

CI66J

**CI66J/CI71T
MODELACION DE AGUAS
SUBTERRANEAS**

**MODULO 1
INTRODUCCION A LOS MODELOS DE SIMULACION**



CI66J

- **INTRODUCCION**
- **CONCEPTO DE MODELO**
- **TIPOS DE MODELOS O APLICACIONES**
- **UTILIDAD DE LOS MODELOS**
- **ESCALAS DE MODELACION**
- **PERFIL DEL MODELADOR**



CI66J

¿QUE ES UN MODELO?

Una representación **simplificada** y **seleccionada** de un sistema real, la que reproduce en **forma aproximada** las **relaciones causa-efecto** de interés.

MAPA CARRETERO



CI66J



SIMPLIFICADA
SELECCIONADA
FORMA APROXIMADA
RELACIONES CAUSA EFECTO



- INTRODUCCION
- **CONCEPTO DE MODELO**
- TIPOS DE MODELOS O APLICACIONES
- UTILIDAD DE LOS MODELOS
- ESCALAS DE MODELACION
- PERFIL DEL MODELADOR



¿QUE ES UN MODELO DE AGUA SUBTERRANEA?

- Una **representación física, analógica, o matemática** que simplifica la compleja hidrología y química de un sitio seleccionado.
 - Utiliza sistemas de **tamaño más reducido** para estudiar temas de escurrimiento en aguas subterráneas, por ejemplo columnas de suelo.
 - Utiliza **analogías** con procesos o fenómenos diferentes para estudiar sistemas hidrogeológicos.
 - Utiliza las **ecuaciones** que gobiernan el flujo y conservación de la masa para simular flujo de agua y transporte de sustancias contaminantes.
- Se basa en **observaciones** del “mundo real” y percepciones del sitio seleccionado.



CI66J

¿QUE ES UN MODELO DE AGUA SUBTERRANEA?

IGWMC (1993) define un modelo como “una descripción matemática, no única, simplificada de un sistema de aguas subterráneas existente, codificado en un lenguaje de programación, junto con una cuantificación del sistema acuífero que incluya las condiciones de borde relevantes, los parámetros del sistema, así como las presiones o acciones sobre éste”.

International GroundWater Modelling Center

US DoE (1991) define un modelo como “una descripción simplificada de un sistema físico”.

US Department of Energy



CI66J

¿QUE ES UN MODELO DE AGUA SUBTERRANEA?

ASTM (1992) define un modelo de aguas subterráneas como “una aplicación de un modelo matemático para representar un sistema específico de flujo”.

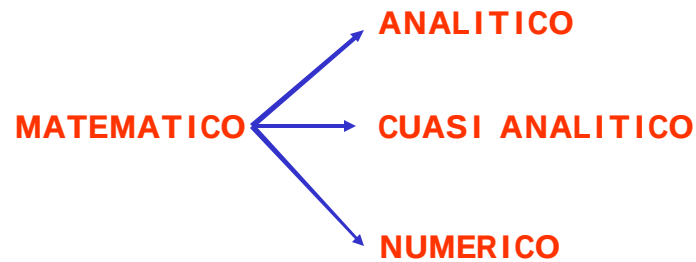
American Society of Testing and Materials

NRC (1992) lo define como una “réplica de un sistema del mundo real”.

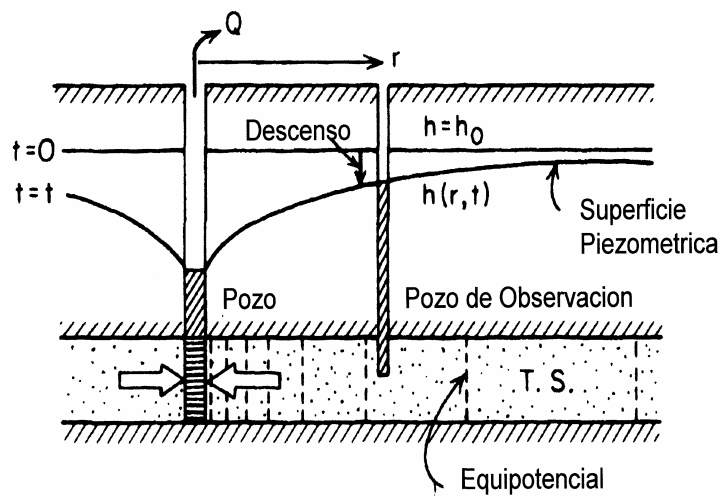
Nuclear Regulatory Commission



¿QUE ES UN MODELO NUMERICO DE AGUA SUBTERRANEA?



$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \cdot \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \cdot \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \cdot \frac{\partial h}{\partial z} \right) = S_s \cdot \frac{\partial h}{\partial t} \rightarrow h(x, y, z, t)$$

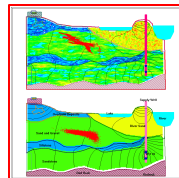
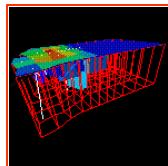


$$h(r) = h_0 - \frac{Q}{2 \cdot p \cdot T} \ln \left(\frac{R}{r} \right)$$

$$s(r) = \frac{Q}{2 \cdot p \cdot T} \ln \left(\frac{R}{r} \right)$$



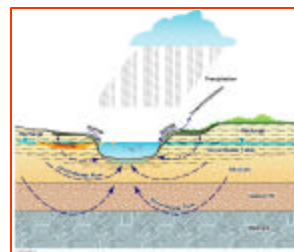
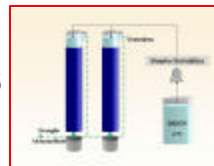
- INTRODUCCION
- CONCEPTO DE MODELO
- **TIPOS DE MODELOS O APLICACIONES**
 - IMPLEMENTACION
 - PROCESO
 - APLICACIONES
- UTILIDAD DE LOS MODELOS
- ESCALAS DE MODELACION
- PERFIL DEL MODELADOR



TIPOS DE MODELOS

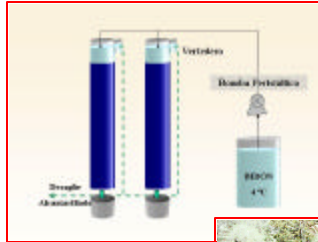
IMPLEMENTACION

Físico
Analógico
Conceptual
Matemático



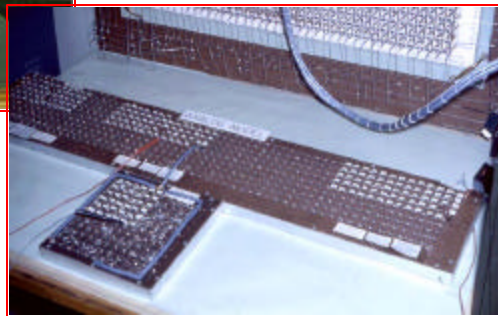
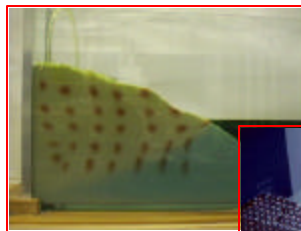
CI66J

FÍSICO: representa a escala la geometría y propiedades de los materiales de un sistema: maquetas en arquitectura y modelos hidráulicos de un canal o una central hidroeléctrica a escala.



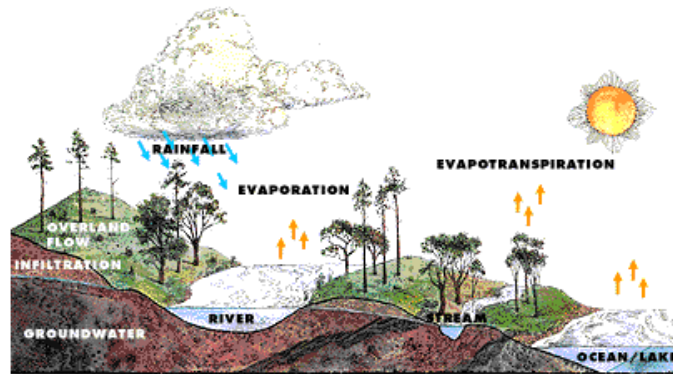
CI66J

ANALÓGICO: representan las propiedades del sistema a través de fenómenos diferentes pero que tiene un comportamiento similar: escurrimiento de agua subterránea y flujo de una corriente eléctrica en un conductor.



CI66J

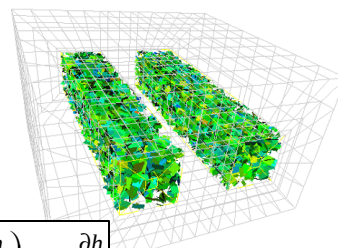
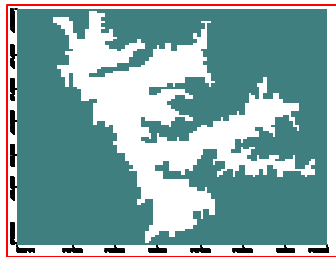
CONCEPTUAL: identifica las características más relevantes de un sistema, sin llegar a representarlas cuantitativamente. Se utilizan para tener una mejor comprensión del sistema real.



CI66J

MATEMATICO: relaciones principales entre elementos relevantes de un sistema se reemplazan por relaciones matemáticas que las representan en forma aproximada.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \cdot \frac{\partial C}{\partial x} - v_x \cdot C \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \cdot \frac{\partial C}{\partial y} - v_y \cdot C \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_z \cdot \frac{\partial C}{\partial z} - v_z \cdot C \right) = \frac{\partial C}{\partial t}$$



$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \cdot \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \cdot \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \cdot \frac{\partial h}{\partial z} \right) = S_s \cdot \frac{\partial h}{\partial t}$$

- INTRODUCCION
- CONCEPTO DE MODELO
- TIPOS DE MODELOS O APLICACIONES
 - IMPLEMENTACION
 - PROCESO
 - APLICACIONES
- UTILIDAD DE LOS MODELOS
- ESCALAS DE MODELACION
- PERFIL DEL MODELADOR



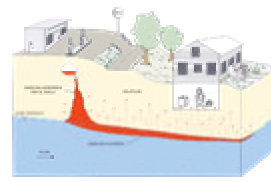
$$\frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \cdot \frac{\partial C}{\partial x} - v_x \cdot C \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \cdot \frac{\partial C}{\partial y} - v_y \cdot C \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_z \cdot \frac{\partial C}{\partial z} - v_z \cdot C \right) = \frac{\partial C}{\partial t}$$

TIPOS DE MODELOS



PROCESO

Flujo
Transporte



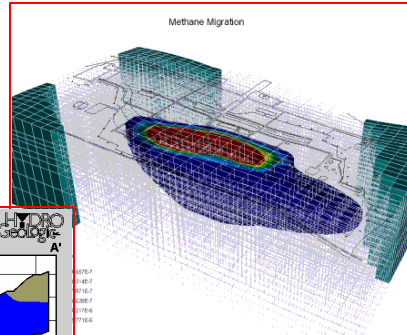
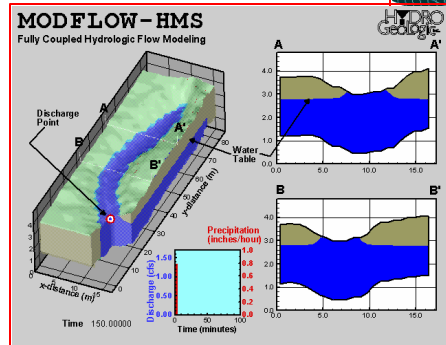
$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \cdot \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \cdot \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \cdot \frac{\partial h}{\partial z} \right) = S_s \cdot \frac{\partial h}{\partial t}$$

CI66J

TIPOS DE MODELO

TRANSPORTE

FLUJO



CI66J

- INTRODUCCION
- CONCEPTO DE MODELO
- TIPOS DE MODELOS O APLICACIONES
 - IMPLEMENTACION
 - PROCESO
 - APLICACIONES
- UTILIDAD DE LOS MODELOS
- ESCALAS DE MODELACION
- PERFIL DEL MODELADOR

CI66J

¿POSIBLES APLICACIONES DE MODELOS DE AGUA SUBTERRANEA?

PREDICTIVA

Se usan para predecir cambios futuros. Deben ser calibrados para representar zona de interés.

INTERPRETATIVA

Usados para interpretar la dinámica de un sistema y para mejorar conocimiento del mismo.

GENERICA

Analizar condiciones hipotéticas para comprender fenómenos.



CI66J

- INTRODUCCION
- CONCEPTO DE MODELO
- TIPOS DE MODELOS O APLICACIONES
- **UTILIDAD DE LOS MODELOS**
- ESCALAS DE MODELACION
- PERFIL DEL MODELADOR



POTENCIALES APLICACIONES DE MODELOS DE AGUA SUBTERRANEA

•Manejo o gestión de recursos hídricos

Determinar tasas de bombeo máximas en un sector
Calcular áreas de protección del agua subterránea

•Predecir impactos sobre el agua subterránea a través de casos estudio

Influencia de una presa sobre el flujo regional de agua subterránea
Analizar drenaje del pit de una mina

•Diseñar y optimizar sistemas de remediación

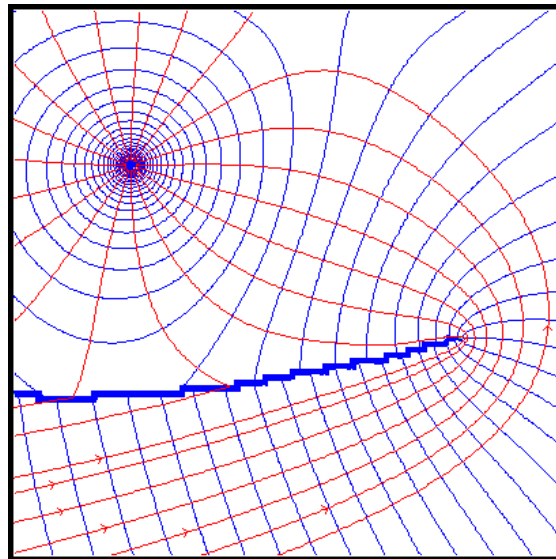
•Analizar riesgos ambientales

Determinar dirección más probable de una pluma de contaminante

•Mejorar conocimiento de la hidrogeología

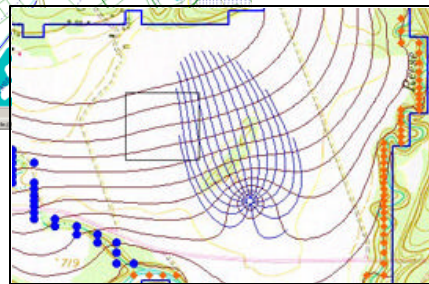
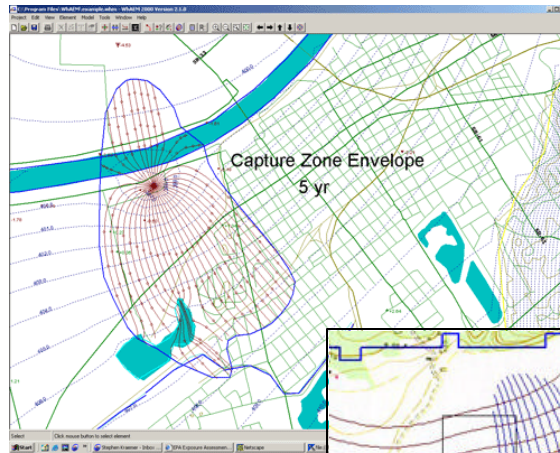


POZOS DE BOMBEO



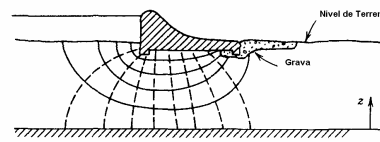
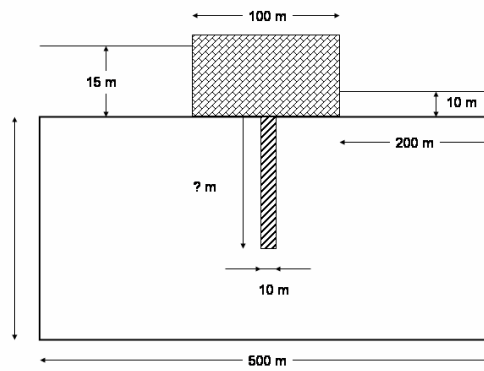
CI66J

PERIMETROS DE PROTECCION



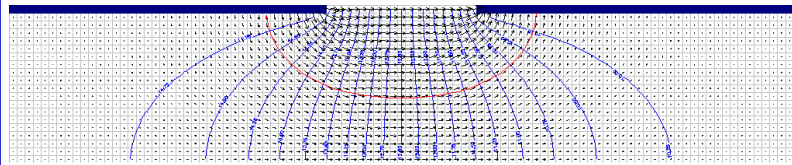
CI66J

FLUJO BAJO UN MURO DE EMBALSE

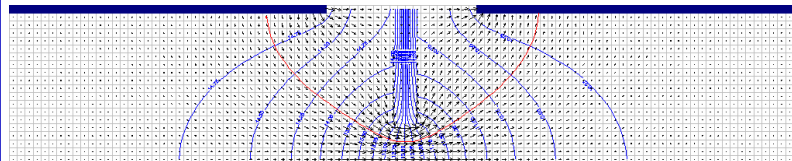


CI66J

FLUJO BAJO UN MURO DE EMBALSE



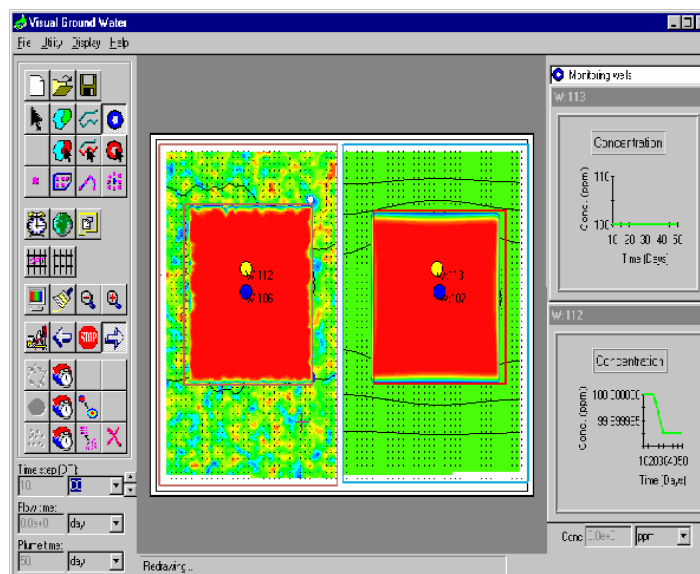
L = 0 m

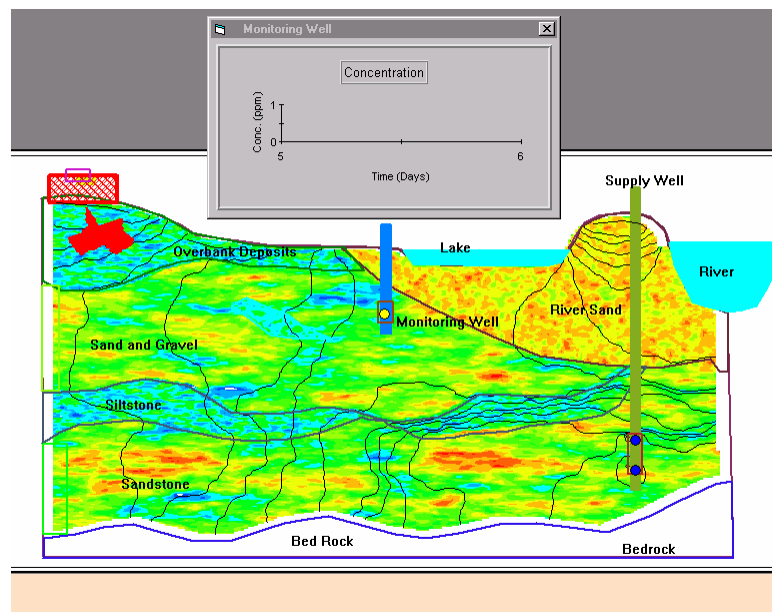
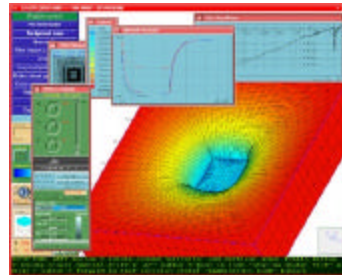
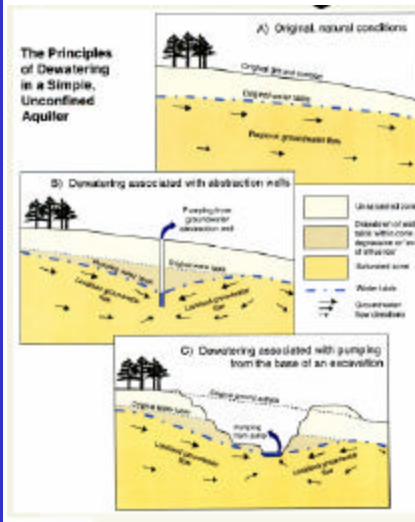


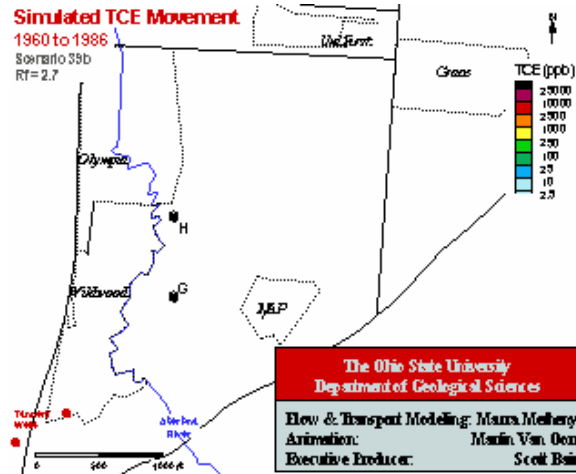
L = 75 m

CI66J

SISTEMA DE REMEDIACION





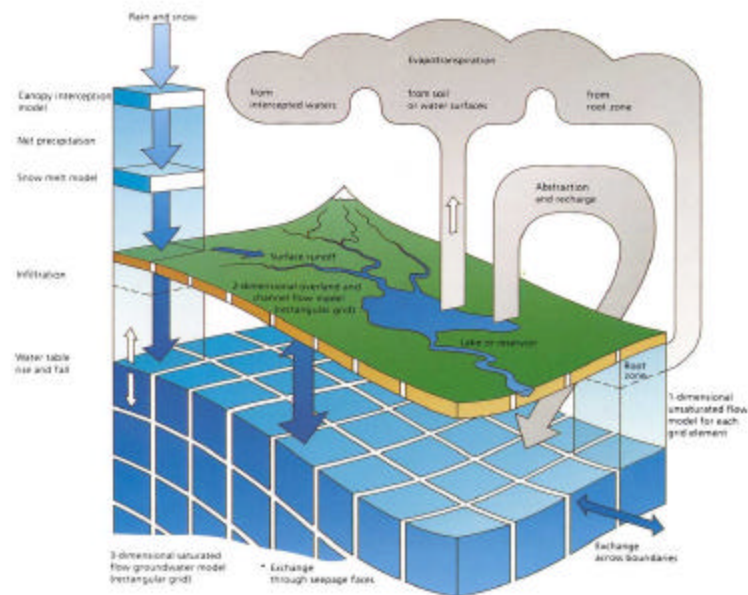


Contaminación por TCE
Woburn, Ma

MODELACION COMO HERRAMIENTA DE GESTION

- La **gestión o manejo de recursos hídricos** requiere de herramientas adecuadas para estimar las consecuencias de las decisiones adoptadas, tanto en términos económicos, técnicos, como ambientales.
- Una parte esencial de un adecuado proceso de toma de decisiones implica conocer la **respuesta del sistema** antes de llevar a cabo la **acción o estrategia** seleccionada.
- Modelación numérica de recursos hídricos (flujo y transporte) es **una herramienta** utilizada para informar al tomador de decisiones sobre las consecuencias de determinada acción sobre la cantidad y calidad del recurso hídrico.

- INTRODUCCION
- CONCEPTO DE MODELO
- TIPOS DE MODELOS O APLICACIONES
- UTILIDAD DE LOS MODELOS
- **ESCALAS DE MODELACION**
- PERFIL DEL MODELADOR



- INTRODUCCION
- CONCEPTO DE MODELO
- TIPOS DE MODELOS O APLICACIONES
- UTILIDAD DE LOS MODELOS
- ESCALAS DE MODELACION
- **PERFIL DEL MODELADOR**



¿PERFIL DEL MODELADOR (1970-1990)?

 Experto en FORTRAN.
Experto en métodos numéricos y ecuaciones diferenciales parciales.

Podía reducir fácilmente un problema complejo en 3D (heterogéneo) a un modelo simple en 2D (homogéneo).

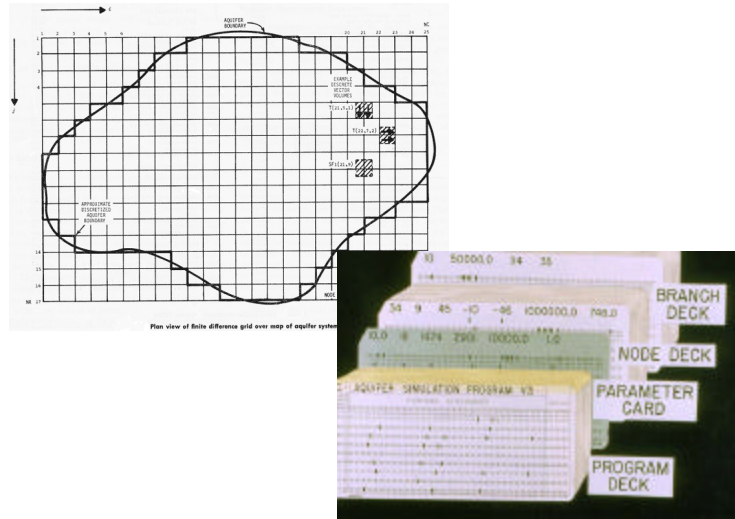
Poca experiencia en hidrogeología y métodos de terreno.

Manejo de mucha información impresa y compleja de digerir.
Pensamiento abstracto.



CI66J

¿PERFIL DEL MODELADOR (1970-1990)?

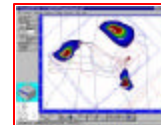


CI66J

¿PERFIL DEL MODELADOR (1990-)?

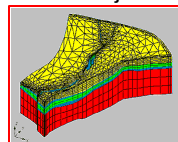
Herramientas visuales

- Definir geometrías
- Incorporar parámetros
- Incluir condiciones de borde
- Herramientas para apoyar proceso de calibración
- Salidas gráficas



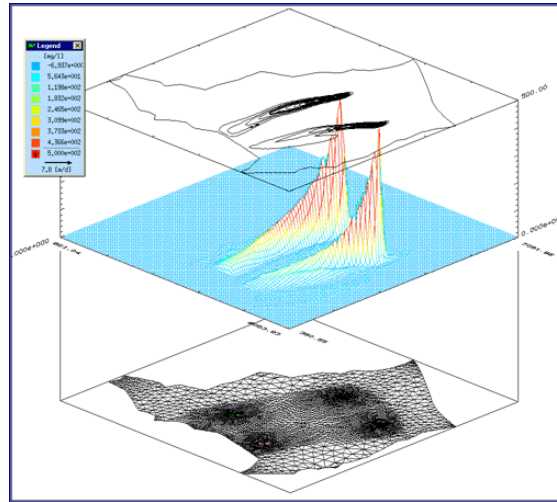
Resultados

- Modelación hidrogeológica puede ser abordada por hidrogeólogos.
- Mejores modelos conceptuales
- Mejor comprensión de los resultados de un modelo



CI66J

¿PERFIL DEL MODELADOR (1990-)?



CI66J

¿PERFIL DEL MODELADOR (1990-)?

