



CI71F MODELACION HIDROLOGICA

TUTORIAL 1 VISUAL MODFLOW CONSTRUCCIÓN DE UN PROBLEMA DE FLUJO

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

TUTORIAL 1
Visual MODFLOW
CONSTRUCCIÓN DE UN PROBLEMA DE FLUJO

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Los objetivos que se pretende que alcance el alumno al final de este tutorial son los siguientes:

- Demostrar mediante ejemplos lo fácil que resulta la creación de nuevos modelos de flujo.
- Estudiar diferentes configuraciones de un modelo de flujo, de manera de poder utilizar variadas condiciones de borde, y visualizar los resultados obtenidos, tales como equipotenciales, velocidades y direcciones de flujo.

Para la realización del presente tutorial, se recomienda seguir los pasos siguientes.

MODELO 1: CONDICIONES DE BORDE DE NIVEL CONSTANTE

Paso 1: Abrir programa MODFLOW 2.8.1.

Paso 2: File → New.

En la Pantalla aparecerá el siguiente cuadro, donde se proporcionan las principales características geométricas y de unidades a utilizar durante el desarrollo del trabajo.

The screenshot shows the 'New Model' dialog box in Visual MODFLOW. The window title is 'D:\17.-Curso de Modelacion\tutorial 1\tut1.vmf'. The dialog is divided into several sections:

- Create model using base Map:** A checkbox that is currently unchecked.
- Map File:** A text field with a 'Browse' button next to it.
- Model Domain:** A section containing input fields for the model's geometry:
 - Columns(i):** 40
 - Rows(j):** 20
 - Xmin:** 0 [m]
 - Xmax:** 2000 [m]
 - Ymin:** 0 [m]
 - Ymax:** 1000 [m]
 - Layers(k):** 1
 - Zmin:** 0 [m]
 - Zmax:** 50 [m]
- Setup Transport Model:** A checkbox that is currently unchecked.
- Units:** A section with dropdown menus for various units:
 - Length:** meters
 - Time:** days
 - Conductivity:** m/second
 - Pumping Rate:** m³/day
 - Recharge:** mm/year
 - Mass:** kg
 - Concentration:** mg/L

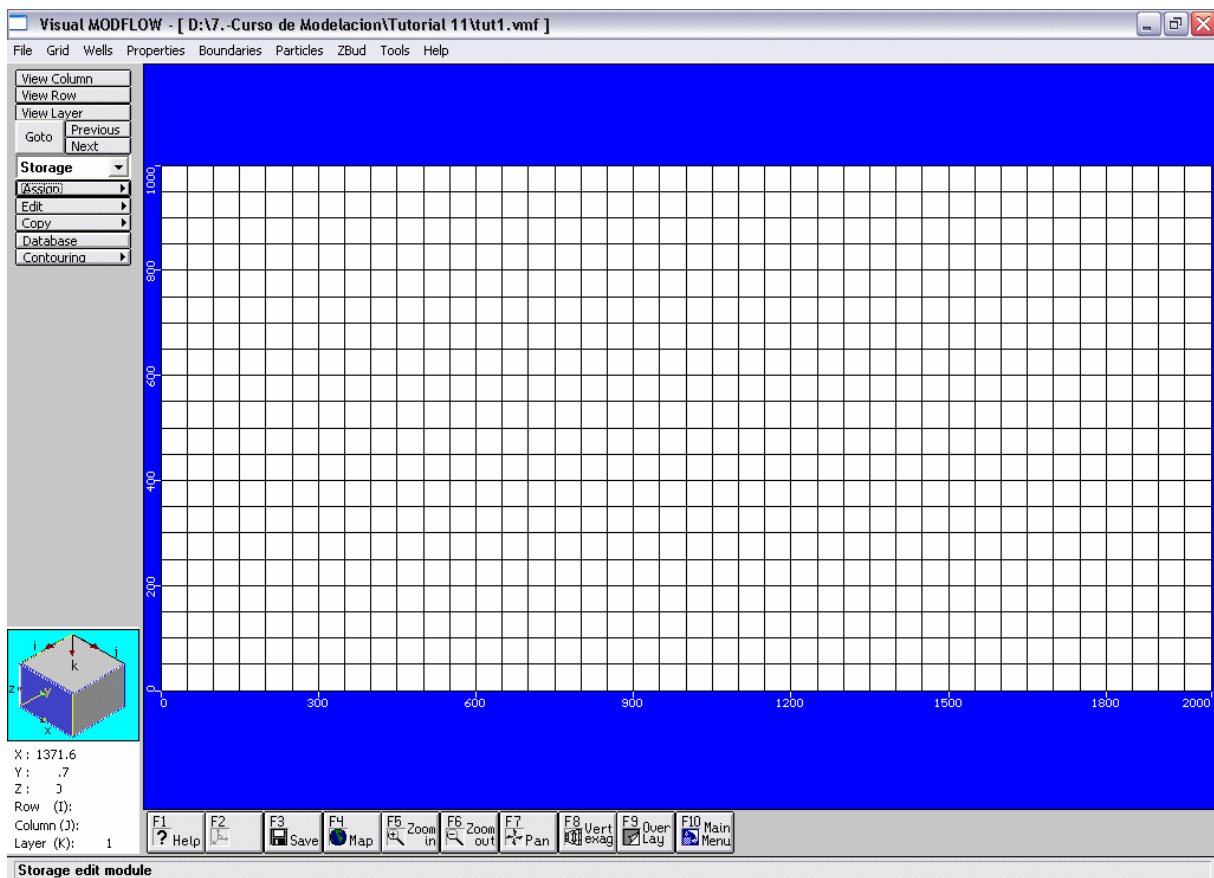
At the bottom of the dialog are two buttons: 'Create' and 'Cancel'.

Las principales características del modelo a desarrollar son las siguientes:

Largo	:	2000 metros
Ancho	:	1000 metros
Profundidad	:	50 metros
Nº de Columnas	:	40
Nº de Filas	:	20
Dimensión Celdas	:	50 x 50 metros

Se mantendrán las unidades propuestas por MODFLOW.

Una vez ingresado todos los datos, hacer click en CREATE. La malla de discretización obtenida se presenta en la siguiente figura.



Paso 3: Properties → Conductivity → OK → SAVE

En el siguiente cuadro se presentan las características hidrogeológicas a utilizar por defecto, para todo el dominio de modelación. También existe la posibilidad de definir zonas con diferentes características hidrogeológicas.

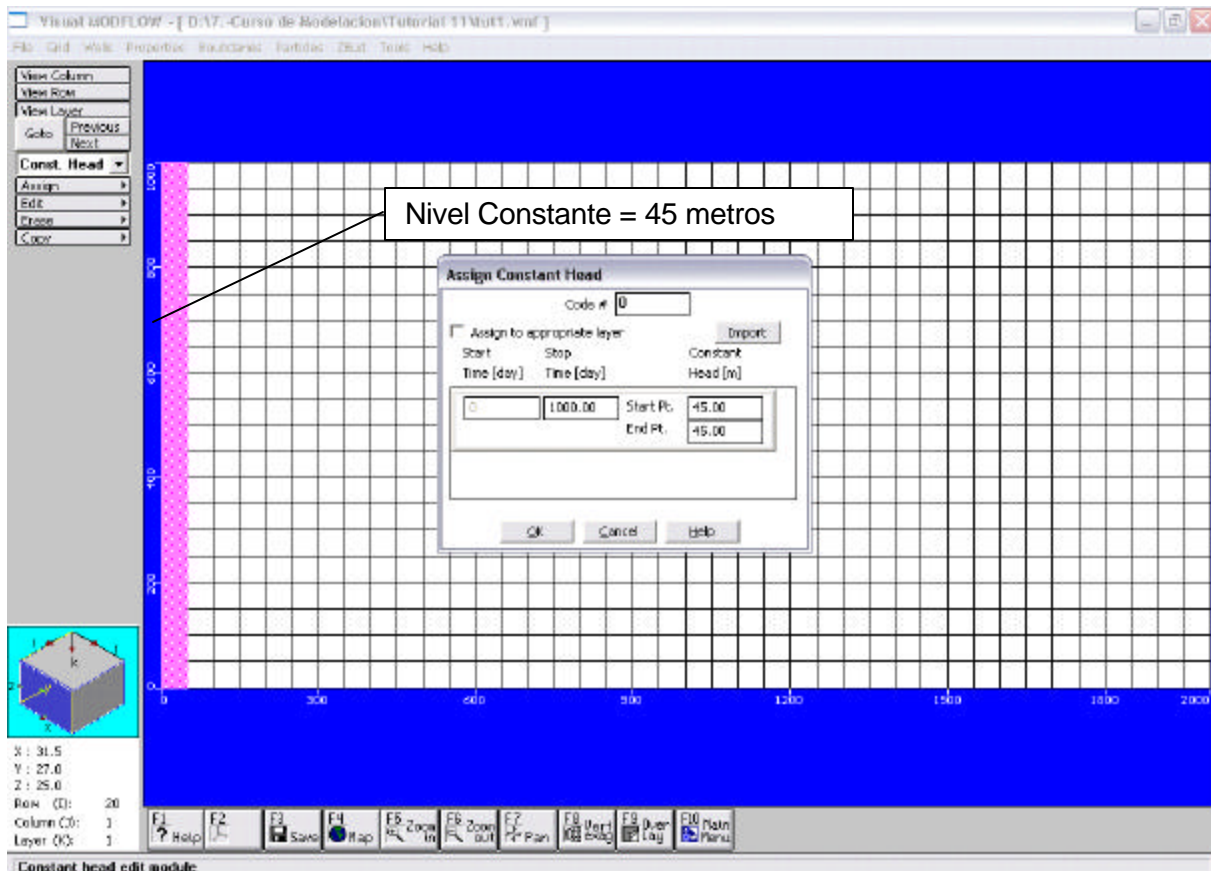
Default Property Values

Kx [m/s]:	0.0005
Ky [m/s]:	0.0005
Kz [m/s]:	0.0005
Ss [1/m]:	0.0001
Sy [-]:	0.01
Eff.Por [-]:	0.08
Tot.Por [-]:	0.08

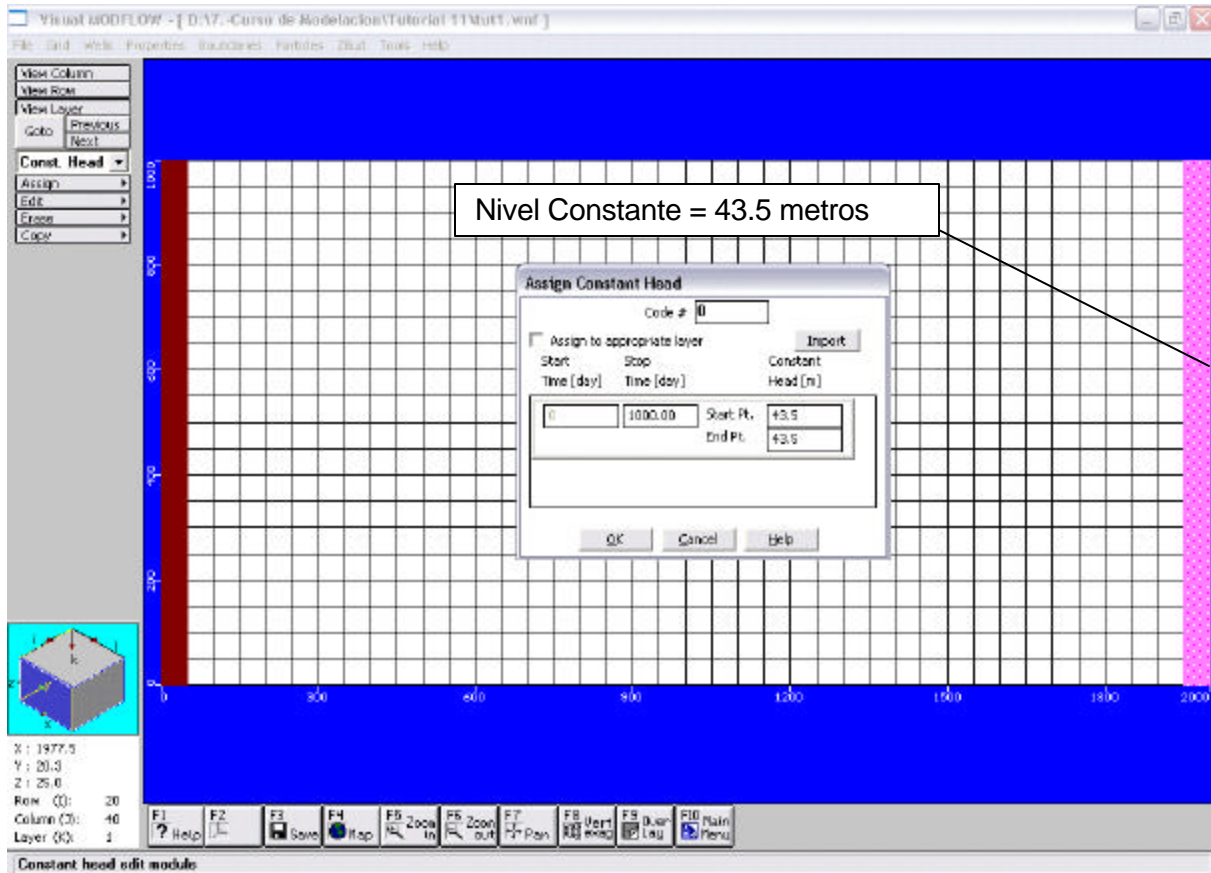
OK Help

Paso 4: Boundaries → Constant Head → Assing → Line.

En este modelo utilizaremos condiciones de borde del tipo Dirichlet, es decir con algún valor de altura o nivel de agua conocido. Supondremos un valor de altura conocido en la zona izquierda de 45 m y utilizaremos un gradiente hidráulico igual a $i = 0.00075$, para estimar la condición de borde en el extremo derecho del modelo. El tiempo utilizado para la modelación será de 1000 días.



De acuerdo a los supuestos realizados, el valor de altura de la condición de borde derecho es de 43.5 m. La pantalla desplegada por MODFLOW se presenta en la siguiente figura.



Paso 5: Hacer Click Main Menu → OK. SAVE.



Paso 6: RUN → Steady State

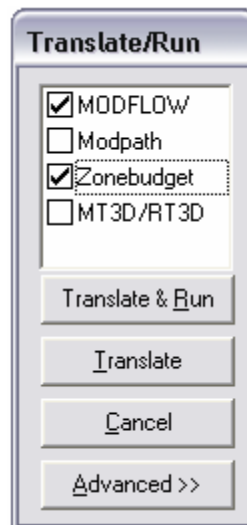
En este paso ejecutaremos el programa para obtener la solución numérica del problema de flujo en régimen permanente.



Paso 7: RUN → Translate & Run

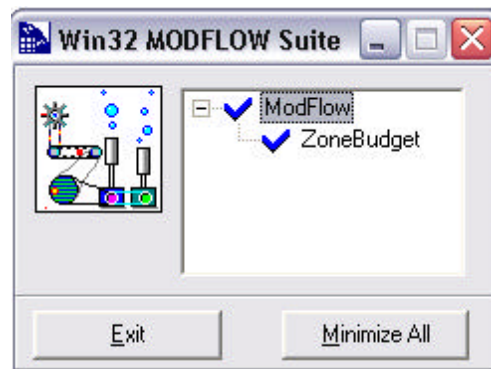
En este paso elegiremos los siguientes módulos:

- MODFLOW: permite resolver numéricamente el problema de flujo.
- Zonebudget: permite realizar balances de agua en diferentes zonas planteadas.



Paso 8: Exit

Una vez que el modelo ha finalizado de resolver las tareas propuestas, saldrá la siguiente Figura.

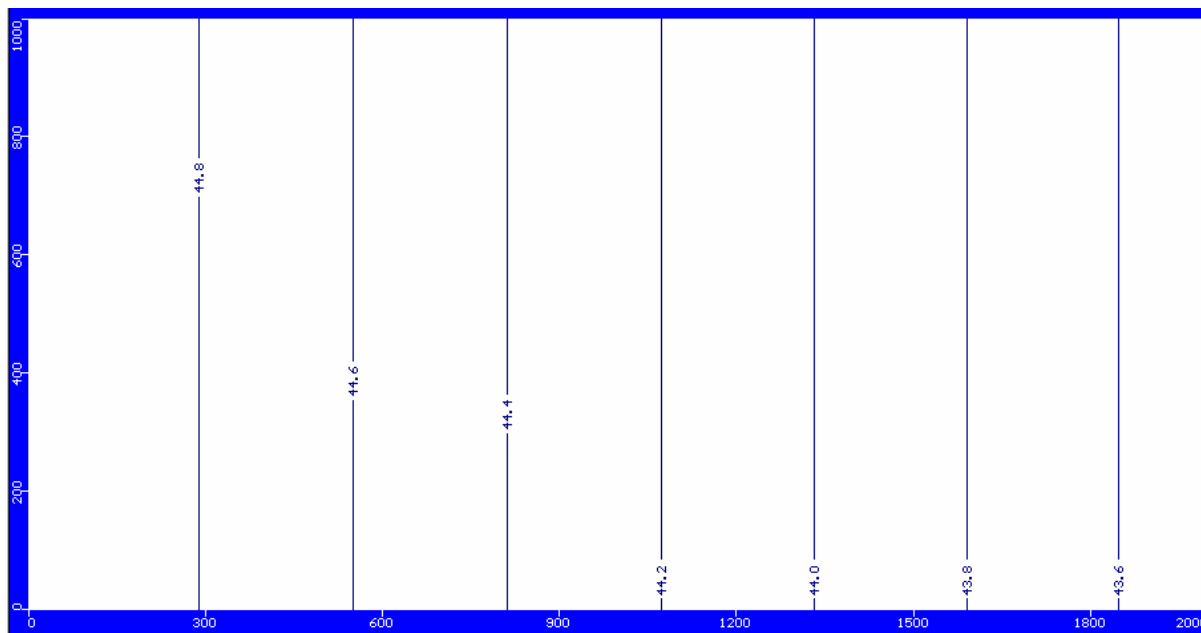


Paso 9: Click en OUTPUT

En los siguientes pasos estudiaremos los resultados obtenidos por el modelo.

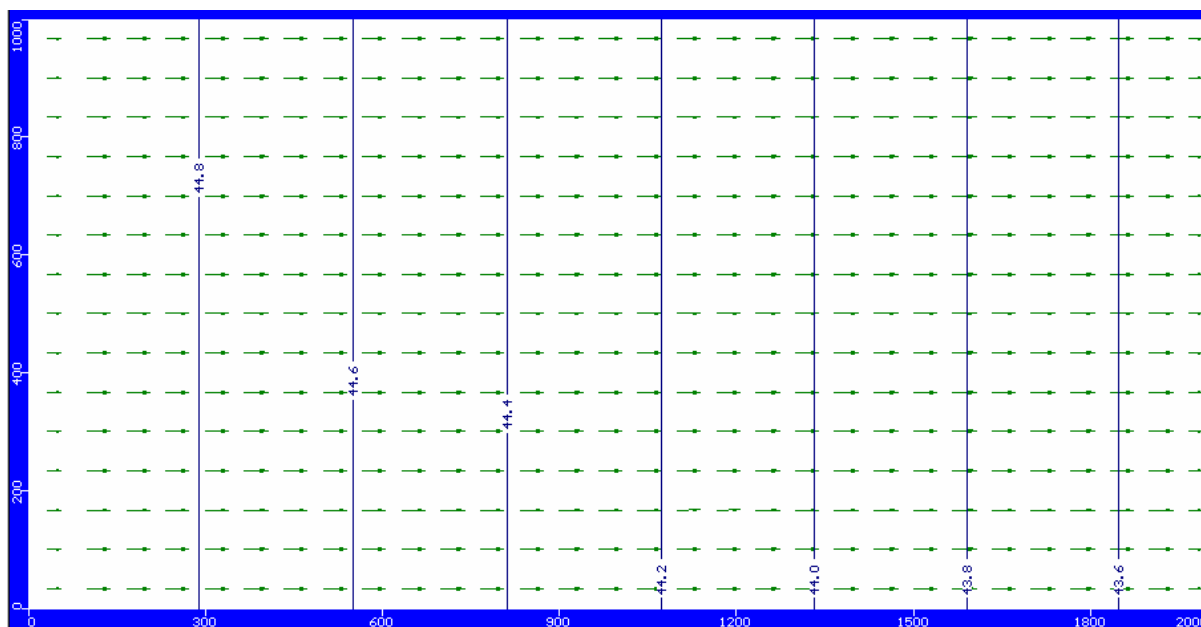
Paso 10: Contours → Head Equipotencial

En la siguiente figura se presentan las líneas equipotenciales en el modelo propuesto.



Paso 11: Velocities

En este menú se presentan tres posibilidades de despliegue gráfico para las velocidades: la proyección, magnitud y la magnitud de la velocidad. En la siguiente figura, se puede observar la dirección de la velocidad.



Paso 12: Budget → Zbud Output

Este paso nos permitirá obtener un balance hídrico de todas las aguas que entran y salen del modelo y de la fuente que es proporcionada. En nuestro caso el agua de entrada y de salida es entregada íntegramente por la condición de borde de Nivel Constante y tiene un valor de 1470.4 m³/d (17 l/s).

Zone Budget Output

Zone: 1 Output Time: 1 Stress Period: 1

Input	Output
Storage = 0.000000 m ³ /day	Storage = 0.000000 m ³ /day
Constant Head = 1470.400000 m ³ /day	Constant Head = 1470.400000 m ³ /day
Wells = 0.000000 m ³ /day	Wells = 0.000000 m ³ /day
Drains = 0.000000 m ³ /day	Drains = 0.000000 m ³ /day
Recharge = 0.000000 m ³ /day	Recharge = 0.000000 m ³ /day
Et = 0.000000 m ³ /day	Et = 0.000000 m ³ /day
River Leakage = 0.000000 m ³ /day	River Leakage = 0.000000 m ³ /day

Difference

IN - OUT = -0.001175 m³/day

Percent Discrepancy = 0.000000%

Prev Zone Next Zone OK

MODELO 2: CONDICION DE BORDE DE NIVEL CONSTANTE Y CAUDAL PASANTE

Paso 13: Main Menu → Input → Boundaries → Constant Head → Erase → Single

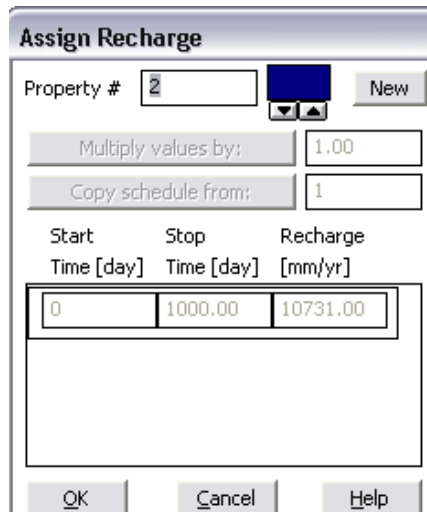
Se eliminará la condición de borde izquierda, de modo de poder utilizar una condición de borde del tipo Neuman o de flujo conocido, igual a la condición de caudal pasante en modelo anterior, es decir un caudal de 1470.4 m³/d (17 l/s).

Paso 14: Boundaries → Recharge → Assign → New

Se deberá ingresar el día de inicio y fin de la recarga y la tasa anual en milímetros.

Para calcular la recarga debemos repartir los 1470 m³/d en un área igual a 1000 m x 50 m (Ancho modelo * ancho de la celda). Luego, como la recarga esta en mm/año, el ejercicio a realizar para igualar el flujo es el siguiente:

$$Re\ c\ a\ r\ g\ a = \frac{1470}{1000 \cdot 50} \cdot \left[\frac{m^3}{d} \right] \cdot 1000[mm] \cdot 365 = 10731[mm/ year]$$



Assign Recharge

Property #

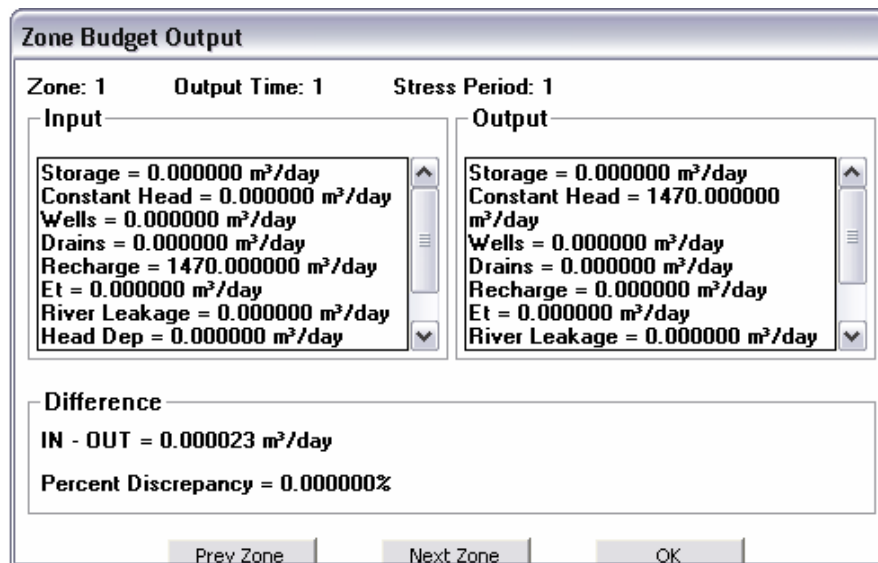
Multiply values by:

Copy schedule from:

Start Time [day]	Stop Time [day]	Recharge [mm/yr]
0	1000.00	10731.00

Paso 15: Repetir los pasos 5 al 12.

Se puede apreciar, que si bien las condiciones de borde entre los Modelos 1 y 2 son diferentes, ambos presentan las mismas alturas de agua y velocidades en todos los puntos del dominio simulado, lo que se traduce en un balance de las aguas entrantes y salientes iguales entre los modelos presentados.



Zone Budget Output

Zone: 1 Output Time: 1 Stress Period: 1

Input	Output
Storage = 0.000000 m ³ /day	Storage = 0.000000 m ³ /day
Constant Head = 0.000000 m ³ /day	Constant Head = 1470.000000 m ³ /day
Wells = 0.000000 m ³ /day	Wells = 0.000000 m ³ /day
Drains = 0.000000 m ³ /day	Drains = 0.000000 m ³ /day
Recharge = 1470.000000 m ³ /day	Recharge = 0.000000 m ³ /day
Et = 0.000000 m ³ /day	Et = 0.000000 m ³ /day
River Leakage = 0.000000 m ³ /day	River Leakage = 0.000000 m ³ /day
Head Dep = 0.000000 m ³ /day	

Difference

IN - OUT = 0.000023 m³/day

Percent Discrepancy = 0.000000%

Pero, si al modelo le insertamos un pozo de bombeo, los flujos pasantes no se comportarán de la misma forma. ¿Porque?

MODELO 3: CONDICIONES DE BORDE DE NIVEL CONSTANTE + POZO DE BOMBEO

PASO 16: Main Menu → Input → Boundaries → Recharge → Assign → Single

Aquí se retomaremos el Modelo 1 (condiciones de nivel constante).

PASO 17: Repita Paso 4

PASO 18: Wells → Pumping Wells → Add

Para ingresar un pozo se debe llenar los siguientes campos:

Nombre Pozo	:	Pozo_1
Inicio tramo de Cribas	:	0 m
Fin tramo de Cribas	:	50 m
Día comienzo bombeo	:	Día 0
Día fin bombeo	:	Día 1000
Caudal de bombeo	:	- 5000 m ³ /día
		- 58 l/s

La convención utilizada en MODFLOW para pozos de bombeo es un caudal negativo y en el caso de pozos de inyección es un caudal positivo.

New Well

Well Name: Pozo_1 X= 979.7297 (m) Y= 520.2703 (m) n/a

Screened Intervals

Screen Bottom (m)	Screen Top (m)
0	50
*	

Pumping Schedule

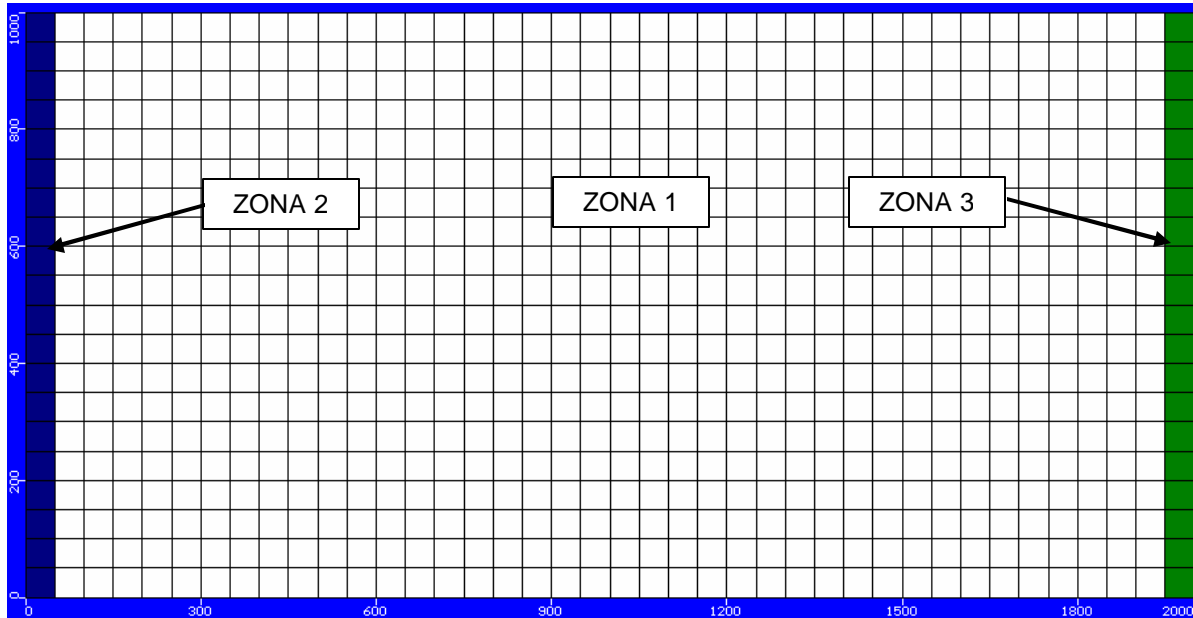
Start (days)	End (days)	Rate (m³/d)
0.00	1000	-5000
*		

Display as: ☒ Elevation ☐ Depth To ☒ Active Radius: 0

OK Cancel

PASO 19: Zbud

Crearemos nuevas zonas donde realizar balances, de modo de saber exactamente los balances en los puntos en cuestión.

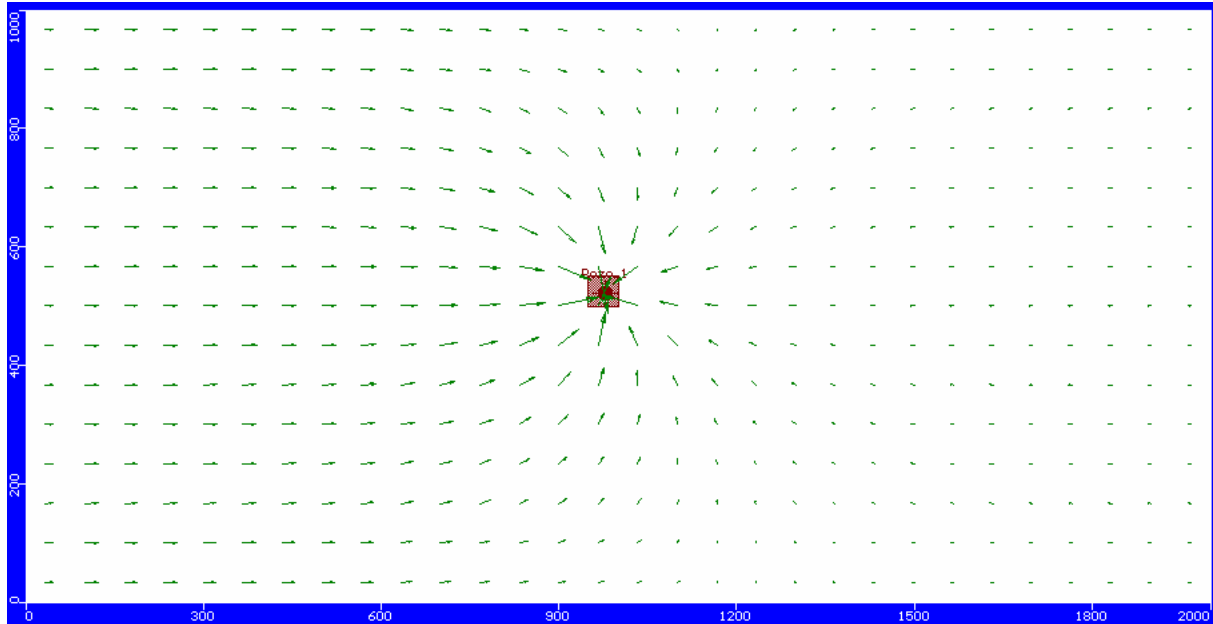


PASO 20: Apriete Main Menu → OK SAVE

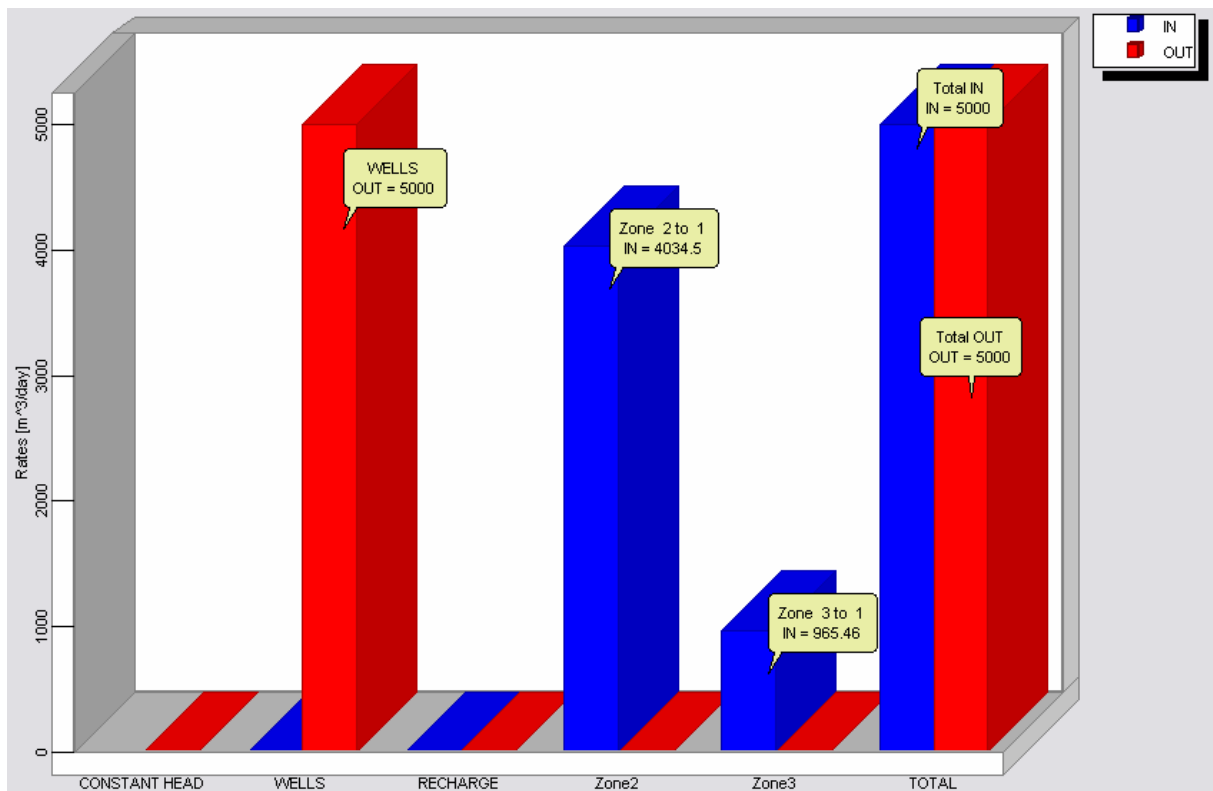


PASO 21: Repita los pasos 5 al 12.

El campo de velocidades en el sector en estudio se presenta en la siguiente Figura.



Paso 22: Budget → Zbud Output

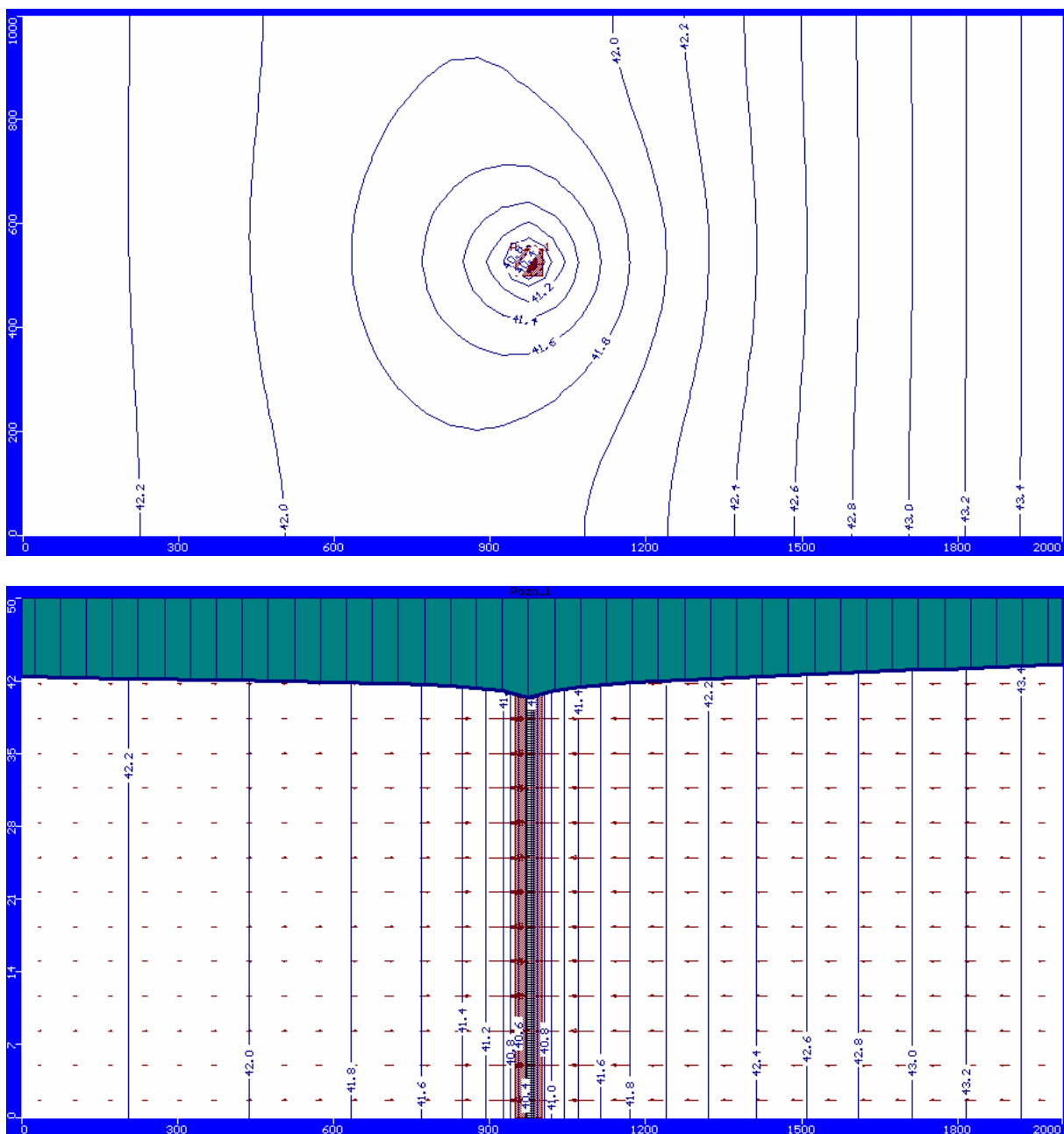


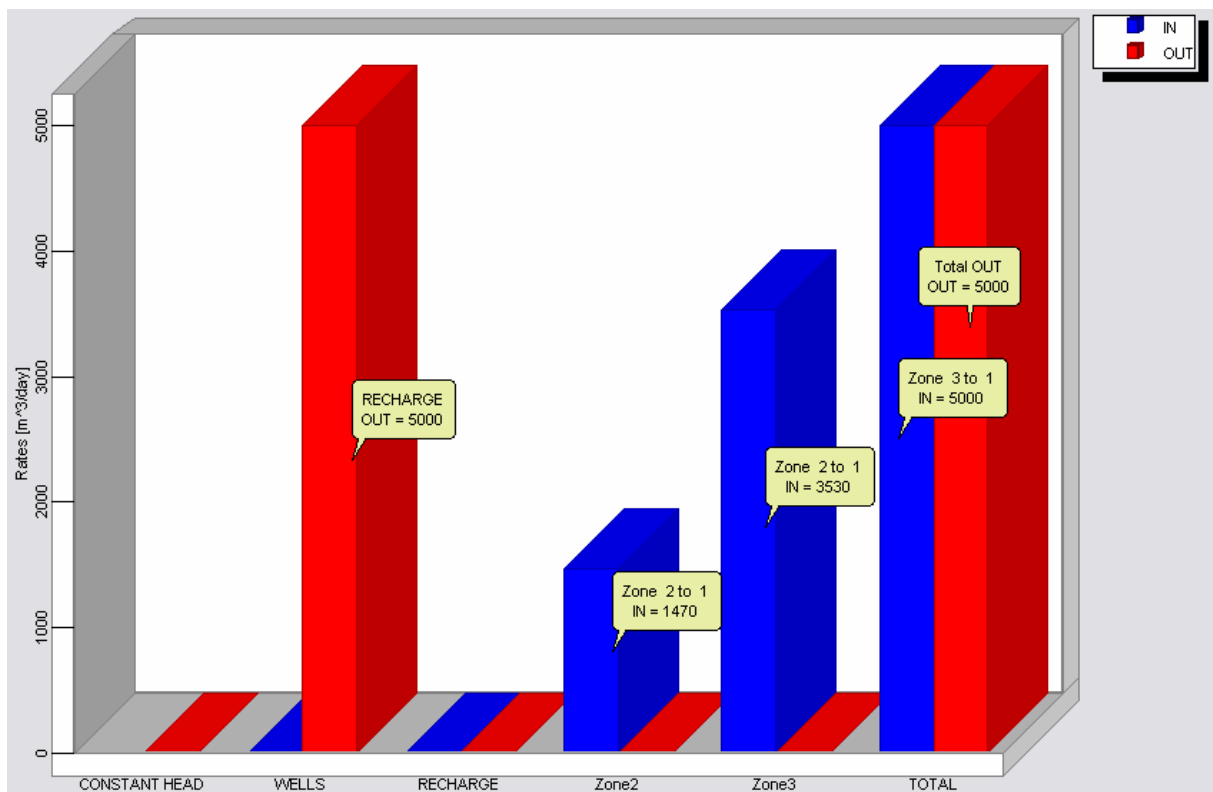
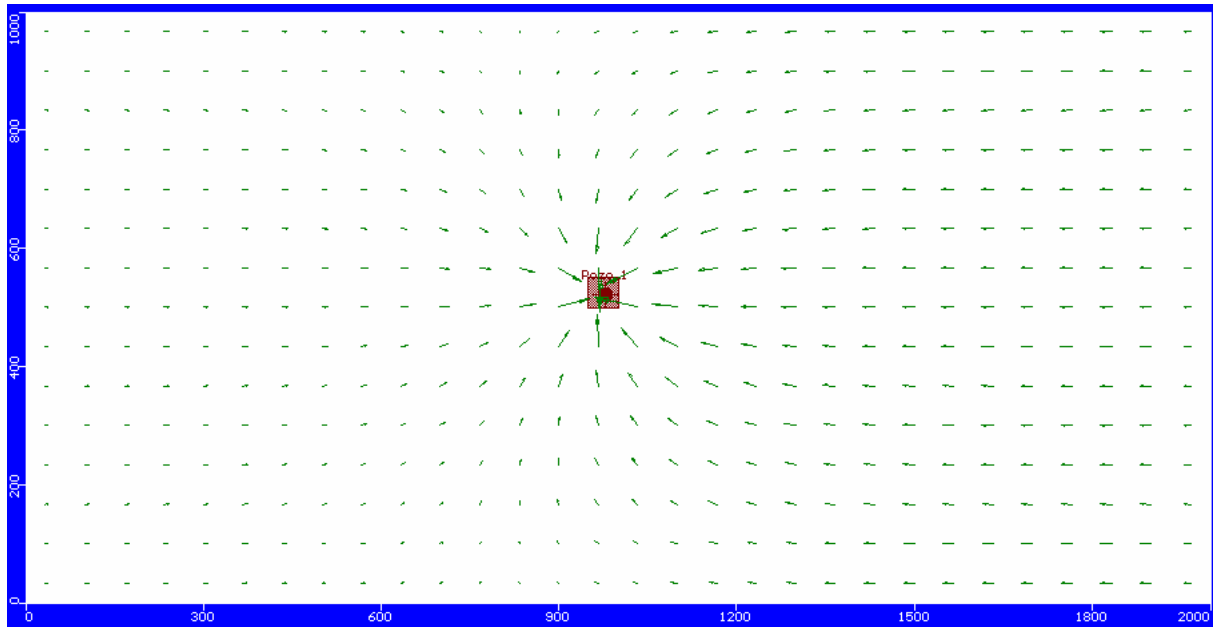
MODELO 4: CONDICION DE BORDE DE NIVEL CONSTANTE Y CAUDAL PASANTE + POZO DE BOMBEO

Paso 23: Realizamos los pasos 13 y 14.

Paso 24: Realizamos los pasos 5 al 11.

Las equipotenciales se presentan en la siguiente figura





¿Cual sería la explicación para que daría UD para la diferencia de caudales generados en las diferentes condiciones de borde?