

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.

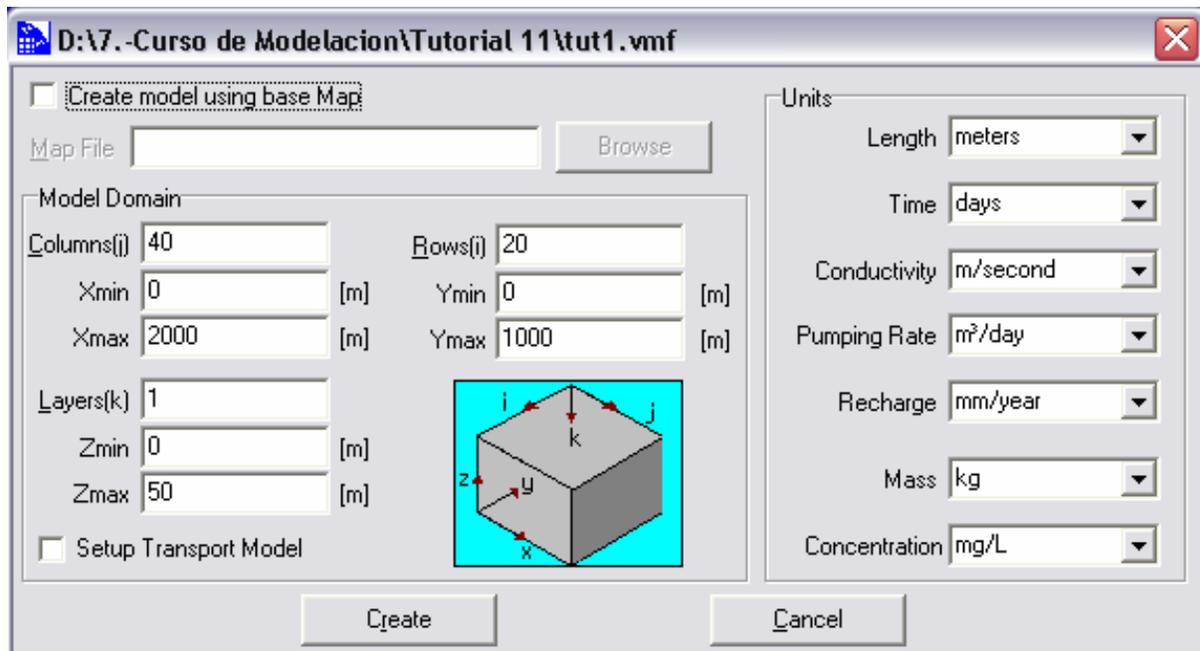
Para la realización del presente tutorial, se recomienda seguir los pasos siguientes.

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.

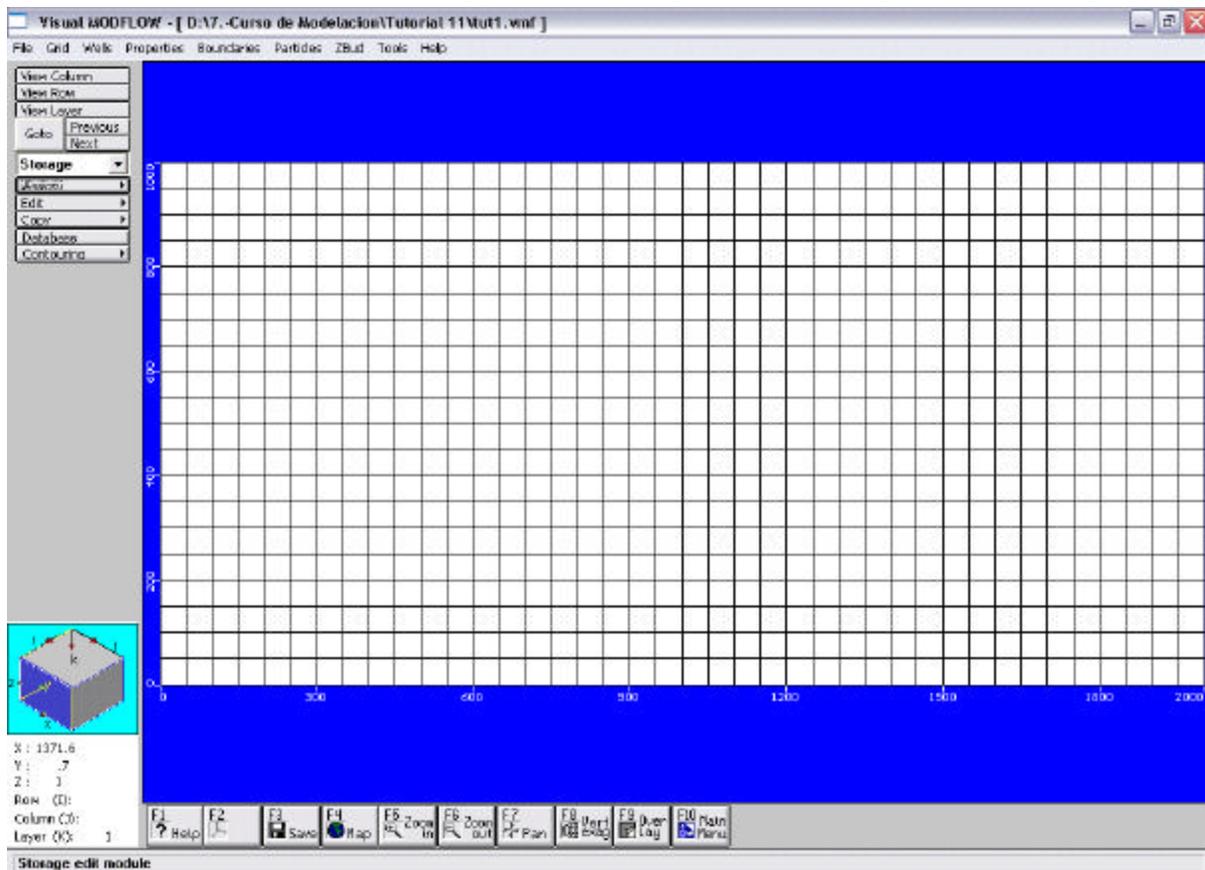


Las principales características del modelo a desarrollar son las siguientes:

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.

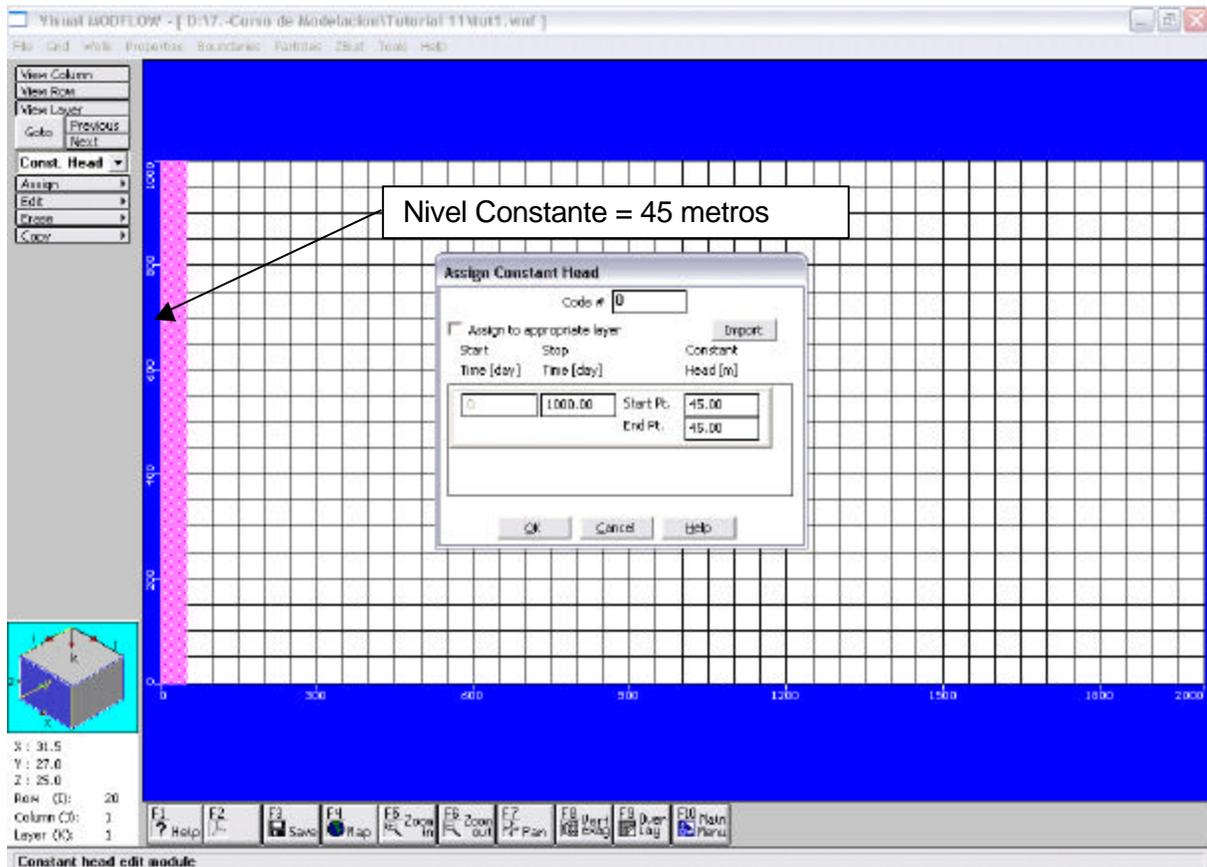
Default Property Values

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

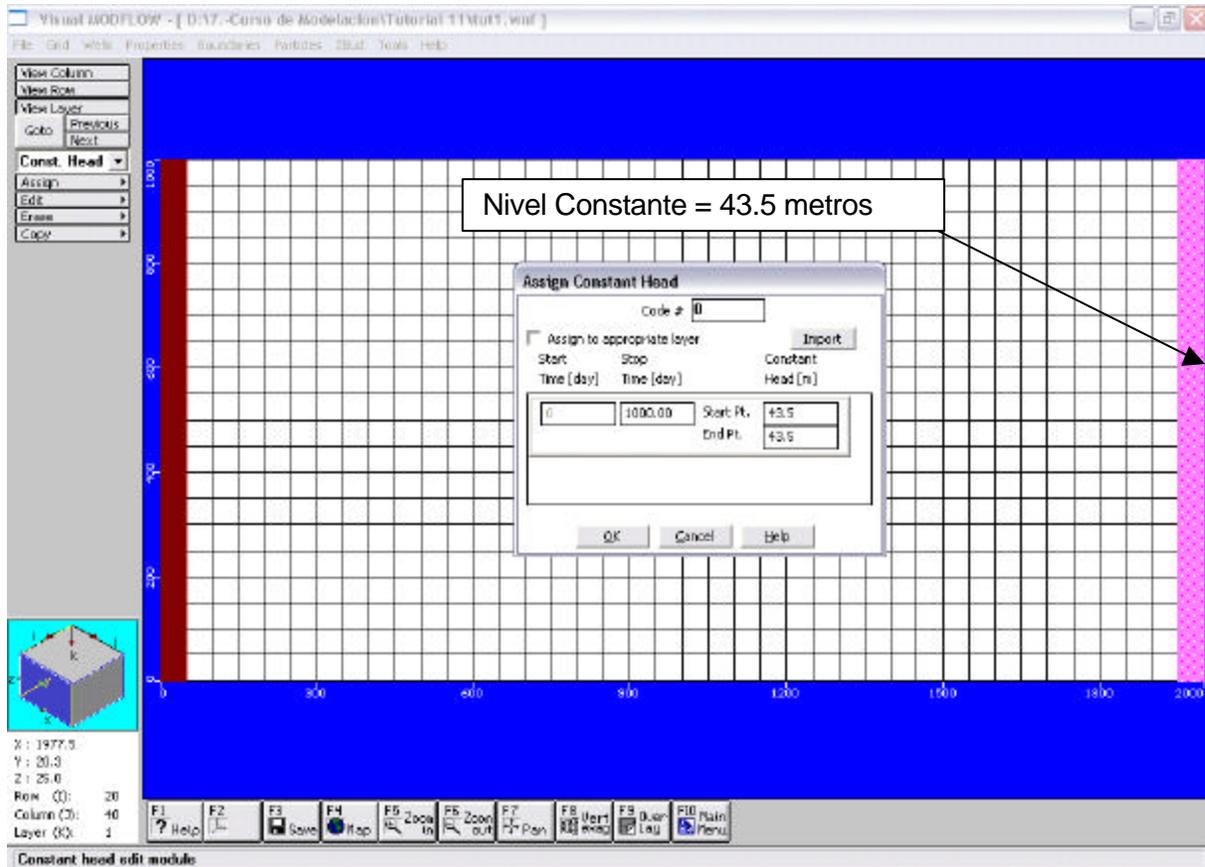
OK Help

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 conocida 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

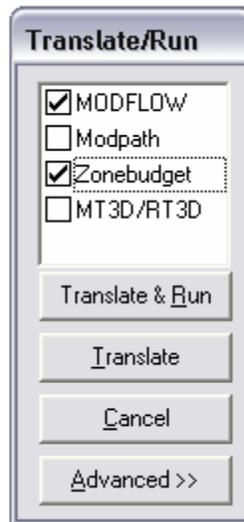
En este paso ejecutaremos el programa para obtener la solución numérica del problema de flujo en régimen permanente.



Paso 7: RUN → Translate & Run

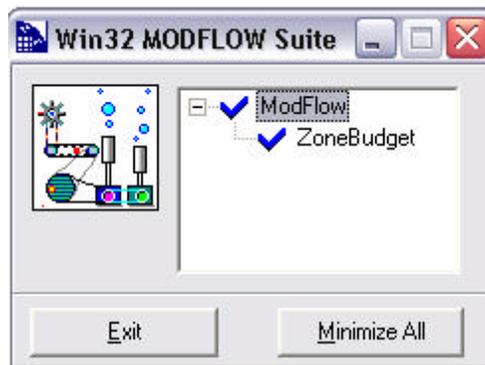
En este paso elegiremos los siguientes módulos:

- 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.

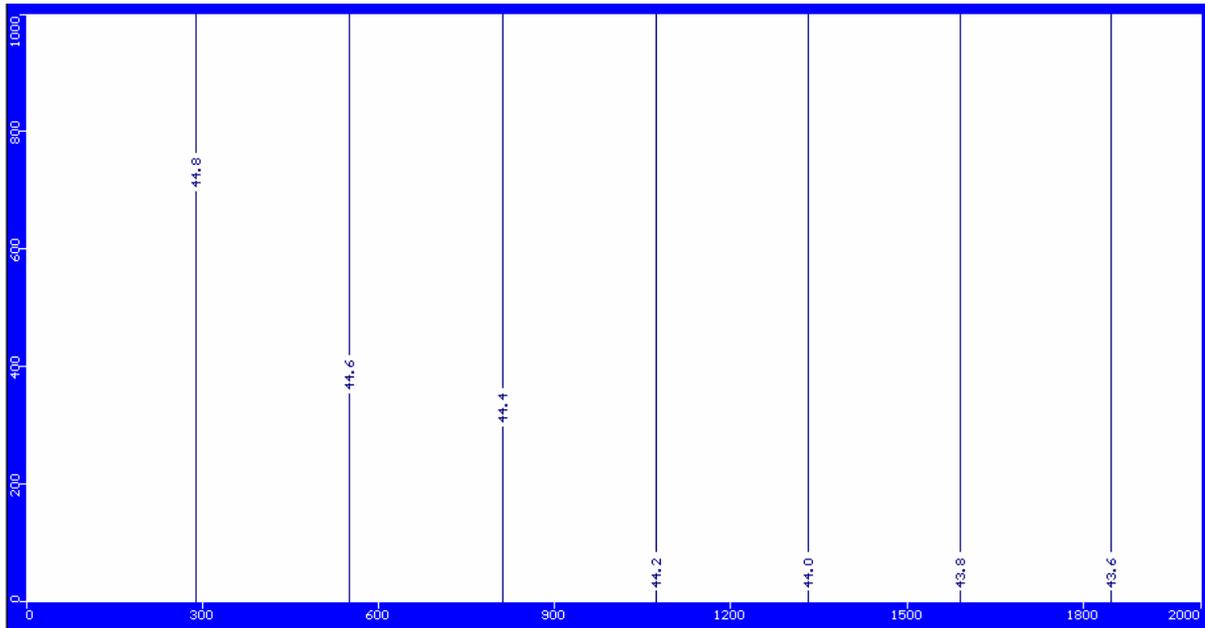


Paso 9: Click en OUTPUT

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

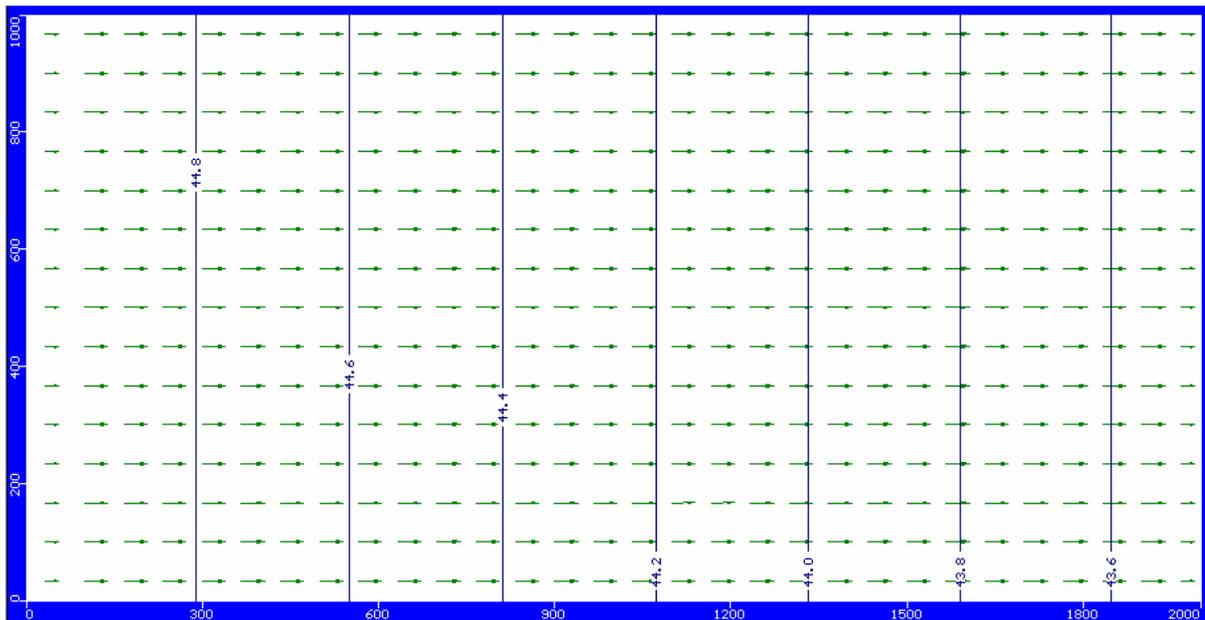
Paso 10: Contours → Head Equipotencial

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



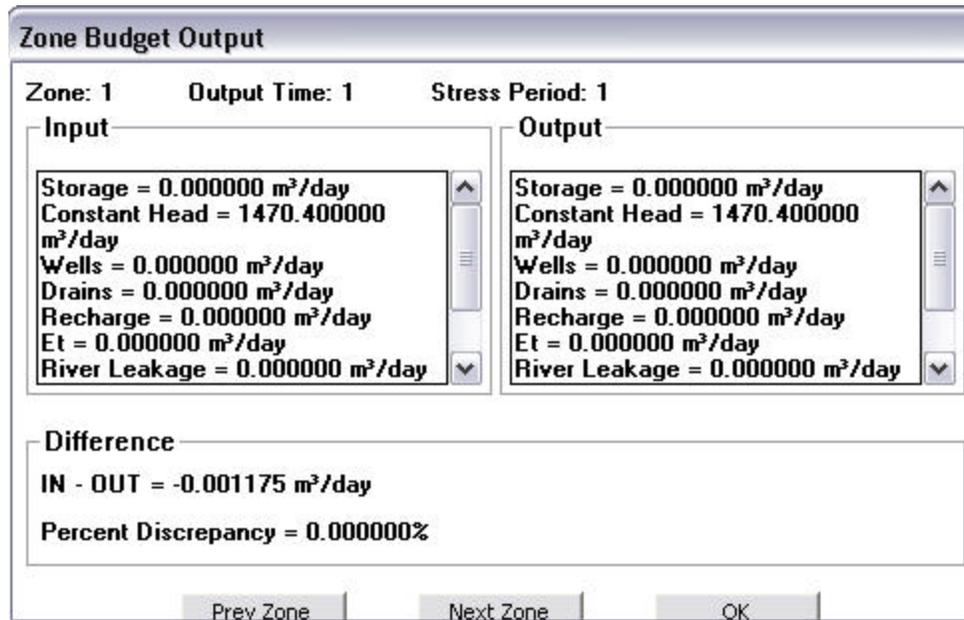
Paso 11: Velocities

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).



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

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

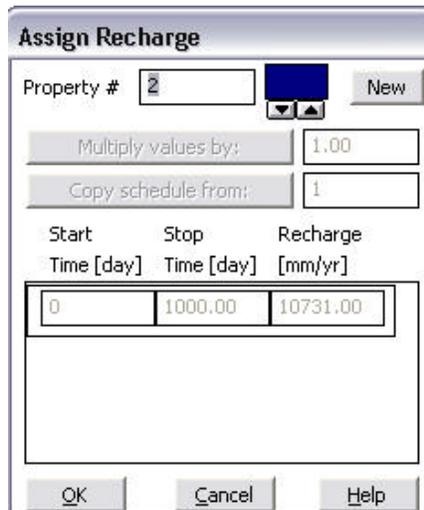
Se eliminará la condición de borde izquierda, de modo de poder utilizar una condición de borde del tipo Neuman o de flujo conocido, igual a la condición de caudal pasante en modelo anterior, es decir un caudal de 1470.4 m³/d (17 l/s).

Paso 14: Boundaries → Recharge → Assign → New

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

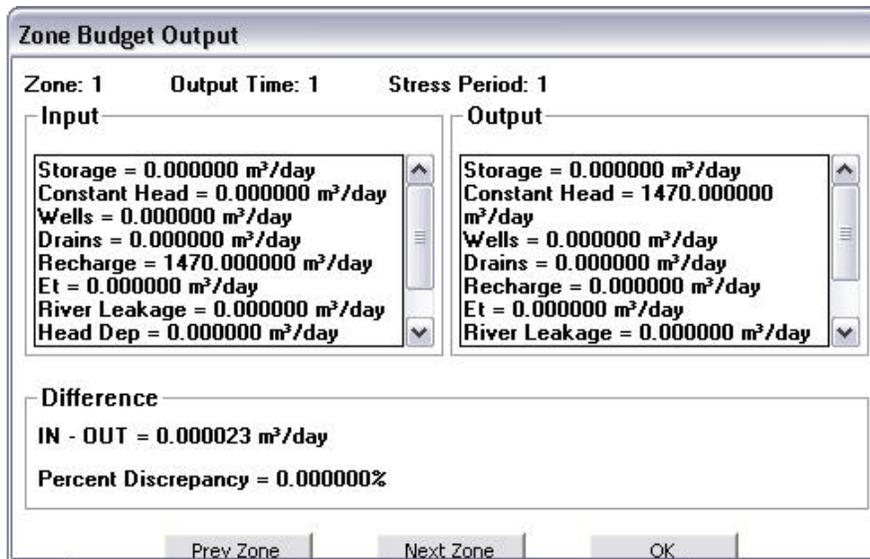
Para calcular la recarga debemos repartir los 1470 m³/d en un área igual a 1000 m x 50 m (Ancho modelo * ancho de la celda). Luego, como la recarga esta en mm/año, el ejercicio a realizar para igualar el flujo es el siguiente:

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



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.



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).

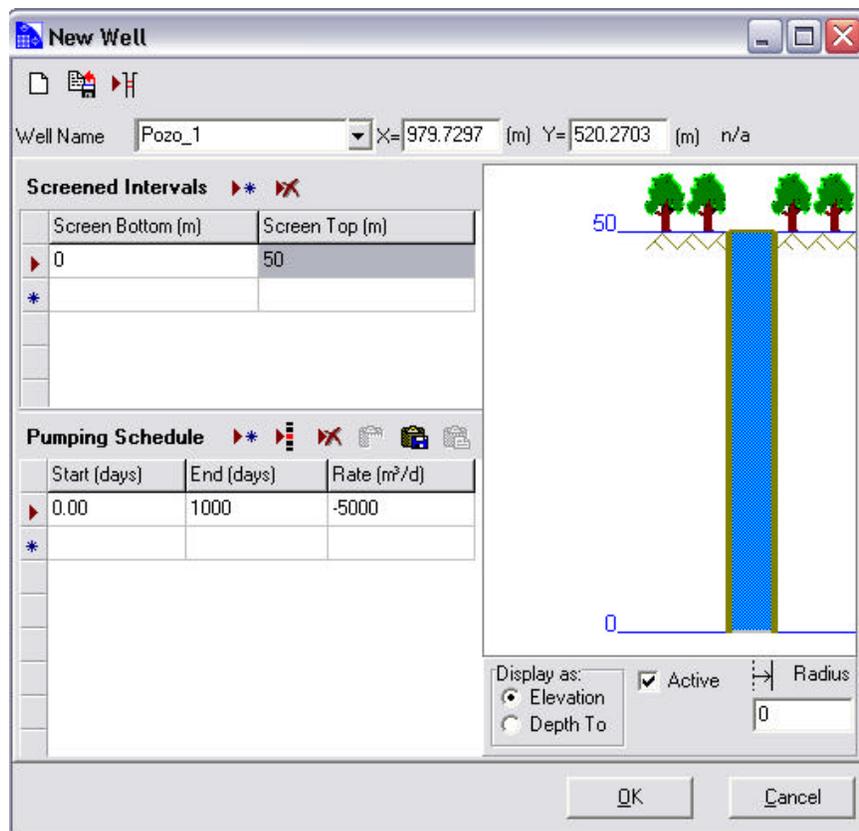
PASO 17: Repita Paso 4

PASO 18: Wells → Pumping Wells → Add

Para ingresar un pozo se debe llenar los siguientes campos:

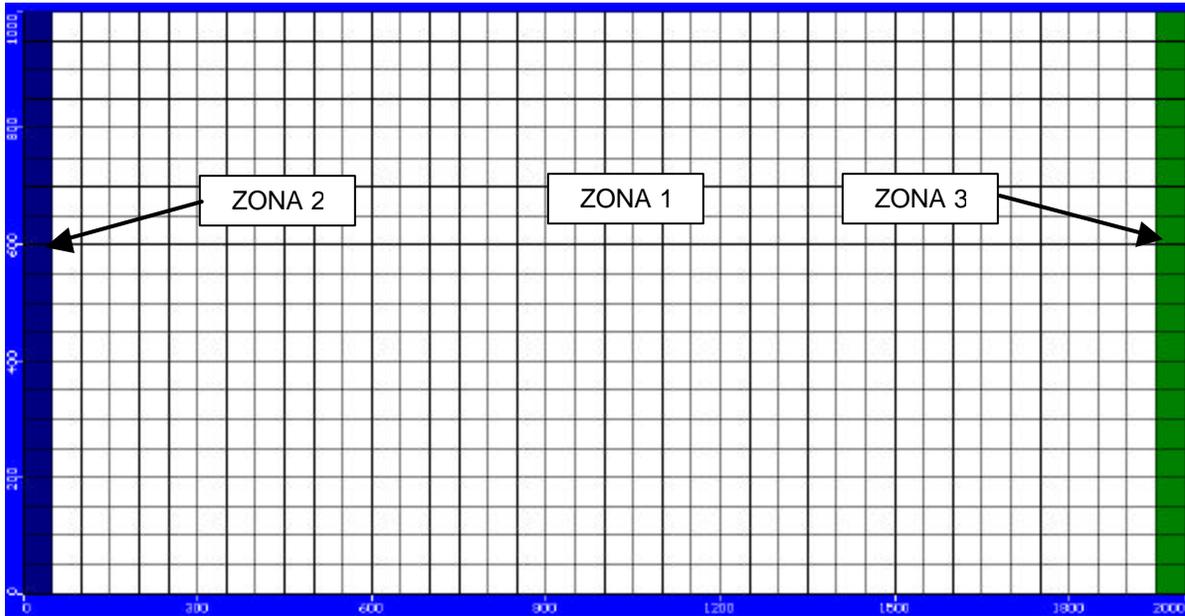
Nombre Pozo : Pozo_1
Inicio tramo de Cribas : 0 m
Fin tramo de Cribas : 50 m
Día comienzo bombeo : Día 0
Día fin bombeo : Día 1000
Caudal de bombeo : - 5000 m³/día
- 58 l/s

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.



PASO 19: Zbud

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

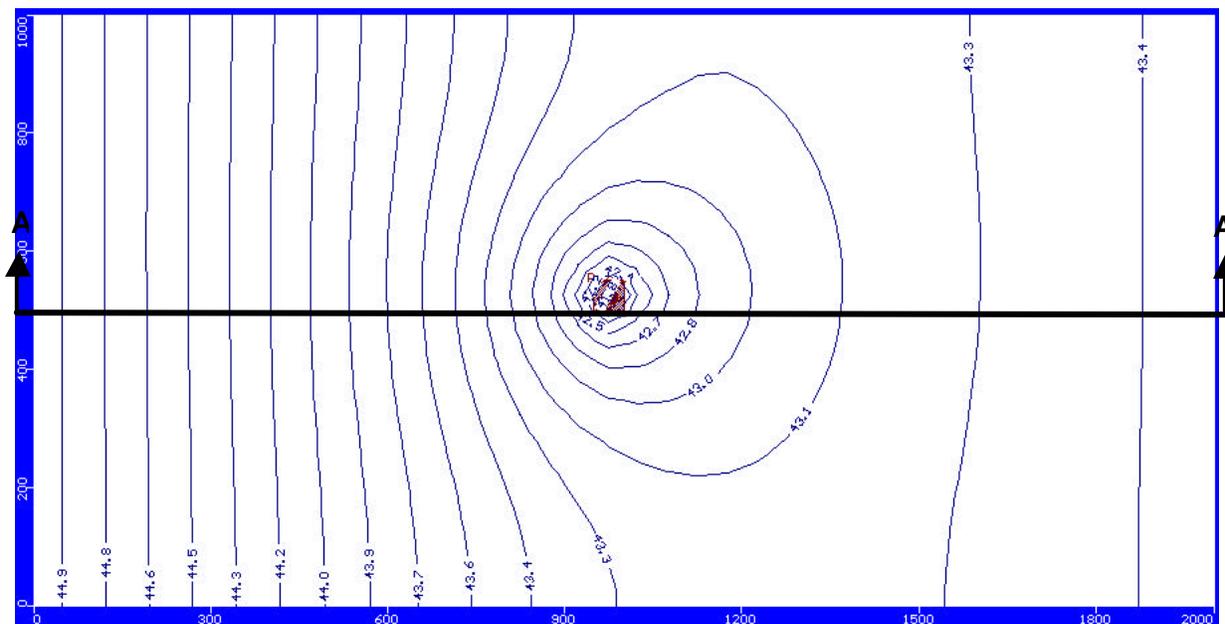


PASO 20: Apriete Main Menu → OK SAVE

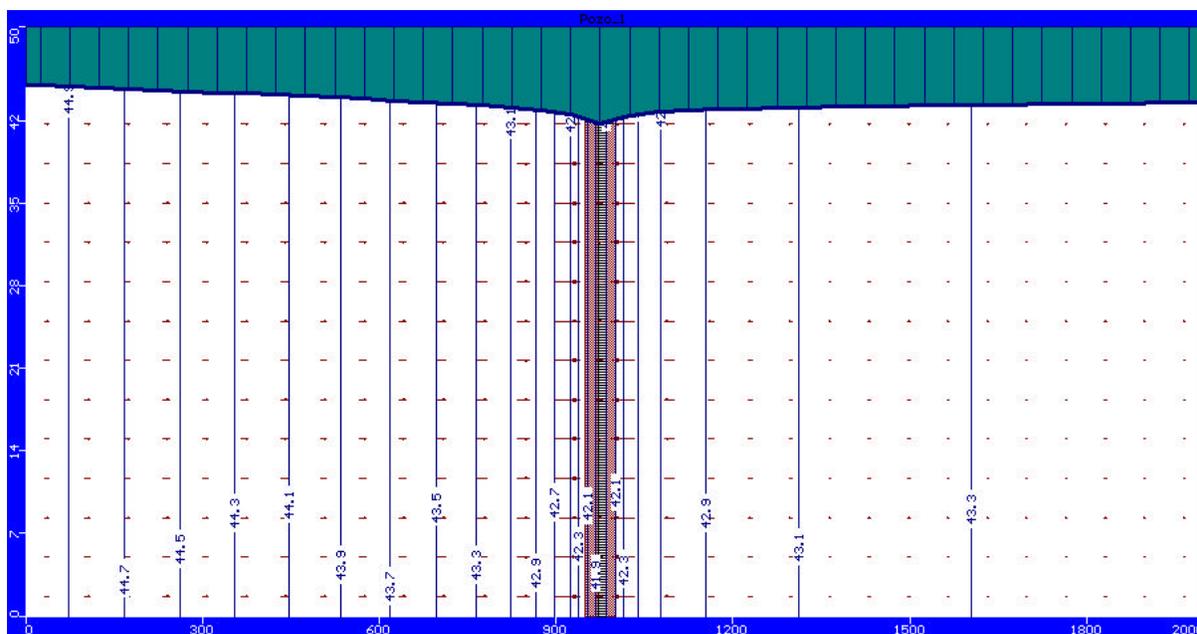


PASO 21: Repita los pasos 5 al 12.

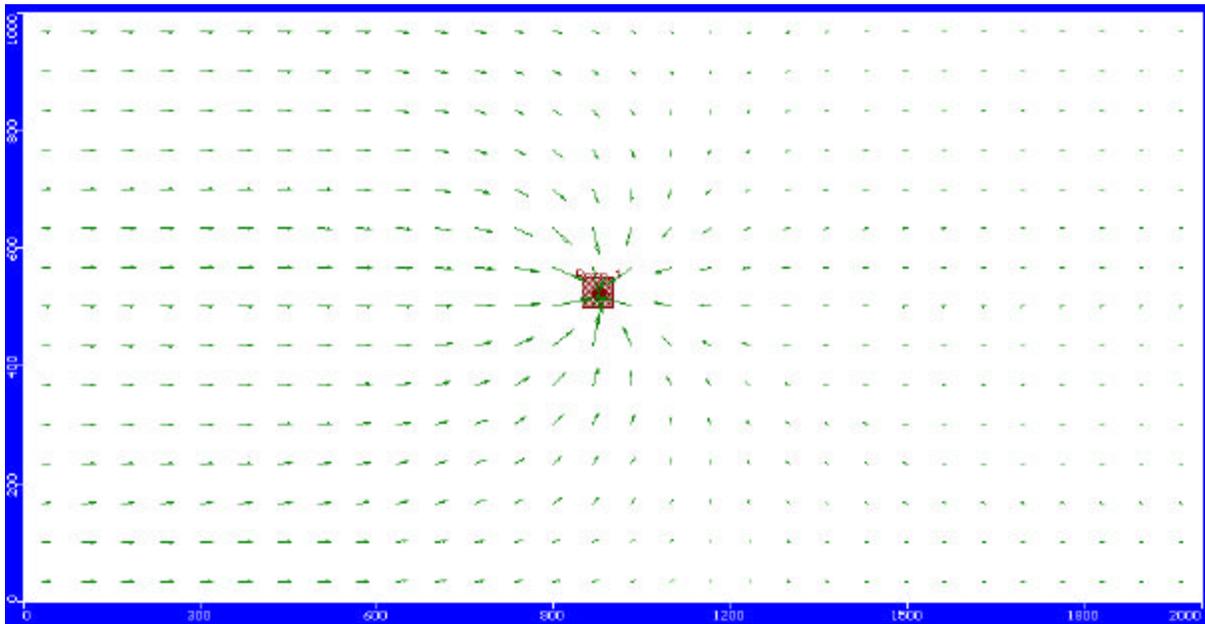
Las equipotenciales se presentan en la siguiente Figura



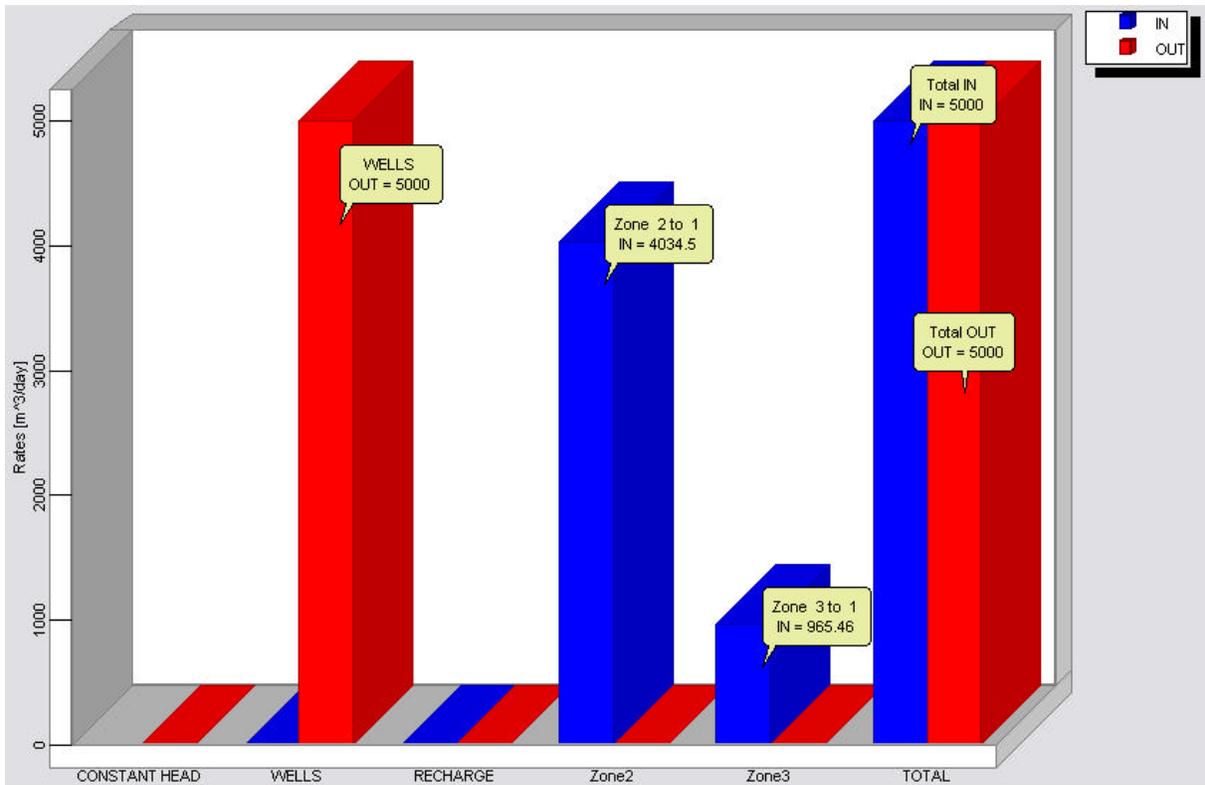
Al realizar un corte en la dirección A-A, tenemos los siguientes resultados:



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



Paso 22: Budget → Zbud Output

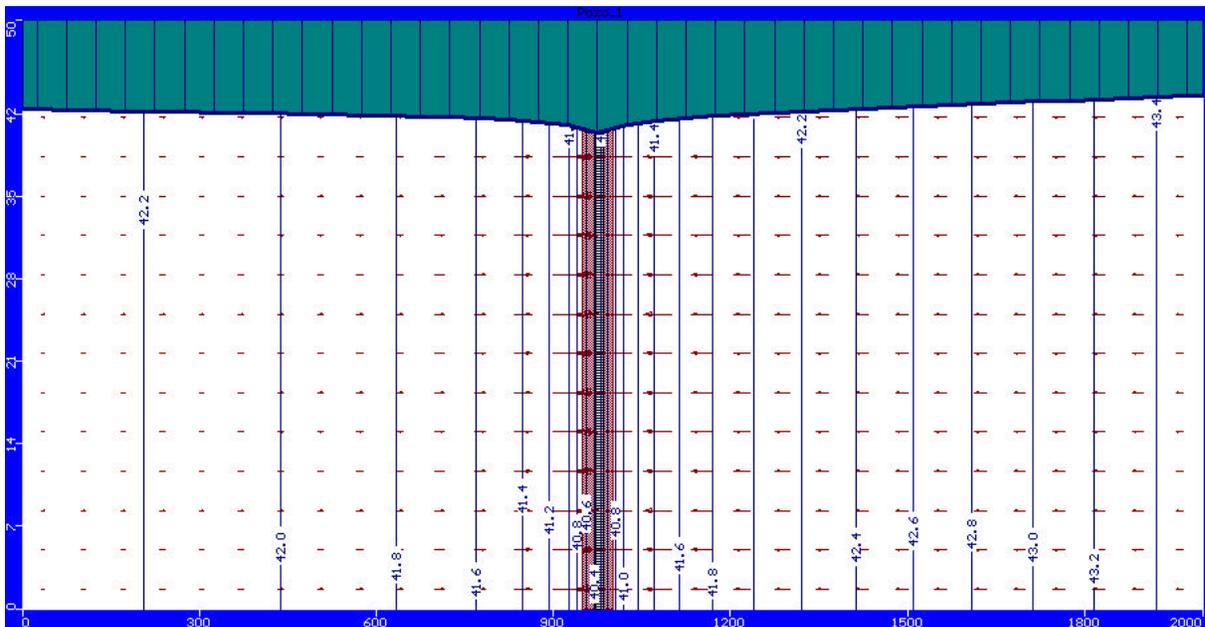
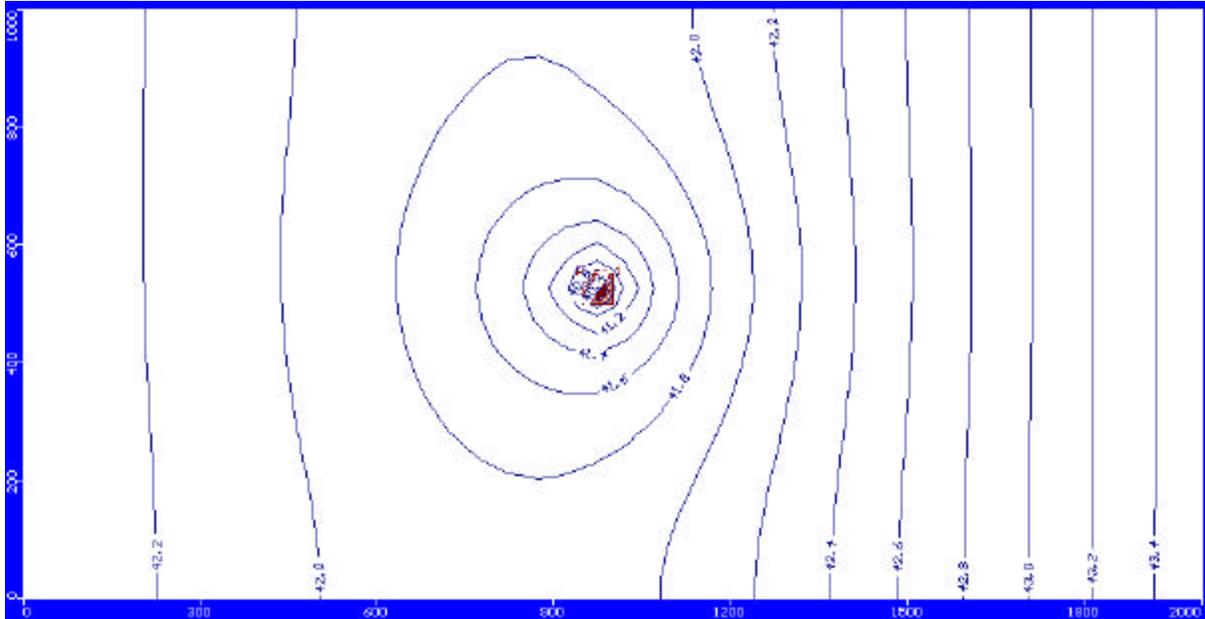


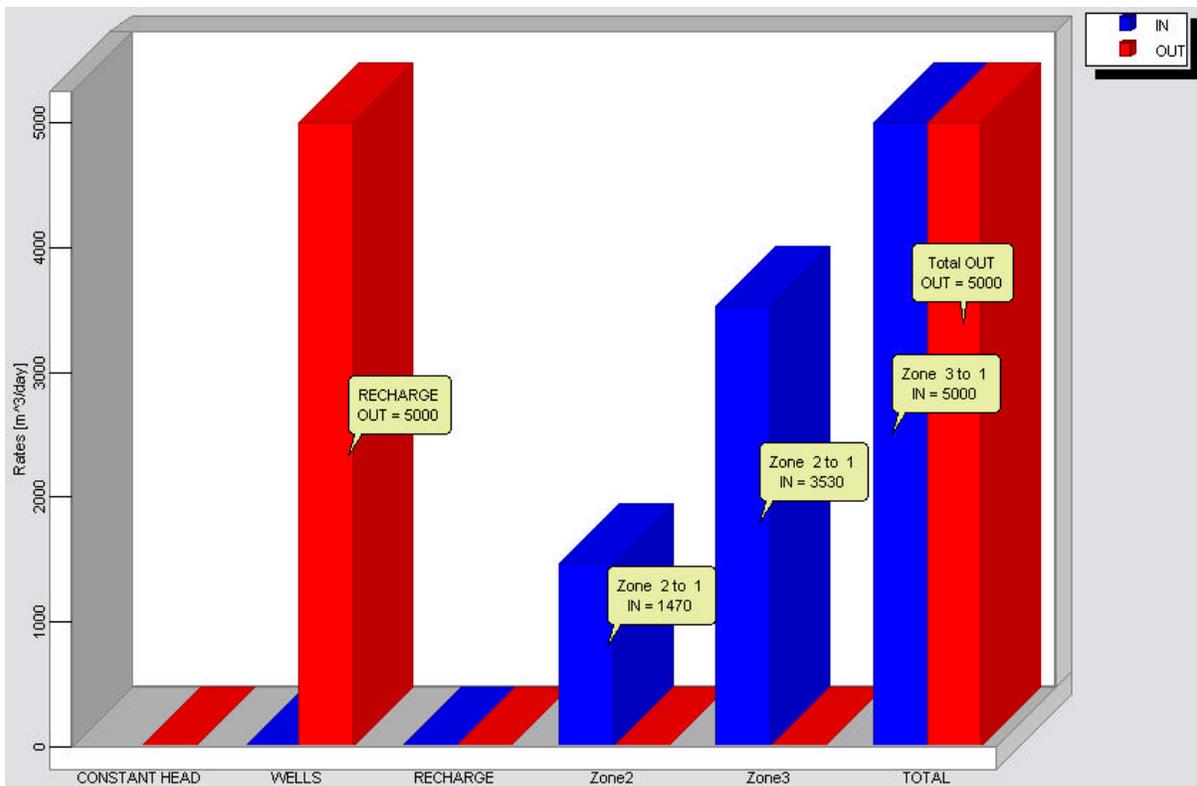
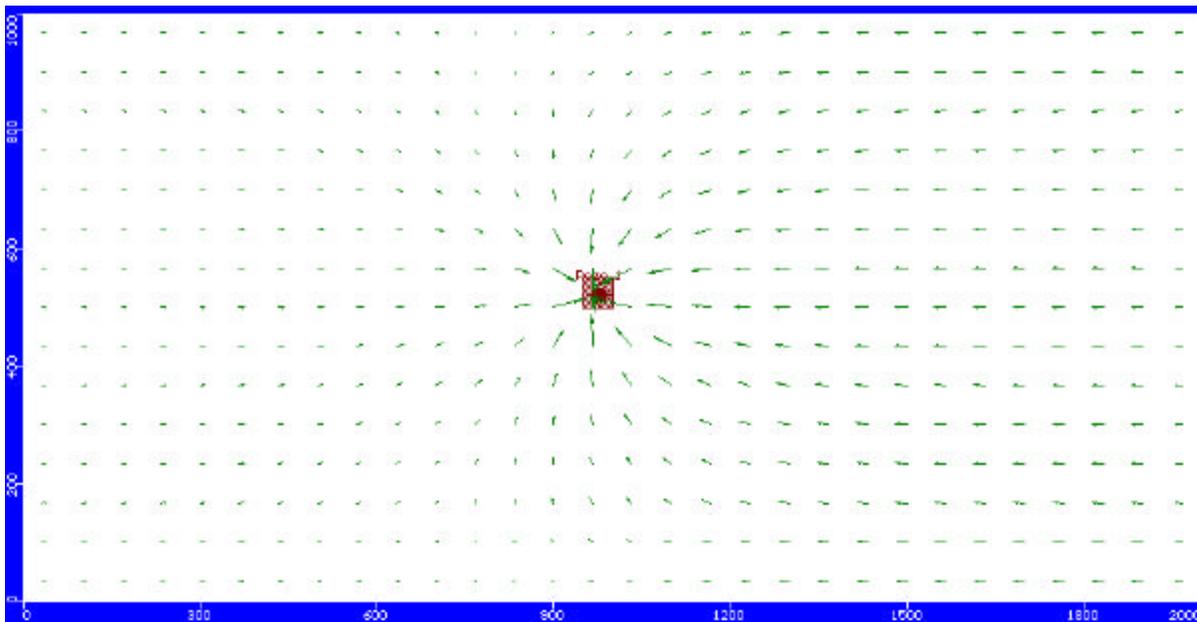
MODELO 4: CONDICION DE BORDE DE NIVEL CONSTANTE Y CAUDAL PASANTE + POZO DE BOMBEO

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?