

# Representación 3D: un ejemplo en la Unidad SurPirenaica Central

J. Élez

Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid.

## ABSTRACT

*An example from the Southern flank of the Tresp slope (South Central Pyrenean Unit) is modelled here with two different reconstruction methods (Non Uniform Rational Beta Splines or NURBS and Triangulated Irregular Networks or TINs), allowing to illustrate and compare them. TIN-based reconstructions permits the efficient management of an important amount of topographic information to create Digital Elevation Models. Generic GIS based software used to construct this kind of models allows to drape different geological cartography obtaining an excellent visual effect, strengthening regional aspects. On the other hand, NURBS-based models permit the construction of very complex morphologies due to its intrinsic facility of construction and edition. This technique generate visual and precise models from scarce data and its very valuable to reconstruct complex structures or details (typically subsurface structures); in contrast it needs more hardware resources, comparing with those of TINs. Anyway, both kinds of methods are adequate for geological reconstructions using non specific/exclusive, obviously less expensive software.*

**Key words:** 3D, models, NURBS, TIN.

## INTRODUCCIÓN

La representación de estructuras geológicas concretas en tres dimensiones es una técnica cada vez más habitual. Hasta la fecha las dos tipologías de reconstrucción más utilizadas son dos: las redes irregulares de triángulos o TINs (acrónimo de Triangulated Irregular Network) y los modelos basados en superficies matemáticas curvas del tipo NURBS (acrónimo de Non Uniform Rational Beta Splines).

Se pretende mostrar aquí la utilidad de cada uno de estos métodos a la hora de optimizar los resultados, en función de la cantidad y complejidad de los datos de partida, siempre dentro de un marco tanto de *software* como de *hardware* de bajo coste.

Las superficies basadas en TINs se fundamentan en la división del espacio en una serie de triángulos contiguos que no se solapan (Felicísimo, 1999). Los vértices de estos triángulos representan coordenadas X, Y, Z y la superficie de cada triángulo es la interpolación entre los tres vértices, generando por tanto superficies continuas en el espacio a lo largo de una serie de coordenadas tridimensionales.

Las superficies basadas en NURBS (Farin, 1992) son matemáticamente más complejas que las del método descrito anteriormente pero se basan principalmente en la relación de cuatro factores: grado (referente al grado de curvatura de la superficie), nodos de la superficie construida, puntos de control (datos introducidos para representar la superficie) y reglas de evaluación (algoritmo matemático que relaciona los otros parámetros).

Las reconstrucciones espaciales tipo TIN se pueden hacer habitualmente en prácticamente todos los Sistemas de

Información Geográfica que poseen módulos para la representación 3D, aunque estos sistemas no estén diseñados específicamente para geología o geofísica (Fig. 1). Las reconstrucciones tipo NURBS se pueden realizar utilizando programas genéricos de CAD (Diseño asistido por ordenador o Computer Aided Design), con independencia del coste del *software* o del ámbito profesional al que esté enfocado, dado que los algoritmos de cálculo y las opciones de interface a la hora de realizar las construcciones son muy similares para la mayor parte de los programas del mercado (Fig. 2). Evidentemente estos programas genéricos, tanto SIG como CAD permiten un alto grado de intercambiabilidad de datos y archivos entre sí, permitiendo la interacción entre los resultados de unos y otros, así como la fácil difusión de resultados en formatos de archivos estándar.

Algunos tipos de *software* enfocados únicamente a la reconstrucción tridimensional geológica (no genéricos y evidentemente más costosos) aportan una solución intermedia, trabajando con mallas poligonales editables y deformables, que permiten capacidad de manipulación 3D y una gestión de datos más económica que los basados en NURBS.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las representaciones espaciales en forma de TIN's deben poseer un gran número de datos X Y Z para que la forma que representan tenga un aspecto visual aceptable. Típicamente corresponden a reconstrucciones del terreno a partir de topografías digitales, tanto en formato vectorial como en formato raster (Modelo Digital de Elevaciones del Terreno) aunque

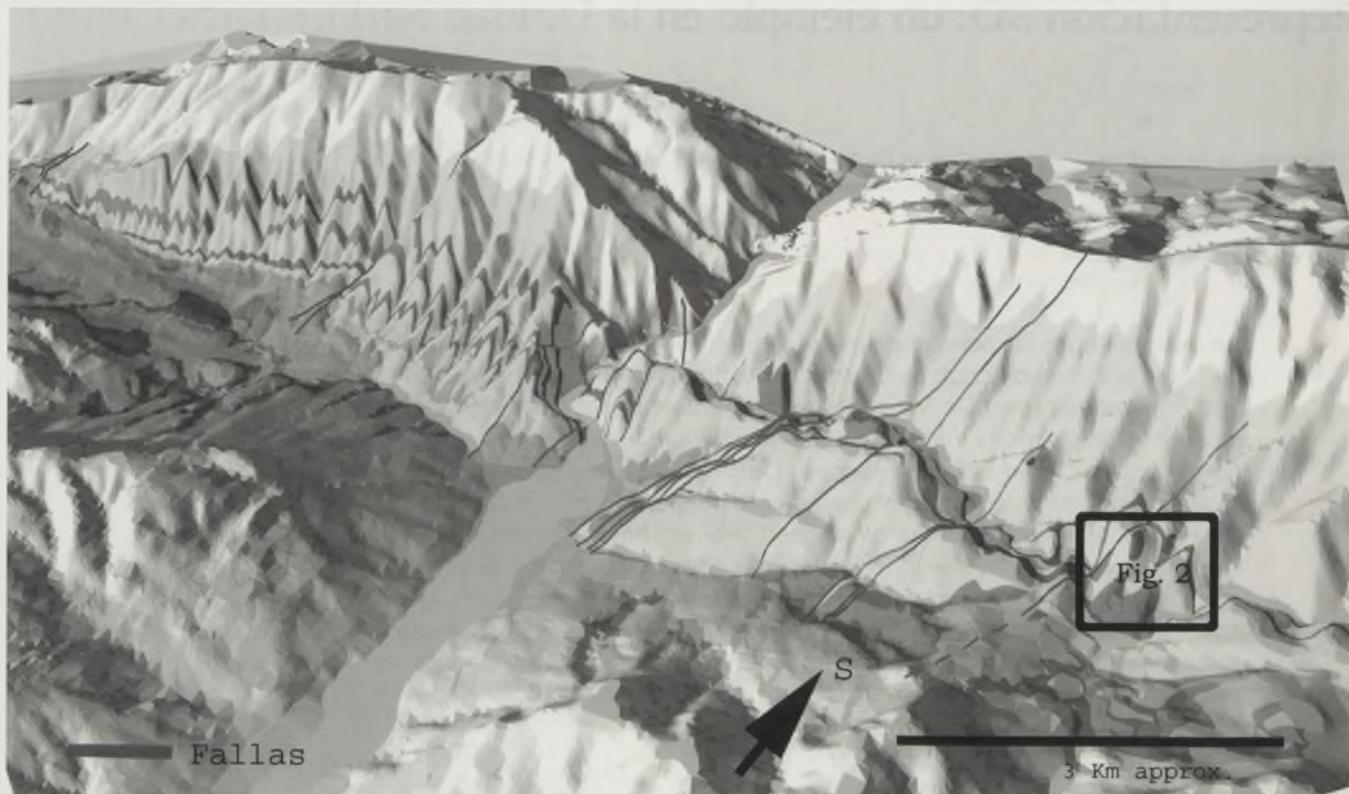


FIGURA 1. Método de reconstrucción en TIN. Entrada masiva de datos topográficos para generar el MDT sobre el que se ajusta una cartografía de niveles de plataformas mixtas terrígeno-carbonáticas, algunas con capas-guía de rudistas (Vicens et al., 2001). Flanco Sur del sinclinal de Tremp, Unidad SurPirenaica Central.

también pueden ser reconstrucciones a partir de datos de isobatas de horizontes concretos en subsuelo. La no editabilidad de las superficies construidas, los errores de borde que se generan y la imposibilidad de representar dos cotas de elevación distintas para un mismo punto impiden que ciertas estructuras geológicas (ej. anticlinales tumbados) sean representadas con estos métodos. Sin embargo, presenta grandes cualidades en cuanto a la gran definición visual que obtienen del tratamiento masivo de elementos topográficos, su alta capacidad de gestionar un gran volumen de datos al mismo tiempo, así como la georreferenciación de sus elementos e interacción con otros datos, tanto vectoriales como raster, en formato SIG. La figura 1, modelo digital del terreno del flanco sur de la cuenca de Tremp (representado en forma de TIN georreferenciado) al que se le sobrepone la cartografía de plataformas de Rudistas del Cretácico Superior (Vicens et al., 2001), representa estas características.

Las representaciones de elementos geológicos basadas en NURBS necesitan muchísimos menos datos de partida, dado que la forma final es una superficie curva interpolada, ajustable en función de los parámetros descritos anteriormente y fácilmente editable en 3D. De hecho no tiene las restricciones constructivas que presentaban los métodos descritos anteriormente, puede representar múltiples valores de cota para cada par XY, pero tienen grandes problemas para generar superficies matemáticas que se adapten a una cantidad importante de datos, utilizando tiempos de cálculo

muy largos y generando archivos muy grandes. Por otro lado, al permitir la construcción de superficies con una cantidad ínfima de datos de control, puede llegar a generar una importante cantidad de distorsiones en las construcciones realizadas, con lo que exigen un mayor control del resultado final, en función de la idea precisa de lo que se pretende construir. La cualidad más importante de este método es la libertad de construcción de todo tipo de formas complejas a partir de un número limitado de datos, así como la posterior editabilidad de las formas construidas. La figura 2 evidencia gran parte de los elementos descritos anteriormente.

## CONCLUSIONES

Según la comparación realizada, el método de reconstrucción TIN hace muy práctico su uso para la representación de cartografías de cualquier tipo (geológicas, estructurales, ambientales, etc), ajustadas (*draped*) sobre los modelos digitales del terreno, permitiendo una gran capacidad de síntesis de los datos utilizados y generando un aspecto visual muy realista. Por otra parte, el método de reconstrucción NURBS resulta altamente adecuado para la construcción de geometrías geológicas del subsuelo, de las que habitualmente se tienen muy pocos datos y suelen estar situados de forma aleatoria. Este método permite abordar la reconstrucción de estructuras cuya complejidad puede ser mucho mayor, dando resultados visuales espectaculares.

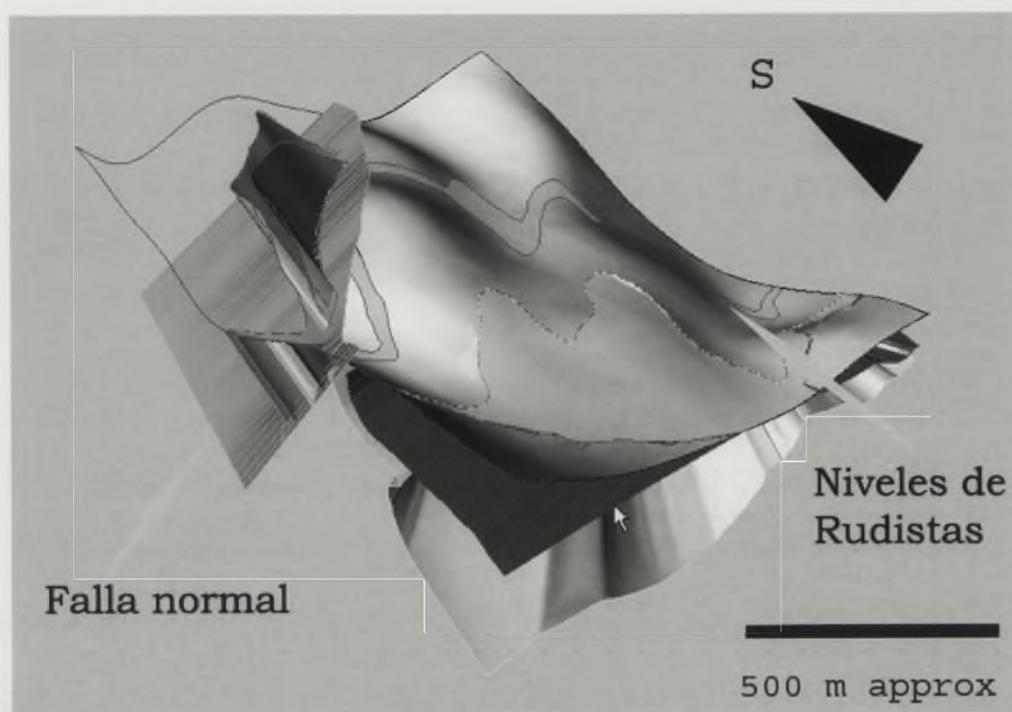


FIGURA 2. Método de reconstrucción en NURBS. Detalle de una de las fallas sobre la cartografía de niveles-guía de rudistas en plataformas mixtas (Vicens et al., 2001). Flanco Sur del sinclinal de Tresp, Unidad SurPirenaica Central.

#### AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por el proyecto BTE 2002-0143 del MCyT.

#### REFERENCIAS

Farin, G. (1992): *Curves and Surfaces for Computer-Aided Geometric Design : A Practical Guide*. Academic Press, Boston, 563 p.

Felicísimo, M.A. (1999): Utilización de los Modelos Digitales del Terreno en el estudio del medio físico, En: *Los Sistemas de Información Geográfica en los riesgos naturales y en el medio ambiente*. (L. Laín Huerta, Ed.). Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 228 p.

Vicens, E., Ardèvol, L., López-Martínez, N. y Arribas, M.E. (2001): Correlación de alta resolución del Campaniense-Maastrichtiense, Pirineos Sud-Centrales. *Geotemas*, 3 (2): 261-264.