

# Análisis Geométrico de Formas Arquitectónicas Complejas

## Modelado de un edificio de Frank O. Gehry para la Nationale Nederlanden en Praga (Chequia)

### Resumen

La utilización de la línea curva ha permitido construir diversos tipos de superficies arquitectónicas simples, hoy en día un instrumento como la informática no sólo permite su utilización dentro del diseño arquitectónico de una manera generalizada, sino que a su vez se puede realizar con un alto grado de complejidad y de libertad formal.

Nuestra experiencia en el modelado de formas con superficies de generación libre, nos ha permitido desarrollar una propuesta para que el estudio, control y modificación de las curvas utilizadas por los sistemas informáticos de CAD, sea comprensible y de fácil acceso para un profano en temas de geometría compleja.

### Abstract

*The present graphic computer system allows defining high-level shape problems with great freedom. In free-form surface modeling it comes to be a good reason to develop an example that shows, which is the best way to create, modify and control complex free-form shapes in three-dimensional architectonic virtual modeling.*

*The parameters of Bezier curves are not simple. But the use of Splines curves let us a friendly free form curves management with a great designer performance level.*

*Unfortunately, the standard computer graphic tools to control these entities have a lot of variations, and normally create an unclear and confuse interface for generic users without several knowledge of mathematics and geometry.*

*With the help of an example, this paper expose the use of computer graphics to make models of architectonic buildings with complex shapes that contains free-form surfaces. At the same time, it is an evaluation of how the standard CAD software processes this problem.*

### Comunicación

La ponencia que presentamos mediante la exposición de un ejemplo en el campo de la arquitectura, explora las posibilidades con las que cuenta un diseñador para determinar y modificar gráficamente formas curvas complejas y establece una serie de criterios que permiten comprender el comportamiento de las mismas.

Un profundo análisis de la entidad **spline** utilizada por los sistemas gráficos de la informática, permite afirmar que la introducción de esta tipo de entidades en el modelado de formas ha supuesto la creación de una nueva herramienta gráfica que no sólo cubre el vacío que ha dejado la geometría clásica en el campo de la generación de formas curvas complejas, sino que permite resolver este problema mediante un sistema que admite muchas posibilidades.

Dentro del campo del diseño, las curvas **spline** no sólo constituyen una herramienta muy simple y ágil para abordar problemas complejos, sino que también resuelven los problemas prácticamente infranqueables que existían para transportar al espacio real los datos gráficos que generan las formas complejas: su estructura matemática permite traducir fácilmente su forma en posiciones y tamaños reales mediante sistemas numéricos.



Figura 1

### Modelando a Ginger y Fred

El proyecto realizado por **Frank O. Gehry** es un ejemplo representativo de la utilización de líneas curvas en los diseños de arquitectura actual. Se trata de un edificio compuesto por tres cuerpos claramente diferenciados con volumetrías y planos de fachada que se desarrollan a través de una geometría compleja, en la cual las líneas y las superficies curvas se convierten en las protagonistas de su composición (Fig. 1).

Las dificultades que presenta la elaboración de un modelo tridimensional para este tipo de proyectos no sólo implican un profundo análisis de las formas básicas que definen la



Figura 2

generación de su volumetría final, sino también un amplio conocimiento de las diferentes posibilidades que ofrecen los programas de elaboración de formas espaciales desarrolladas con líneas curvas. Por esta razón, la idea de generar un modelo virtual de un edificio con estas características no sólo tiene el interés de conocer con profundidad las posibilidades que ofrecen los sistemas informáticos para generar formas complejas, sino, sobre todo, realizar un análisis de los procedimientos que son necesarios para controlar rigurosamente el desarrollo de la generación formal de una arquitectura que aplica formas curvas tridimensionales con un alto grado de libertad.

Por otro lado, la propia intención de elaborar una maqueta virtual similar a un objeto real permite realizar una experiencia de diseño a través de una metodología que está completamente comprometida con un resultado concreto, y por lo tanto se basa en un sistema de aproximaciones sucesivas que se desarrolla mediante la prueba y el error. Este procedimiento no está lejos del que ha empleado Frank O. Gehry en varios trabajos, y que consiste en realizar una maqueta del proyecto a escala reducida para luego digitalizarla mediante un escáner de lectura tridimensional. (Fig. 2).

De todas maneras, no se pretende reproducir exactamente un procedimiento tan complejo como éste, sino desarrollar una experiencia sobre el modelado de formas arquitectónicas con curvas complejas que tenga un objetivo concreto y que al mismo tiempo se pueda extrapolar a cualquier proceso de diseño creativo relacionado con este tipo de problemas formales. Por esta razón, el trabajo de modelado se ha restringido a las partes más significativas del edificio de **Frank O. Gehry** que se ha escogido, que satisfacen los objetivos que nos hemos propuesto. El trabajo de modelado que exponemos se limita a los tres planos de fachada principales que definen la forma **Fred** y al volumen de cristal que remata el conjunto con la forma **Ginger**, tal como las denomina el propio autor del proyecto.

## Trabajo

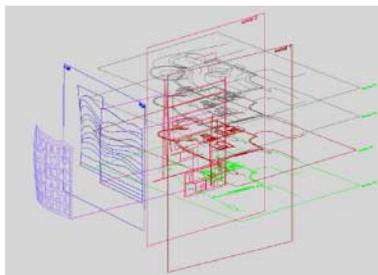


Figura 3

La obtención de datos para el modelado de ambos módulos está fundamentalmente basada en la información gráfica bidimensional proporcionada por cuatro plantas del edificio, dos secciones y dos alzados. Una información bastante limitada que se trasladó a formato digital mediante un escáner para poder definir las curvas base de las superficies correspondientes a los módulos **Ginger y Fred**.

La aplicación del sistema de curvas **splines** de tercer grado y cuarto orden fue muy importante, puesto que permitió realizar el trazado de curvas vectoriales continuas sobre la imagen digital de cada planta a partir de un número muy reducido de puntos de paso, evitando discontinuidades o cambios de dirección muy bruscos que podrían haber afectado posteriormente a la uniformidad de las superficies básicas que definen a este módulo. Sus direcciones verticales quedaron definidas por la variación horizontal de las curvas correspondientes a cada uno de los niveles de planta; pero para conseguir la uniformidad de su recorrido vertical, fue necesario utilizar curvas **B-spline**. (Fig. 3).

El control de precisión de las superficies básicas del módulo **Fred** se llevó a cabo mediante las secciones verticales del edificio disponibles. Esto obligó a corregir el recorrido horizontal de las curvas iniciales en varias zonas para obtener unas superficies que fuesen coincidentes con ambas direcciones de la volumetría propuesta, es decir, la de las plantas y la de las secciones. Esta operación sólo se pudo realizar gracias a las modificaciones parciales que admiten las curvas **splines**, cuyo grado de incidencia sobre su recorrido se había previsto desde un principio a partir del número de lados de su polígono de control. Sin embargo, la operación más complicada fue obtener el desplazamiento horizontal que presentan las tres superficies de fachada que configuran este módulo y que se desarrolla por tramos verticales curvos mediante un retranqueo escalonado. (Fig. 4).



Figura 4

La posición bidimensional de las líneas curvas de ruptura de dicho escalonado se obtuvo a partir de los alzados, pero, para generar los verdaderos recorridos tridimensionales de los cortes escalonados, fue necesario proyectar estas curvas bidimensionales sobre las superficies básicas que ya estaban definidas en tres dimensiones utilizando un programa auxiliar de elaboración propia. Finalmente, se recortaron los tramos de superficies verticales correspondientes a cada uno de los retranqueos horizontales con la posición que le correspondía a los vanos para poder insertar los volúmenes que configuran los marcos de las ventanas.

El modelado del módulo de cristal denominado **Ginger** se realizó aplicando la misma metodología utilizada para el módulo **Fred**, es decir, definiendo la superficie que lo configura mediante las curvas de paso horizontales obtenidas por la digitalización de las plantas. Sin embargo, los problemas para controlar la precisión de esta superficie mediante las secciones verticales de las que se disponía fue mucho más laboriosa, y obligó a realizar

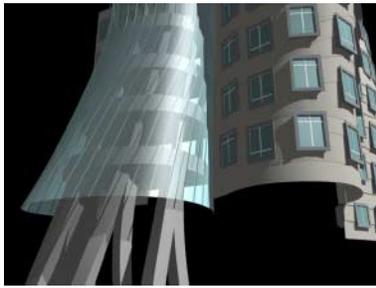


Figura 5

un mayor número de modificaciones de sus curvas guía que en el caso anterior, ya que se trata de una superficie que se desarrolla a través de una doble curvatura muy acentuada.

En este segundo módulo se presentó un problema adicional: el modelado de los elementos estructurales que lo sustentan y que se desarrollan en el espacio mediante recorridos curvos tridimensionales muy acentuados. La resolución de las diversas superficies que componen esta estructura se llevó a cabo mediante las secciones horizontales que definen su recorrido vertical, verificando que a lo largo de todo su recorrido las formas resultantes de dicha estructura siempre quedasen colocadas por la parte interior de la superficie de cristal que envuelve al módulo **Ginger** (Fig. 5).

Para terminar la generación formal de este módulo, se calcularon las curvas guía de la estructura metálica que soporta la cristalería aplicando un sistema de secciones verticales normales a la superficie base que lo define. Las piezas tridimensionales definitivas se consiguieron por medio del barrido de las secciones de los perfiles metálicos sobre las curvas guía previamente calculadas. Después de concluir el modelado de ambos módulos por separado, no faltaríamos a la verdad si mencionamos que la parte más fácil de todo este trabajo fue ensamblar los módulos **Ginger y Fred** en sus posiciones correspondientes para definir la volumetría definitiva que caracteriza a este proyecto de Frank O. Gehry.

## Experiencia

Este trabajo de modelado nos ha permitido evaluar la utilidad que tienen entidades gráficas como las **splines**, unas entidades que admiten unos grados de transformación y adaptación sumamente altos sin los cuales hubiese sido imposible reproducir un modelo de este proyecto con la mayor fidelidad posible. De todas maneras, la planificación previa de una estrategia para generar las superficies básicas que componen los módulos **Ginger y Fred** a partir de las líneas curvas claves que los definen fue indispensable, puesto que es la única manera de determinar los procedimientos óptimos para concretar un proyecto arquitectónico tan complejo.

Por último, es importante mencionar que esta experiencia ha sido muy útil para analizar la versatilidad de las herramientas que ofrecen los programas informáticos para construir formas curvas a partir de su comportamiento gráfico inmediato y sin necesidad de utilizar un conocimiento especializado sobre el tema. La exposición de los resultados de este análisis podría ser muy extensa y a la vez ambigua, y en todo caso constituiría una nueva ponencia. Basta decir que, para realizar el modelado de este edificio fue necesario utilizar cuatro programas distintos con ventajas e inconvenientes muy marcados entre todos ellos.

La precisión conseguida por el modelo virtual, se puede observar en un fotomontaje, (Fig. 6), compuesto por la imagen fotográfica del edificio, (izquierda), el renderizado de la superficie de la fachada, (centro), y su forma geométrica desarrollada en malla de alambre, (derecha).



Figura 6