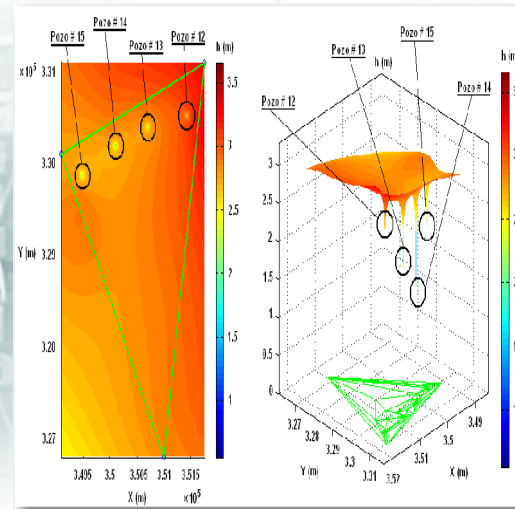




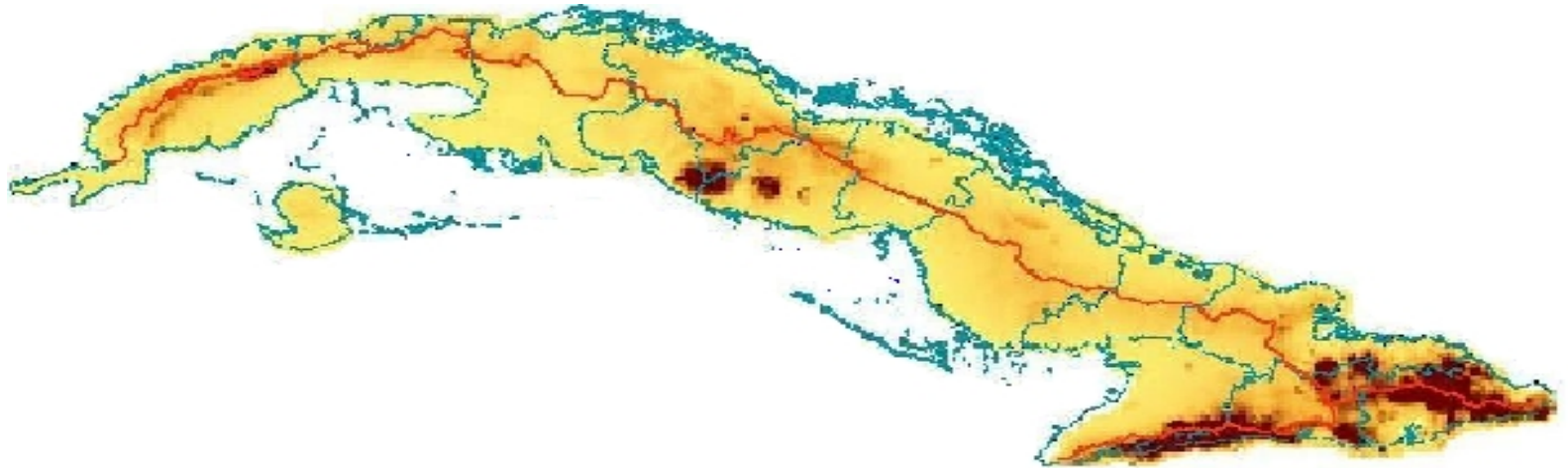
PROGRAMA HIDROLOGICO INTERNACIONAL COMITE NACIONAL CUBANO



“Gestión de acuíferos y tecnologías nuevas:
estudios de caso en la Cuenca Sur de la Habana,
Cuba”

Dra. Haydée Lianusa Ruiz
Dr. Armando Hernández Valdés

Gestión de acuíferos y tecnologías nuevas



Cuba: Isla principal y su línea divisoria de las aguas: Vertientes Norte y Sur

- 85% de los ríos con extensión inferior a 40 km y con áreas de cuencas no mayores de 200 km². Se caracterizan por avenidas súbitas de corta duración
- 652 cuencas superficiales. Estas se encuentran relacionadas con más de 100 unidades hidrogeológicas subterráneas principales.
- Estrechas relaciones entre las aguas superficiales – aguas subterráneas – aguas marino costeras

Gestión de acuíferos y tecnologías nuevas



En Cuba el agua subterránea representa el 33% de los recursos que se utilizan, siendo la principal fuente de abasto en algunas provincias como La Habana



Gestión de acuíferos y tecnologías nuevas



La aplicación de la tecnología de la modelación matemática de acuíferos contribuye a mejorar el conocimiento de las disponibilidades de estos recursos hídricos y a desarrollar políticas racionales de administración que garanticen su desarrollo sustentable



Objetivos

- ✓ **Presentar la Tecnología Aqüimpe.**
- ✓ **Mostrar los resultados de la modelación matemática de la Cuenca Sur de la Habana.**
- ✓ **Presentar las herramientas de la modelación del agua subterránea, desarrolladas en el Centro de Investigaciones Hidráulicas.**

Gestión de acuíferos y tecnologías nuevas



La tecnología Aqüimpe es la base del desarrollo de la modelación matemática en Cuba.

Permite resolver la ecuación de flujo del agua subterránea para régimen impermanente bidimensional, utilizando el método de los Elementos Finitos.

Gestión de acuíferos y tecnologías nuevas



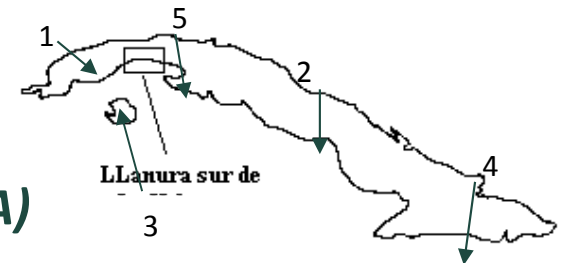
- **Capaz de simular acuíferos cársicos como medios porosos equivalentes.**
- **Capaz de simular interacción de un embalse de aguas superficiales con el acuífero.**
- **Considera los efectos de la intrusión salina en las descargas del acuífero.**
- **Permite evaluar los efectos locales en los pozos de bombeo mediante un refinamiento de malla.**
- **Acopla el modelo de simulación a las técnicas de optimización para evaluar estrategias de explotación temporal y espacial.**

Gestión de acuíferos y tecnologías nuevas



· Aplicaciones nacionales y en el extranjero

1. ***Acuífero Ariguanabo (CUBA)***
2. ***Norte de la provincia de Ciego de Ávila (CUBA)***
3. ***Acuífero de la Cuenca Sur de La Habana (CUBA)***
4. ***Cuenca La Cana, Provincia de Las Tunas (CUBA)***
5. ***Cuenca M1 de Provincia de Matanzas (CUBA)***
6. ***Lago Tequesquitengo (México)***
7. ***Lago Pátzcuaro (México)***
8. ***Modelo de una marina (Isla de Cozumel, México)***

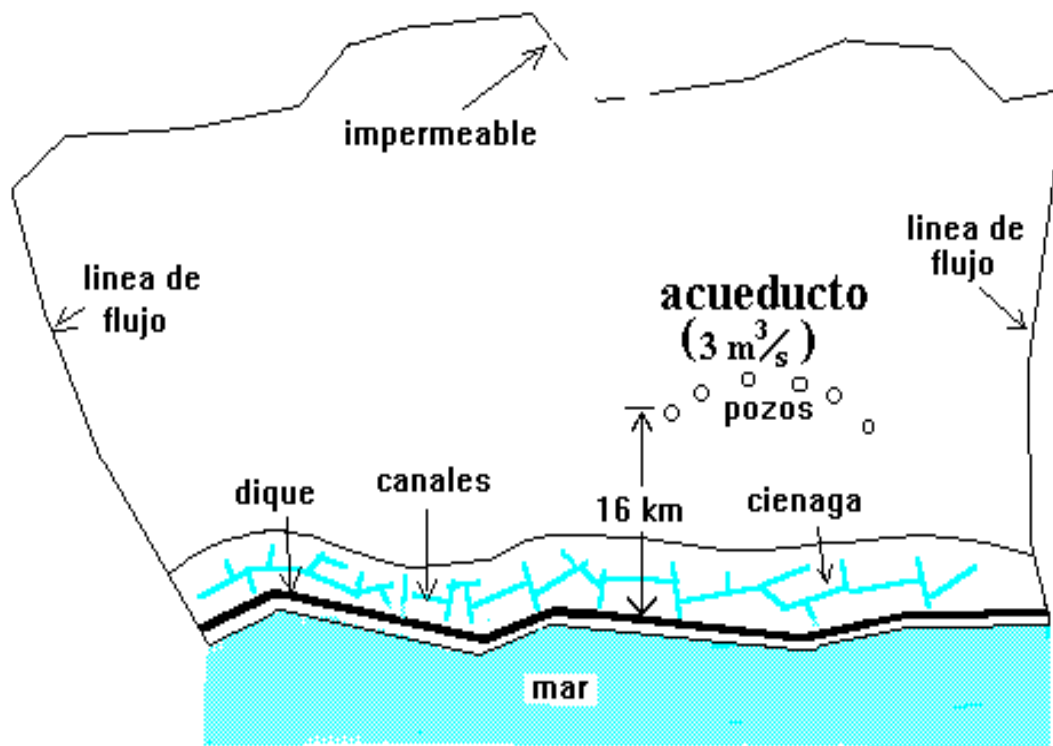


Gestión de acuíferos y tecnologías nuevas



ACUÍFERO COSTERO SUR DE LA PROVINCIA LA HABANA

AREA MODELADA 830 km²



Gestión de acuíferos y tecnologías nuevas



El objetivo del dique es interrumpir parcialmente el flujo libre al mar de las aguas, incrementando el volumen de agua almacenado en el acuífero y mejorando la calidad del agua del acuífero.



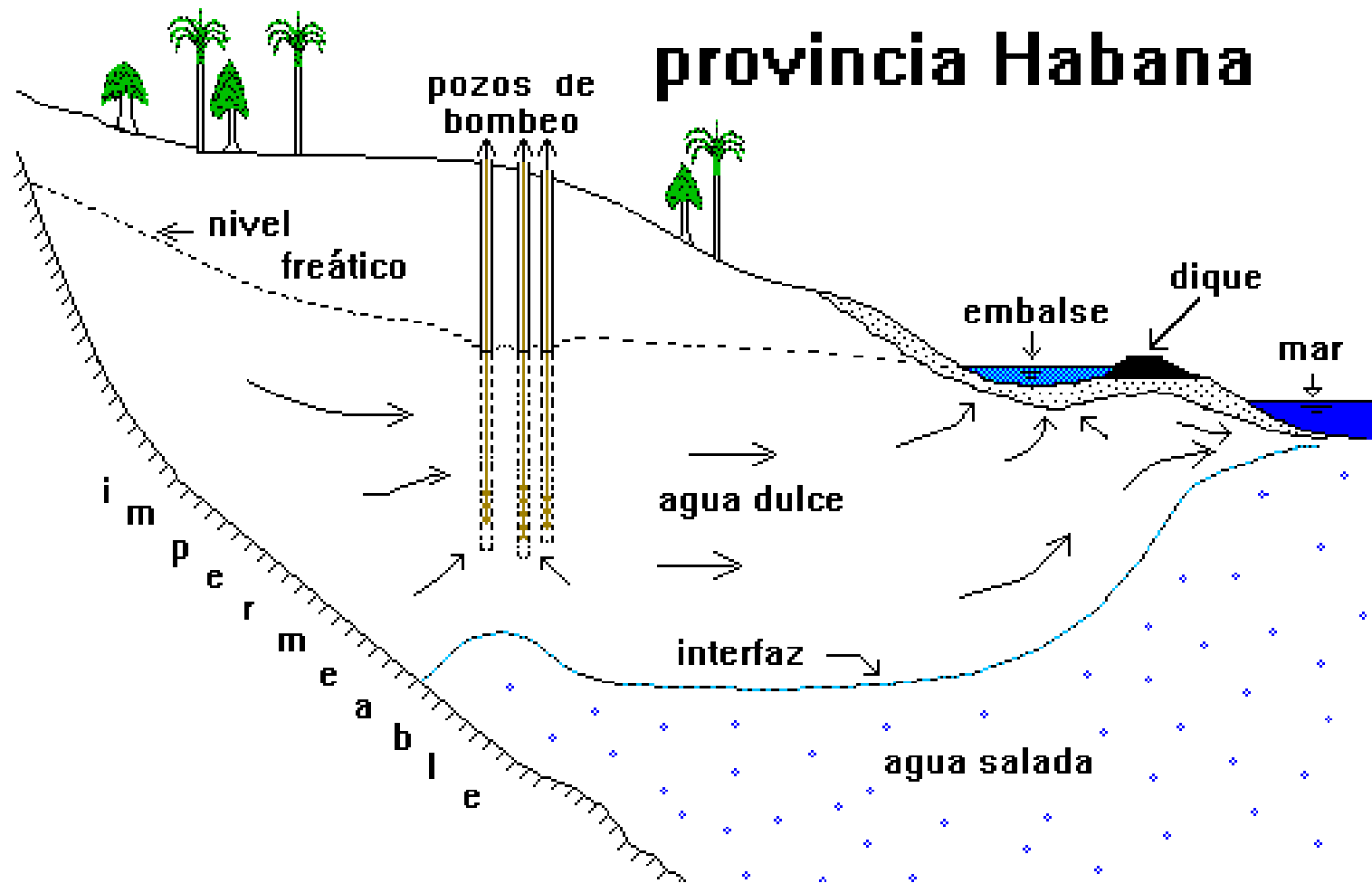
Dr. Armando Hdez Valdés

PROGRAMA HIDROLOGICO INTERNACIONAL COMITE NACIONAL CUBANO

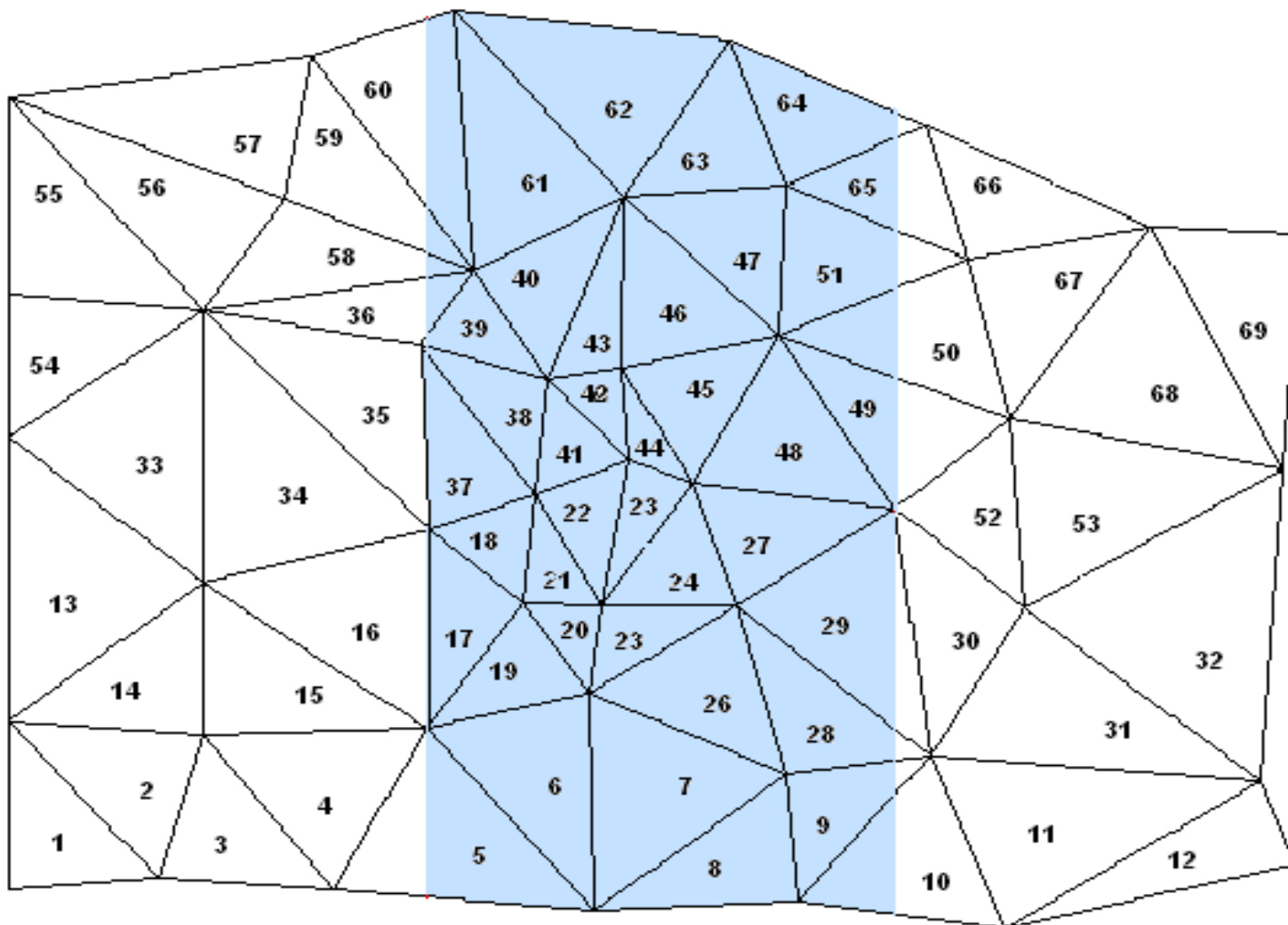
Gestión de acuíferos y tecnologías nuevas



acuífero costero sur de la provincia Habana



Gestión de acuíferos y tecnologías nuevas



Dr. Armando Hdez Valdés

PROGRAMA HIDROLOGICO INTERNACIONAL COMITE NACIONAL CUBANO



RESULTADO

S

- Incremento del volumen almacenado en el acuífero en 91hm³, lo que permite extraer 34 hm³ adicionalmente.
- Incremento de la descarga subterránea.
- Mejora de la calidad del agua.

Haga clic para modificar el estilo de subtítulo del patrón

Gestión de acuíferos y tecnologías nuevas



1

Versión sobre Windows, (WinAQE)

2

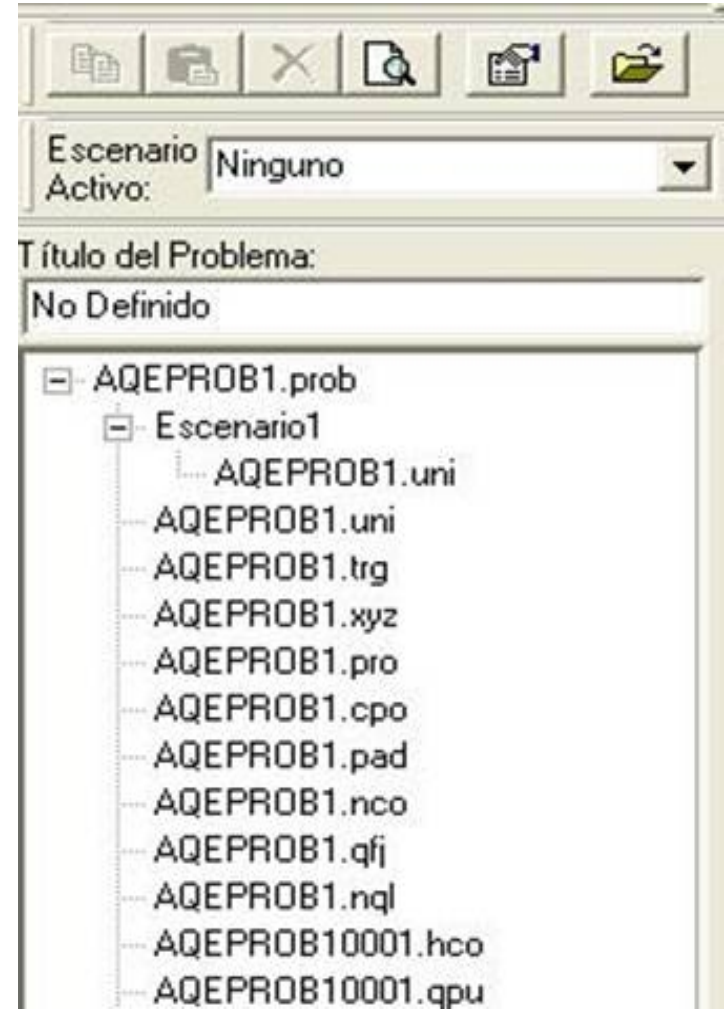
Módulo para la calibración automática

3

Herramienta SIG para el proceso de creación de bases de datos, (AQTRIGEO):
mallado, numeración de nodos y
elementos

Herramienta de Modelación WinAQE:

- Problema
- Diferentes escenarios y diferentes archivos
- Posibilidad de refinamientos de la malla para analizar fenómenos locales en pozos de bombeo



Calibración Automática

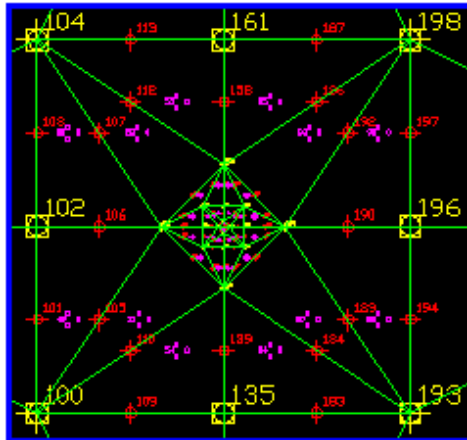


Calibración Automática en WinAQC

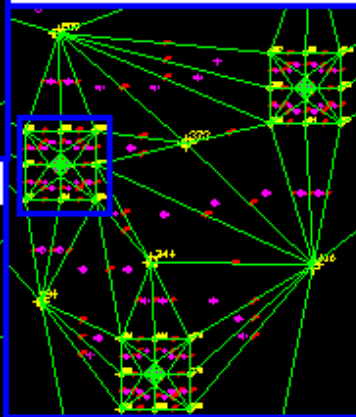
$$\min_P F(P), \quad F(P) = \sum_{i=1}^{nt} \sum_{j=1}^{no} (h_{oij} - h_{cij})^2$$

$$\text{sujeto a } P \in \Omega = \{P \in \mathbb{R}^N, P_l \leq P_i \leq P_s, i = 1..n_e\}$$

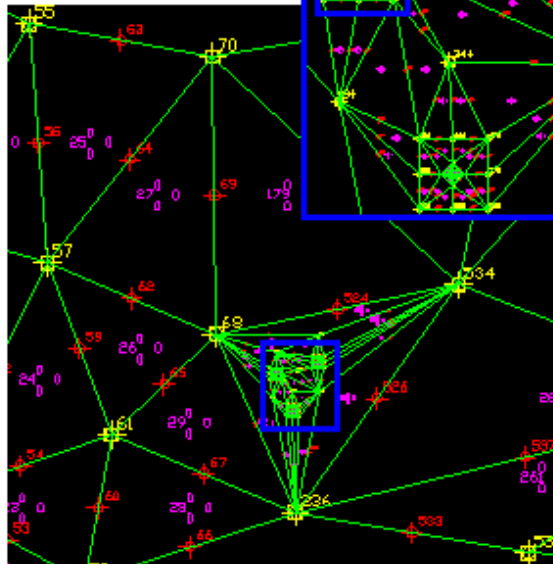
AQTRIGEO, herramienta SIG para el mallado y refinamiento de malla.



Zoom 2



Zoom 1



Escala regional

- Plantilla de AutoCAD Map 3D 2005.

- Esencia del proceso está basada en la creación de topologías de polígonos y nodos.

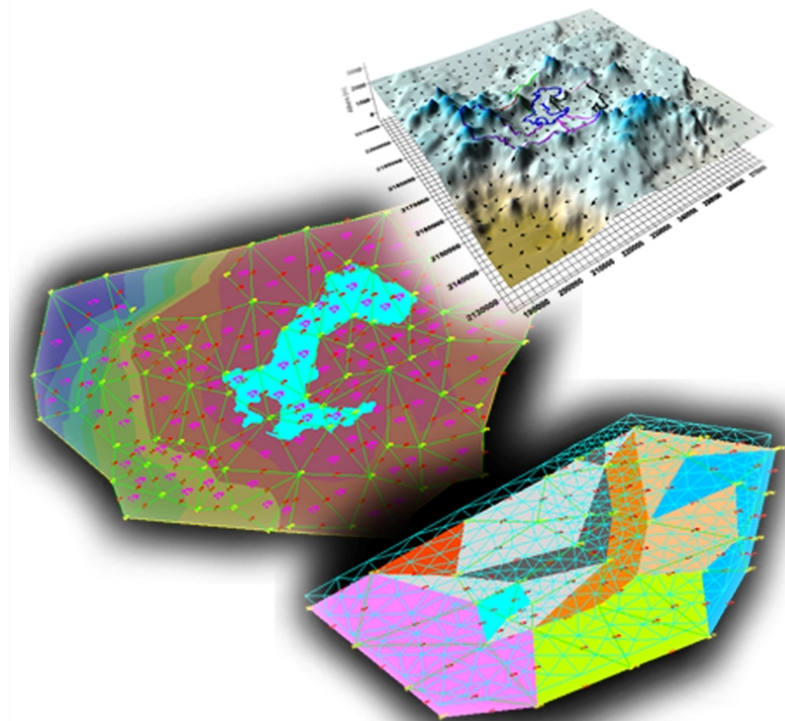
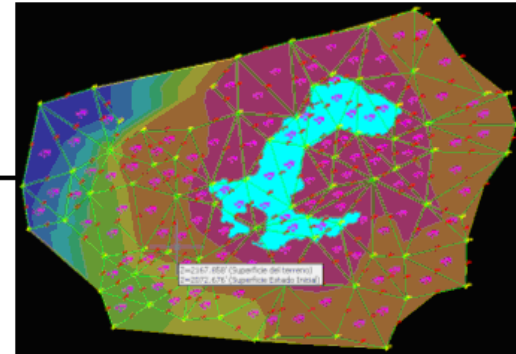


Ilustración del manejo de bases de datos y salidas gráficas



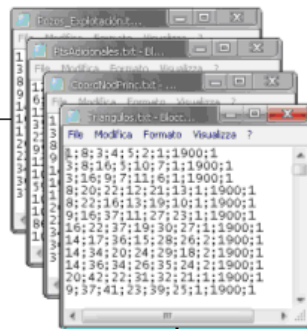
AQTRIGEO

Realización de la triangulación



Captación de resultados de AQUIMPE y producción de mapas (superficies)

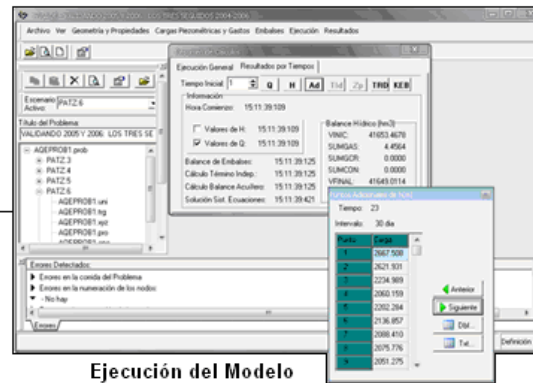
Producción de ficheros ASCII para AQUIMPE



ficheros ASCII

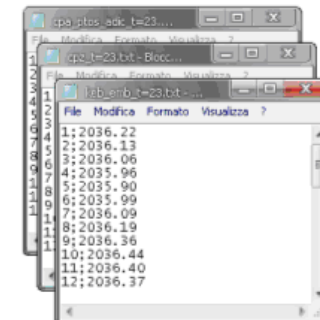
Entrada de datos espaciales y de atributos en AQUIMPE

INTEGRACIÓN



Ejecución del Modelo

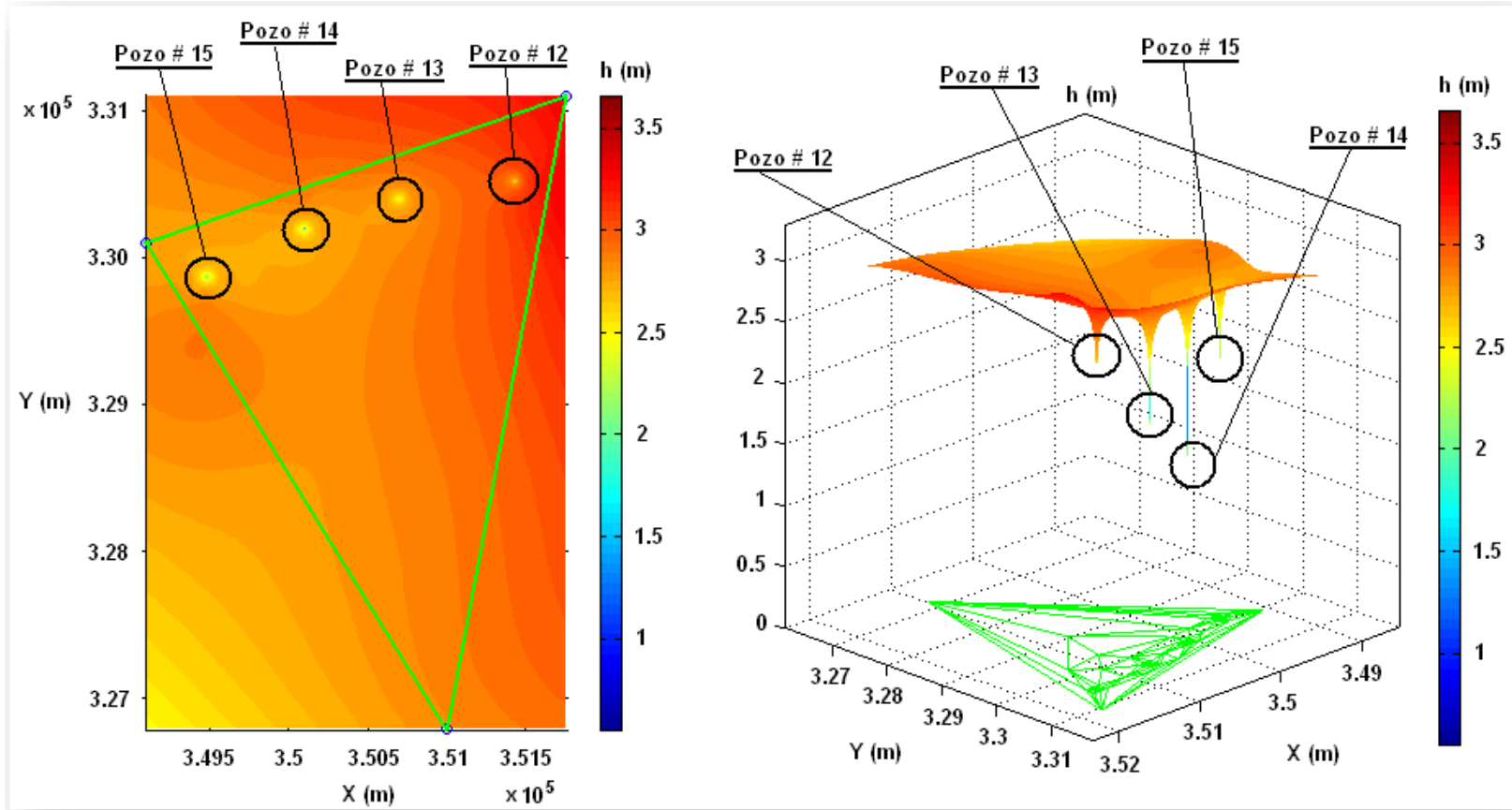
AQUIMPE



ficheros ASCII

Salida de ficheros ASCII de AQUIMPE

Salidas gráficas



Conclusiones



1- La aplicación de la Tecnología Aqüimpe permite lograr un mayor conocimiento del funcionamiento de las cuencas subterráneas, lo que facilita el manejo de estos recursos.

2- Mediante la modelación matemática de la Cuenca Sur se pudieron evaluar los efectos del Dique Sur de la Habana.

3- Las nuevas herramientas desarrolladas por el CIH complementan la tecnología Aqüimpe facilitando la comprensión del funcionamiento de los acuíferos.