



fcfm

Ingeniería

UNIVERSIDAD DE CHILE

Introducción a VISUAL MODFLOW

Julio Cornejo

Departamento de Ingeniería Civil
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

- **INTRODUCCION**
- **VISUAL MODFLOW**
 - GENERAL
 - MALLA
 - PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS
 - ACCIONES EXTERNAS
 - CONDICIONES DE BORDE
 - CONDICIONES INICIALES
 - ZONAS DE BALANCE
 - OPERACIÓN
 - SALIDAS DE LA MODELACIÓN
- **FORTALEZAS/DEBILIDADES**



INTRODUCCION

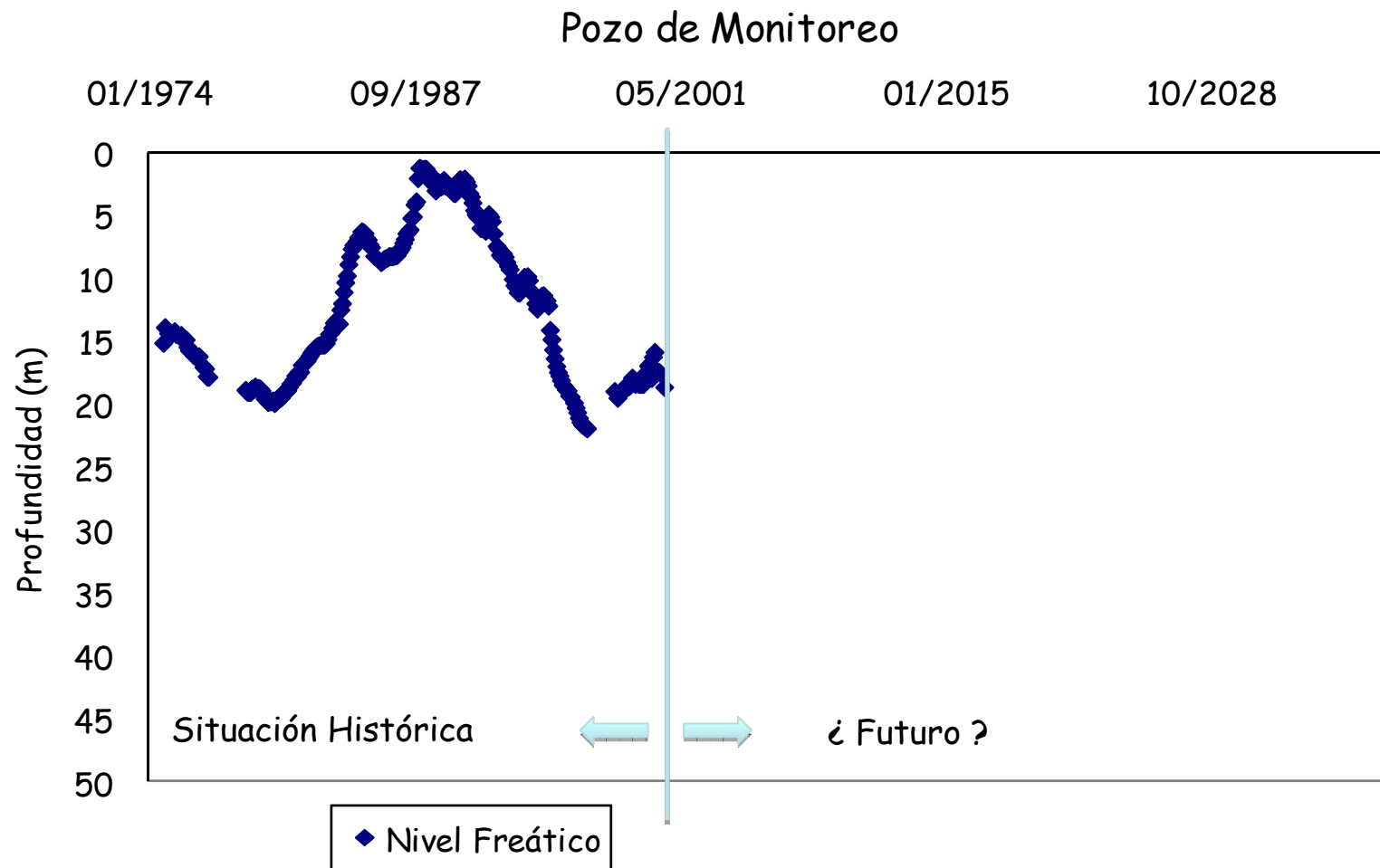
El modelo utilizado en este curso, **Visual MODFLOW**, es una herramienta computacional muy útil y fácil de operar, por sus características visuales y de manejo de datos.

Como descripción general de este modelo se puede mencionar que es capaz de abordar simulaciones del flujo de aguas subterráneas en tres dimensiones, las cuales en conjunto con una serie de paquetes que posee el programa (M3TD y RT3D) permiten abordar problemas de transporte de contaminantes.

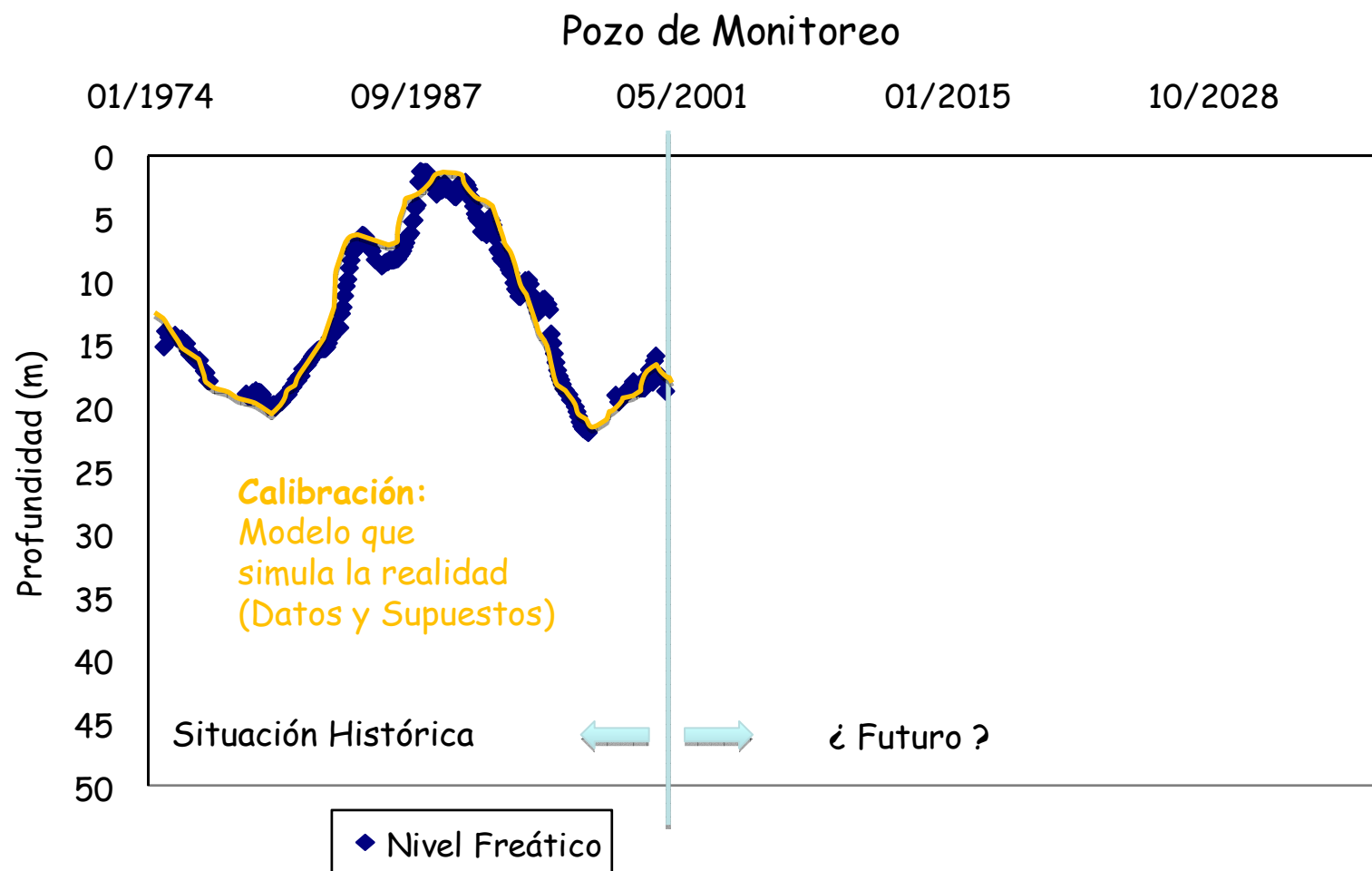
Presenta ventajas en la representación gráfica de los sistemas a modelar, facilitando la entrada de datos para definir el escenario de simulación.



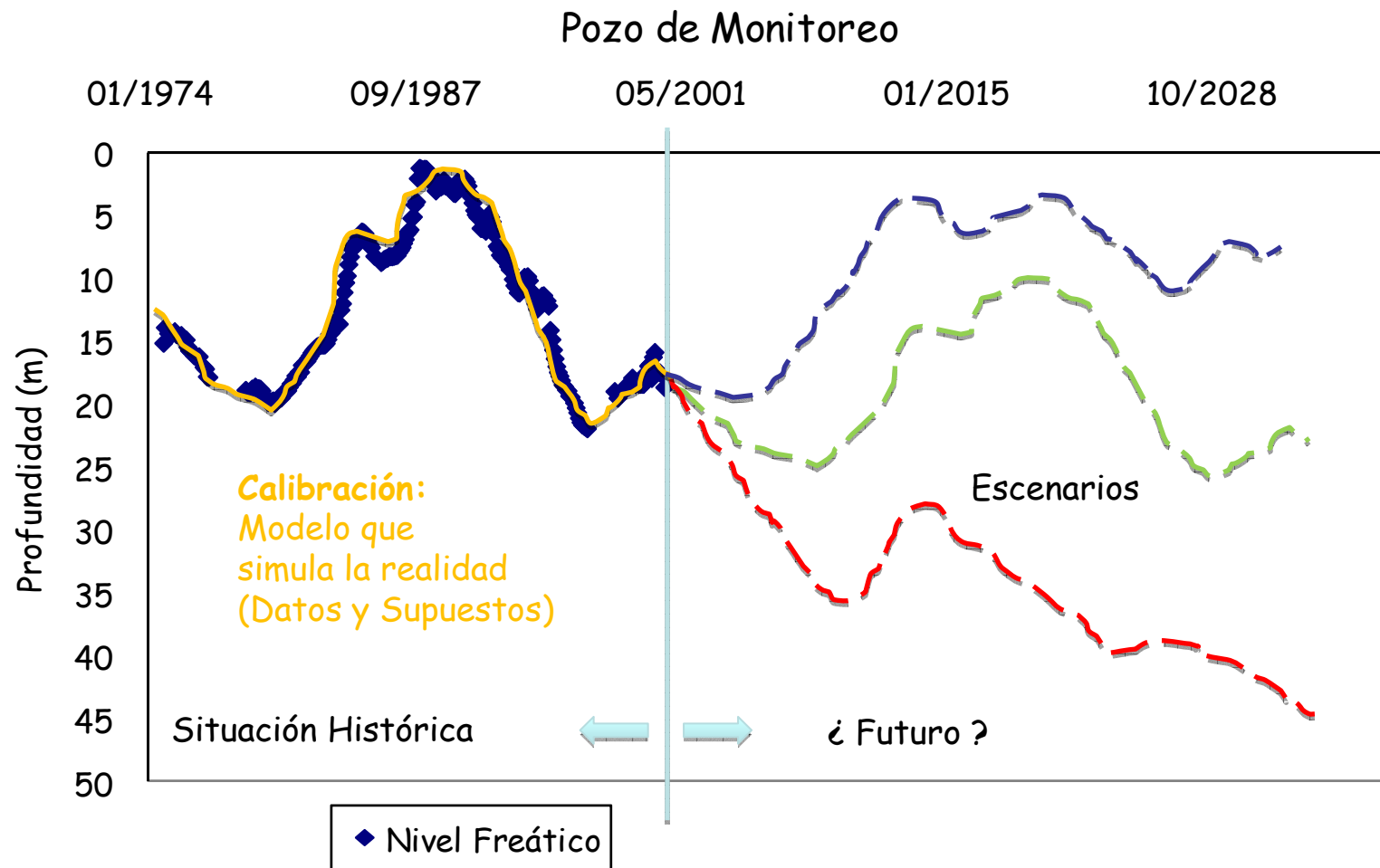
INTRODUCCION



INTRODUCCION



INTRODUCCION



INTRODUCCION

Como con todo modelo numérico el objetivo de la modelación de un sistema hídrico subterráneo con **Visual MODFLOW** es la obtención de los siguientes resultados:

- evolución de los niveles de agua subterránea, $h(x,y,z,t)$.
- velocidades de flujo en el entorno definido como zona de interés, $v(x,y,z,t)$.

Es uno de los modelos más utilizados y reconocidos internacionalmente en el área de la hidrogeología para la simulación de flujo.



- INTRODUCCION
- **VISUAL MODFLOW**
 - GENERAL
 - MALLA
 - PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS
 - ACCIONES EXTERNAS
 - CONDICIONES DE BORDE
 - CONDICIONES INICIALES
 - ZONAS DE BALANCE
 - OPERACIÓN
 - SALIDAS DE LA MODELACIÓN
- FORTALEZAS/DEBILIDADES

VISUAL MODFLOW

Un modelo capaz de resolver el problema de flujo de aguas subterráneas en tres dimensiones es MODFLOW, el cual fue desarrollado por McDonald y Harbaugh pertenecientes al U.S. Geological Survey (1988).

Visual MODFLOW es un producto comercial, desarrollado por Waterloo Hydrogeologic Inc., que permite resolver problemas de flujo en tres dimensiones. El programa permite una interacción con el usuario muy amigable, mediante un sistema gráfico con diversas ventanas, en donde el usuario puede ingresar gran parte de la información visualmente, asignando dentro del mismo modelo las propiedades del sistema que se requiere simular.



VISUAL MODFLOW

USGS



BAS, DRN, RIV,
RCH, WEL, CHD
LAK, OBS



MODFLOW-88
MODFLOW-96
MODFLOW-2000
MODFLOW-2005
MODFLOW-SURFACT



SOLVER: SIP, PCG, GMG



ARCHIVO.HDS



POST PROCESADORES
E INTERFACES GRAFICAS



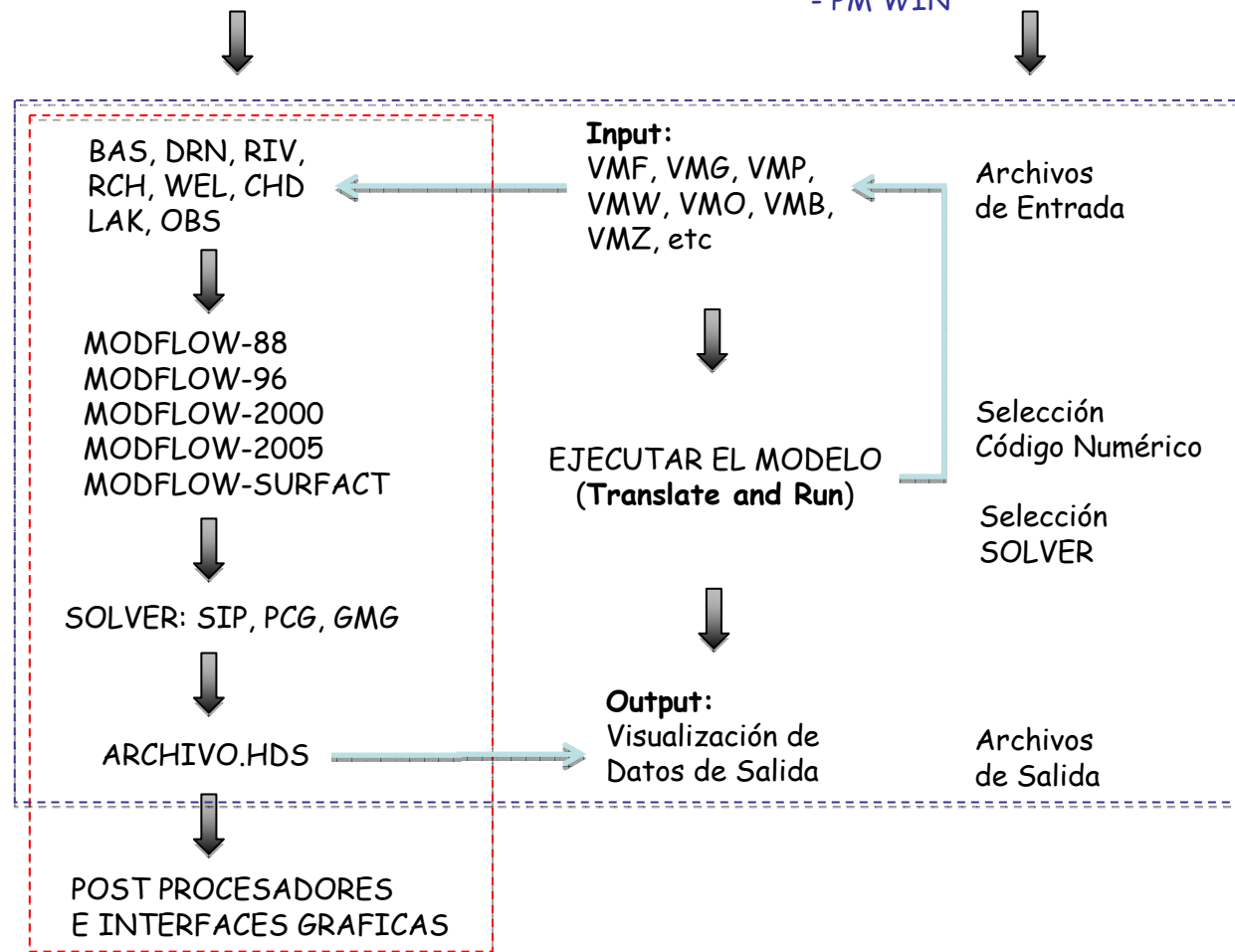
Diploma de Postítulo: Hidrogeología Aplicada a la Minería y Medio Ambiente

VISUAL MODFLOW

Software Comerciales de Agua Subterránea

- VISUAL MODFLOW
- GROUNDWATER VISTAS
- GROUNDWATER MODELING SYSTEM
- PM WIN

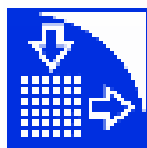
USGS



VISUAL MODFLOW

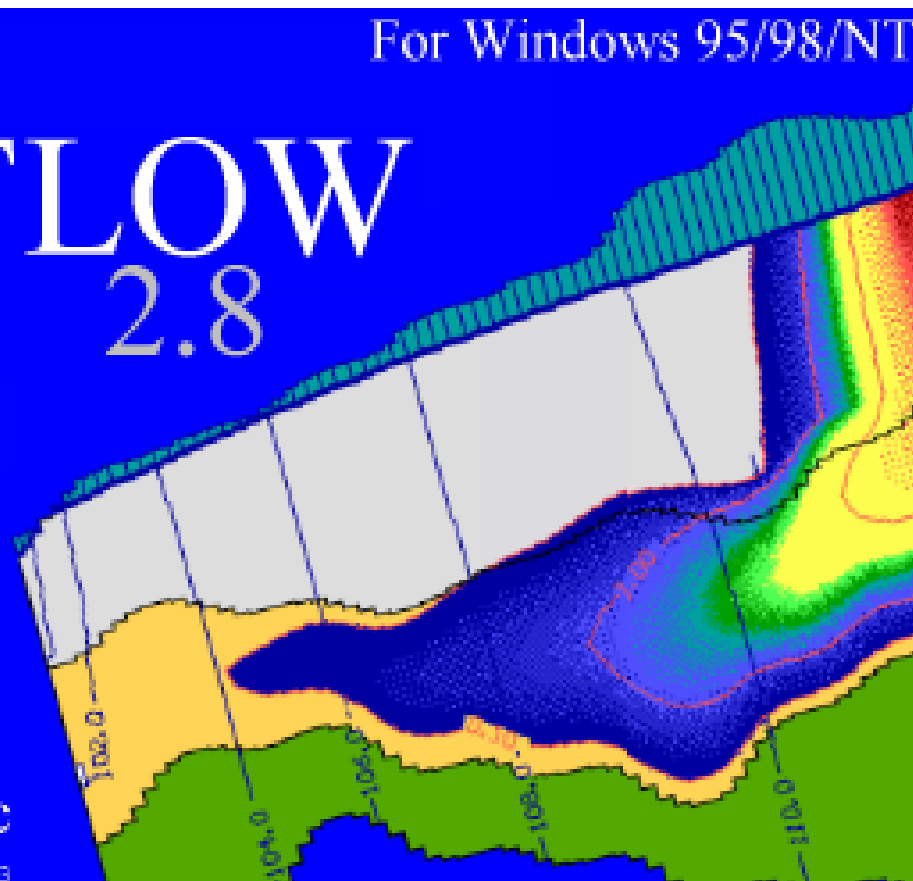
Visual MODFLOW 2.8

For Windows 95/98/NT



SOFTWARE • CONSULTING • TRAINING

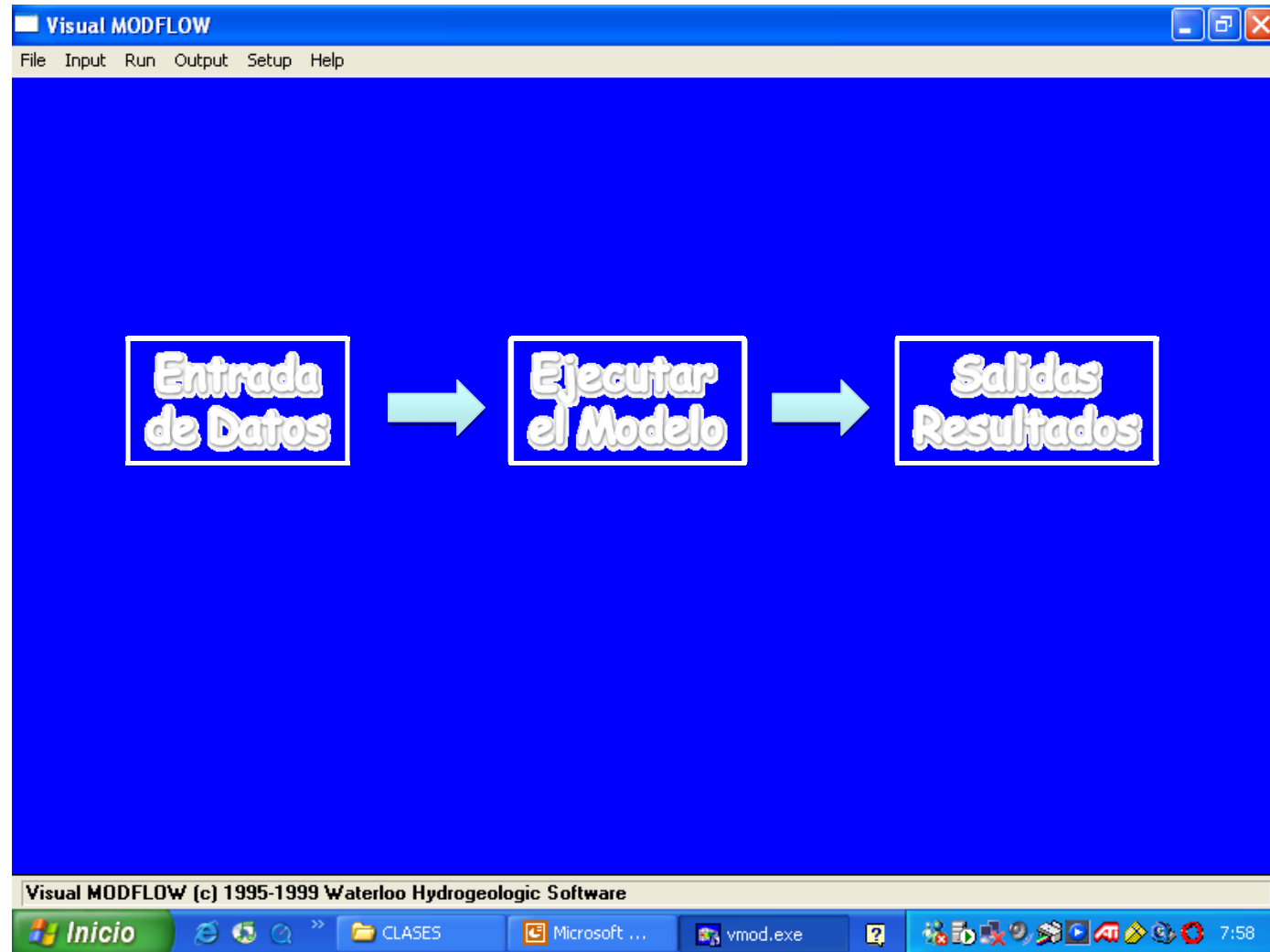
waterloo
hydrogeologic



Diploma de Postítulo: Hidrogeología Aplicada a la Minería y Medio Ambiente

VISUAL MODFLOW

Menú Principal



- INTRODUCCION
- VISUAL MODFLOW
 - GENERAL
 - MALLA
 - PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS
 - ACCIONES EXTERNAS
 - CONDICIONES DE BORDE
 - CONDICIONES INICIALES
 - ZONAS DE BALANCE
 - OPERACIÓN
 - SALIDAS DE LA MODELACIÓN
- FORTALEZAS/DEBILIDADES



MODELO HIDROGEOLÓGICO

Definición de la Malla

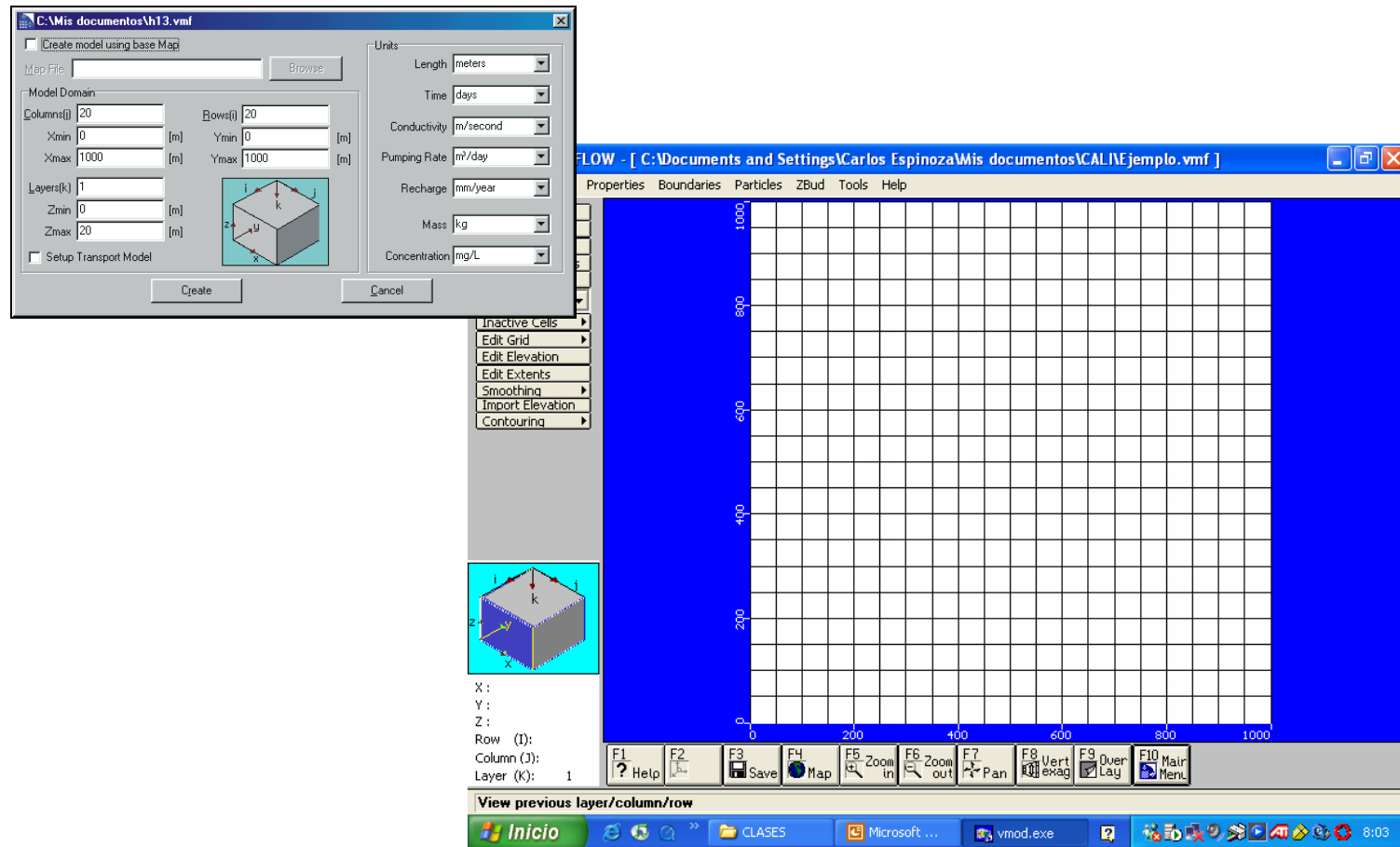
Para la creación de un nuevo modelo de simulación numérico Visual MODFLOW posee dos alternativas para iniciar una simulación:

ALTERNATIVA 1

Definir dentro de Visual MODFLOW la geometría del sistema, indicando las dimensiones en planta de la zona y luego el número de columnas, filas y las capas. Esta opción es utilizada principalmente para desarrollar modelos conceptuales y teóricos, modelos de carácter local como el diseño de pruebas de bombeo y sistemas de drenaje.

MODELO HIDROGEOLÓGICO

Definición de la Malla



MODELO HIDROGEOLÓGICO

Definición de la Malla

Para la creación de un nuevo modelo de simulación numérico Visual MODFLOW posee dos alternativas para iniciar una simulación:

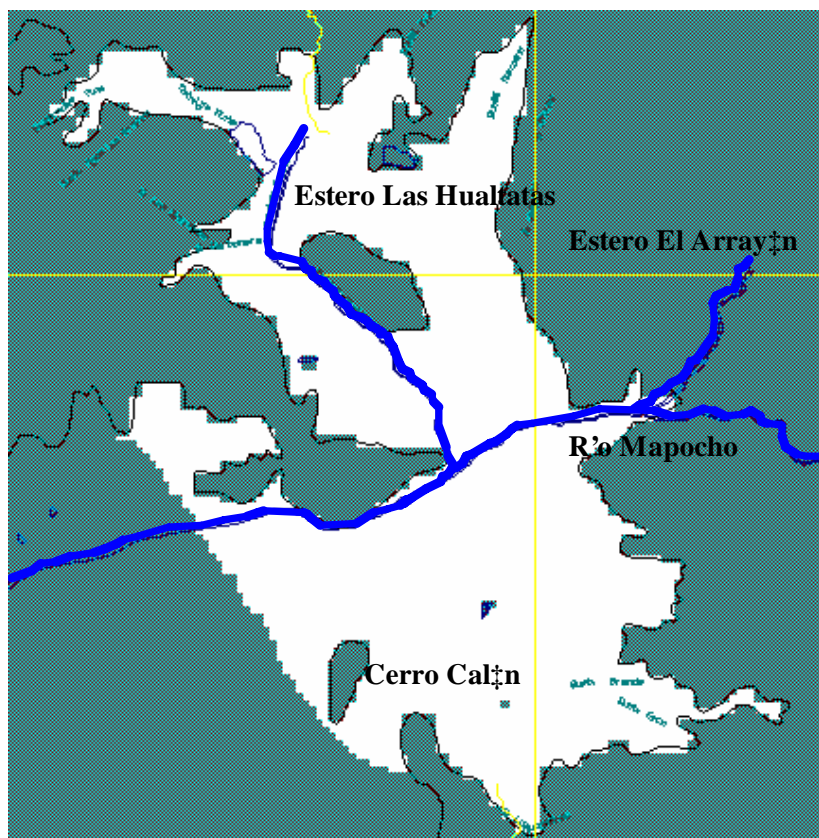
ALTERNATIVA 2

Importar un plano del sector a modelar preexistente, el cual debe ser un archivo *.DXF, que corresponde a un formato del programa de dibujo AUTOCAD o *.BMP (Imagen), y luego definir dentro del modelo el número de columnas, filas y capas del sistema, especificando cota mínima (Z_{\min}) y cota máxima (Z_{\max}).



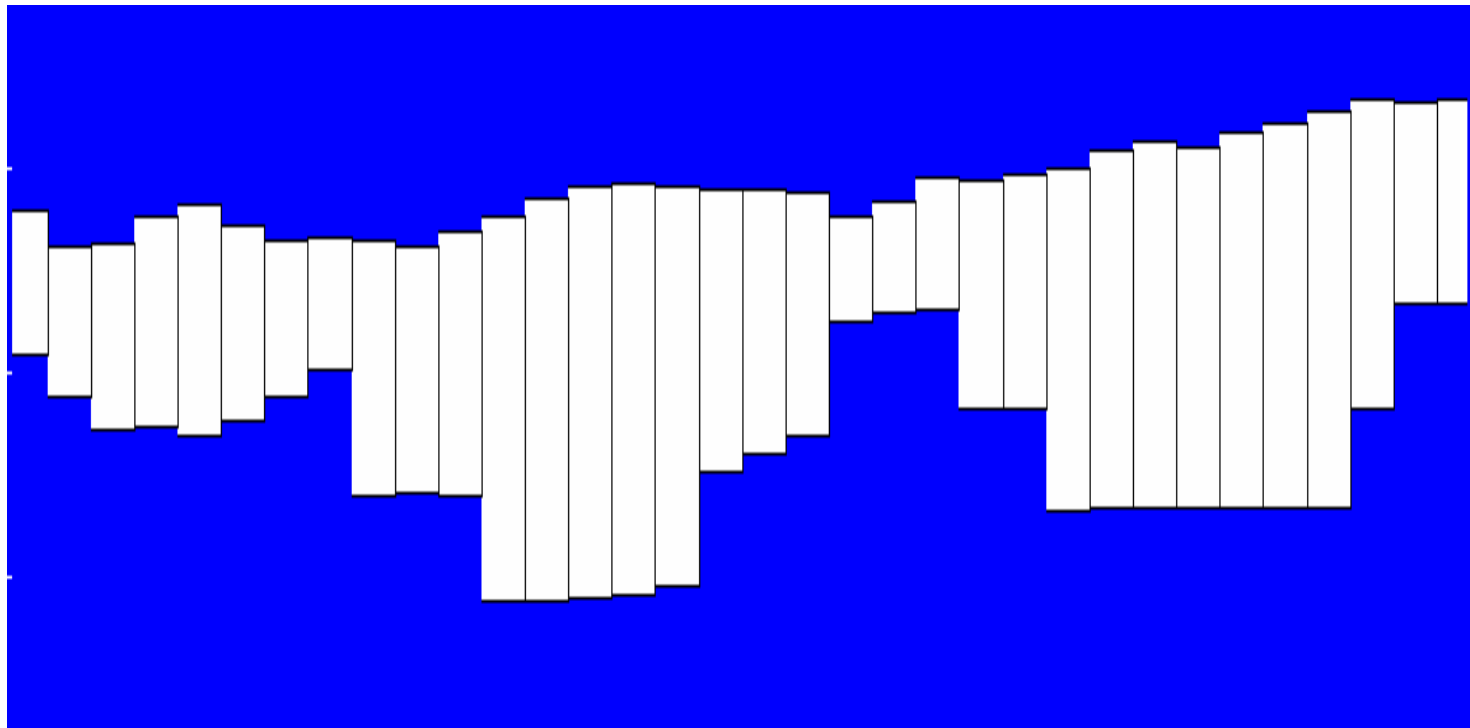
MODELO HIDROGEOLÓGICO

Geometría del Acuífero y Definición de la Malla



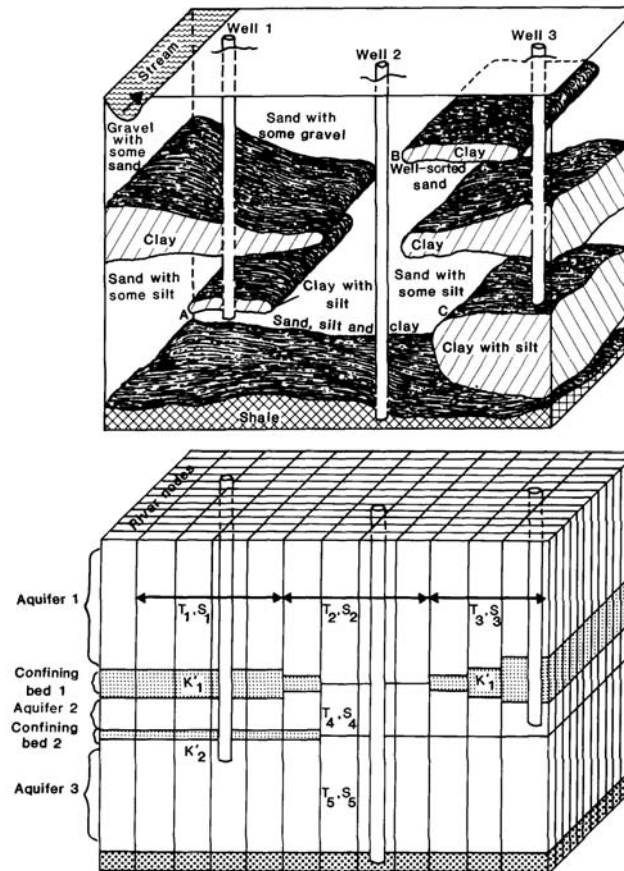
MODELO HIDROGEOLÓGICO

Geometría del Acuífero y Definición de la Malla



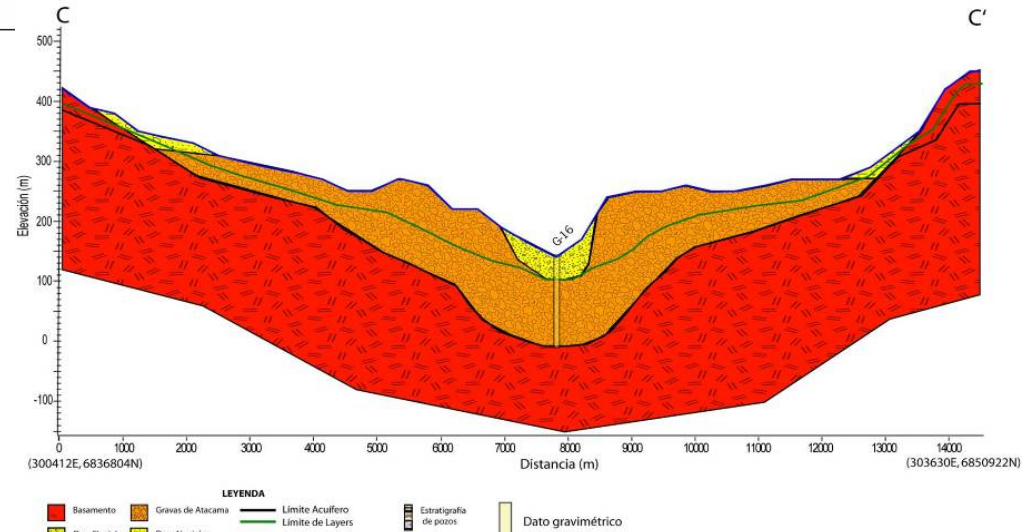
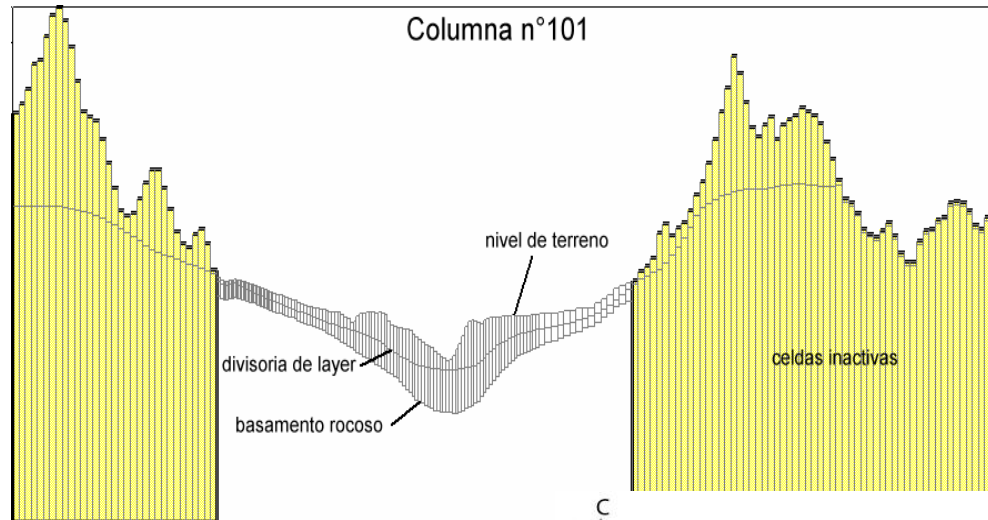
MODELO HIDROGEOLÓGICO

Definición de una Geometría más Compleja



MODELO HIDROGEOLÓGICO

Definición de una Geometría más Compleja



MODELO HUASCO

Diploma de Postítulo: Hidrogeología Aplicada a la Minería y Medio Ambiente



- INTRODUCCION
- VISUAL MODFLOW
 - GENERAL
 - MALLA
 - **PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS**
 - ACCIONES EXTERNAS
 - CONDICIONES DE BORDE
 - CONDICIONES INICIALES
 - ZONAS DE BALANCE
 - OPERACIÓN
 - SALIDAS DE LA MODELACIÓN
- FORTALEZAS/DEBILIDADES

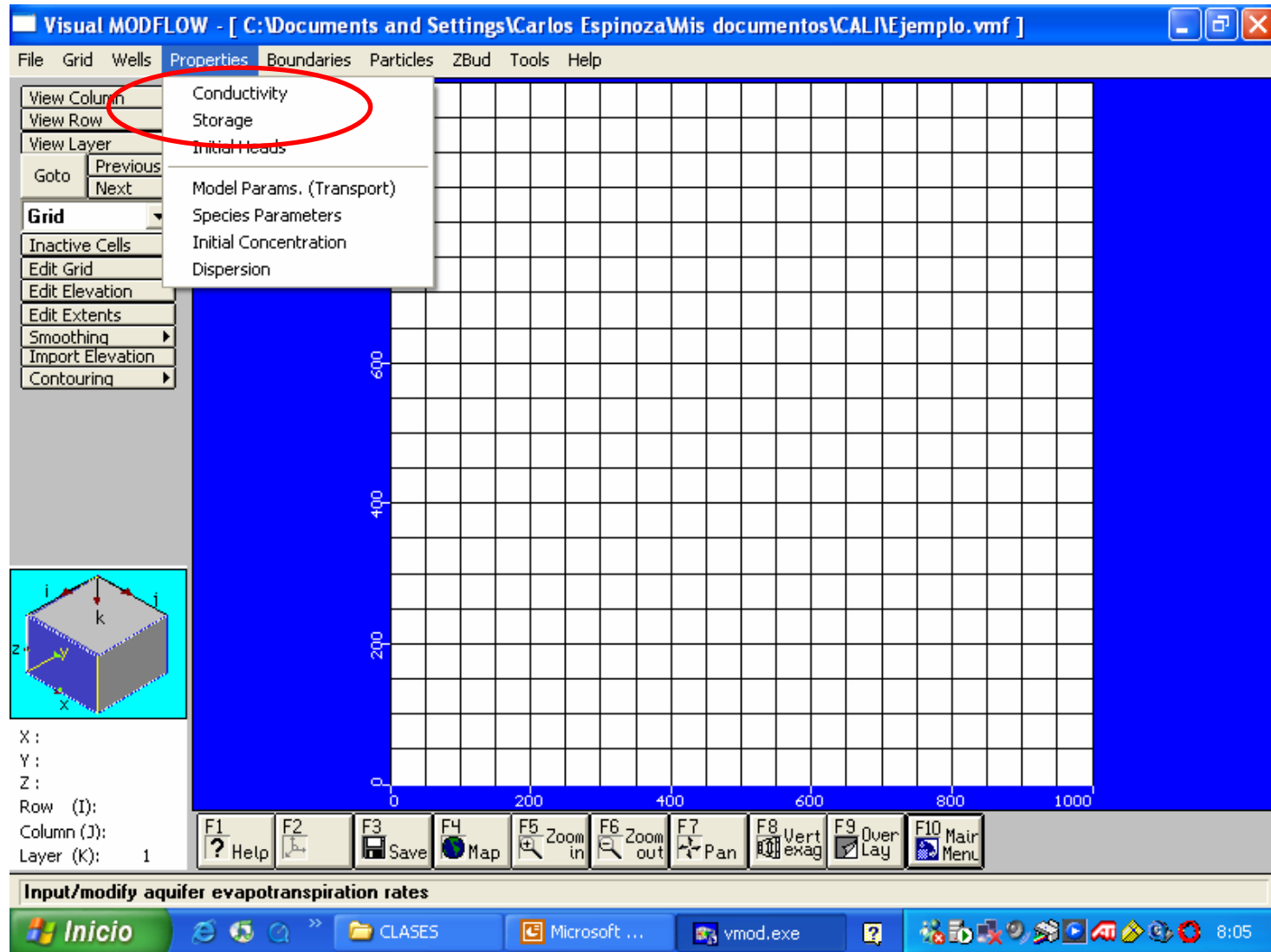


PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS

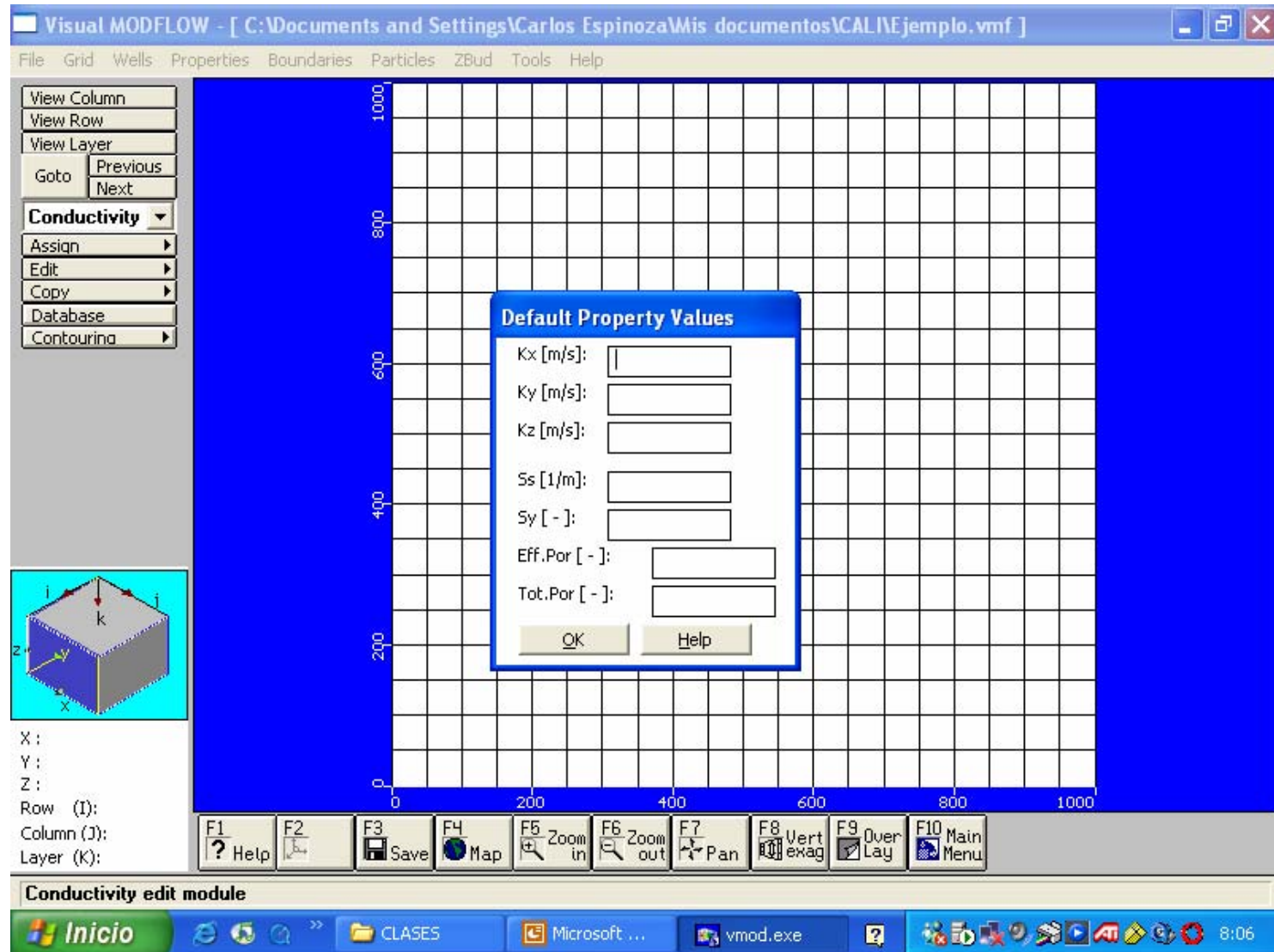
Las propiedades físicas a describir son la conductividad hidráulica (K) y el coeficiente de almacenamiento (S) en cada acuífero, y la conductancia hidráulica vertical (K_i'/b_i') entre distintos acuíferos.

- Conductividad Hidráulica (K)
- Almacenamiento Específico (S_s)
- Capacidad Específica (S_y)
- Porosidad Total
- Porosidad Efectiva (Eff.Por)

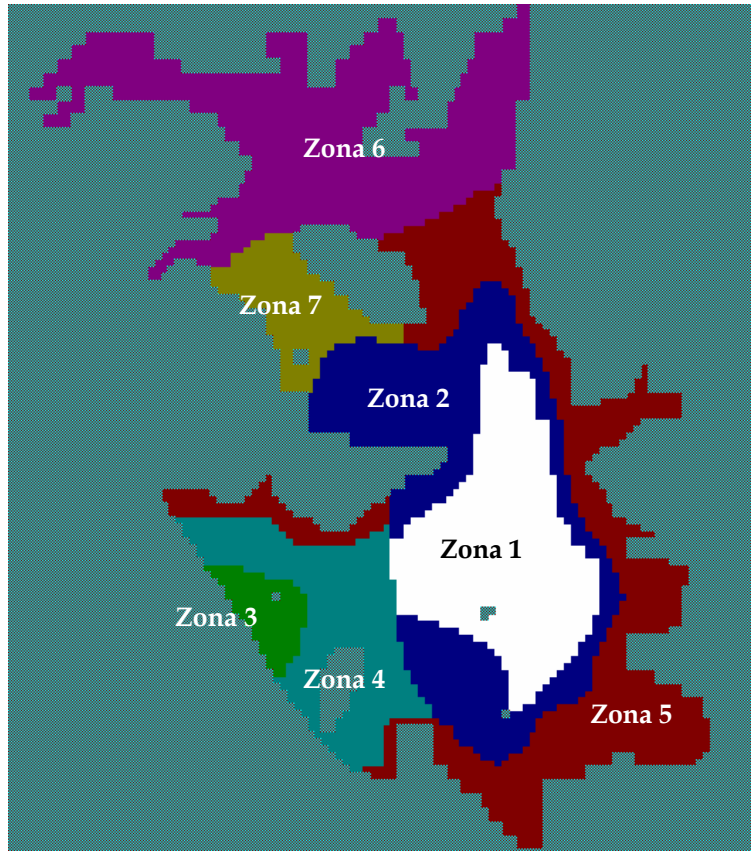
PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS



PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS



PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS



Zona	k_x (m/s)	k_y (m/s)	Sy
1	0.000015	0.000015	0.15
2	0.000055	0.000055	0.25
3	0.000025	0.000025	0.25
4	0.000015	0.000015	0.15
5	0.0001	0.0001	0.05
6	0.001	0.001	0.1
7	0.0001	0.0001	0.05

- INTRODUCCION
- VISUAL MODFLOW
 - GENERAL
 - MALLA
 - PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS
 - **ACCIONES EXTERNAS**
 - CONDICIONES DE BORDE
 - CONDICIONES INICIALES
 - ZONAS DE BALANCE
 - OPERACIÓN
 - SALIDAS DE LA MODELACIÓN
- FORTALEZAS/DEBILIDADES



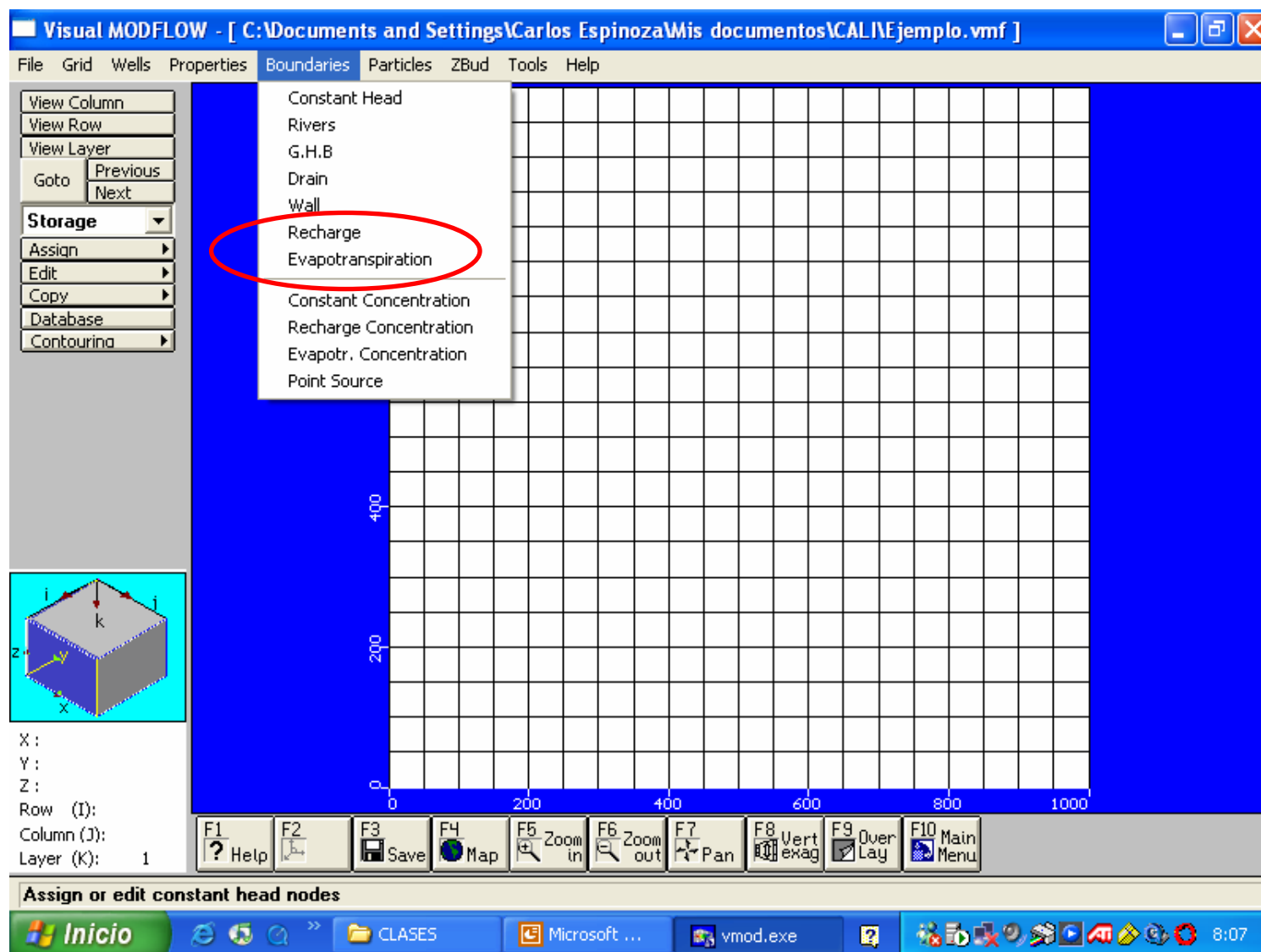
ACCIONES EXTERNAS

Las dos acciones externas que se debe considerar en un modelo de simulación de aguas subterráneas son "la recarga y la extracción".

La recarga se obtiene mediante el balance hídrico. Debe evaluarse no sólo la recarga natural sino además el volumen recargado por riego o por mecanismos artificiales. No se incluye el efecto de recargas en cursos de agua, ya que estas se indican en las condiciones de borde.

La extracción incluye aquella realizada mediante pozos de bombeo como también aquella que ocurre por otros mecanismos como la evapotranspiración.

ACCIONES EXTERNAS



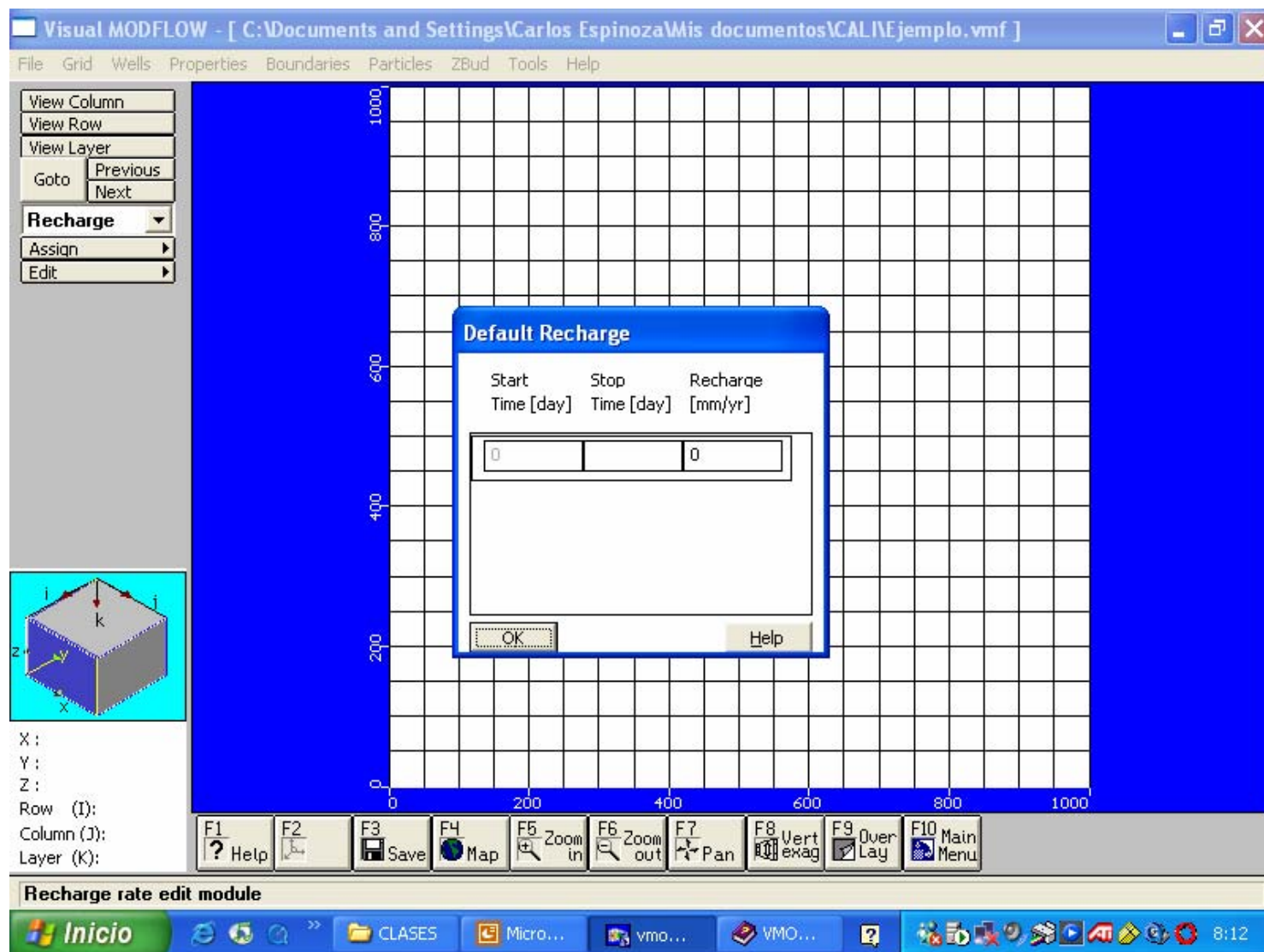
RECARGA SUPERFICIAL

Las áreas de recarga más comunes ocurren por efectos de la precipitación, la cual percola y se incorpora al sistema de aguas subterráneas.

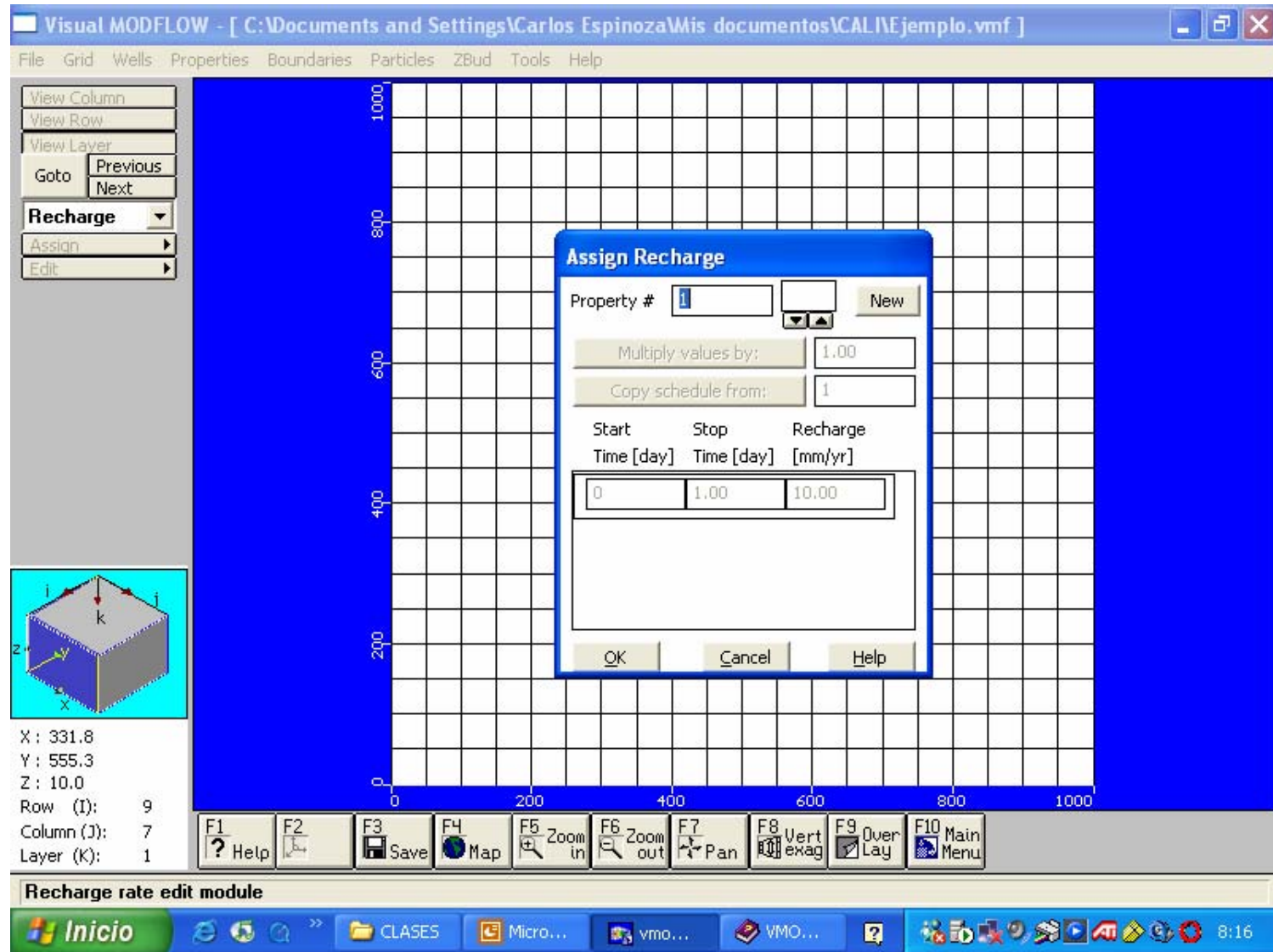
Mediante Visual MODFLOW es posible simular la recarga de otras fuentes, tales como recargas artificiales (Visual MODFLOW User's Manual).

Para asignar la recarga a las celdas seleccionadas sólo se debe ingresar el tiempo inicio, el tiempo fin y el valor de la recarga.

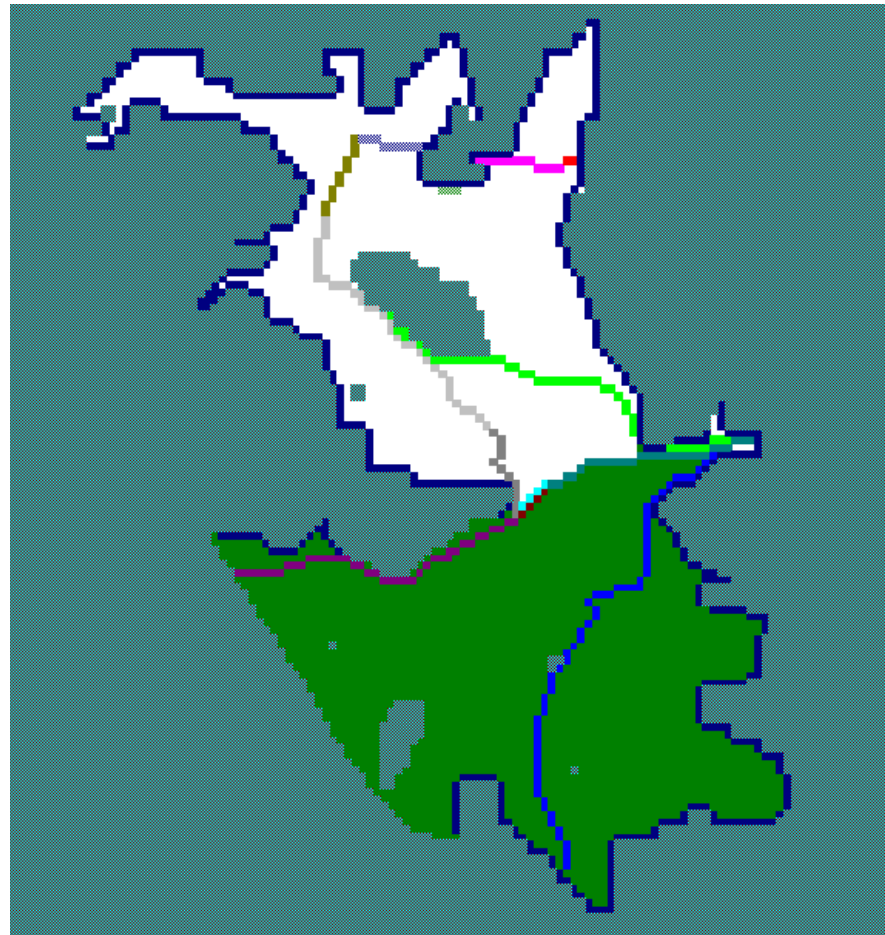
RECARGA SUPERFICIAL



RECARGA SUPERFICIAL



RECARGA SUPERFICIAL



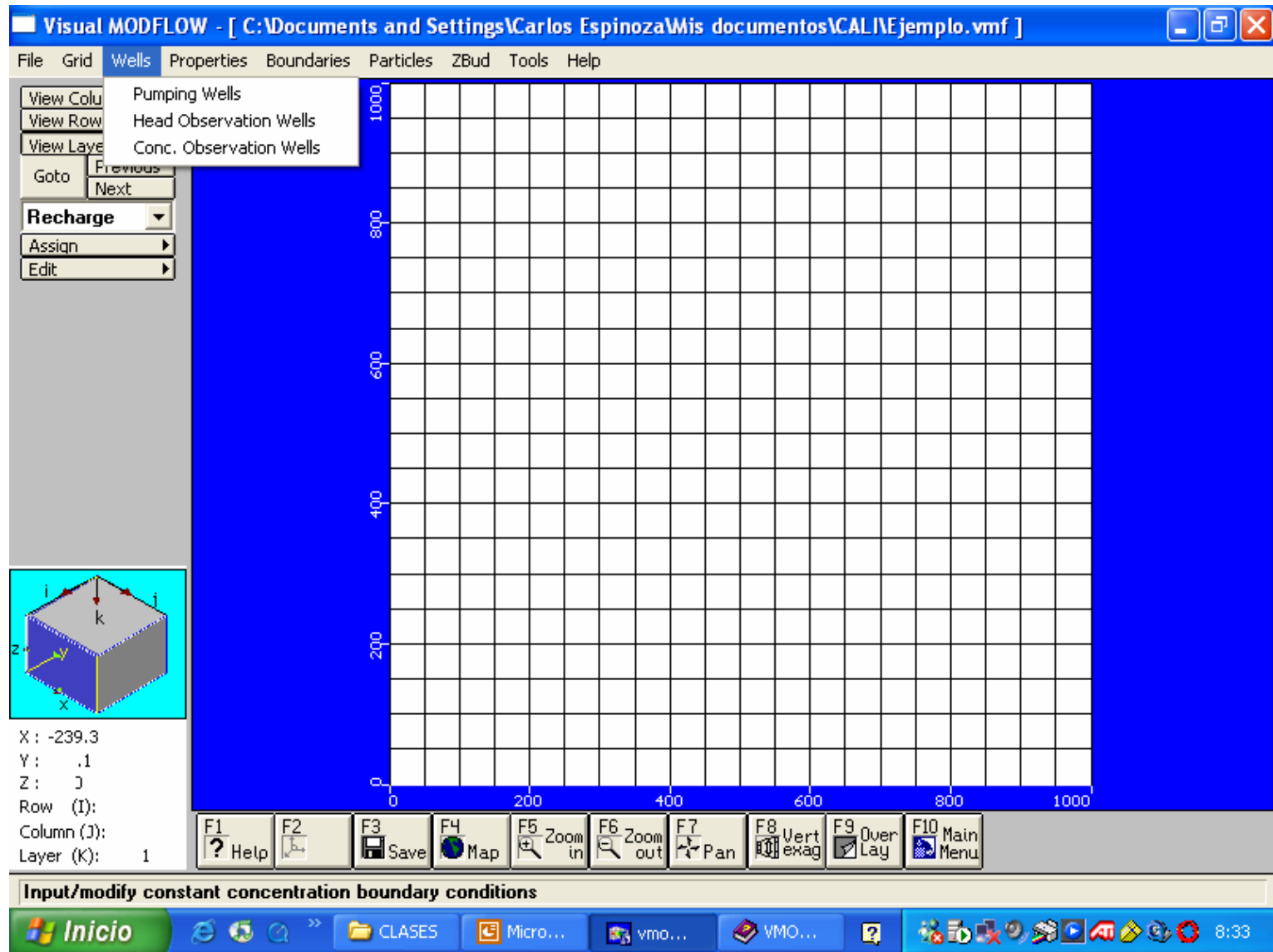
- Recarga Lluvia
- Infiltración Riego
- Pérdidas del Agua Potable
- Pérdidas Alcantarillado
- Infiltración desde Canales
- Recarga Lateral

POZOS BOMBEO - OBSERVACION

Un aspecto importante en la modelación de un determinado sistema es la incorporación de pozos de bombeo o recarga. Visual MODFLOW permite incorporar (o eliminar) pozos en forma gráfica. Los tipos de pozos que se pueden definir en Visual MODFLOW son:

- Pozos de extracción:** Se definen asignando una tasa de extracción negativa.
- Pozos de inyección:** Se definen asignando una tasa de extracción positiva.
- Pozos de observación:** Estos pozos pueden ser utilizados como puntos de observación para las cargas hidráulicas.

POZOS BOMBEO - OBSERVACION



POZOS BOMBEO - OBSERVACION

- Nombre Pozo
- Coordenadas (X,Y)
- Ubicación Cribas
- Regla de Bombeo

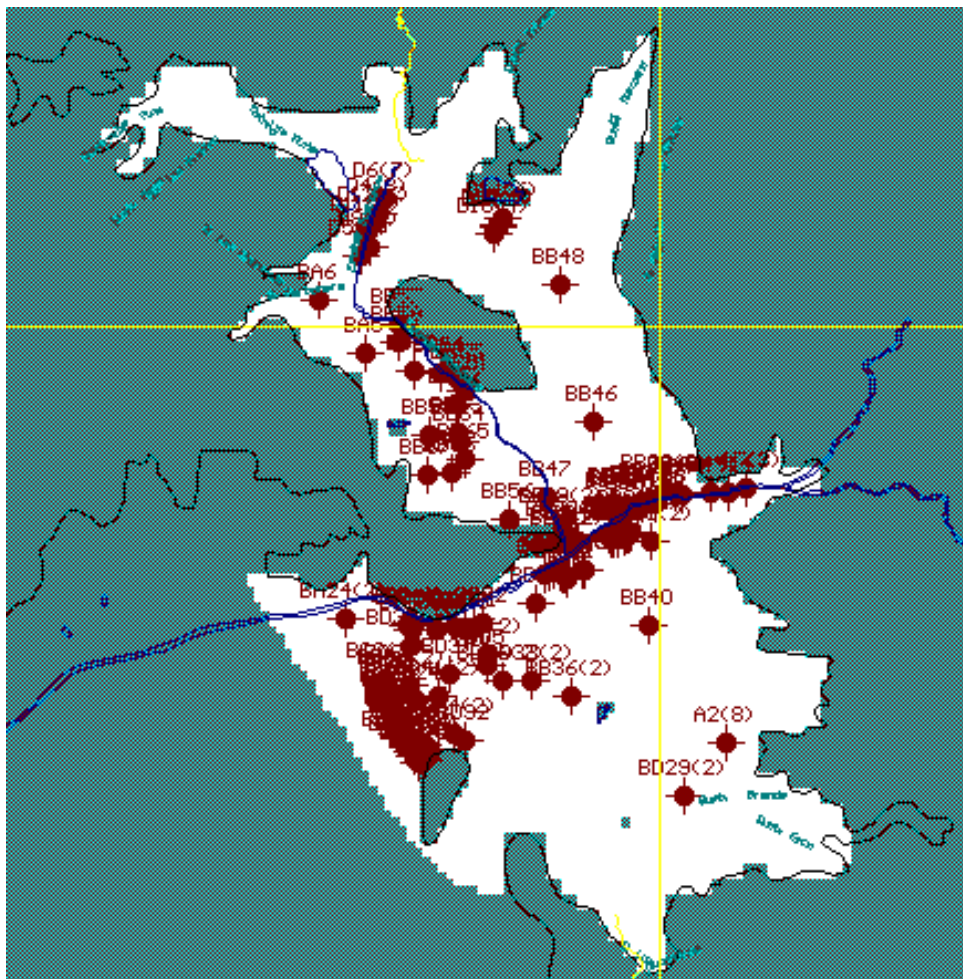
Signo:

(-/+) Bombeo/ Inyección

The screenshot shows the 'New Well' window with the following details:

- Well Name:** SUPPLY WELL 1
- Coordinates:** X=1462.9512 (m), Y=511.98394 (m), Z=3.45 (m)
- Screened Intervals:** A table with two columns: 'Screen Bottom (m)' and 'Screen Top (m)'. The first row shows a bottom of 0.3 and a top of 5.
- Pumping Schedule:** A table with three columns: 'Start (days)', 'End (days)', and 'Rate (m³/d)'. The first row is highlighted in blue.
- Well Diagram:** A vertical cross-section of the well on the right side. It shows the ground surface at 18.30321, with several elevation markers: 14.39683, 10.35194, 9.317391, 8.282845, 4.289223, and 0.2956022. The well casing is shown as a vertical line, and the screened interval is highlighted in blue.
- Display as:** A section with two radio buttons: 'Elevation' (selected) and 'Depth To'. There is also a checkbox for 'Active' which is checked.
- Buttons:** 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom right.

POZOS DE BOMBEO



POZOS DE OBSERVACION

- Nombre Pozo
- Coordenadas (X,Y)
- Puntos de Observación
- Niveles Observados

The screenshot shows the 'Well Edit' window with the following data:

Well Name: OW-3 X = 4056.23 Y = 1768.87 Z = 86.01

Observation Point	Elevation ()
A	76.69
B	153.37
C	238.91

Time ()	Head()
0.00	261.50
0.5	261.3
0.75	261
1	260.89
1.5	260.5
2	260.2

The right side of the window displays a well diagram with elevation markers: 263.79, 233.90, 207.77, 180.00, 158.07, 138.79, and 93.71. The 'Display as' section has 'Elevation' selected.

POZOS DE OBSERVACION



EVAPORACION / EVAPOTRANSPIRACION

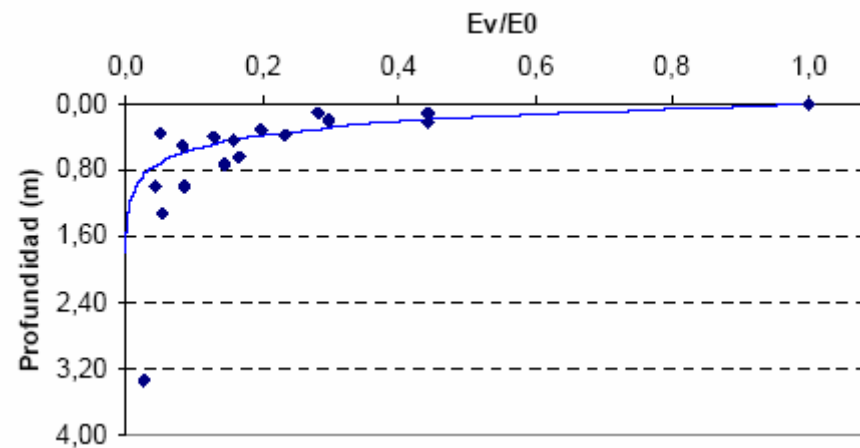
Evapotranspiración se incluye en MODFLOW a través del paquete Evapotranspiration Package (ET). Este paquete simula el efecto de la transpiración de plantas y la evaporación directa desde el suelo removiendo agua desde el sistema saturado.

El enfoque de cálculo se basa en los siguientes términos:

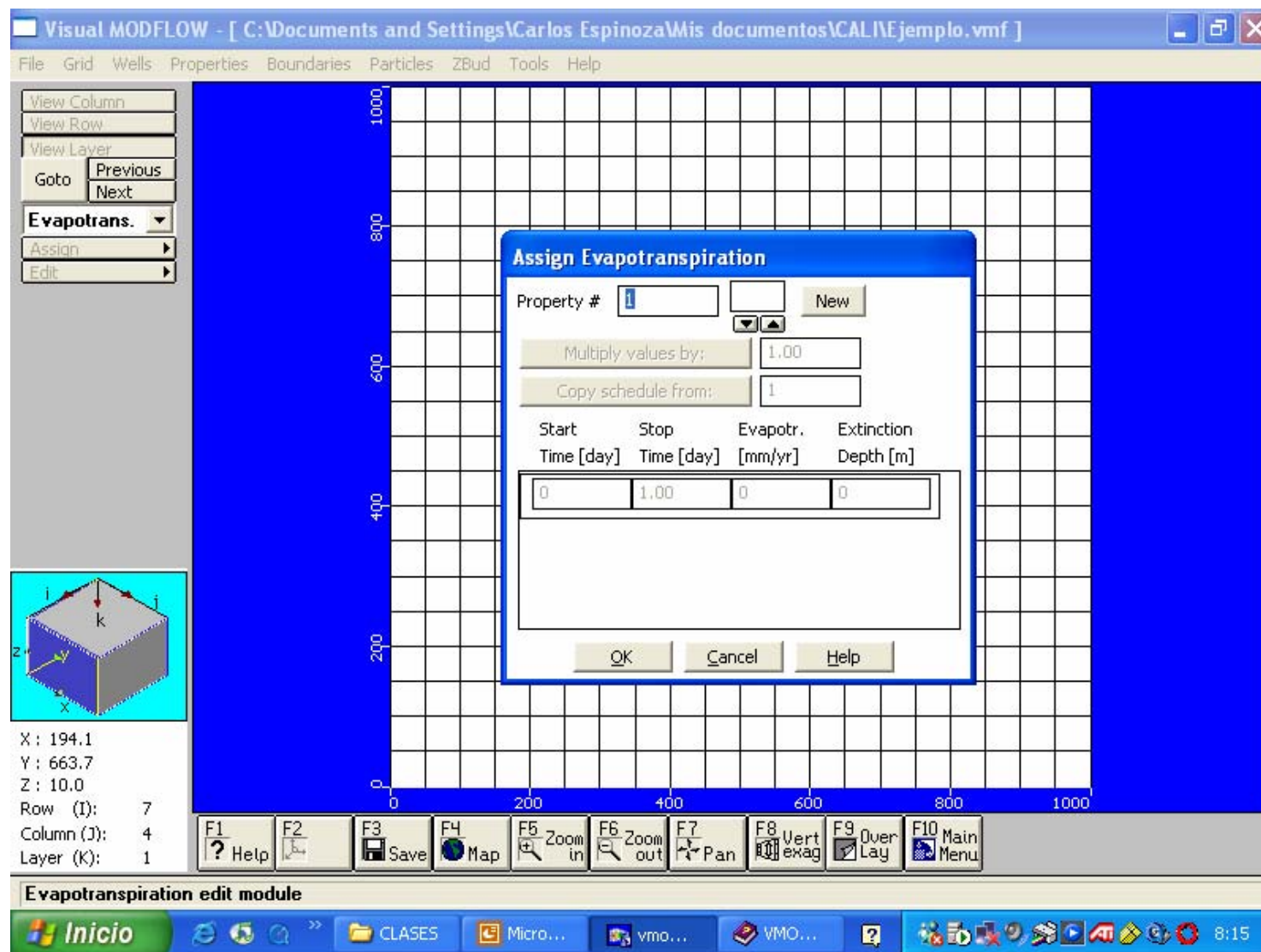
- Tasa Máxima de Evaporación (mm/año)
- Profundidad de Extinción de la Evaporación (m).



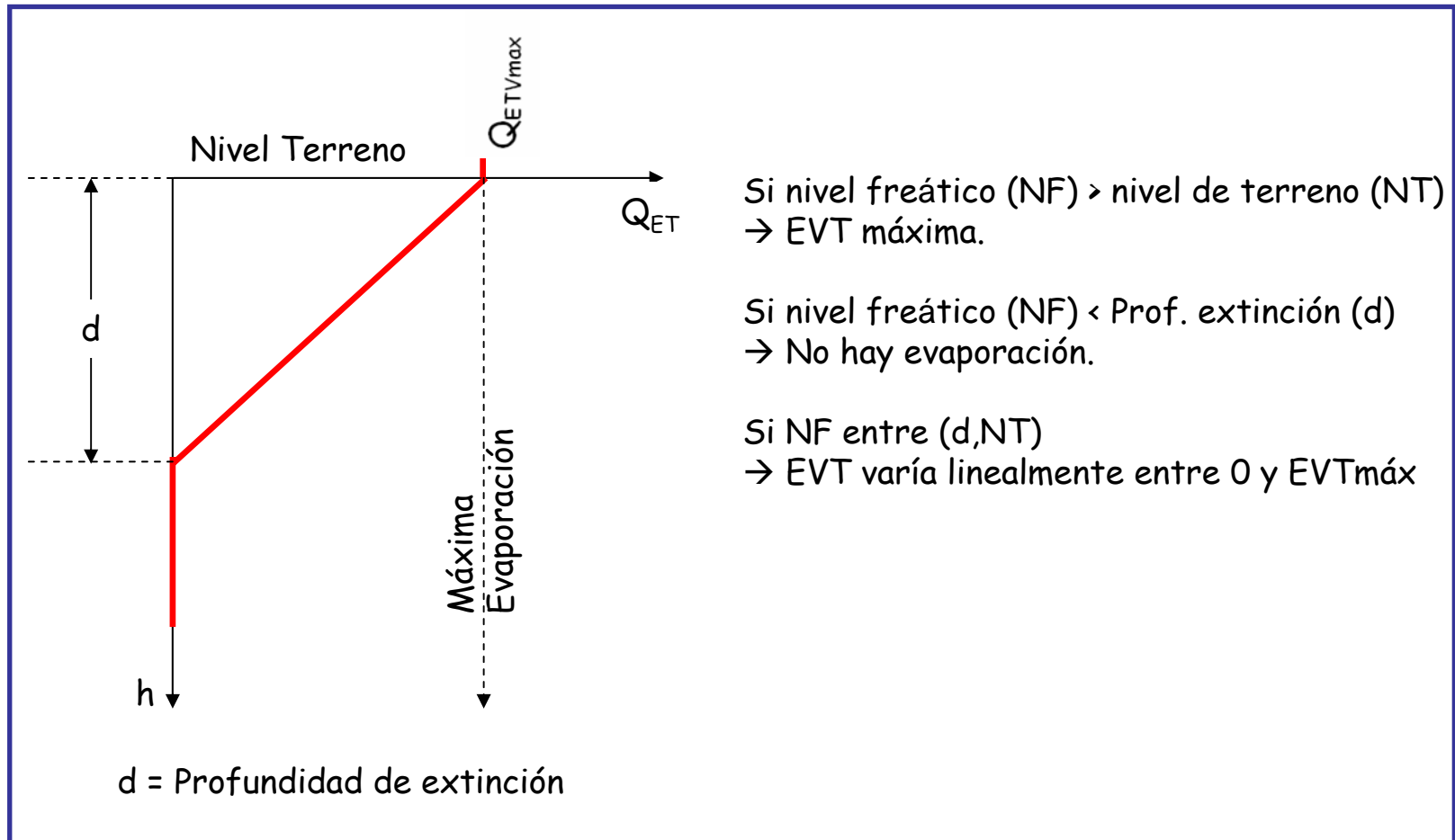
EVAPORACION / EVAPOTRANSPIRACION



EVAPORACION / EVAPOTRANSPIRACION



EVAPORACION / EVAPOTRANSPIRACION



- INTRODUCCION
- VISUAL MODFLOW
 - GENERAL
 - MALLA
 - PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS
 - ACCIONES EXTERNAS
 - **CONDICIONES DE BORDE**
 - CONDICIONES INICIALES
 - ZONAS DE BALANCE
 - OPERACIÓN
 - SALIDAS DE LA MODELACIÓN
- FORTALEZAS/DEBILIDADES

CONDICIONES DE BORDE

Una modelación numérica de flujo necesita datos iniciales del sistema y datos de funcionamiento del mismo.

Dentro de las condiciones de borde se especifican las siguientes:

Bordes con carga conocida:

- Carga hidráulica conocida

Bordes con flujos dependientes de la carga:

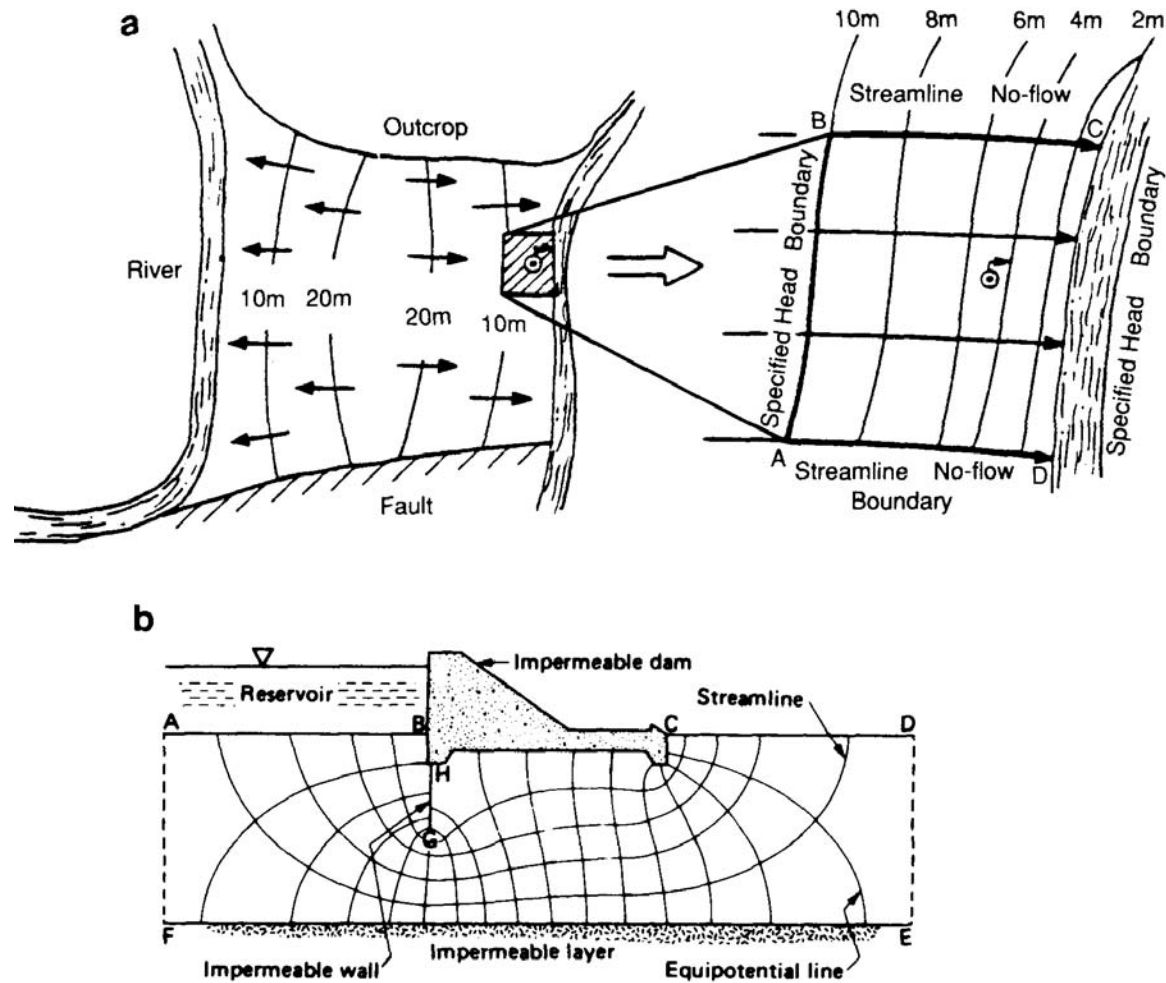
- Recarga desde río
- Drenes
- General Head Boundary

Bordes de no flujo

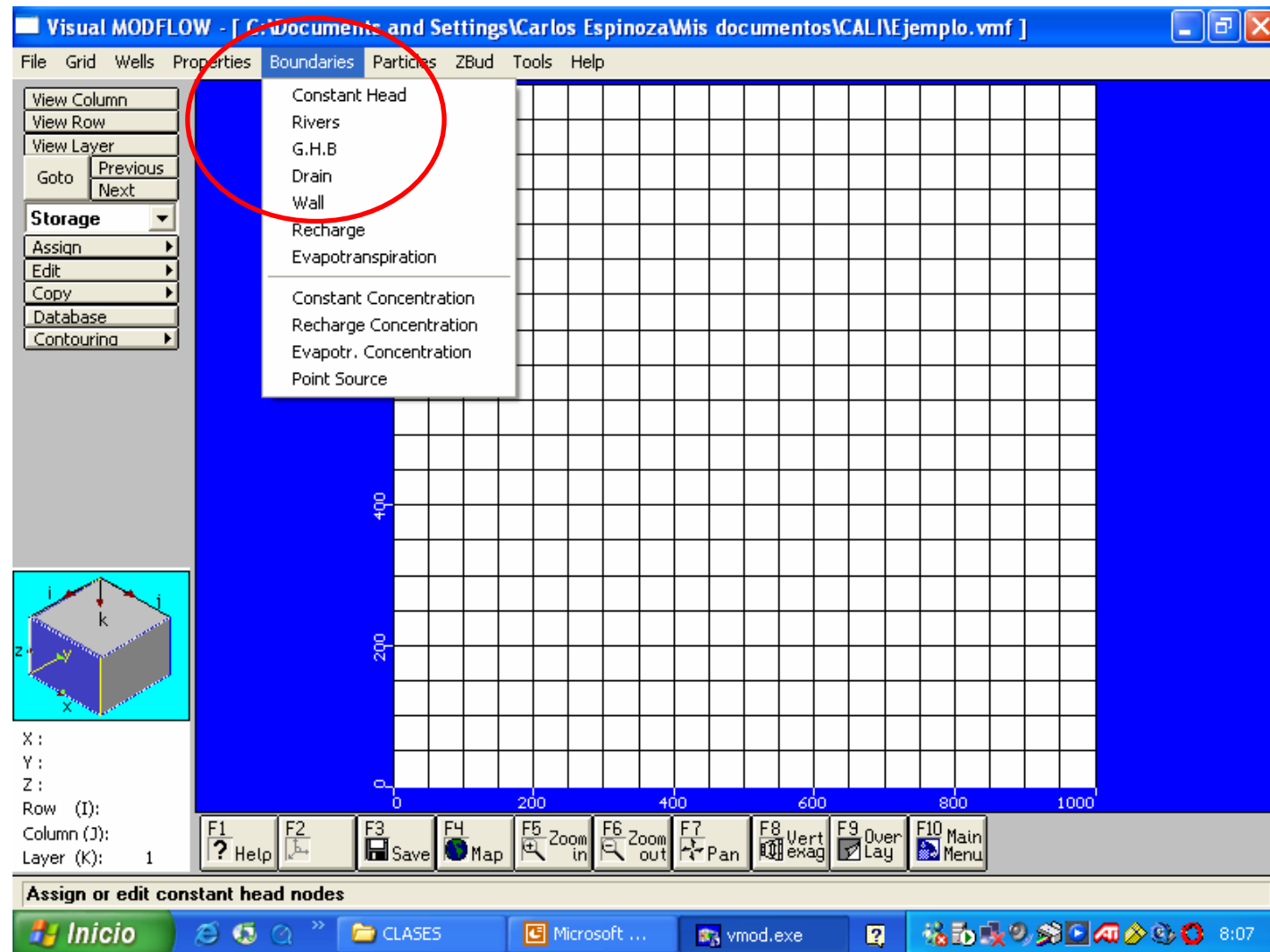
- Muro (Wall)



CONDICIONES DE BORDE



CONDICIONES DE BORDE



CONDICIONES DE BORDE

Bordes con carga conocida:

En aquellos puntos en los cuales se conoce a priori el valor del potencial piezométrico se tiene una condición de borde conocida.

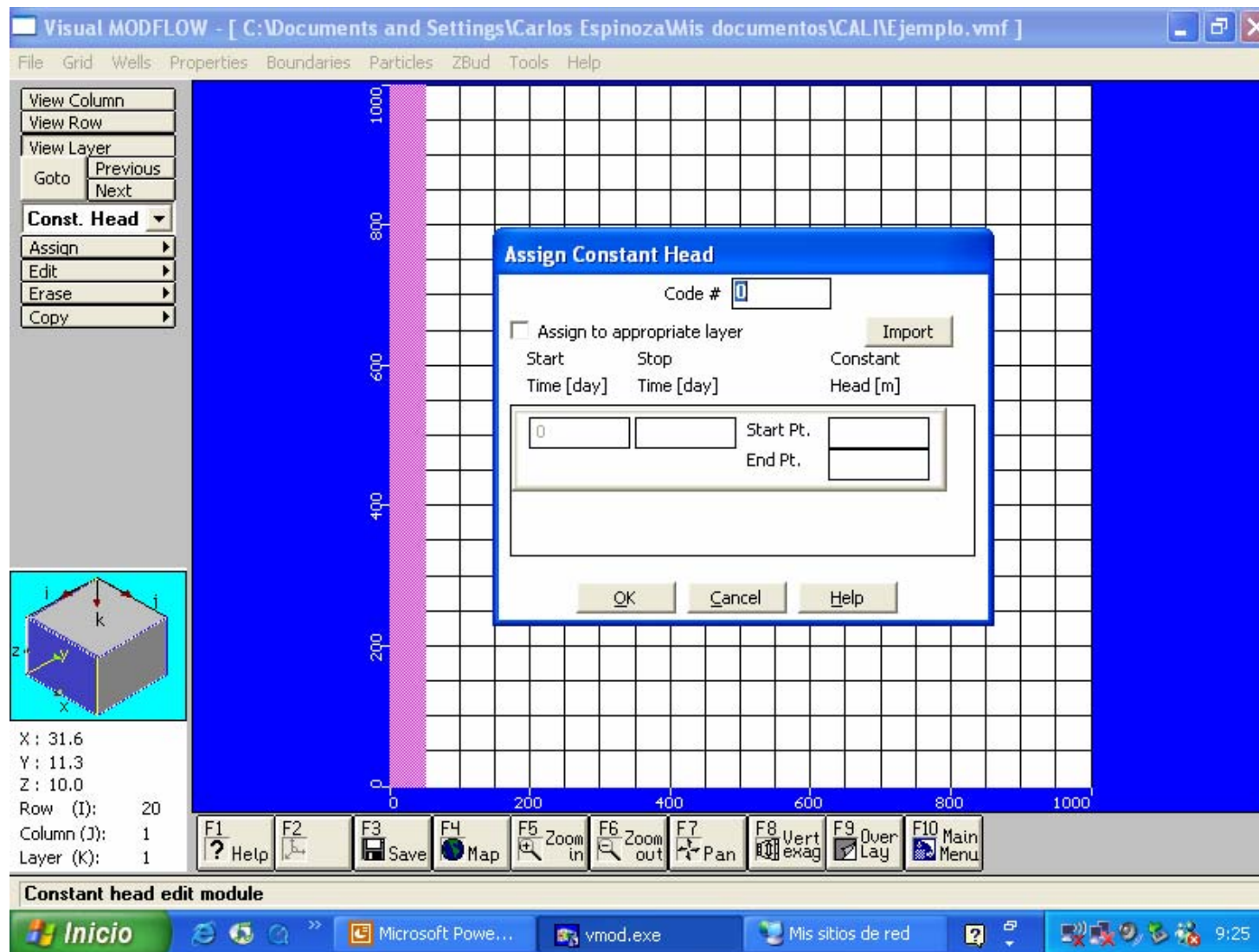
CONDICION DE NIVEL CONOCIDO

Es posible asignar, en determinadas zonas y capas de la región modelada, la condición de carga constante con sólo seleccionar dicha alternativa y marcar en el plano base los sectores que tienen carga constante.

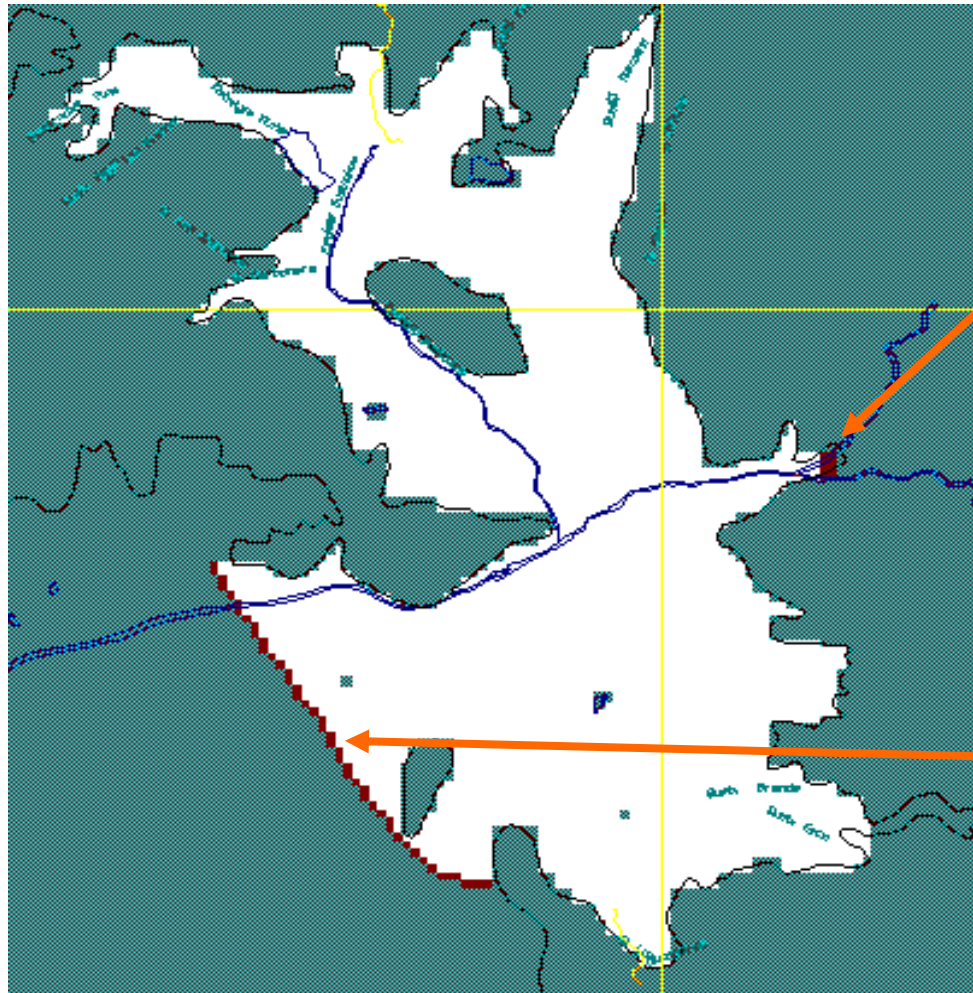
Al asignar carga constante a alguna zona se debe definir:

- Tiempo Inicio;** tiempo en que se comienza a aplicar la condición de borde.
- Tiempo Final;** tiempo en que se deja de aplicar la condición de borde.
- Valor inicial y final de la carga (m);** si estos valores son distintos, Visual MODFLOW interpola linealmente en el tiempo (final e inicial).

CONDICION DE NIVEL CONOCIDO



CONDICION DE NIVEL CONOCIDO

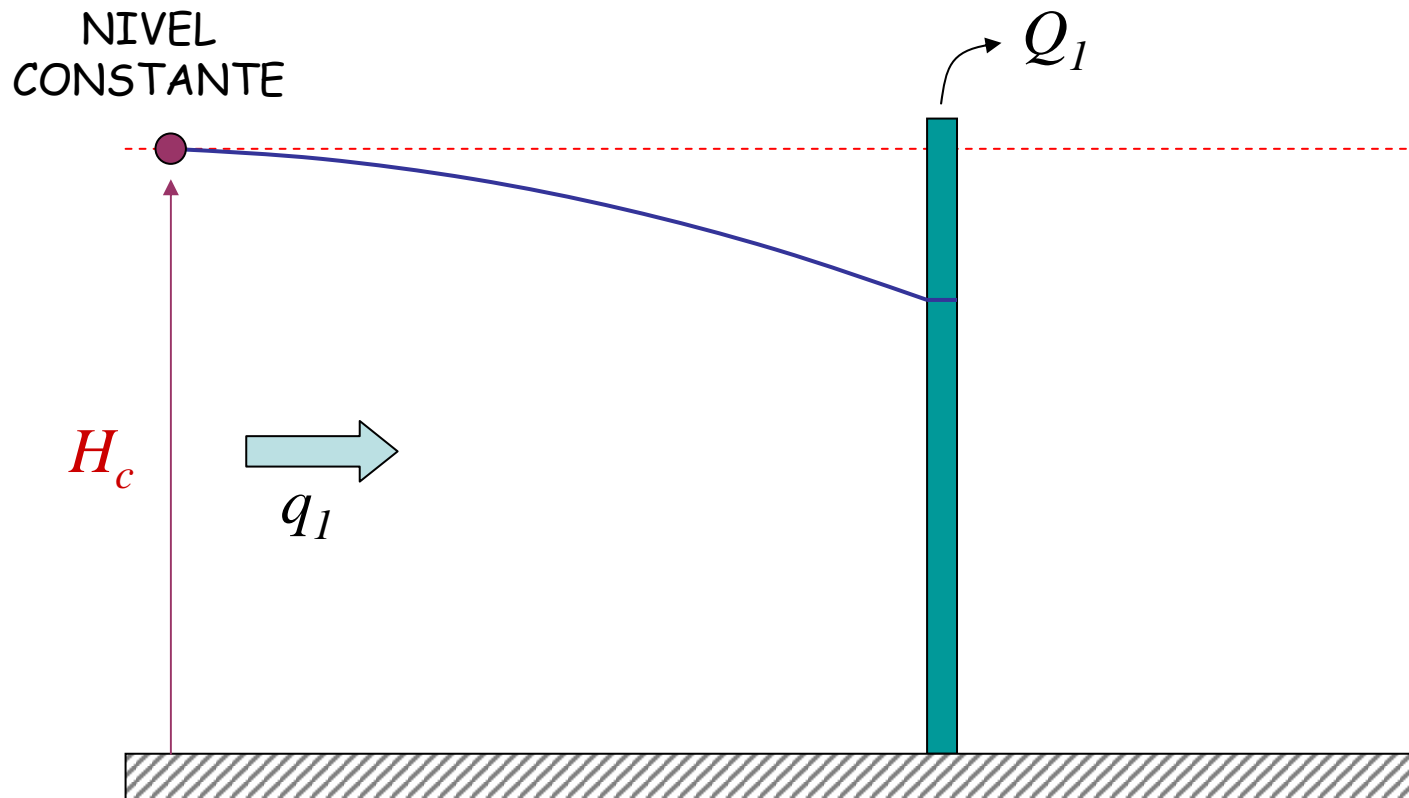


Nivel Constante
798 m.s.n.m.

MODELO MAPOCHO ALTO

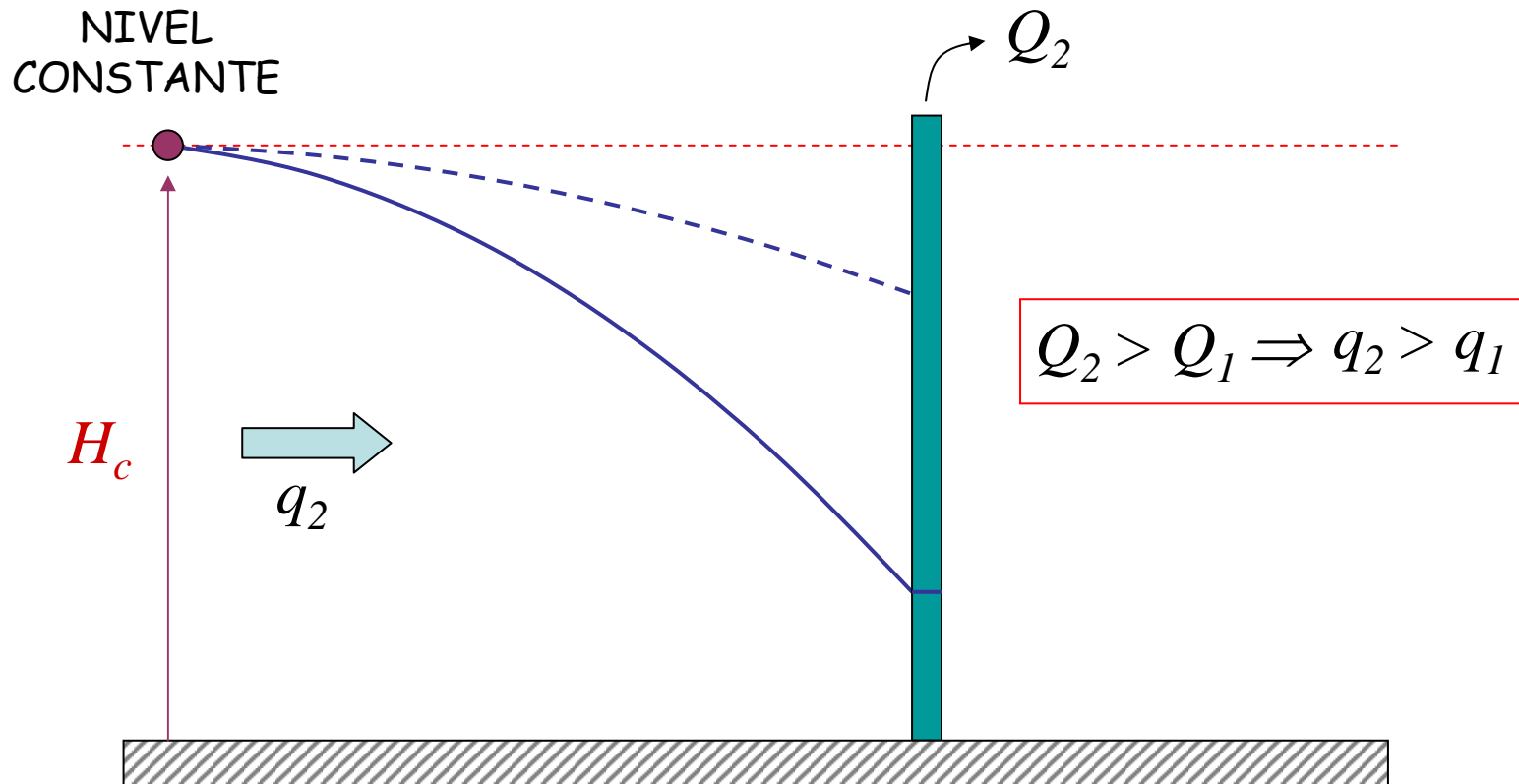
Equipotencial
710 m.s.n.m.

CONDICION DE NIVEL CONOCIDO



Ventaja: Permite afirmar el modelo a alturas piezométricas "conocidas".

CONDICION DE NIVEL CONOCIDO



Desventaja: En escenarios de sobre explotación o impacto, puede sobreestimarse el caudal pasante

CONDICIONES DE BORDE

Bordes con flujos dependientes de la carga:

- Recarga desde río
- Drenes
- General Head Boundary

CONDICIONES DE BORDE DE RIO

Con esta opción, Visual MODFLOW permite incorporar una condición de aguas superficiales dentro de un modelo de flujo de aguas subterráneas.

De esta manera es posible simular las interrelaciones entre cuerpos de agua superficiales y sistemas de aguas subterráneas, los cuales, dependiendo del gradiente hidráulico entre el cuerpo de agua superficial y el régimen de aguas subterráneas, pueden ser aportes de la napa al cuerpo superficial o en sentido contrario

CONDICIONES DE BORDE DE RIO

La información necesaria de definir en cada una de las celdas que poseen esta condición de borde es la siguiente:

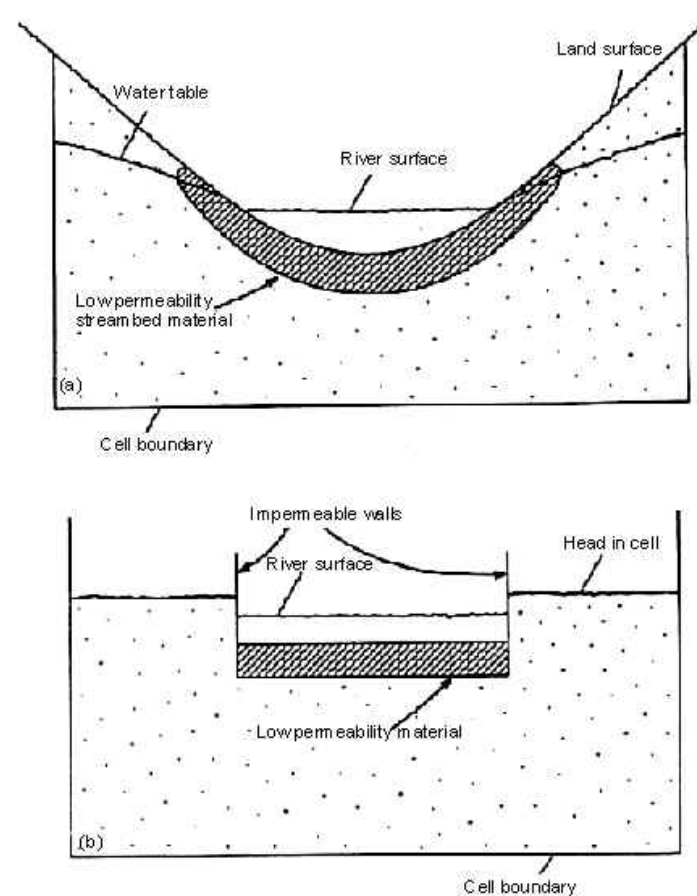
- Cota o elevación de la superficie libre del cuerpo de agua;** esta condición puede variar en el tiempo.

- Cota del fondo del río.**

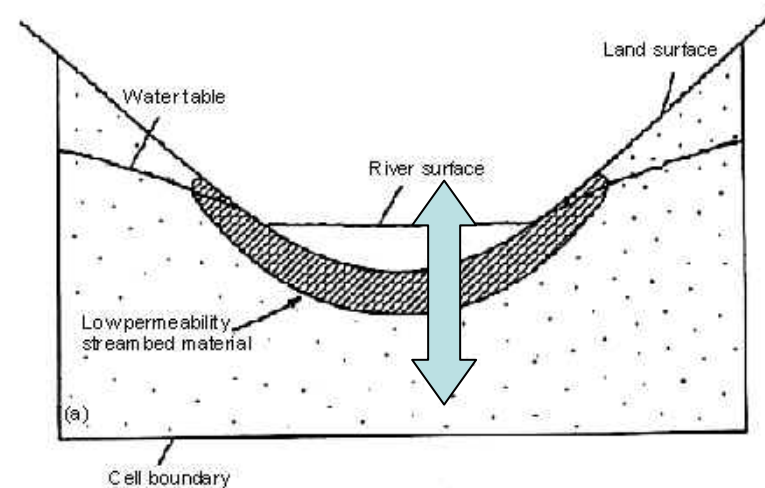
- Conductancia;** corresponde a un parámetro numérico que representa la resistencia al flujo entre el cuerpo de agua superficial y el agua subterránea.

CONDICIONES DE BORDE DE RIO

Recarga desde Río:

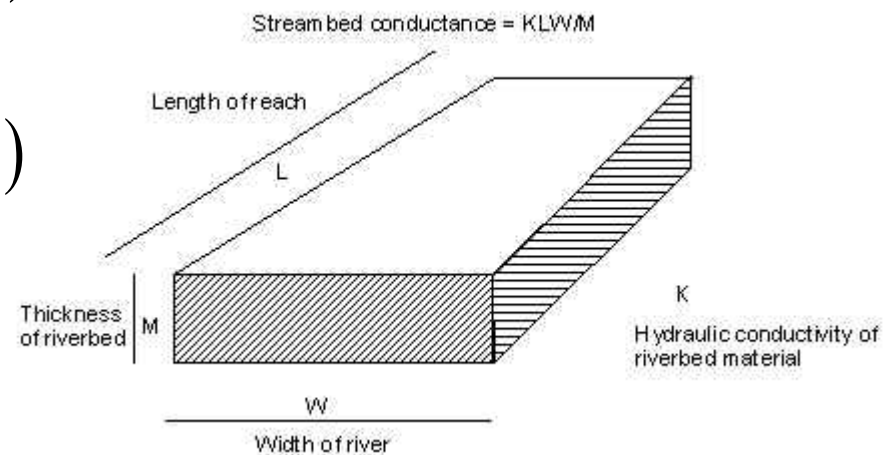


CONDICIONES DE BORDE DE RIO



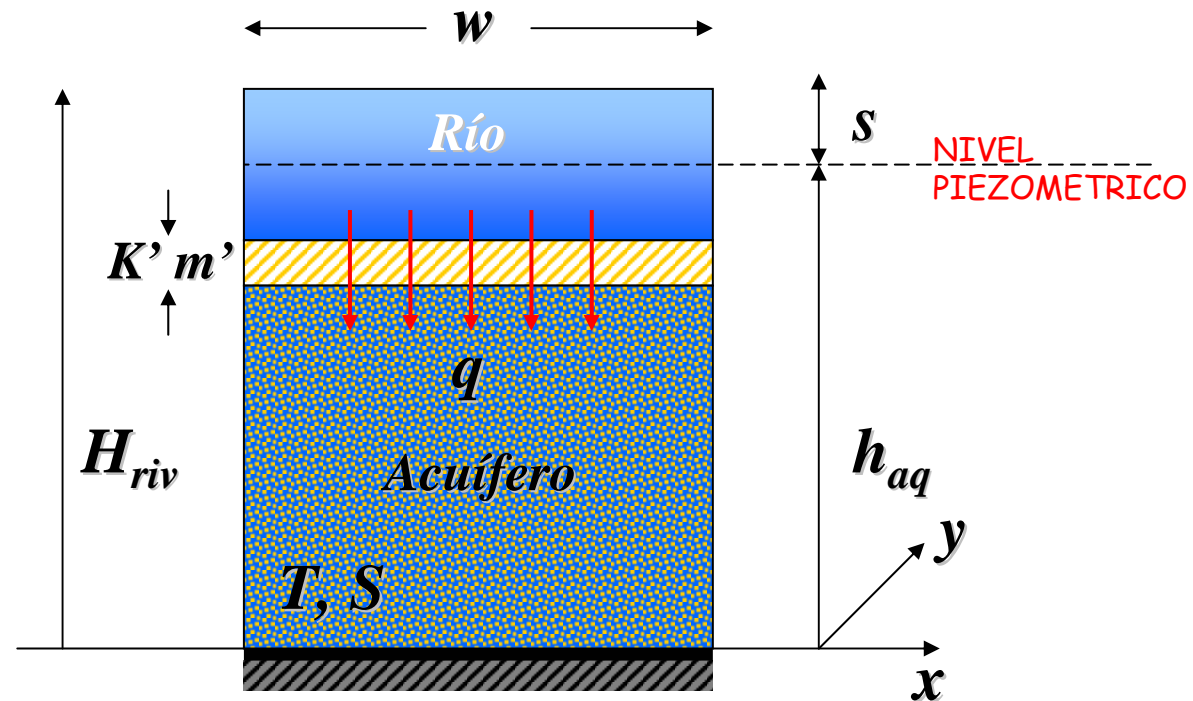
$$Q_{RIV} = \frac{KLW}{M} \cdot (H_{RIV} - h)$$

$$Q_{RIV} = CRIV \cdot (H_{RIV} - h)$$



CONDICIONES DE BORDE DE RIO

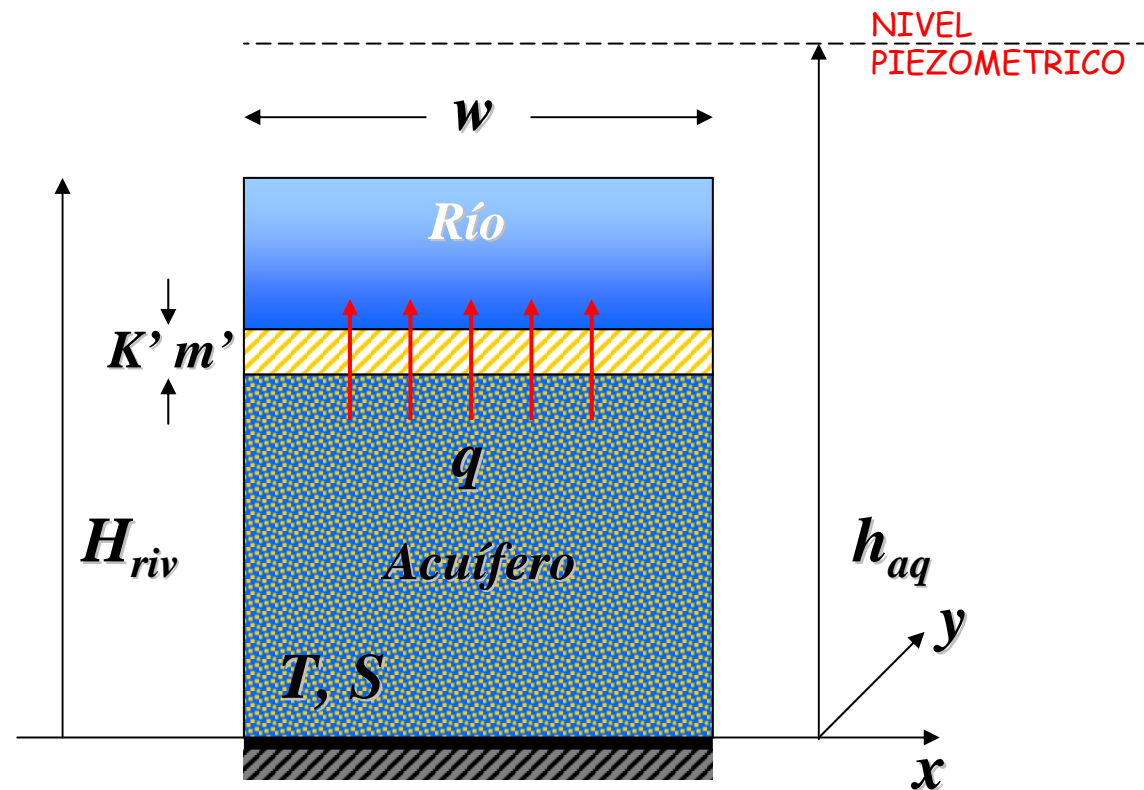
Río recargando al acuífero



$$q = C \cdot (H_{riv} - h_{aq})$$

CONDICIONES DE BORDE DE RIO

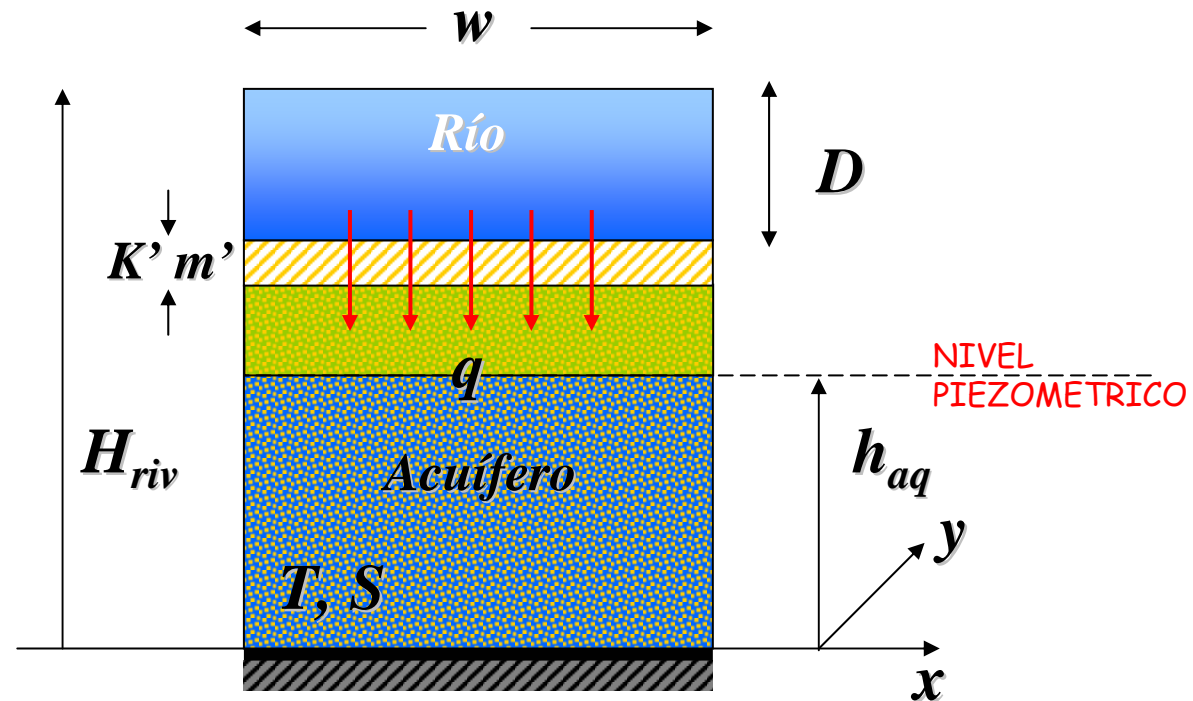
Acuífero recargando al río



$$q = C \cdot (h_{aq} - H_{riv})$$

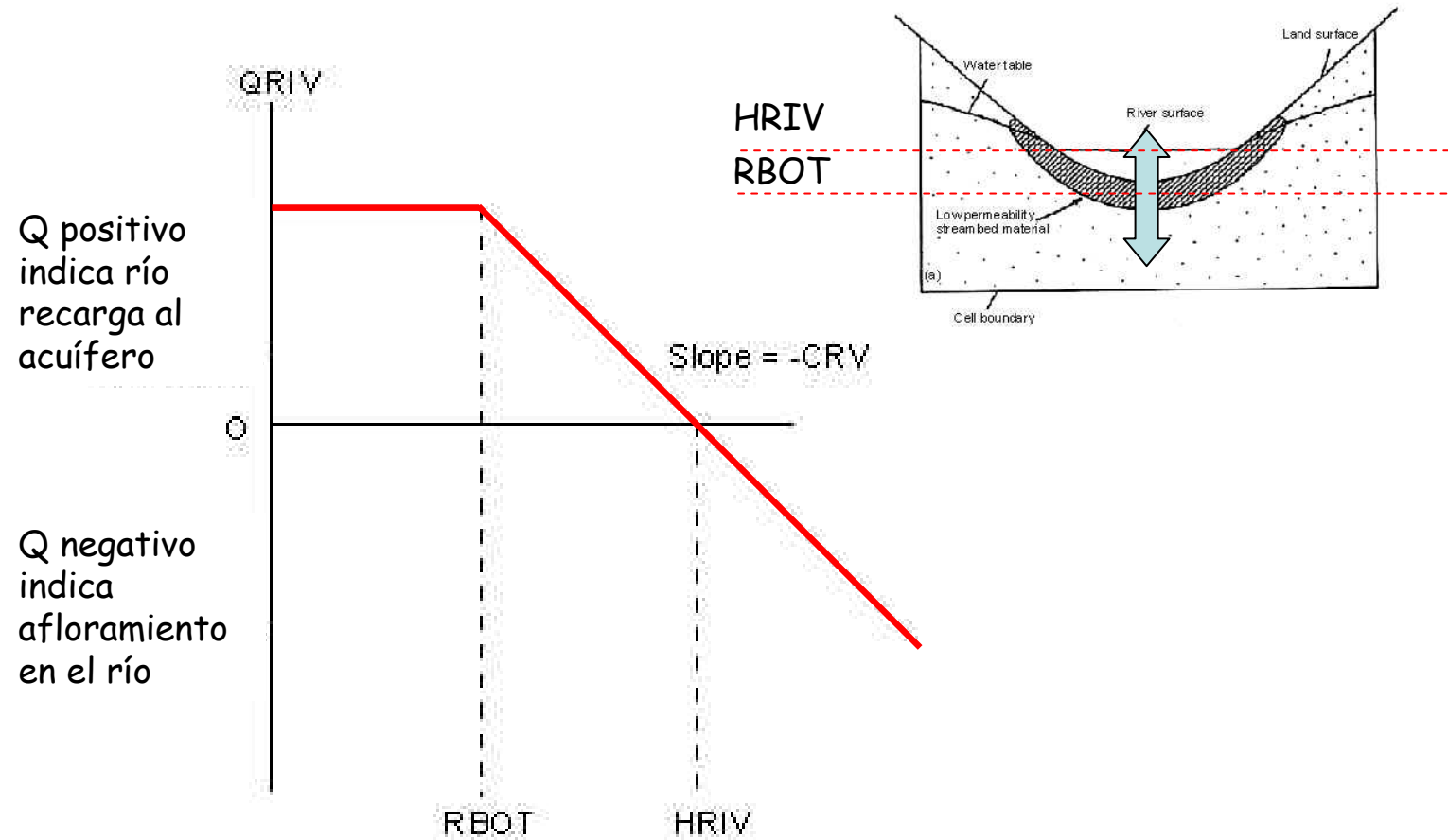
CONDICIONES DE BORDE DE RIO

Recarga constante del río



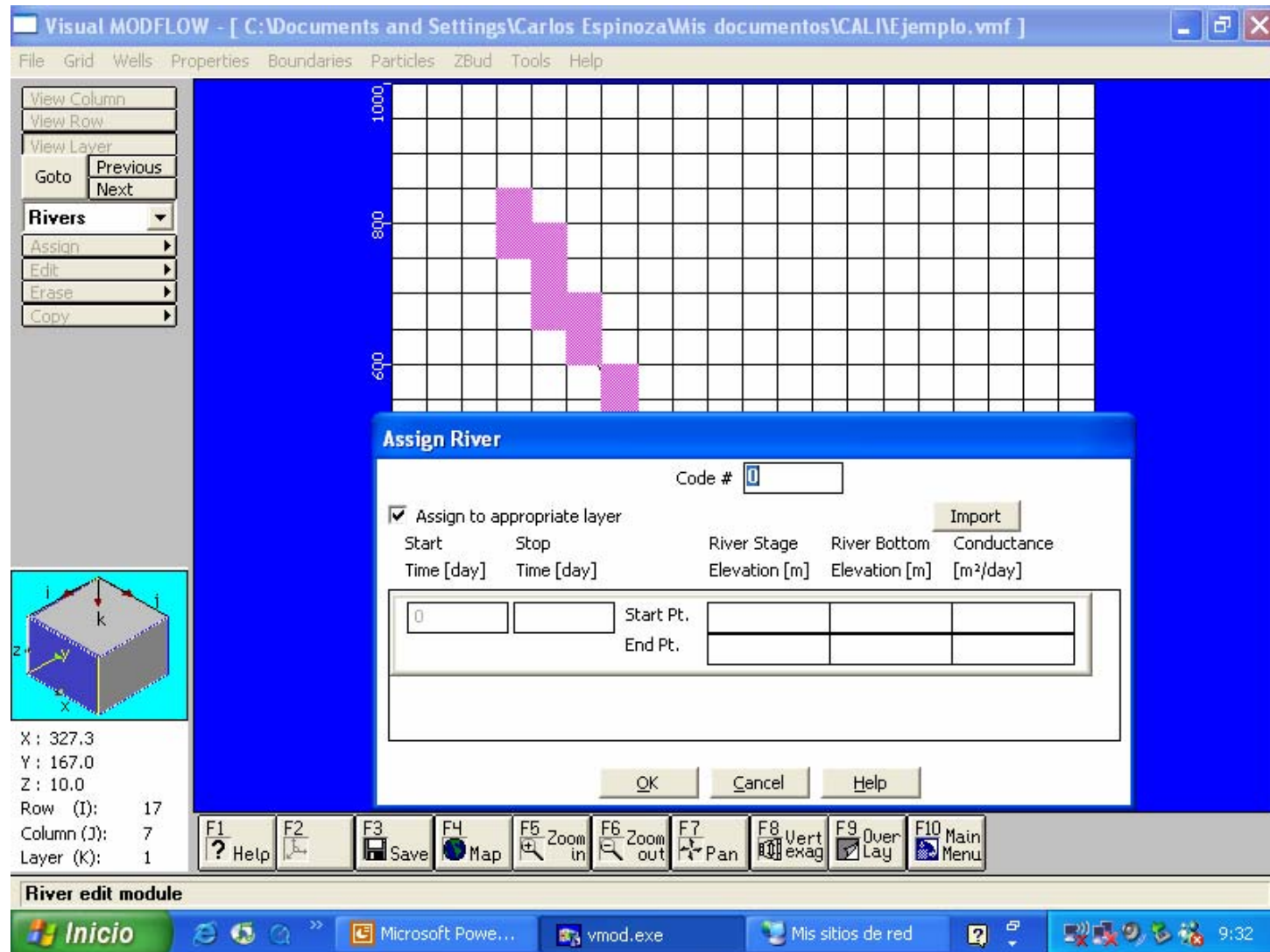
$$q = C \cdot D$$

CONDICIONES DE BORDE DE RIO

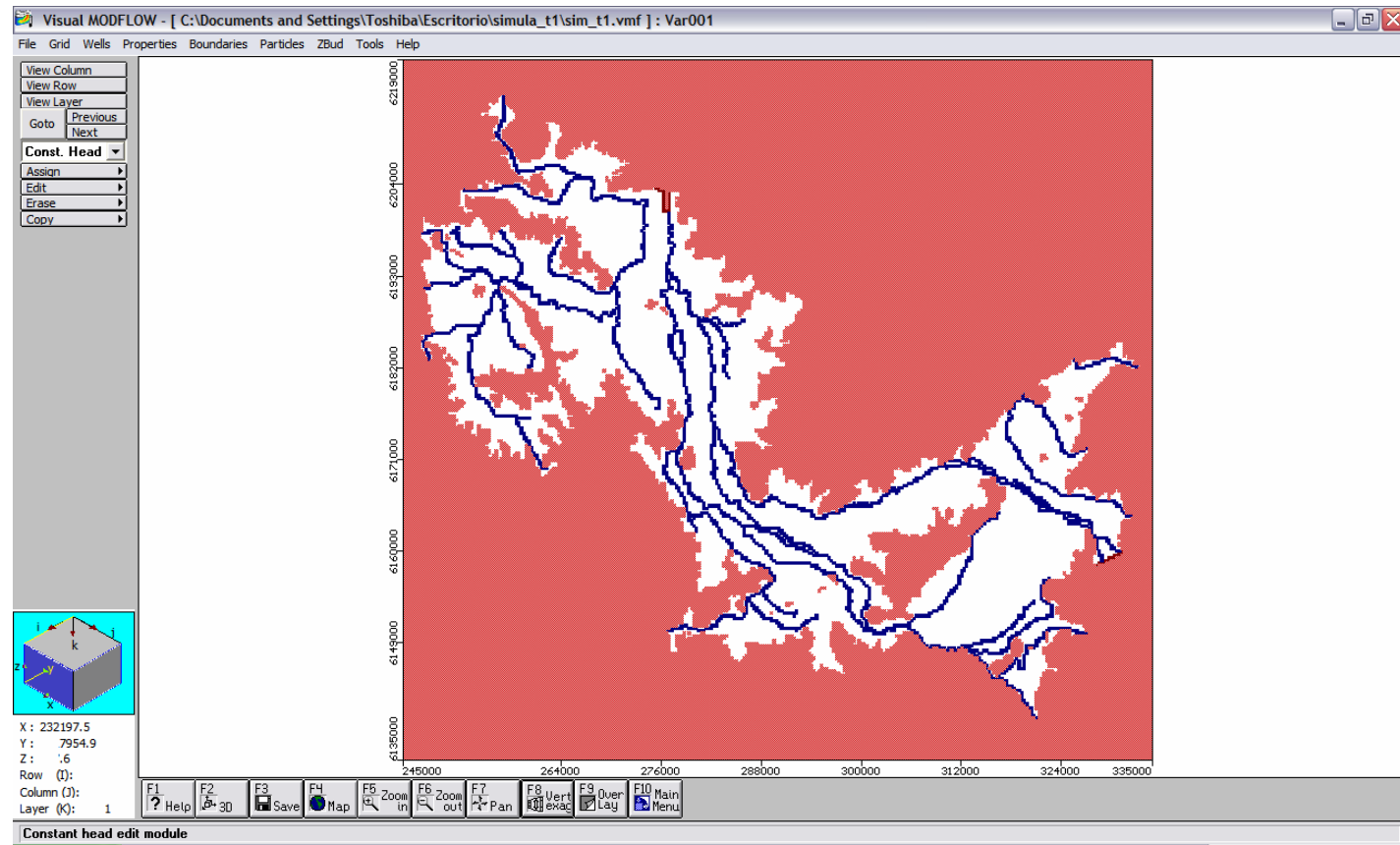


$$QRIV = CRIV \cdot (HRIV - h)$$

CONDICIONES DE BORDE DE RIO



CONDICIONES DE BORDE DE RIO



MODELO TINGUIRIRICA

Diploma de Postítulo: Hidrogeología Aplicada a la Minería y Medio Ambiente



CONDICIONES DE BORDE TIPO DREN

Esta condición fue desarrollada para simular los efectos de drenajes, como los que se presentan en zonas agrícolas, en donde estos drenes remueven agua del acuífero a una tasa proporcional a la diferencia de carga entre la del acuífero y alguna elevación o carga fijada.

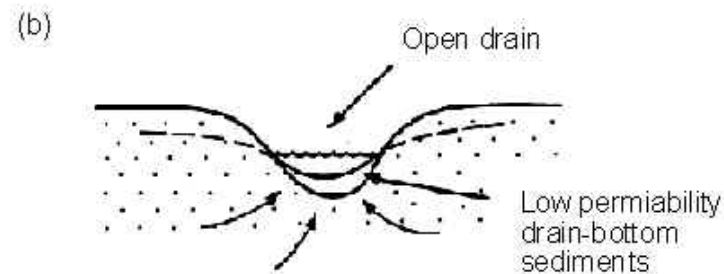
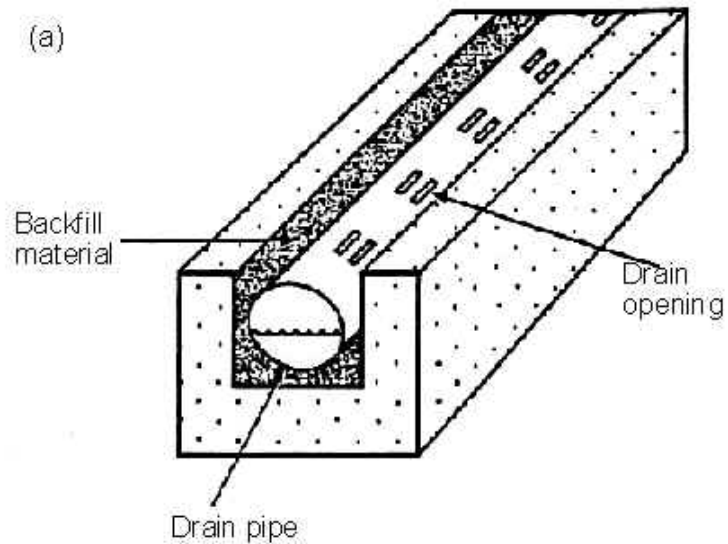
La información que se requiere definir en cada una de las celdas que poseen esta condición de borde es la siguiente:

- Cota del dren;** corresponde a la carga del dren de la superficie libre dentro de éste.
- Conductancia;** parámetro que describe la pérdida de carga entre el dren y el sistema de aguas subterráneas.



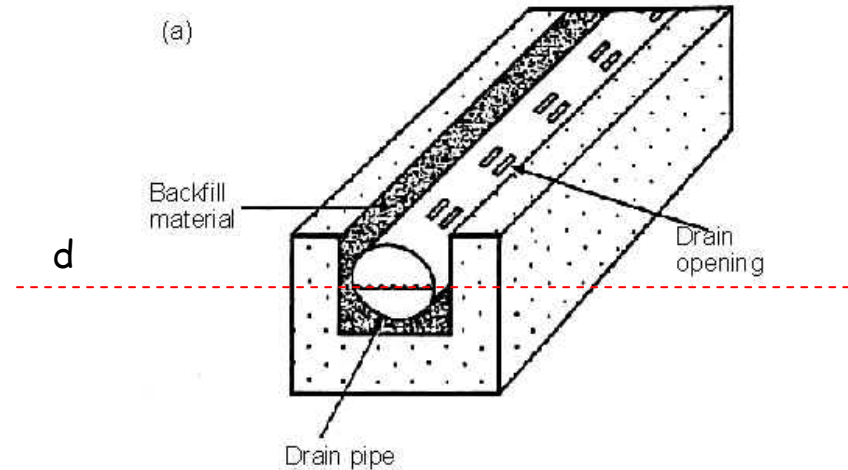
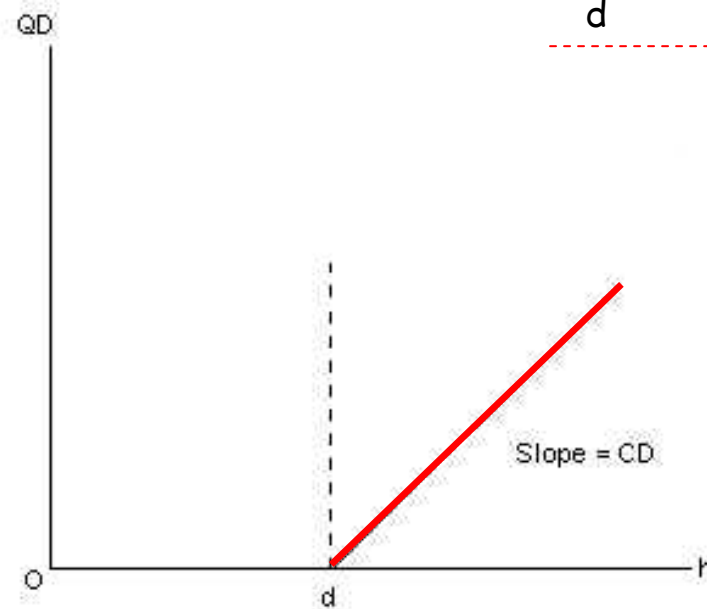
CONDICIONES DE BORDE TIPO DREN

Dren:



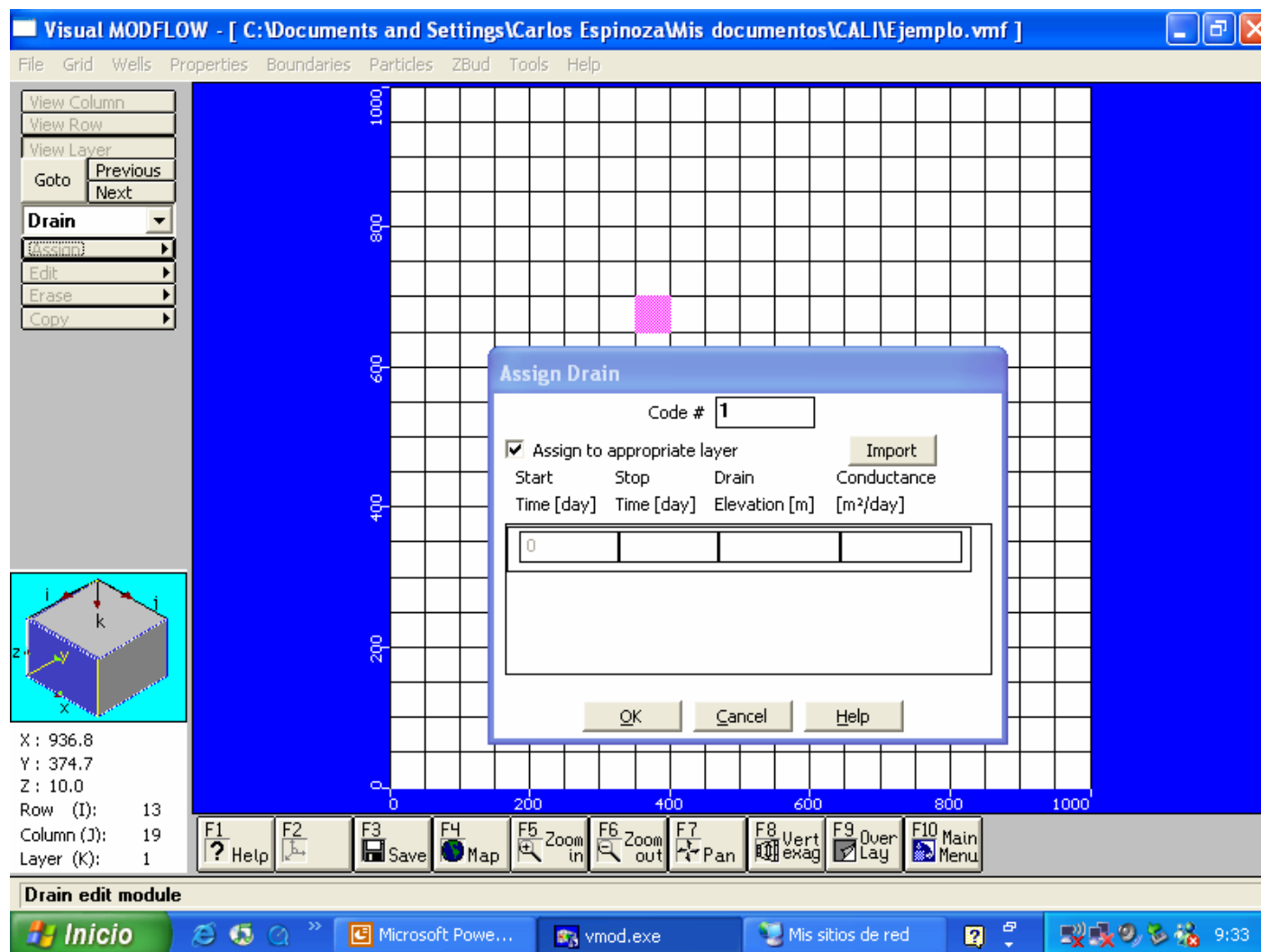
CONDICIONES DE BORDE TIPO DREN

Dren:



$$QD = CD \cdot (h - d)$$

CONDICIONES DE BORDE TIPO DREN



CONDICIONES DE BORDE CARGA GENERAL

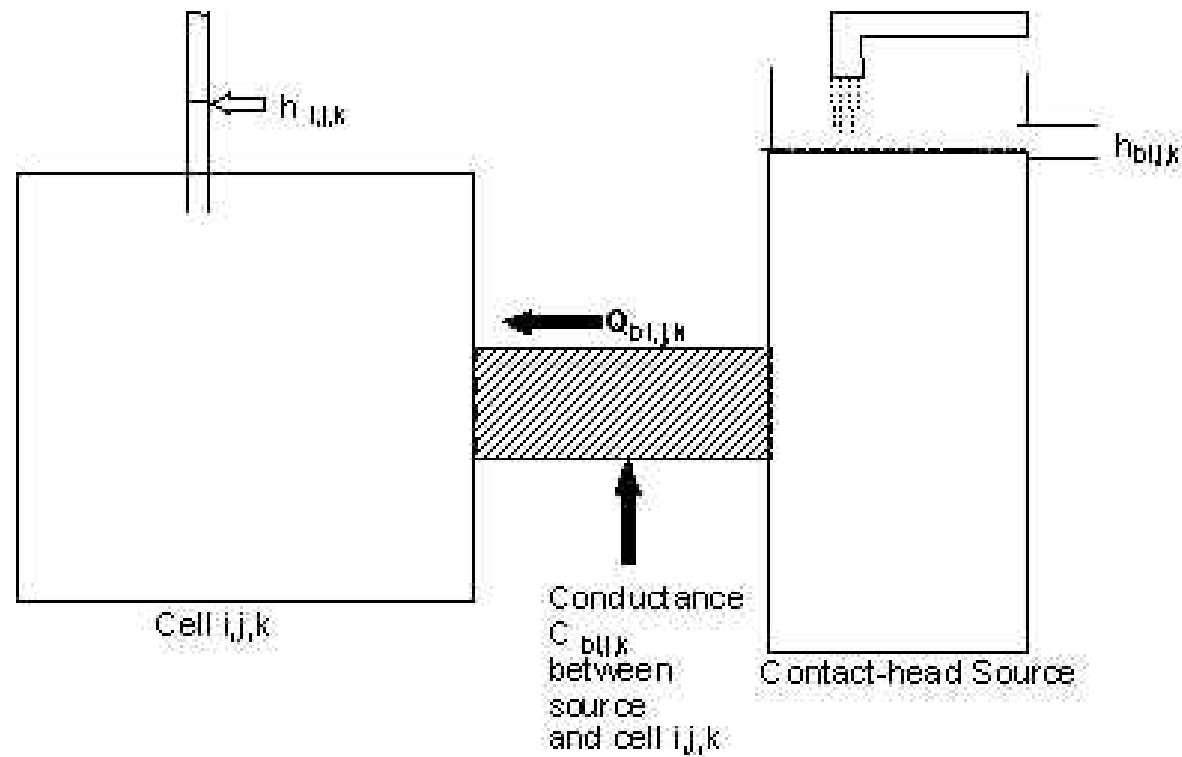
Con esta opción, Visual MODFLOW permite incorporar o extraer agua desde un modelo de flujo de aguas subterráneas.

De esta manera es posible simular las interrelaciones entre cuerpos de agua superficiales y sistemas de aguas subterráneas, los cuales, dependiendo del gradiente hidráulico entre el cuerpo de agua superficial y el régimen de aguas subterráneas, pueden ser aportes de la napa al cuerpo superficial o en sentido contrario

Esta condición funciona de manera similar a las condiciones de río, dren y evapotranspiración, pero no tiene limitaciones.

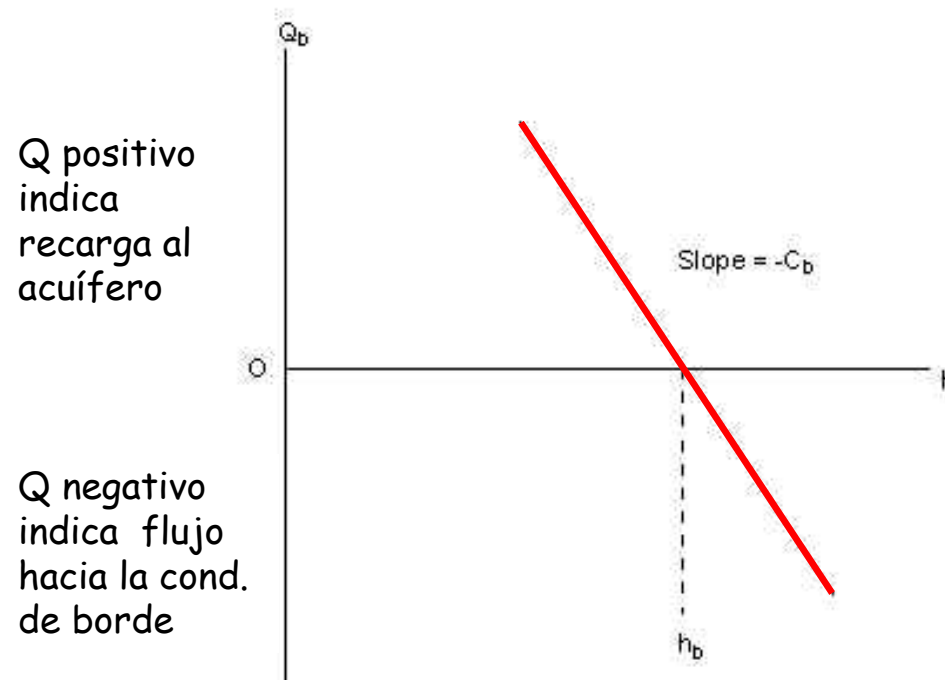
CONDICIONES DE BORDE CARGA GENERAL

General Head Boundary:



CONDICIONES DE BORDE CARGA GENERAL

General Head Boundary:



$$Q_b = C_b \cdot (h - h_b)$$

- INTRODUCCION
- VISUAL MODFLOW
 - GENERAL
 - MALLA
 - PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS
 - ACCIONES EXTERNAS
 - CONDICIONES DE BORDE
 - **CONDICIONES INICIALES**
 - ZONAS DE BALANCE
 - OPERACIÓN
 - SALIDAS DE LA MODELACIÓN
- FORTALEZAS/DEBILIDADES



CONDICION INICIAL

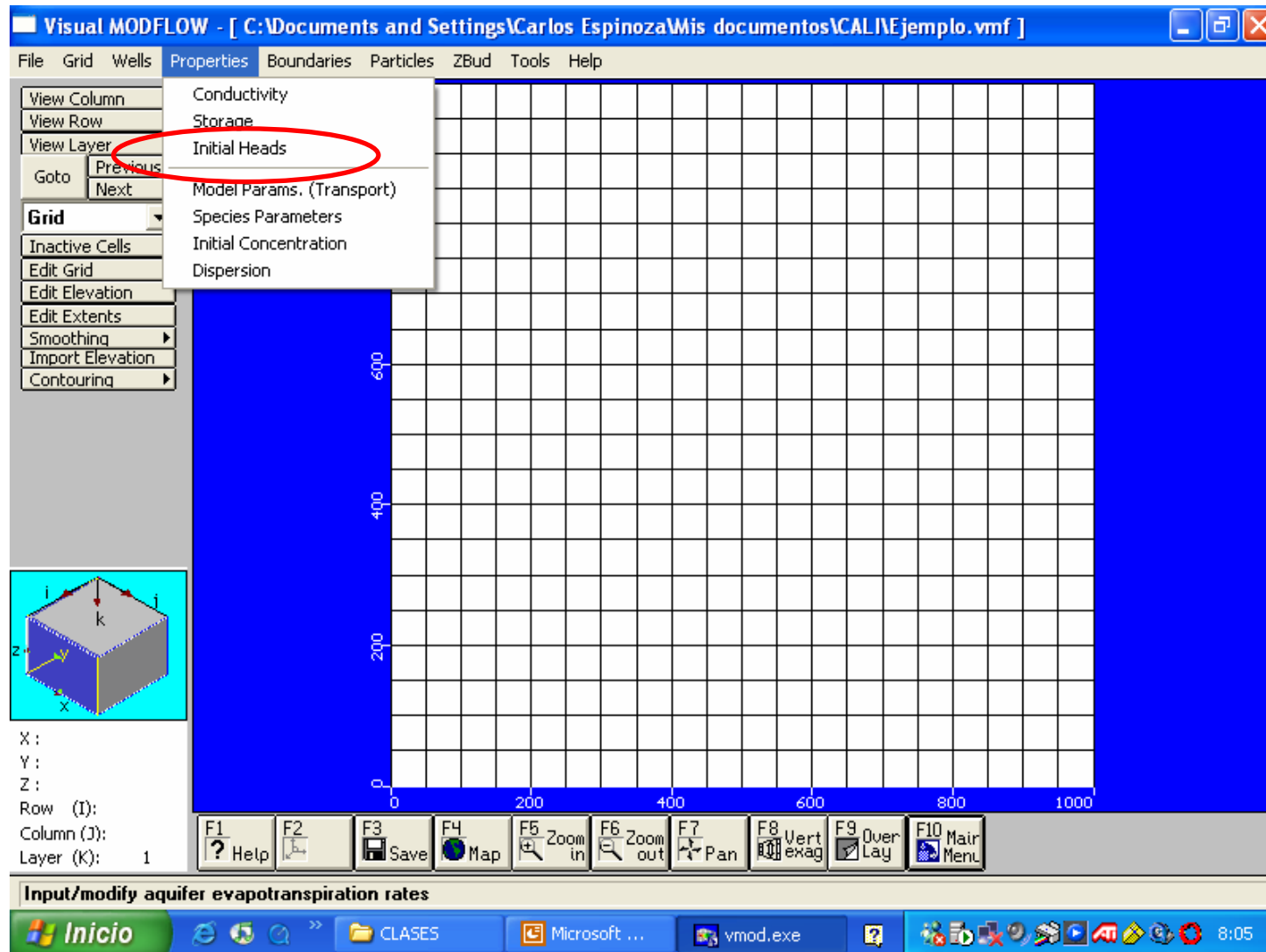
Una red de monitoreo debiera haber sido definida previamente con este propósito. Los pozos seleccionados deben reproducir fielmente el comportamiento real que se pretende simular.

Una serie completa de medidas tiene que haberse efectuado en un breve lapso de tiempo para que responda a una “fotografía” representativa de la situación.

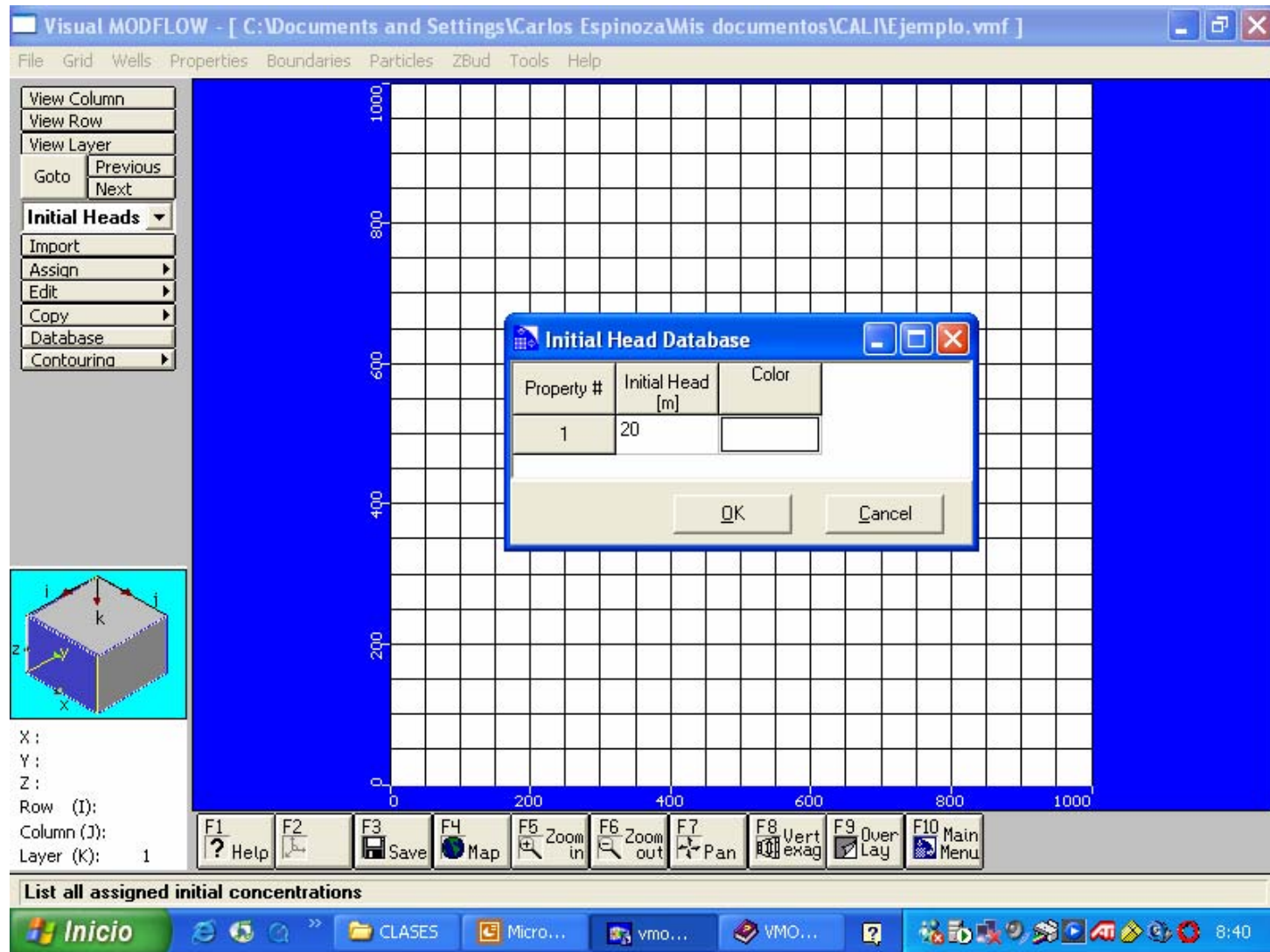
El mapa inicial de superficies piezométricas (sistema inalterado) de cada capa es la base a reproducir en la simulación en estado estacionario.



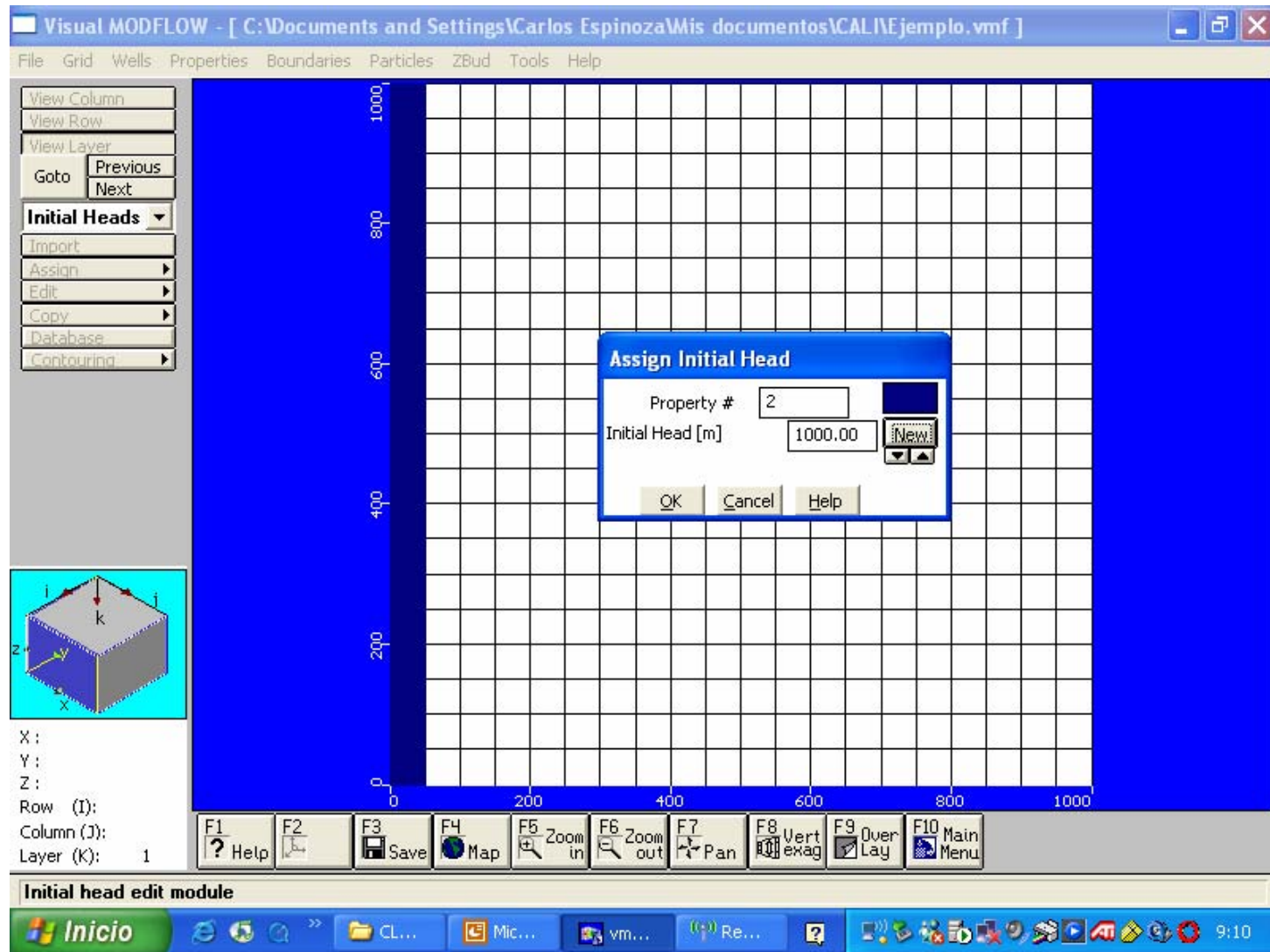
CONDICION INICIAL



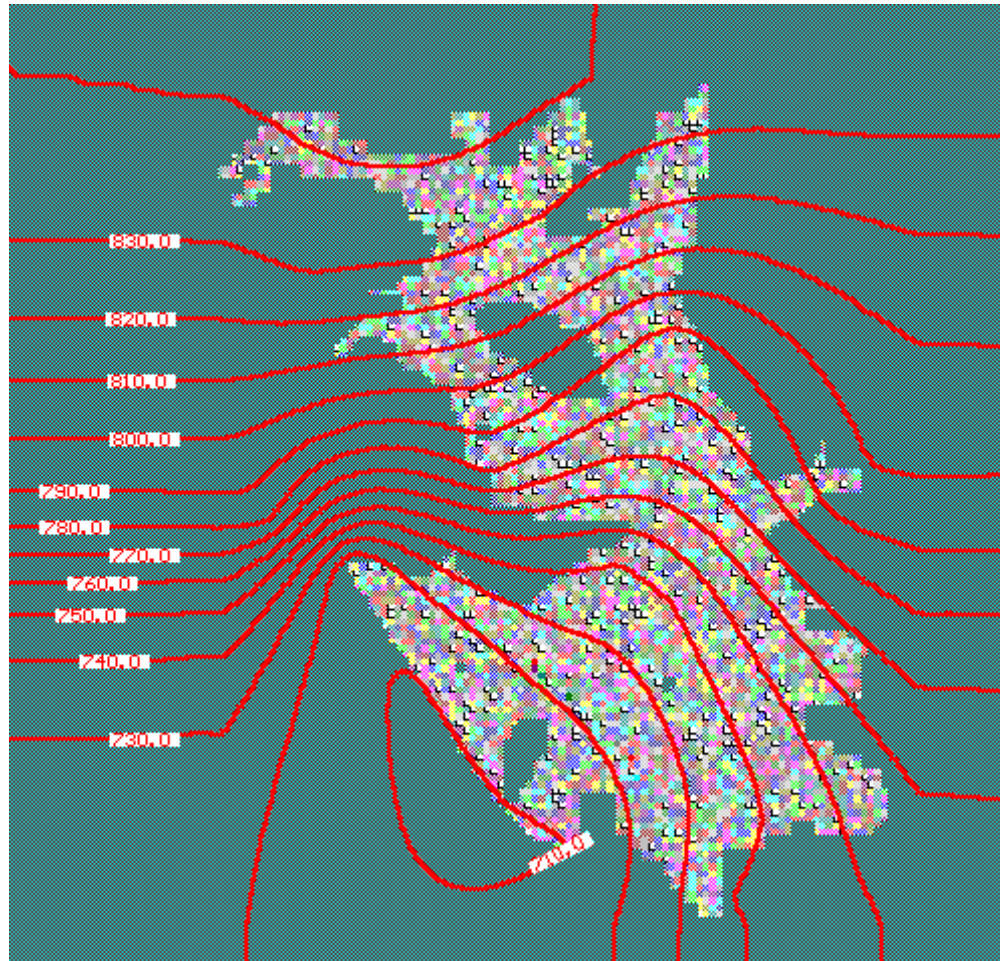
CONDICION INICIAL



CONDICION INICIAL



CONDICION INICIAL DE NIVELES

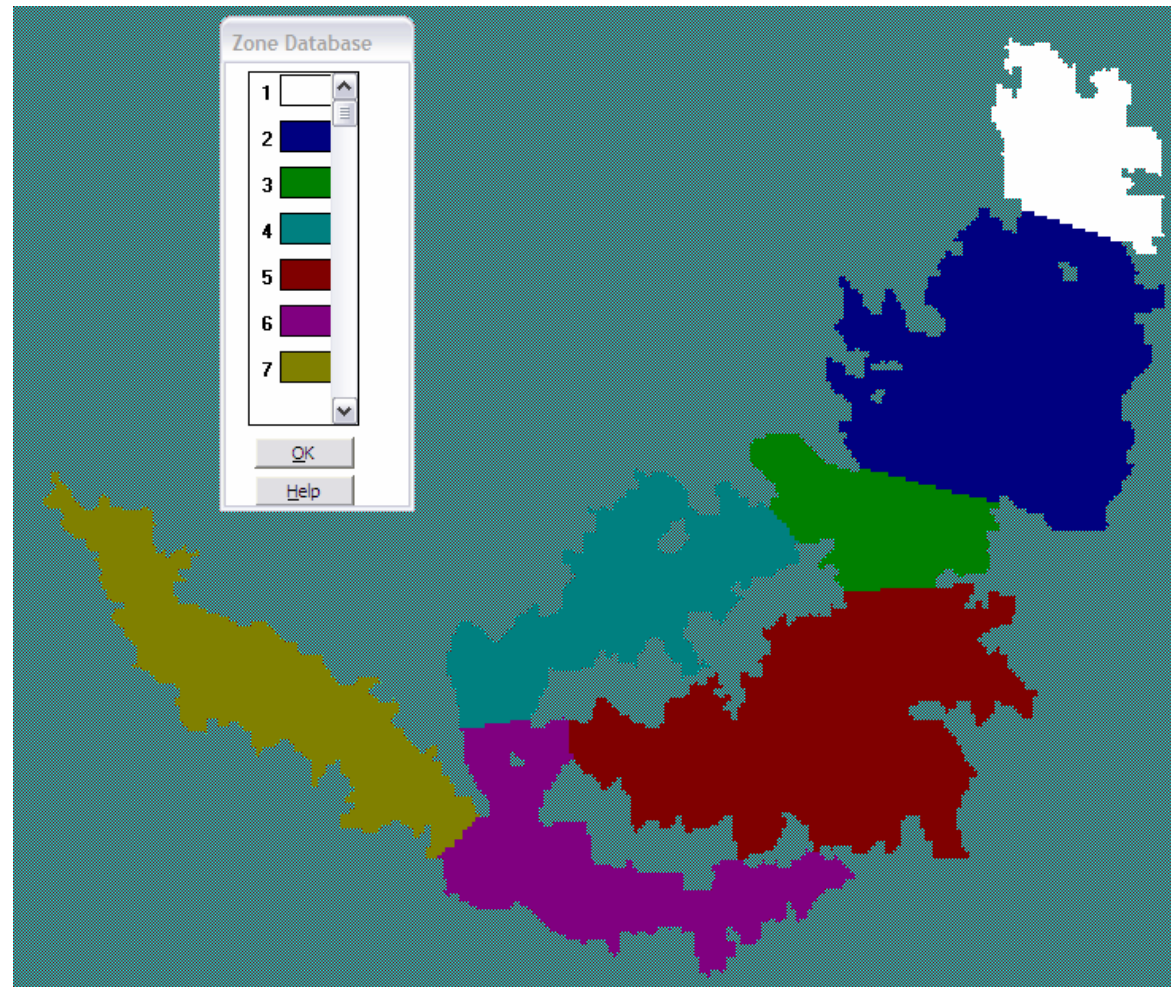


Acuífero de Mapocho
Alto considera la
condición inicial el 1 de
Diciembre de 1996

- INTRODUCCION
- VISUAL MODFLOW
 - GENERAL
 - MALLA
 - PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS
 - ACCIONES EXTERNAS
 - CONDICIONES DE BORDE
 - CONDICIONES INICIALES
 - ZONAS DE BALANCE
 - OPERACIÓN
 - SALIDAS DE LA MODELACIÓN
- FORTALEZAS/DEBILIDADES

ZONAS DE BALANCE

realizar balance hídrico en un volumen de control



- INTRODUCCION
- VISUAL MODFLOW
 - GENERAL
 - MALLA
 - PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS
 - ACCIONES EXTERNAS
 - CONDICIONES DE BORDE
 - CONDICIONES INICIALES
 - ZONAS DE BALANCE
 - **OPERACIÓN**
 - SALIDAS DE LA MODELACIÓN
- FORTALEZAS/DEBILIDADES



OPERACION MODFLOW

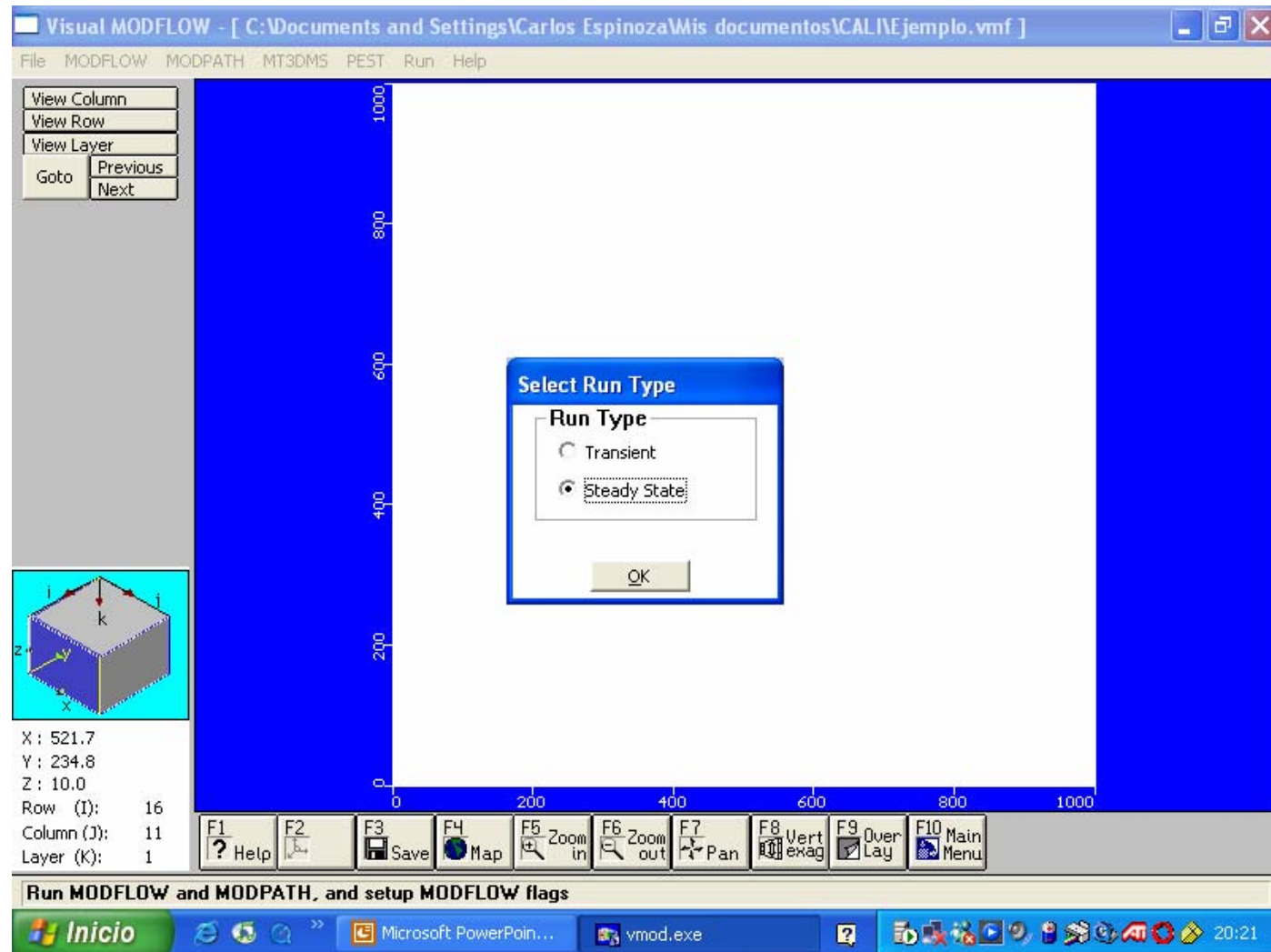
Una vez ingresados los datos necesarios para la ejecución del modelo antes mencionado es posible poder ejecutar el modelo y resolver un problema de flujo de aguas subterráneas particular.

Los resultados entregados por Visual MODFLOW pueden ser visualizados gráficamente en el mismo plano base, en donde se pueden observar velocidades (existiendo las alternativas de representar su dirección, magnitud o proyección) y además se pueden representar curvas isofreáticas, líneas de flujo, trayectorias de trazadores y otros.



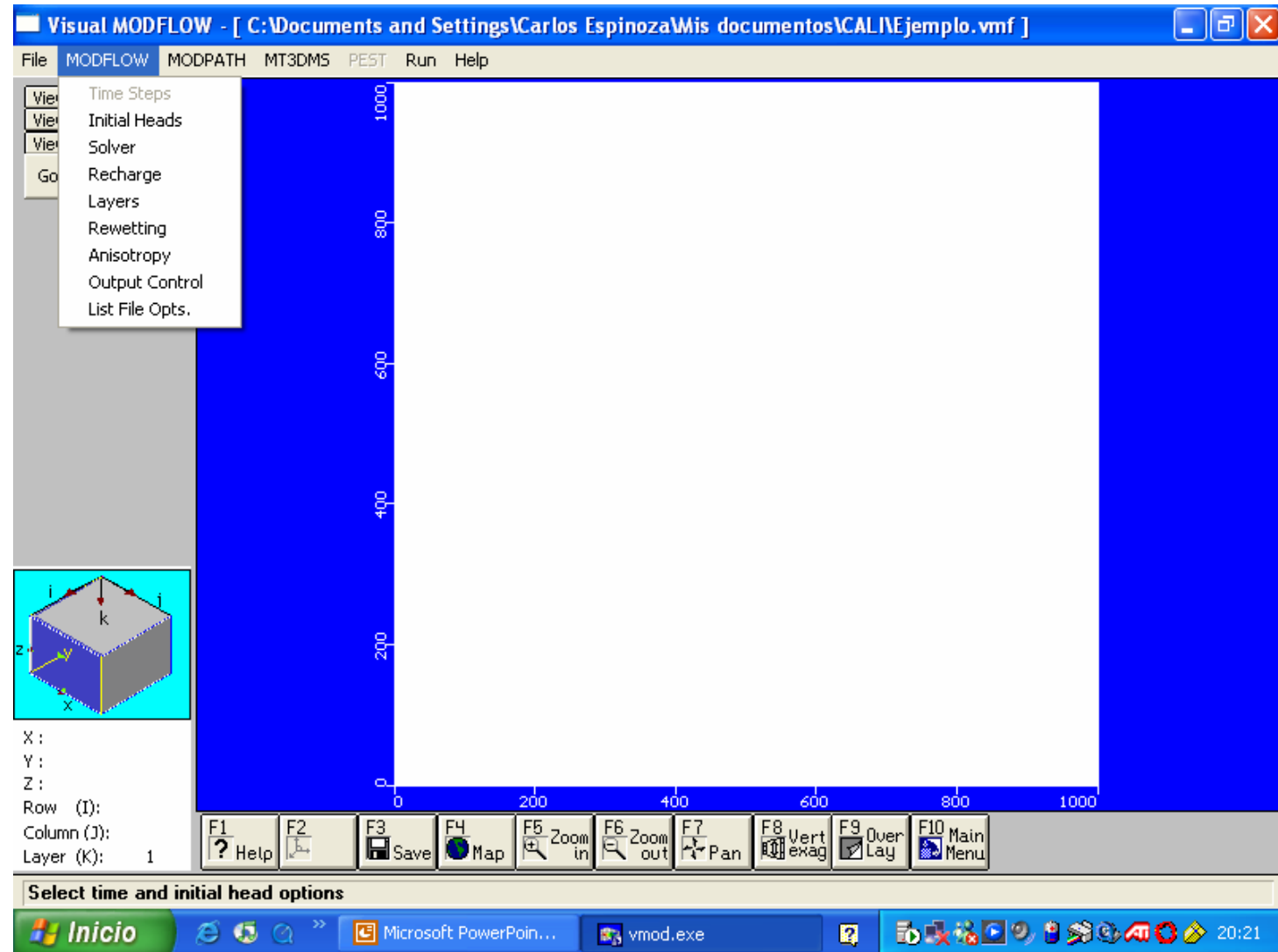
OPERACION MODFLOW

Elegir ejecutar régimen permanente o transiente



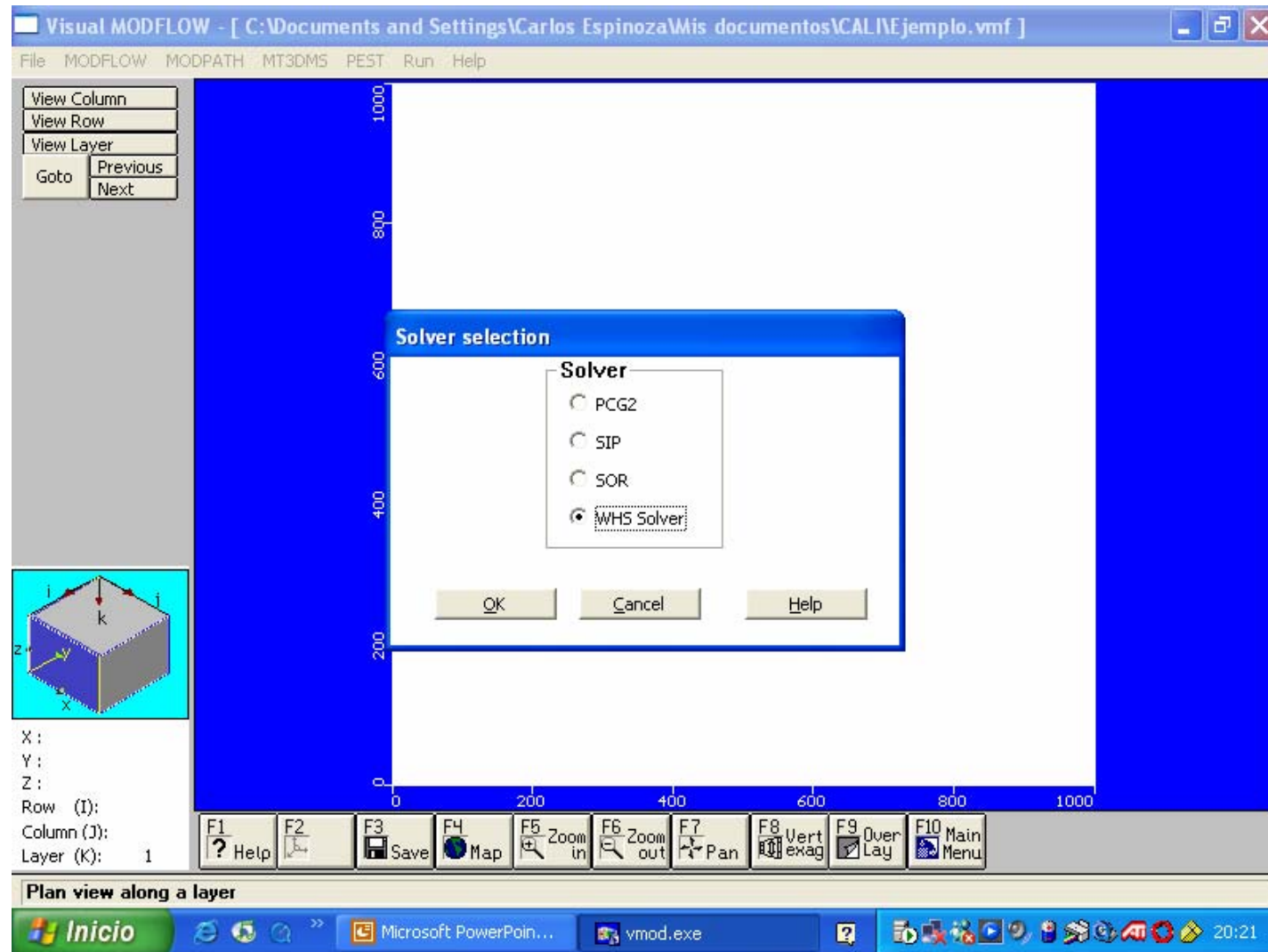
OPERACION MODFLOW

Menú Modelo de Flujo



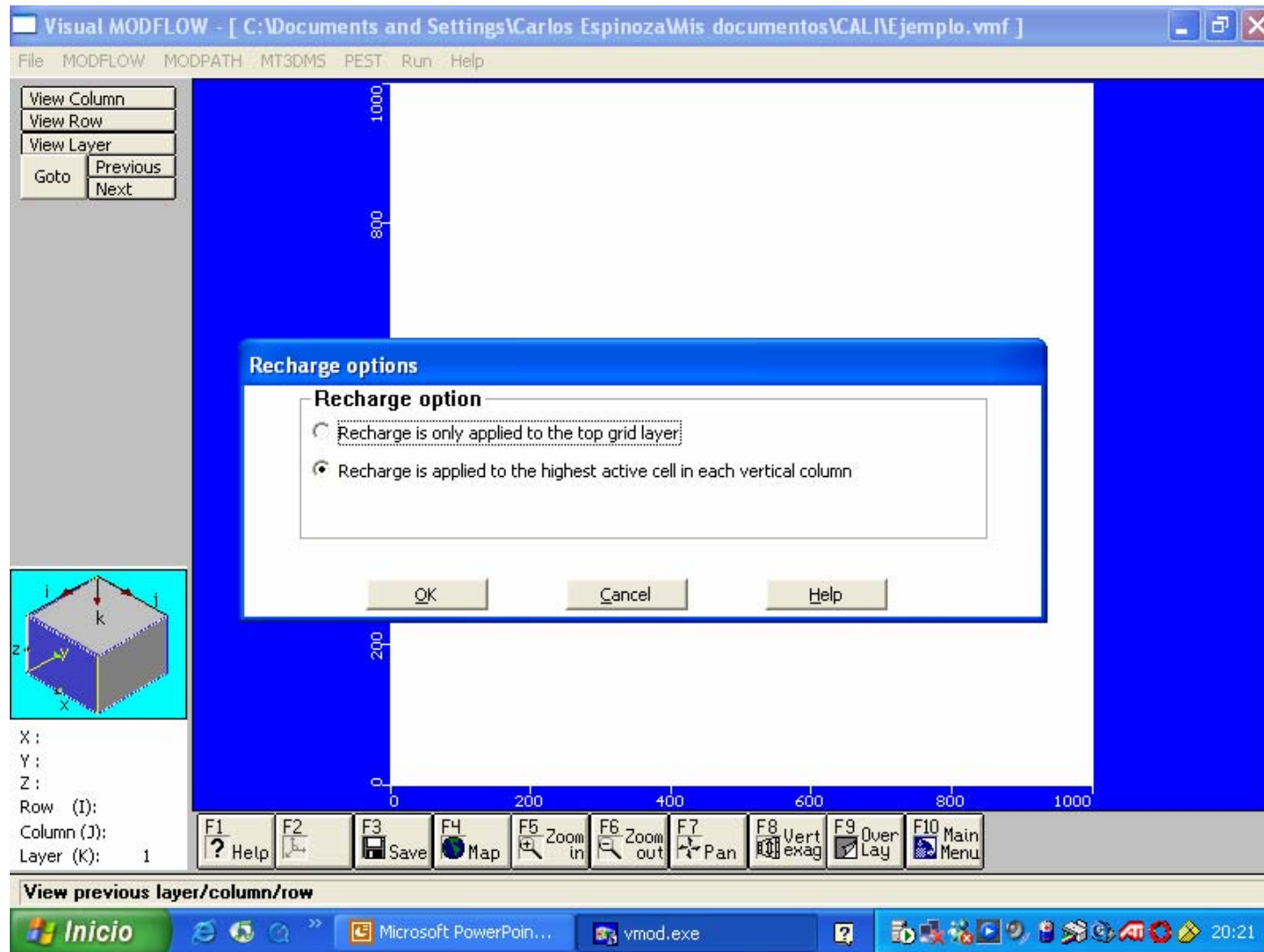
OPERACION MODFLOW

Elegir solver numérico



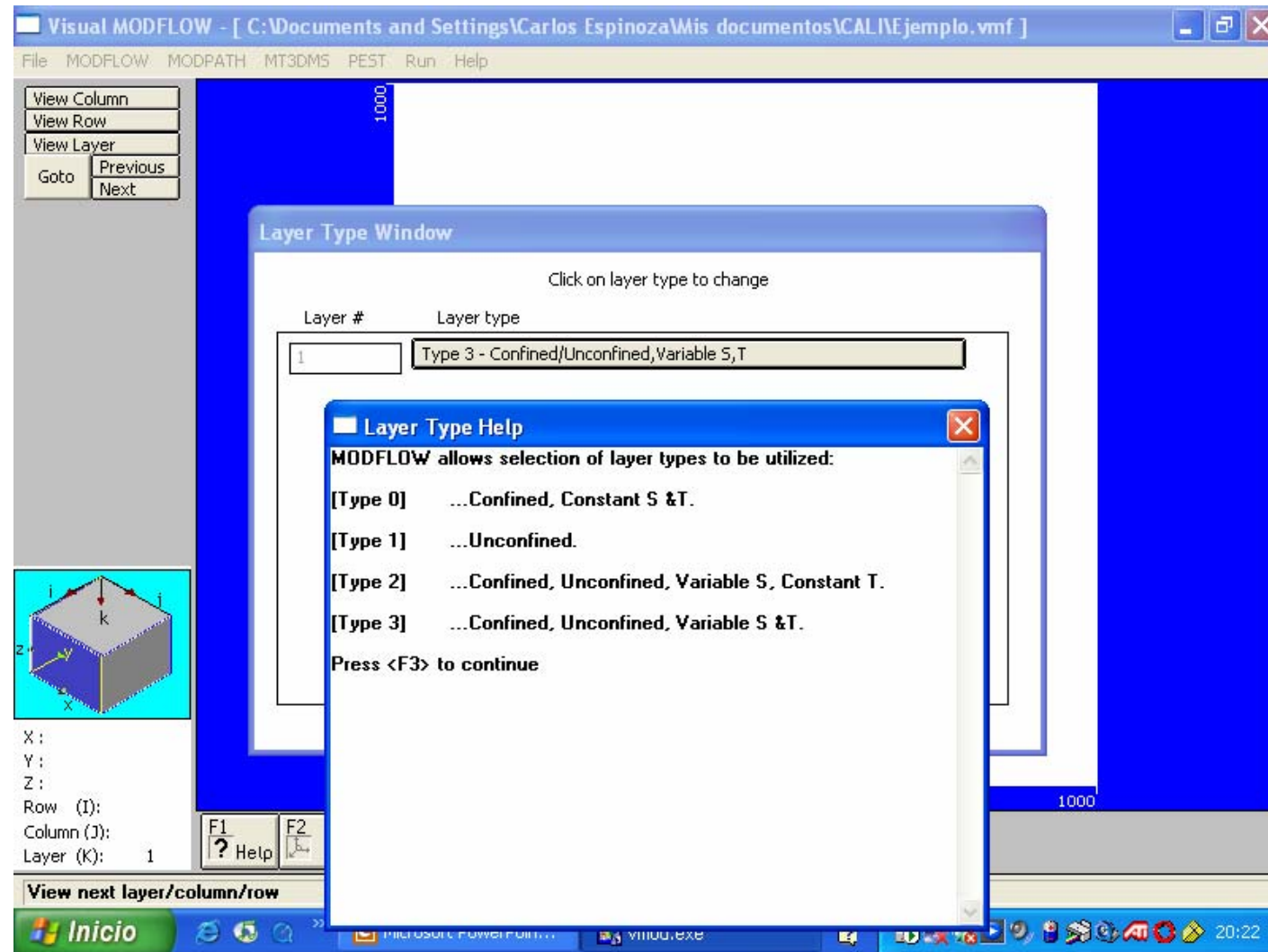
OPERACION MODFLOW

Aplicación de la recarga superficial



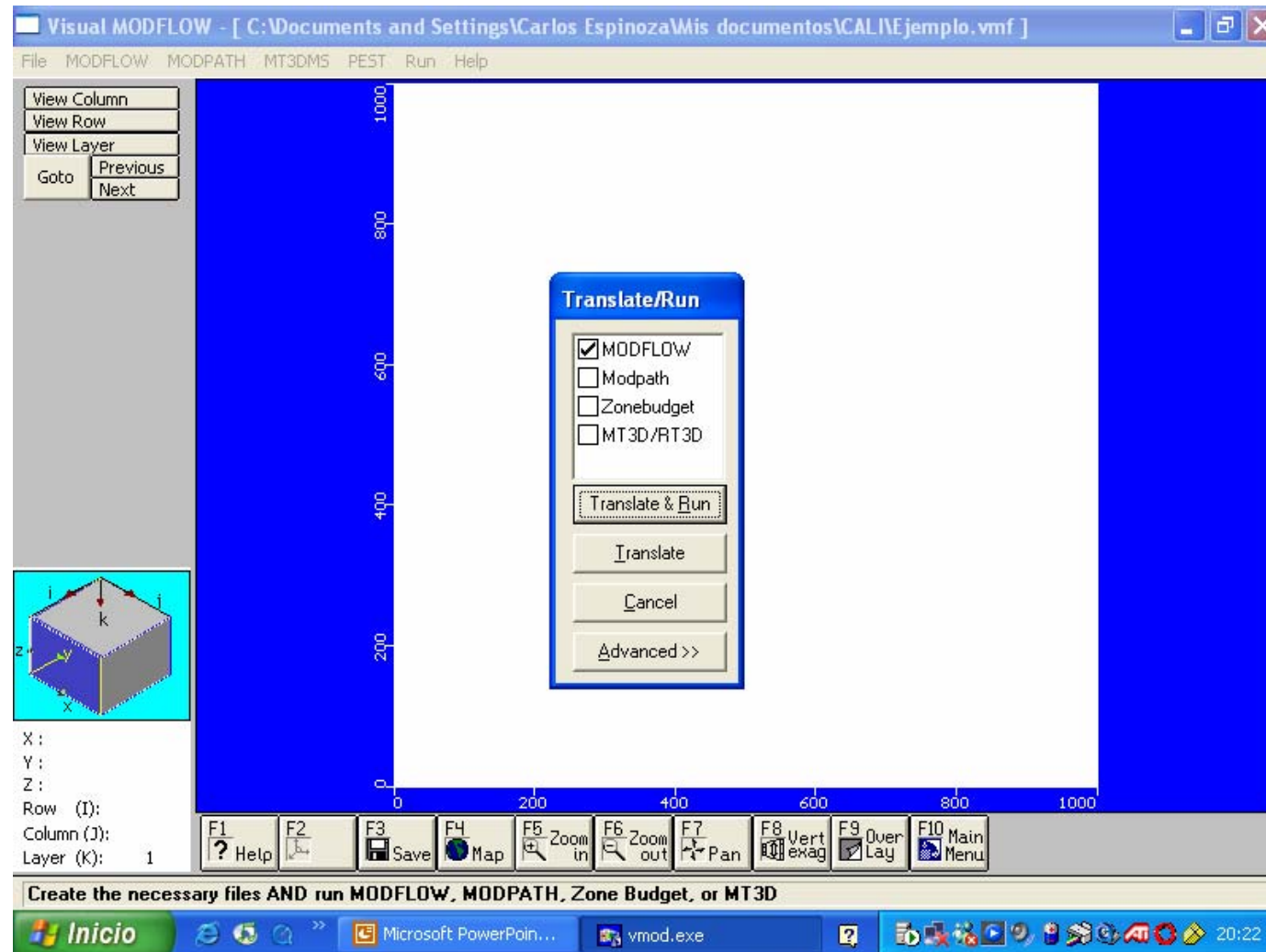
OPERACION MODFLOW

Seleccionar tipo de acuífero



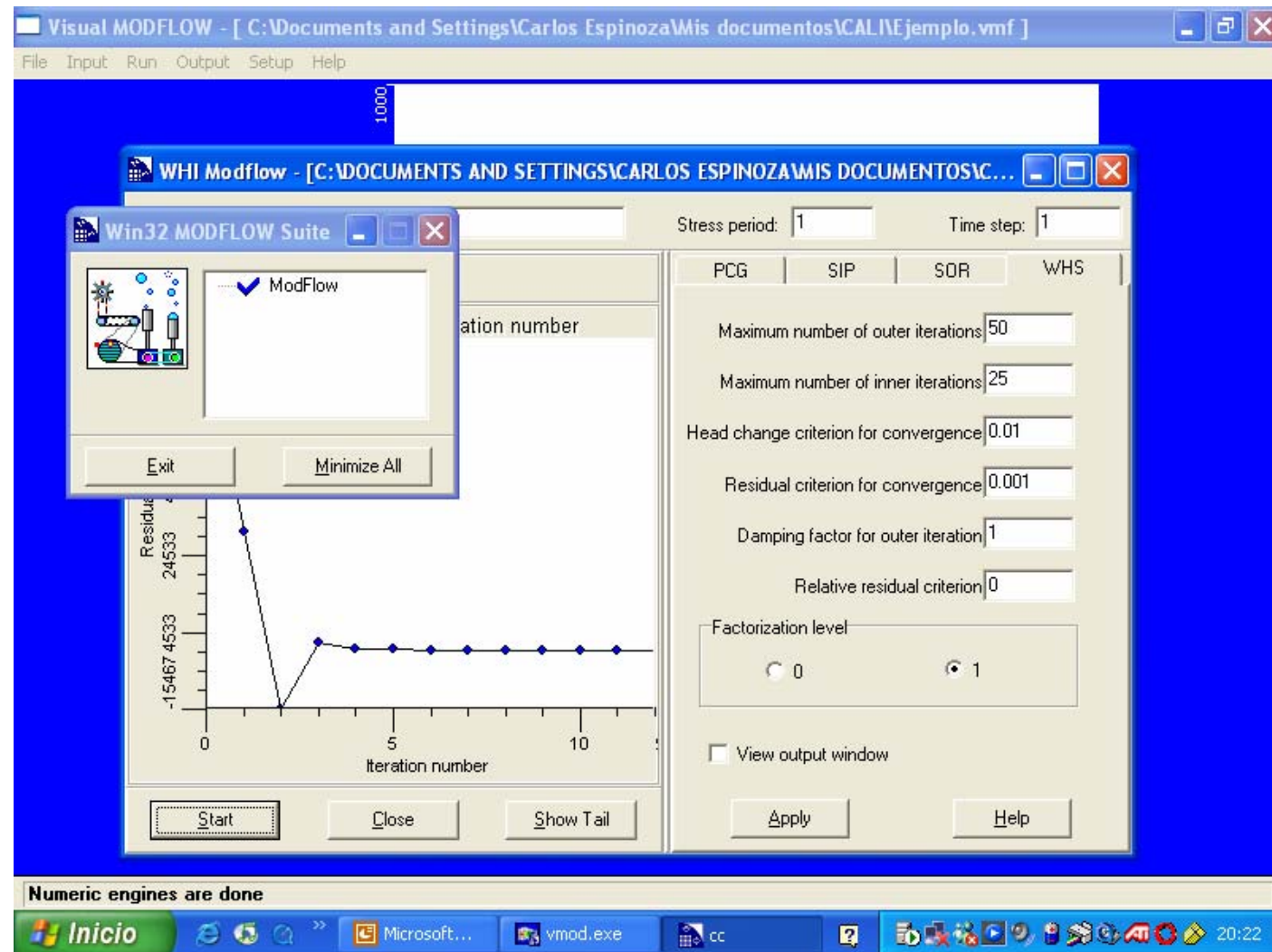
OPERACION MODFLOW

Seleccionar Modflow y ejecutar



OPERACION MODFLOW

Correcta ejecución del modelo modflow

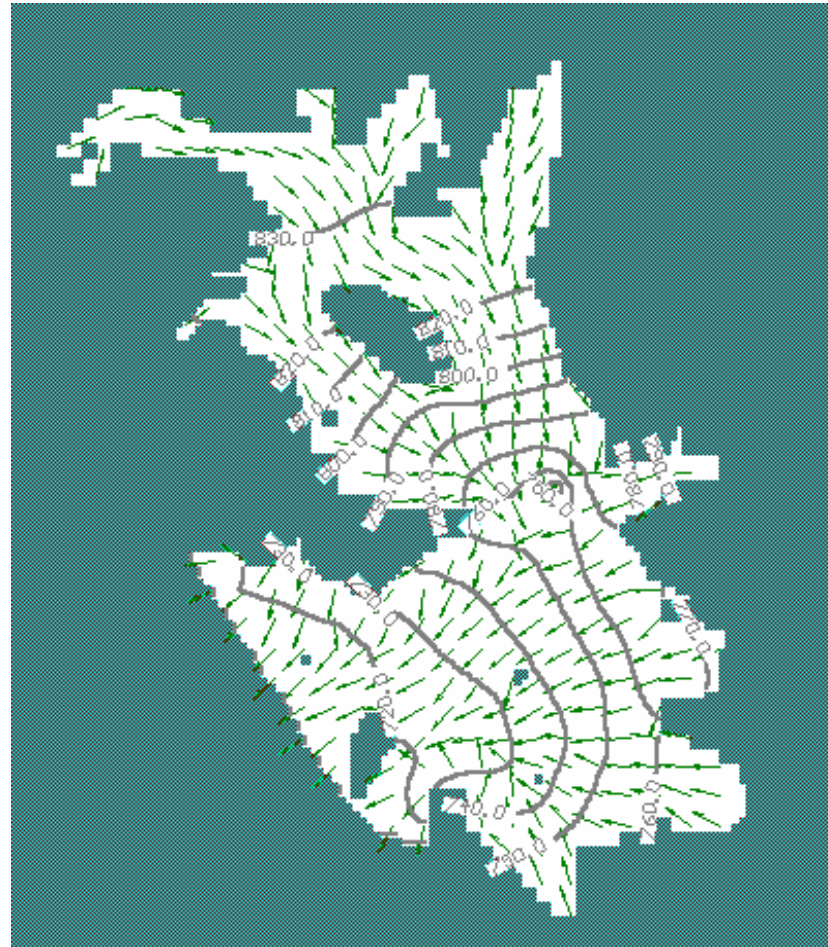


- INTRODUCCION
- VISUAL MODFLOW
 - GENERAL
 - MALLA
 - PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS
 - ACCIONES EXTERNAS
 - CONDICIONES DE BORDE
 - CONDICIONES INICIALES
 - ZONAS DE BALANCE
 - OPERACIÓN
 - **SALIDAS DE LA MODELACIÓN**
- FORTALEZAS/DEBILIDADES

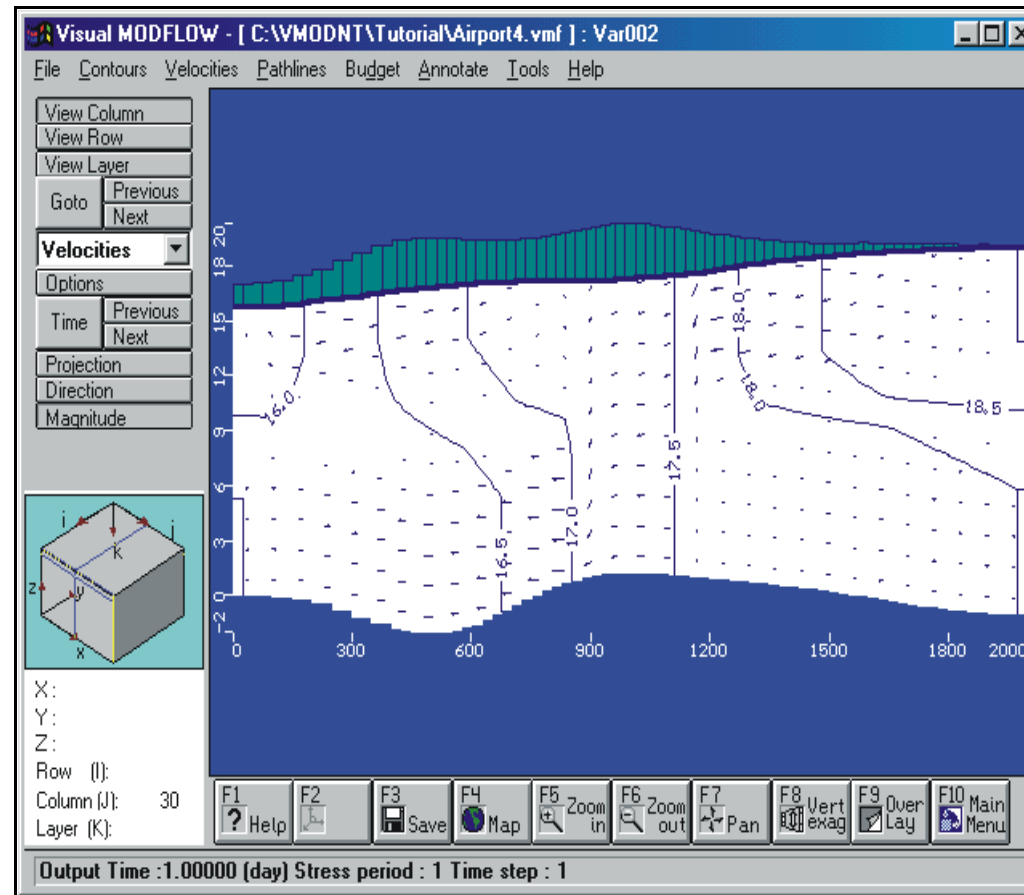


EQUIPOTENCIALES Y LINEAS DE FLUJO

Muestran como se mueve el agua en el acuífero

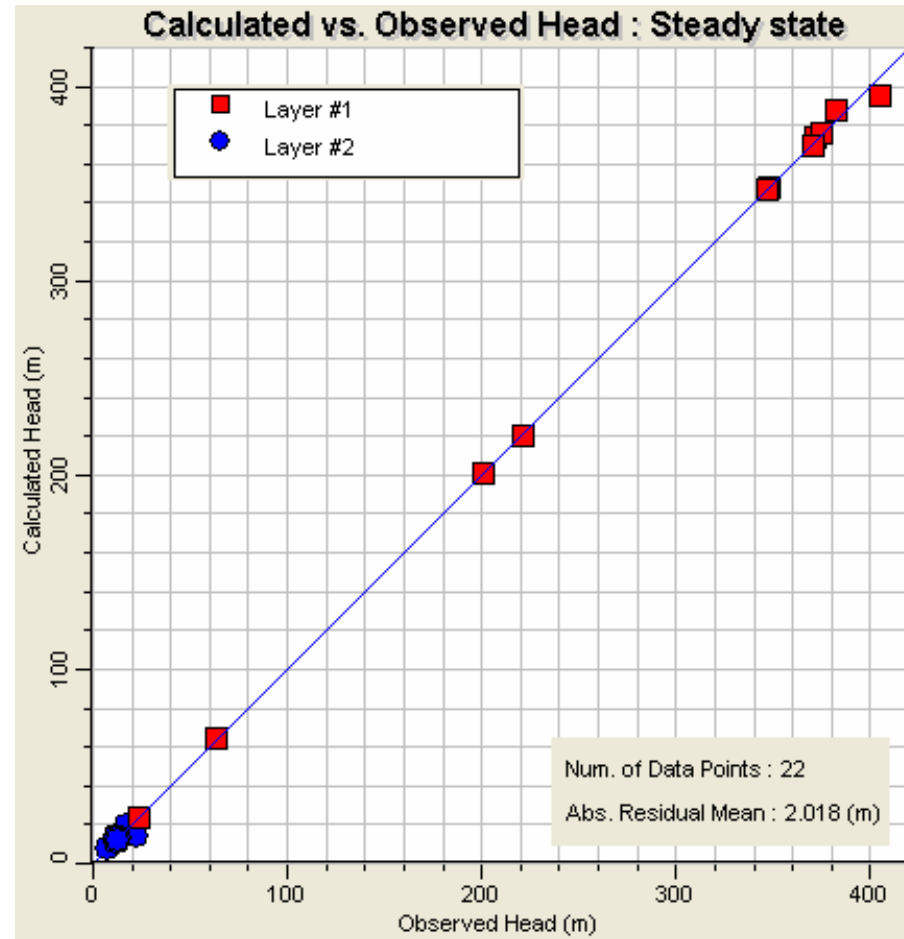


NIVEL FREATICO O NIVEL PIEZOMETRICO de un acuífero libre o confinado



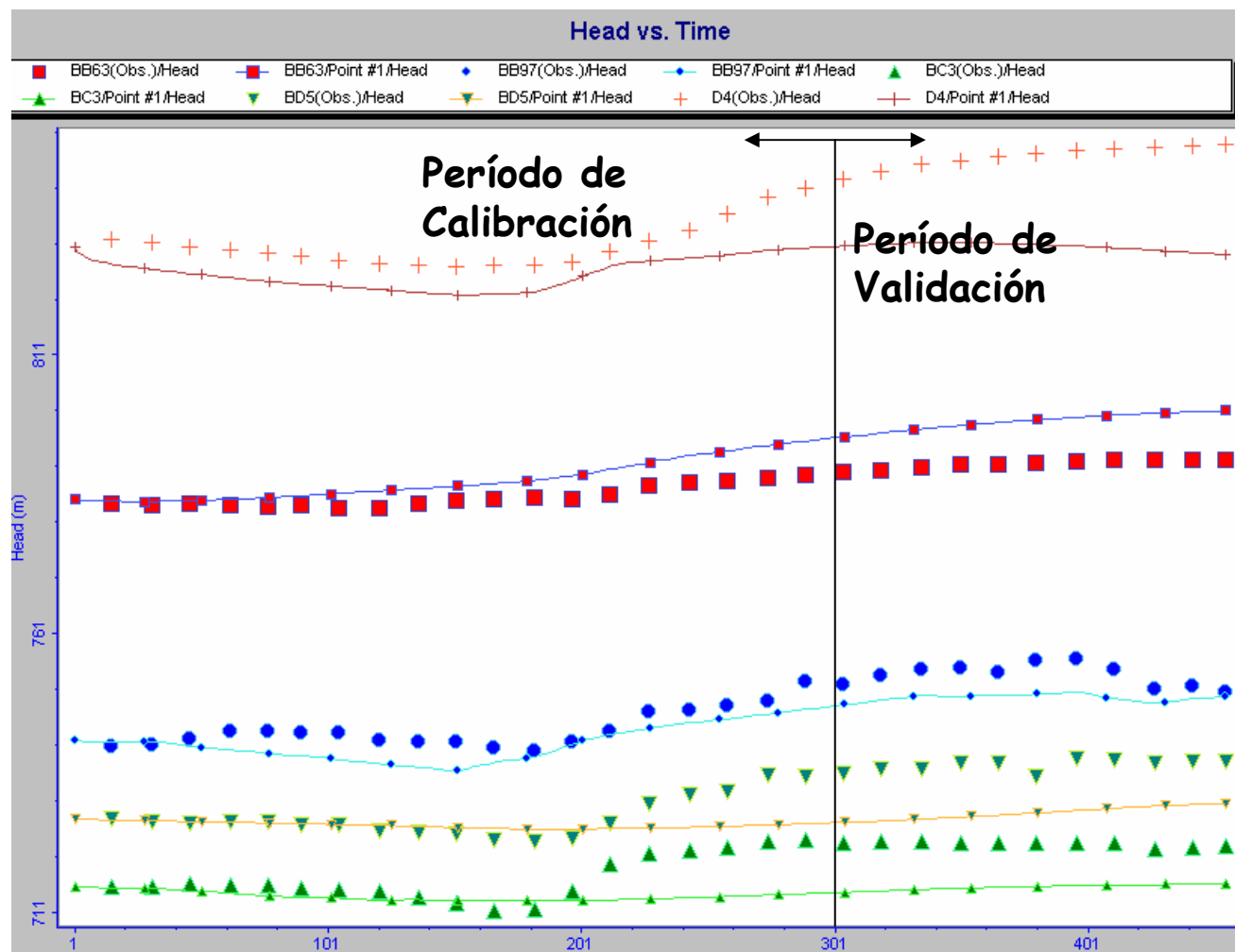
CALIBRACION REGIMEN PERMAMENENTE

Niveles Observados vs. Niveles Calculados



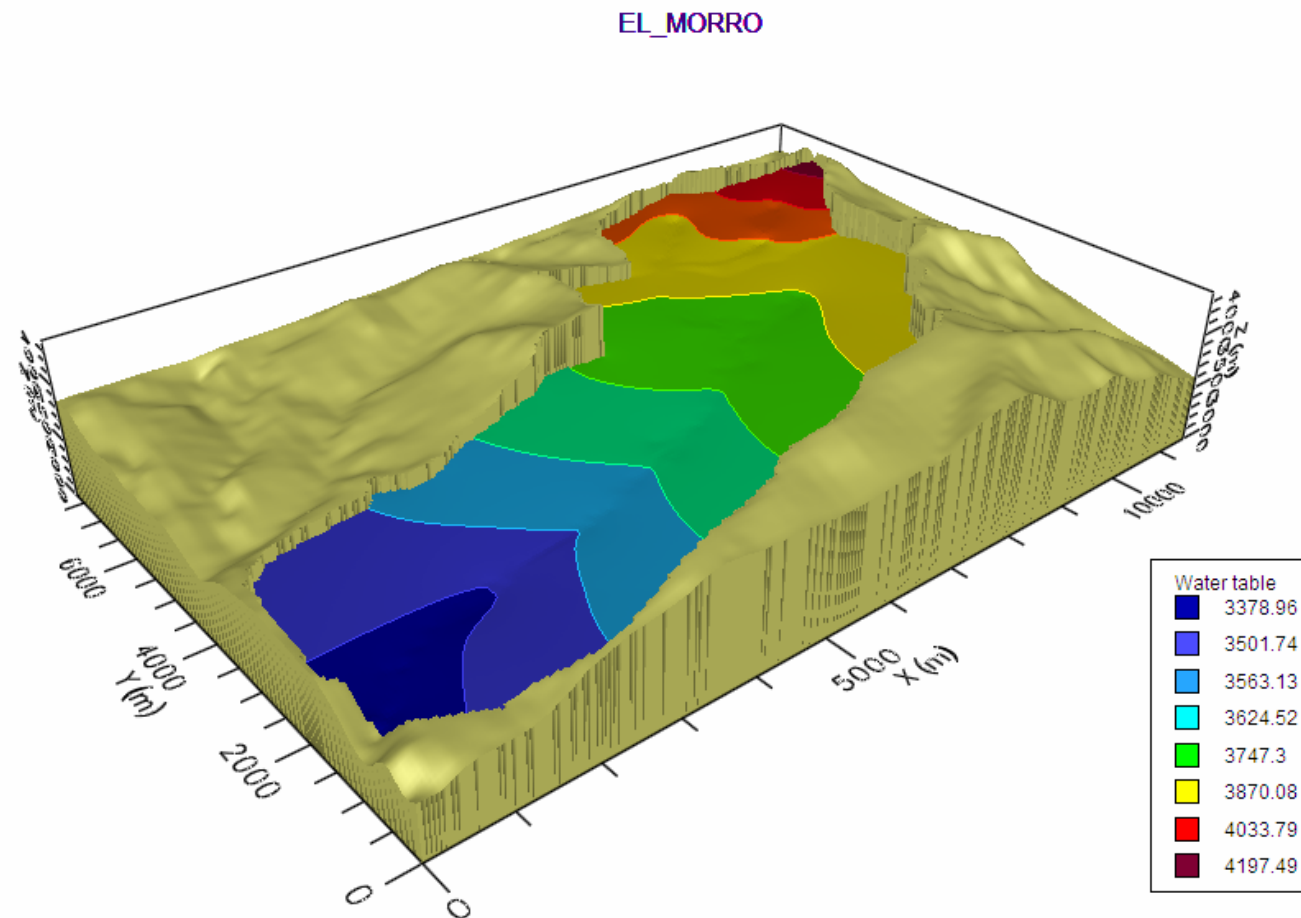
CALIBRACION/VALIDACION DE UN MODELO

Ajuste de la serie de tiempo de niveles



SUPERFICIE DEL NIVEL AGUA SUBTERRANEA

Vista 3D del nivel de agua en el acuífero



INTERACCION RIO-ACUIFERO

Cálculo del vaciamiento del río

Parámetros
Hidrogeológicos

$$S = 0,15$$

$$T = 300 \text{ m}^2/\text{día}$$

Parámetros
del Río

$$l = 30 \text{ m}$$

$$w = 5 \text{ m}$$

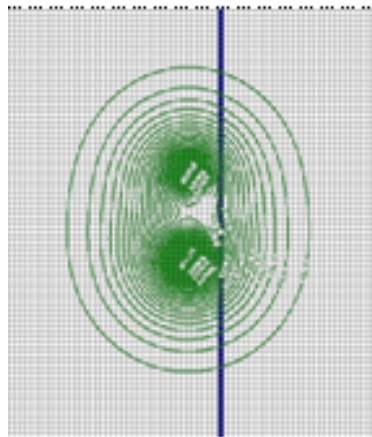
Caudales de
Extracción

$$Q_1 = 8000 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_2 = 6000 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$C = 1 \text{ m}^2/\text{día}$$

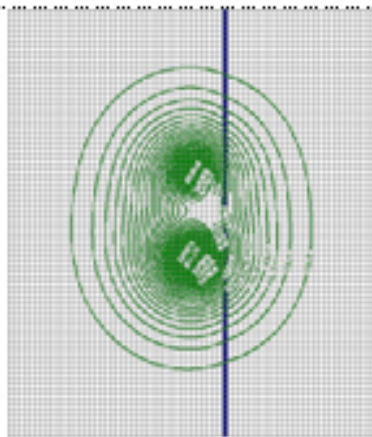
$$K'/m' = 0,04 \text{ día}^{-1}$$



$$q_r = 117 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$C = 10 \text{ m}^2/\text{día}$$

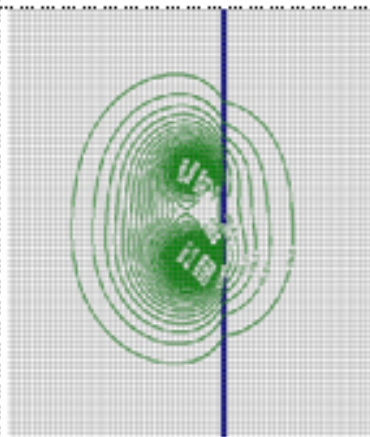
$$K'/m' = 0,4 \text{ día}^{-1}$$



$$q_r = 1057 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$C = 100 \text{ m}^2/\text{día}$$

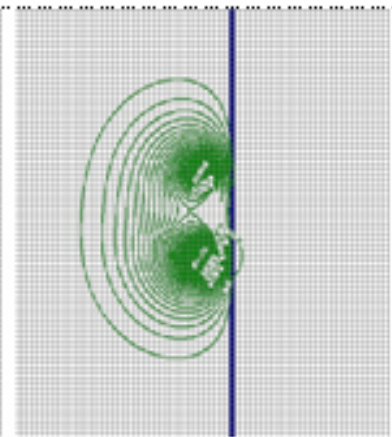
$$K'/m' = 4 \text{ día}^{-1}$$



$$q_r = 5230 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$C = 1000 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$K'/m' = 40 \text{ día}^{-1}$$



$$q_r = 8160 \text{ m}^3/\text{día}$$

ZONAS DE BALANCE

Flujos de entradas y salida de un acuífero

Zone Budget Output

Zone: 4 Output Time: 1 Stress Period: 1

Input	Output
Storage = 35731.000000 m ³ /day	Storage = 2195.900000 m ³ /day
Constant Head = 0.000000 m ³ /day	Constant Head = 0.000000 m ³ /day
Wells = 32715.000000 m ³ /day	Wells = 34132.000000 m ³ /day
Drains = 0.000000 m ³ /day	Drains = 0.000000 m ³ /day
Recharge = 29536.000000 m ³ /day	Recharge = 0.000000 m ³ /day
Et = 0.000000 m ³ /day	Et = 0.000000 m ³ /day
River Leakage = 48057.000000 m ³ /day	River Leakage = 164940.000000 m ³ /day

Difference

IN - OUT = -696.730000 m³/day

Percent Discrepancy = -0.250000%

Prev Zone Next Zone OK

- INTRODUCCION
- VISUAL MODFLOW
 - GENERAL
 - MALLA
 - PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS
 - ACCIONES EXTERNAS
 - CONDICIONES DE BORDE
 - CONDICIONES INICIALES
 - ZONAS DE BALANCE
 - OPERACIÓN
 - SALIDAS DE LA MODELACIÓN
- FORTALEZAS/DEBILIDADES



FORTALEZAS Y DEBILIDADES

Fortalezas	Debilidades
Es uno de los modelos más utilizados internacionalmente, siendo ampliamente probado en la resolución y representación de problemas de flujo en tres dimensiones.	Imposibilidad de llenar celdas secas, las que se vacían durante el proceso de cálculo. Esto puede llevar a cometer errores de cálculo al momento de cuantificar caudales de extracción o direcciones de flujos.
MODFLOW es favorablemente aceptado por los sectores privados y gubernamentales en distintos países en la toma de decisiones.	La modelación de acuíferos irregulares o curvos, con propiedades de anisotropía y heterogeneidad son difíciles de resolver mediante esta metodología.
El esquema de diferencias finitas trabaja mejor con acuíferos rectangulares o prismáticos y de composición uniforme	

FORTALEZAS Y DEBILIDADES

Fortalezas	Debilidades
El esquema de resolución numérico empleado por el modelo corresponde a un esquema de diferencias finitas, el cual entrega soluciones aceptables a los problemas modelados, a través de una metodología numéricamente sencilla.	
La representación gráfica de la modelación facilita el ingreso de los datos, la visualización de resultados, etc.	
Al ser un modelo cuasitridimensional, Visual MODFLOW está capacitado para representar de una manera más realistas los problemas modelados.	