digitales, Lógicas de generación formal, Sistemas de Esqueleto portante y piel envolvente / Membranas auto-portantes, Pre-industriales / industriales /digitales (procesos CAD/CAM).

La segunda etapa, se abocó al reconocimiento de las herramientas digitales a utilizar (Rhinoceros-NURBS). Se analizaron los comandos de generación y manipulación de superficies que propone el programa, enfatizando en aquellas herramientas que crean superficies a partir de entes primitivos básicos (curvas y puntos). El objetivo fue dilucidar la lógica de generación formal que dirige cada uno de los comando, experiencia que se sistematizó en fichas graficas.

Se eligió un software de modelado a base de NURBS, como Rhinoceros, porque las curvas y superficies creadas a partir de ellas, poseen algoritmos muy precisos en el manejo de las dobles curvaturas El proceso de diseño formal, se limito al uso de los comandos de generación, dentro de los cuales se seleccionó: “Barrido sobre dos rieles” (*Sweep along 2 rails*) y “Superficies por 2, 3, 4 curvas” (*Coons patch*), evitando trabajar con sólidos predeterminados por el programa y con comandos de edición de superficies.

## Experiencia Interdisciplinar

El desarrollo de esta instancia práctica proyectual del estudio contó con el asesoramiento de la cátedra de Computación Gráfica de la Universidad Nacional del Litoral (Ingeniería Informática – FICH)

Una vez que se hubieron planteado las superficies a desarrollar se indagó sobre las herramientas digitales de despliegue disponibles. Se buscó interpretar los posibles procesos de despliegue de las superficies generadas por Rhinoceros por medio de NURBS.

En el mercado digital se observa que la mayoría de las herramientas digitales de modelado, trabajan las superficies generadas por mallas poligonales en vez de NURBS. Las mallas poligonales están constituidas por triángulos que, si bien permiten mayor manejo geométrico, componen aproximaciones de las superficies, no son exactas. Pueden encontrarse, sin embargo, programas que permiten el despliegue de patrones desde modelos digitales generados por estas mallas. Un buen ejemplo de ellos es el programa PePaKuRa Designer, muy usado para la fabricación de manualidades en papel.

En general los equipos que exploran el diseño y fabricación de formas complejas, cuentan con software propio,

de uso exclusivo, por lo cual, en un primer momento se aplico el PePaKuRa Designer para generar despliegues aproximados, experiencia de la cual no se obtuvieron resultados aceptables.

Sin embargo a partir del intercambio iniciado como una instancia de consulta sobre conceptos referidos a la informática visual; se llego a la idea de generar una herramienta que pueda incorporarse a los programas de diseño para modelado tridimensional.

Cabe recordar que las únicas superficies geométrica-mente desarrollables son las superficies regladas de una curvatura, por lo cual pensar un despliegue de una superficie de doble curvatura, generada a base NURBS requería el desarrollo de una estrategia de abordaje heurístico.

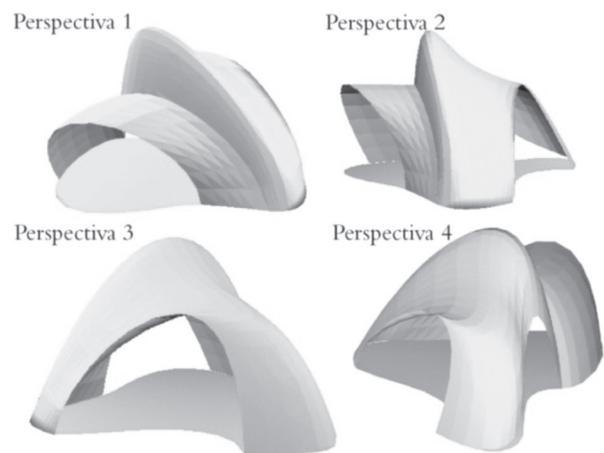


Fig 1. Superficie generada aplicando Coons Patch

La actividad se enmarcó dentro del programa de la citada cátedra, proponiendo la tarea como trabajo final. Los alumnos Walter Bedrij y Fernando Nellmeldin, abordaron el problema del “desarrollo en el Plano de Superficies Nurbs”, en el cual proponen el paso de una superficie en el espacio a su correspondencia en el plano, intentando que su forma no se vea afectada, y proporcionando una solución al problema de la superposición de la superficie. El despliegue de las superficies de doble curvaturas genera repliegues o superposiciones de las partes. Para responder a este problema hace falta además deformar la superficie, acarreando cierta imprecisión en los resultados. La cota de impresión tolerada define la cantidad de triángulos en la malla poligonal, para alcanzar mayor control sobre la superficie.

La estrategia desarrollada consistió en subdividir la superficie, separándola en franjas, de manera que los recortes aseguren que la misma, una vez desarrollada no se deforme más allá de la tolerancia. Permitiendo, sin

embargo, que se solapan distintas franjas, que se recortan de manera individual.

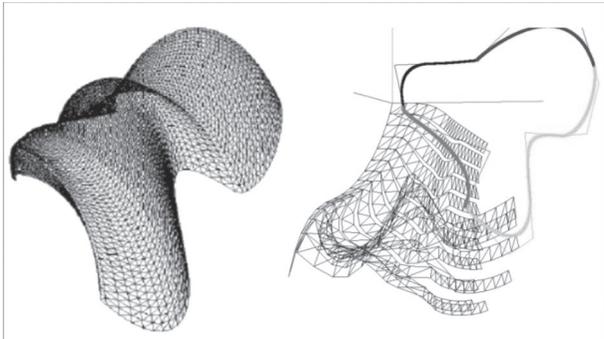


Fig 2: Vista de la superficies triangulada y la superficies desplegada.

El comando utilizado se denomina “Superficies por 2, 3, 4 curvas”, y se basa en la lógica del Coons-Patch. Una superficie Coons se construye a partir de cuatro curvas paramétricas contiguas; la superficie es el resultado de la suma de las regladas de cada par opuesto y la resta de la bilineal de los cuatro vértices.

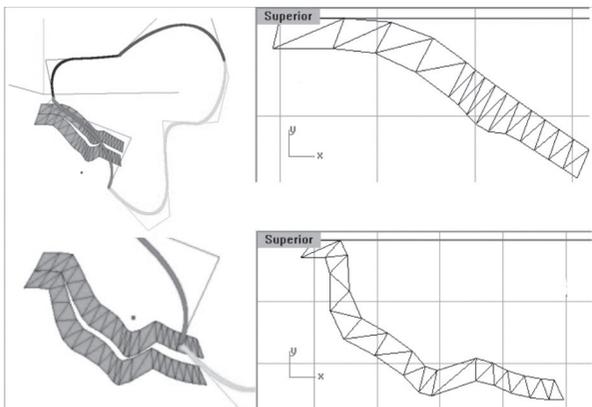


Fig 3. Identificación: La tira sobre la superficie y la tira pasada al conversor.

Habiéndose elaborado esta primera instancia surge una nueva necesidad: el dimensionamiento del patrón o del plano generado. Para ello, se debió desarrollar una nueva aplicación, un conversor, que traduzca el plano resultante en curvas que puedan ser releídas por Rhinoceros y cierren el circuito: Generación de Superficie en Rhino-Lectura en el programa-Guardado de los archivos en el programa para despliegues de tiras- Lectura en Rhino nuevamente. El procedimiento implica tomar cada una de las curvas que generan la superficie Coons por separado, y luego convertirlas al formato que usa el programa de despliegue y reconstruir la superficie Coons-patch.

Este proceso implicó diversos problemas de programación que fueron resueltos por los estudiantes.

El grado de desarrollo alcanzado en este trabajo, no constituye una herramienta viable para el uso en el diseño arquitectónico, ya que no permite una carga directa de las superficies, ni posee una interfase amigable para un usuario no formado en el lenguaje informático, por lo cual resulta sumamente complejo realizar el procedimiento sin asistencia de un informático, lo cual le resta toda practicidad. Sin embargo, constituye un dato de gran valor, porque propone una respuesta desde la informática a una necesidad proyectual innovadora. Desde una mirada general, manifiesta la importancia que el trabajo interdisciplinar presenta para el desarrollo de estos procesos y el abordaje de formas complejas.

Cabe mencionar que en el mundo de la informática no existe un lenguaje gráfico de trabajo. Las herramientas para generar/dibujar/representar una curva o superficie son ecuaciones, algoritmos y palabras, regidas por normas que constituyen un “lenguaje de programación”. En este caso, se usó el lenguaje C++, con una biblioteca OpenGL junto con GLUT. De lo que se desprende que hay un mundo representacional, cuyas herramientas se vinculan a los saberes, necesidades e intenciones del usuario. Una superficie propone de esta forma, representaciones múltiples, múltiples maneras de ser pensada y concebida.

## Conclusiones

De lo visto, puede concluirse que:

El estudio de la matemática y la geometría suponen un valioso aporte teórico y conceptual a la arquitectura digital; necesaria para abordar adecuadamente el diseño y producción material de estas espacialidades.

El crecimiento que experimentan las tecnologías computacionales posibilita nuevos campos morfológicos y exige una, cada vez más intensa, vinculación del arquitecto con todas las instancias de los procesos proyectual desde su concepción hasta su producción.

En la actualidad, y en nuestro contexto local, el material textil resulta un componente de gran versatilidad y economía para la experimentación con estrategias de fabricación que admitan la combinación de proceso CAD/CAM y tecnologías industriales.

En el proceso de hibridación tecnológica el trabajo interdisciplinar es entendido como una herramienta fundamental, porque permite plantear las premisas de ajuste de las herramientas digitales, así como proponer varia-

bles necesarias en el proceso de diseño.

## **Agradecimientos**

A la Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo (UNL). A mi director el Dr. Arq Mauro Chiarella. A Mgs. Arq. Miriam Bessone. Al Dr. Ingeniero Nestor Calvo, a los alumnos Walter Bedrij y Fernando Nellmel-din y a la cátedra de Computación Gráfica de la carrera de Ingeniería Informática (FICH-UNL).

## **Referencias**

- Sperling, D. M. 2003 *Arquitecturas continuas e topología: similaridades em processo*, Disertación de Maestrado Universidad de Sao Paulo. São Carlos Brasil
- Garcia M. 2006 *AD: Architectural Design*, Vol. 76, No.6. *Architextiles* M. Garcia. (Eds.), "Introduction. Architecture + Textiles. *Architextiles* (páginas 5-11). Londres: Wiley Academy.