

# RECONSTRUCCIÓN AUTOMÁTICA DE LECHOS ACUÁTICOS

Cristian García Bauza<sup>a,b</sup>, María V. Cifuentes<sup>a,b</sup>, Marcelo Vénere<sup>a,c</sup>

<sup>a</sup>PLADEMA, Universidad Nacional del Centro, 7000 Tandil, Argentina,  
([crgarcia](mailto:crgarcia@exa.unicen.edu.ar), [cifuentes](mailto:cifuentes@exa.unicen.edu.ar), [venerem](mailto:venerem@exa.unicen.edu.ar))@exa.unicen.edu.ar)

<sup>b</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires

<sup>c</sup> CNEA

**Palabras Clave:** Triangulación, Modelos Topográficos, Reconstrucción de mallas, GIS

**Resumen.** Se presenta en este trabajo algoritmos para reconstrucción automática de lechos acuáticos tales como los cauces de ríos en base a puntos batimétricos medidos. Como zona de prueba se utilizó un amplio sector del recorrido del río Paraná con resultados satisfactorios para la visualización interactiva.

## 1. Introducción

La importancia del río Paraná en la economía regional se remonta a los tiempos de la colonia. Su escasa profundidad dificulta la circulación de grandes embarcaciones y los encallados ocasionan desembolsos extras debidos a demoras, maniobras necesarias para su liberación y lucro cesante por obstrucción del canal de navegación. La Prefectura Naval Argentina brinda información batimétrica fehaciente (medición de la profundidad del canal), de boyado de señalización y de profundidad.

Nuestro interés se focaliza en un amplio sector del Paraná donde la distribución de cotas relevadas no es uniforme y presenta discontinuidades entre puntos adyacentes para representar acantilados y/o represas (Figura 1). La idea es asistir al práctico de navegación en la toma de decisiones a partir de una vista tridimensional que grafica riberas, cauce y embarcación con actualización interactiva de la superficie de estudio debida a que el relevamiento batimétrico es incremental. Finalmente, para la visualización y reconstrucción automática de lechos acuáticos se propusieron e implementaron distintos algoritmos detallados en la sección 2.

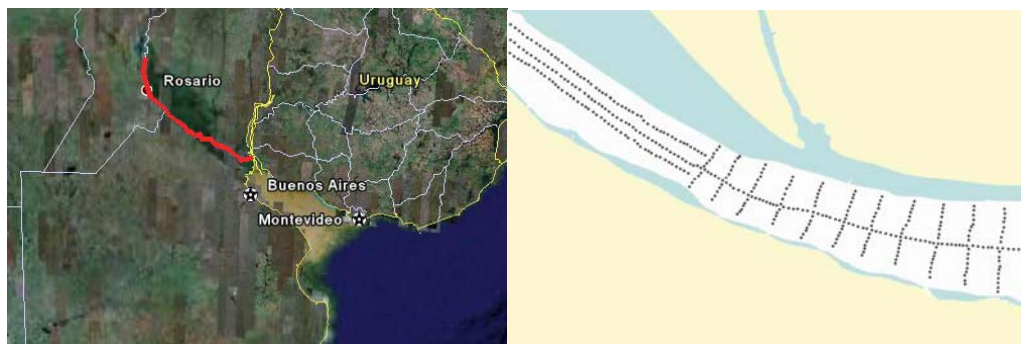


Figura 1- Localización de la zona de estudio y nube de puntos correspondiente al relevamiento batimétrico.

## 2. Reconstrucción de Superficies

### 2.1 Grillas regulares

Los pasos principales en las soluciones propuestas se esquematizan en la figura 2. El algoritmo genera un grillado regular (2.b) para la nube batimétrica (2.a) y rellena paso a paso las zonas ralas incorporando cotas ficticias resultantes de asignar el valor de cota más cercano, la media ponderada de un grupo de cotas existentes en un dado radio de cercanía  $r$  (2.c a 2.f) o utilizando dos o más estos radios (2.g). Tales algoritmos se rechazaron debido a la generación de soluciones poco eficientes, además la superficie aproximada presentaba grandes saltos y/o deformaciones.

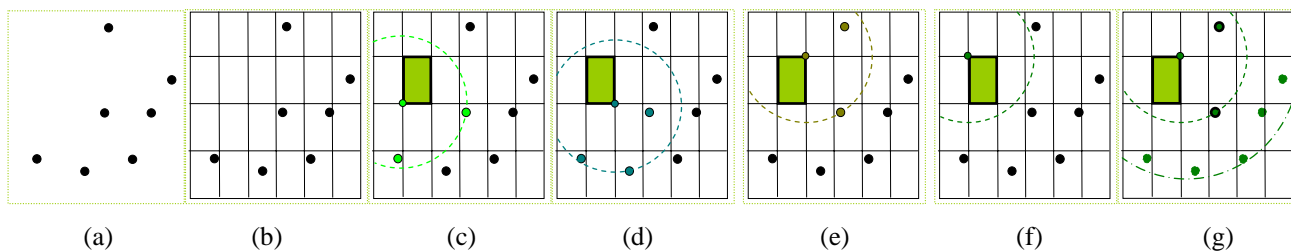


Figura 2 - Algoritmo para la reconstrucción de lechos acuáticos a partir de grillas regulares.

### 2.2 Triangulación Delaunay

Para las primeras reconstrucciones se trianguló la nube batimétrica con Delaunay en 2D permitiendo el agregado automático de nuevos puntos. Al triangular el cauce del río se producen reconstrucciones poco satisfactorias: o muy densas o con escasa precisión (figura 3).

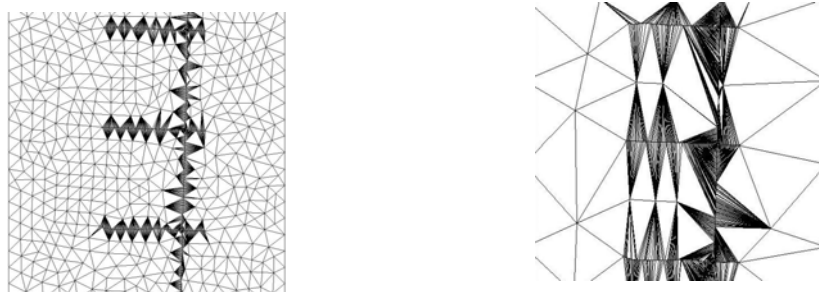


Figura 3 – Triangulación Delaunay 2D (a y b) y 3D modificada (c y d)

Tomando en cuenta estos resultados, se propusieron modificaciones integradas en un algoritmo de triangulación Delaunay en 3D que conserva círculo circunscrito vacío y ángulo máximo. El algoritmo encuentra el par de vértices más cercanos y genera el primer segmento. Luego, para cada segmento generado encuentra el vértice que forma el triángulo de menor círculo circunscrito a cada lado. La figura 4 esquematiza los primeros ocho pasos de ejecución del algoritmo.

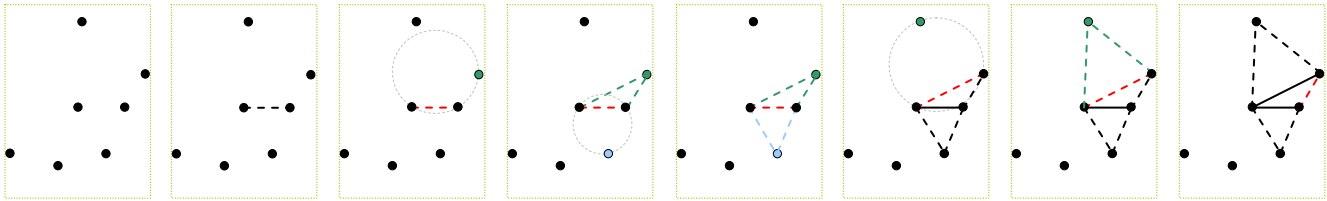


Figura 4- Algoritmo Delaunay modificado

En la figura 5 se representan las mallas de triángulos generadas con este algoritmo. Nótese que, la reconstrucción se describe con grandes triángulos por sectores y con triángulos agujas en otros desmejorando la calidad de la aproximación.

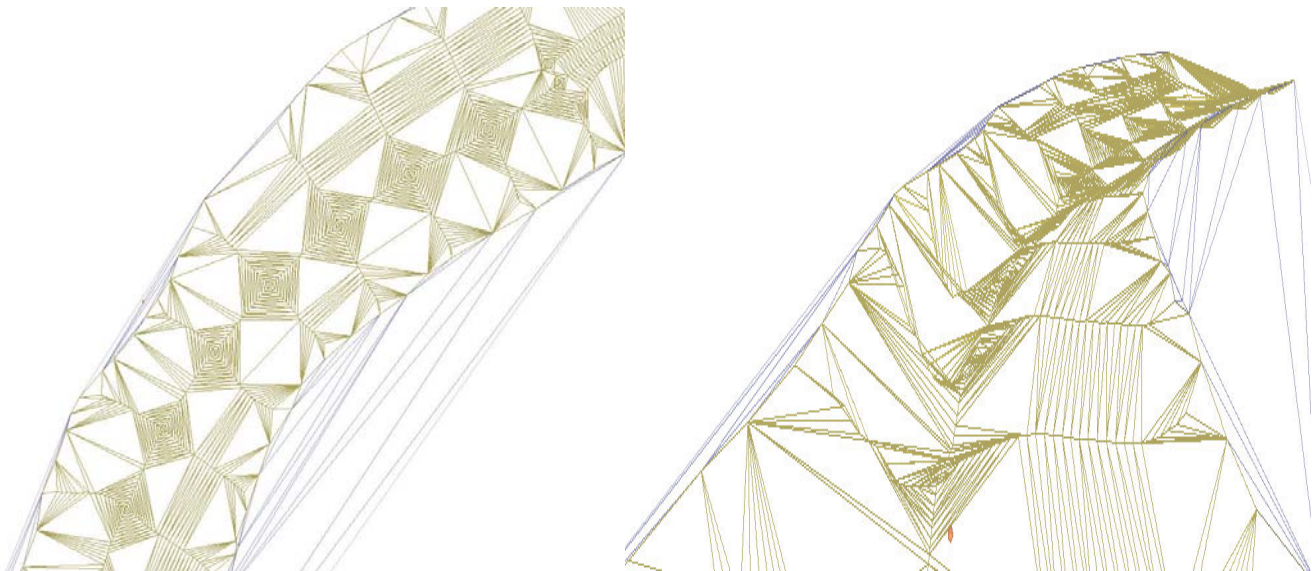


Figura 5 – Visualización de la malla generada con Delaunay modificado.

### 2.3 Triangulación con agregado selectivo de puntos

Una tercera propuesta está basada en la solución anterior: generar una triangulación que cumple con los criterios de Delaunay y permite el agregado de puntos dentro de aquellos triángulos cuya magnitud de área supera una dada tolerancia. En este caso, se agrega selectivamente el centroide del triángulo repitiendo el proceso hasta que todas las áreas de los triángulos incorporados no superen el tolerado formando a su vez nuevos triángulos que cumplan con los criterios mencionados (ver figura 6). Para que el agregado incremental de puntos no modifique las condiciones que la triangulación de Delaunay debe verificar, el algoritmo vuelve a triangular la superficie. En la primera iteración, localiza triángulos grandes y calcula su centroide. En la segunda iteración, se toma como entrada la lista de vértices creada en la primera iteración pero esta vez solo se realiza la triangulación sin el proceso de agregado de puntos.

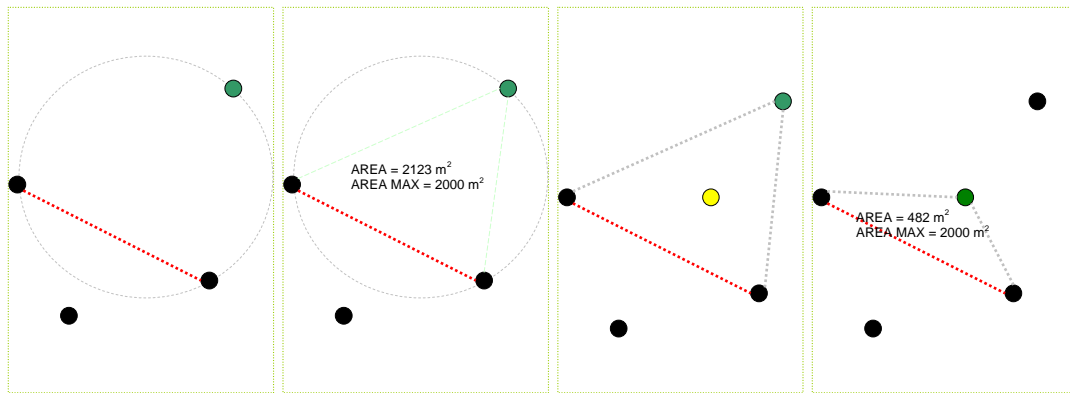


Figura 6 - Agregado selectivo de puntos

Finalmente la utilización de ésta técnica híbrida trajo una solución aceptable al problema. Como se puede ver en la figura 7, el agregado selectivo de puntos produce una superficie de apariencia real, suavizando los saltos producidos por ausencia de información. Un valor de área máxima de  $500 \text{ m}^2$  se usó para obtener un buen equilibrio entre calidad y tiempo de procesamiento.

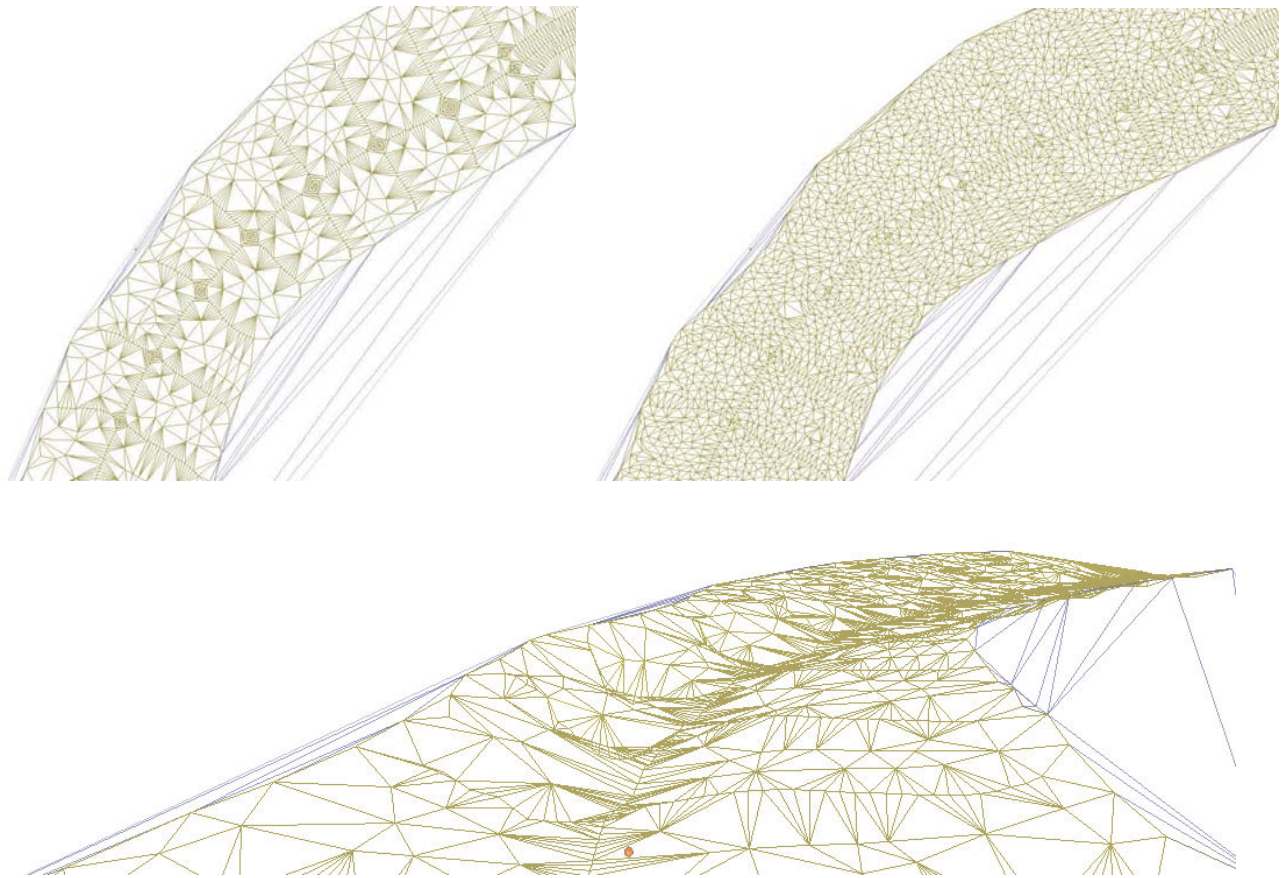


Figura 7 – Triangulación con agregado selectivo de puntos con área de triángulo máxima de: (a)  $1000 \text{ m}^2$  y (b)  $300 \text{ m}^2$ . (c) Vista en perspectiva de (b).

### 3. Conclusión y Trabajos Futuros

Se desarrolló un algoritmo que genera una malla de triángulos a partir de la información batimétrica. El algoritmo de triangulación, basado en la triangulación de Delaunay, subdivide los grandes triángulos sucesivamente hasta que cumplan con un dado valor de área tolerado. A futuro, se están estudiando distintas funciones matemáticas aplicadas a la reconstrucción de tales sectores malos.

### Bibliografía

- [1] Pav, Steven E. and Noel J. Walkington (2004) *Robust Three Dimensional Delaunay Refinement*. Proceedings, 13th International Meshing Roundtable, Williamsburg, VA, Sandia National Laboratories, SAND #2004-3765C, pp.145-156.
- [2] C. M. Gold and M. Dakowicz (2002). *Terrain modelling based on contours and slopes*. In D. Richardson and P. van Oosterom, editors, *Advances in Spatial Data Handling*. Proceedings, 10th International Symposium on Spatial Data Handling. Springer-Verlag Berlin.
- [3] Rien Van Weygaert, Willem Schaap (2000). *Tessellation reconstruction techniques*, Kapteyn Astronomical Institute, University of Groningen, Netherlands.
- [4] Anton F, Gold CM, Mioc D (1998) *Local coordinates and interpolation in a Voronoi diagram for a set of points and line segments*. Proceedings 2nd Voronoi Conference on Analytic Number Theory and Space Tillings, 1998, Kiev, Ukraine, 9-12.
- [5] Jin-Fa Lee; Dyczij-Edlinger, R. (1997), *Automatic mesh generation using a modified Delaunay tessellation*. *Antennas and Propagation Magazine, IEEE* Volume 39, Issue 1, Feb 1997  
Page(s):34 – 45
- [6] Watson D.F. (1981) *Computing the N-Dimensional Delaunay Tessellation with Application to Voronoi Polytopes*. *Computer Journal* 24(2):167-172.
- [7] Sitio Web de Prefectura Naval Argentina para descarga y consulta de datos  
  
*URL: <http://www.prefecturanaval.gov.ar/institucional/castellano/index.htm>*
- [8] Sitio web de la Asociación Civil de Prácticos del Río Paraná  
  
*URL: <http://pilots-rioparana.com/>*
- [9] Delaunay Triangulation Algorithms  
  
*URL: <http://www.cse.unsw.edu.au/~lambert/java/3d/delaunay.html>*