

SIMULACION MEDIANTE UN MODELO DIGITAL EN REGIMEN
PERMANENTE DEL MANTO ACUIFERO DE GUADIX.-

INTRODUCCION: Tras la realización de un estudio hidrogeológico "convencional" de un manto acuífero, generalmente se plantea el problema de definir siquiera aproximadamente, en que forma se podría modificar el regimen hidrológico del mismo para poder obtener un mejor aprovechamiento de sus recursos naturales.

La elaboración de un modelo capaz de responder con precisión a todas las exigencias de información del hidrogeólogo puede resultar inviable, debido por una parte al costo que supondría obtener la gran cantidad de información necesaria, y por otra a la limitación que puede suponer la falta de datos hidrológicos históricos.

Se hace pues necesario en muchos casos recurrir a extrapolaciones, más o menos intuitivas, o a elaborar hipótesis de trabajo, que permitan obtener soluciones aproximadas útiles.

Con la ayuda de un modelo se puede comprobar la compatibilidad de los datos de partida, y corregir dentro de ciertos límites tolerables, parte de éstos, obteniéndose así un conocimiento más preciso del sistema.

Seguidamente se expondrá la metodología seguida para el estudio del Manto de Guadix, de acuerdo con estos puntos de vista.

1.-) CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS GENERALES: El principal acuífero de la cuenca del rio Verde corresponde a la llamada "formación de Guadix", que consiste en un enorme relleno de materiales detríticos Plio-cuaternarios, de origen fluviátil que se extiende a lo largo del borde Norte de Sierra Nevada.

La Sierra Nevada en este sector esta constituida esencialmente por esquistos paleozoicos impermeables que se continuan bajo la Formación de

Guadix, para volver a aflorar más al Norte en el flanco de la Sierra de Baza.

Entre las dos sierras existe pues, una gran cubeta de fondo impermeable rellena por los materiales de denudación de éstas.

El espesor de este relleno se estima comprendido entre 100 y 350 m.

En el borde norte de la Sierra de Baza, a los esquistos paleozoicos se superponen las formaciones dolomíticas Alpujárrides, que constituyen un importante nivel de alimentación lateral de la Formación de Guadix.

Sobre la Formación de Guadix, está aun parcialmente desarrollada la red de drenaje. El principal colector es el río Verde cuyas terrazas varían en espesor entre 20 y 30 m.

La Formación de Guadix está constituida por elementos que comprenden toda la escala de tamaños, existiendo una sensible y progresiva variación de tamaños desde las zonas de borde, donde abundan los cantos y gravas, hasta la parte septentrional formada esencialmente por niveles de limos y arcillas.

A causa de esto, principalmente, los valores de la transmisividad de la formación varían en el amplio margen de 5×10^{-2} a 10^{-4} m²/s.

La superficie libre del manto (Fig.1), denota la existencia de un eje de drenaje coincidente con el cauce del río Verde, y las zonas principales de alimentación que corresponden a los bordes de Sierra Nevada y de Baza.

Las salidas subterráneas se reducen prácticamente al "underflow" del río Verde: 5 Hm³/año.

El resto del caudal del manto, se invierte en la alimentación del cauce del río: 36 Hm³/año, y en los bombeos: 7 Hm³/año.

Los componentes de la alimentación se han estimado en la forma siguiente:

- Infiltración de la escorrentía superficial de las zonas impermeables: 30 Hm³/año.
- Infiltración de la precipitación en las zonas permeables: 10 Hm³/año.
- Alimentación lateral de la Sierra de Baza: 3 Hm³/año.
- Retorno de los regadíos en la vega del río Verde: 5 Hm³/año.

El régimen del manto, controlado por una red de 14 piezómetros, presenta una débil variación estacional: unos decímetros en la zona alta, y 2 a 3 m. en la parte de la Vega.

2.-) SIMULACION MATEMATICA: Para definir, la ecuación que más se aproxime a las condiciones del flujo, recordemos las principales características del manto:

- a) Circulación libre, con gradiente hidráulico inferior a 4×10^{-2} en todos los puntos del ~~mantos~~ manto
- b) Variación estacional del nivel freático, pequeña. La evolución del nivel a lo largo del periodo de observación ha sido despreciable.
- c) Los componentes más importantes del balance se realizan en la dirección vertical.
- d) La Permeabilidad vertical^{ea} muy inferior a la horizontal, variando todas unos puntos a otros.

$$K_x \simeq K_y \neq K_z \quad K = K(x, y)$$

De acuerdo con esto, nos encontramos ante un problema de circulación libre con alimentación vertical que puede considerarse en régimen de equilibrio.

El pequeño gradiente hidráulico, permite asociar el problema a un flujo bidimensional en el plano x, y .

En este plano el medio se comporta como isótropo ($K_x = K_y$), heterogéneo ($K = K(x, y)$).

Se pueden pues alicar las aproximaciones de Dupuit para acuíferos libres y utilizar la ecuación de flujo:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(kh \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(kh \frac{\partial h}{\partial y} \right) + q = 0$$

o lo que es igual

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(T(x,y) \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T(x,y) \frac{\partial h}{\partial y} \right) + q(x,y) = 0$$

De acuerdo con esta expresión, la distribución de la función $h(x,y)$ está condicionada solamente a la de las funciones $T(x,y)$ y $q(x,y)$.

$T(x,y)$ - Transmisividad del acuífero en el punto x,y

$q(x,y)$ - Caudal de alimentación o bombeo en el punto x,y

$h(x,y)$ - Potencial hidráulico, equivalente a la altura del nivel freático, en el punto x,y .

3.-) CONDICIONES DE CONTORNO: Para llegar a resolver la ecuación de flujo dentro de un dominio determinado, habrá que definir las interacciones existentes entre el sistema considerado y los que le rodean. Para esto se ha de especificar:

- a) La geometría del contorno
- b) Las condiciones en cada punto del mismo.

De acuerdo con esto se han usado dos condiciones de borde diferentes:

- 1) Condición de potencial definido: Se ha adoptado en la zona donde existe drenaje por el río Verde, (el nivel freático está condicionado a la cota del lecho del río): (Fig.2)
- 2) Condición de flujo definido: Consiste en definir el flujo en la normal a la línea del contorno, en cada punto de ella.

Por ejemplo en la zona de alimentación lateral de la Sierra de Baza, se especifican los caudales estimados.

Un caso particular, cuando el flujo es nulo, puede corresponder

a una de las causas siguientes:

- El contorno coincide con una barrera impermeable natural. (Zona de contacto con los esquists paleozoicos)

- A lo largo del contorno ocurre que $\frac{\partial h}{\partial n} = 0$; (en el resto del contorno) n , siendo la dirección normal a la línea de contorno.

Cuando el medio es isótropo el flujo en ésta dirección es nulo.

4.-) RESOLUCION DE LA ECUACION DE CONTINUIDAD: Discretizado el dominio en polígonos cuadrangulares, se han de realizar los cálculos necesarios para que se cumpla la ecuación de continuidad simultáneamente en cada polígono.

Se calculan los valores de h , en todos los polígonos de acuerdo con las condiciones de borde impuestas y los valores asignados, a T y Q en cada polígono.

5.-) AJUSTE DEL MODELO: Para cada conjunto de valores asignados ^o las variables T y Q se obtendrá una solución de los valores de h .

Esta solución habrá de compararse con los valores conocidos de h , para proceder a la corrección de ~~los valores de~~ ^{los parámetros} T y Q en los puntos apropiados.

De esta forma, por tanteos sucesivos, se puede llegar a ajustar los valores computados con los reales.

Conviene insistir que existen infinitas posibilidades de ajuste para obtener un mismo resultado.

Resulta pues necesario el conocimiento de la calidad de los diferentes datos de partida, de los márgenes razonables en que puede hacerse variar cada parámetro, y la influencia que una determinada modificación puede tener en la solución del problema.

En determinados estudios, mediante simulación se puede determinar por separado la influencia de cada parámetro en el comportamiento de un sistema, y obtener de esta forma una orientación sobre las investigaciones futuras más convenientes.

6.- POSIBILIDADES DE UTILIZACION COMO MODELO DE PREDICCIÓN:

En primer lugar, se ha de tener en cuenta, que una simulación en régimen permanente, solamente proporcionará información concerniente a las nuevas condiciones de equilibrio ideales, que se alcanzarían, después de una explotación determinada. No aportará datos, por tanto, concernientes al período de tiempo necesario para conseguir este nuevo equilibrio, ni sobre la evolución del sistema a lo largo del tiempo.

Por otra parte, admitiendo la representatividad del modelo de las condiciones actuales, cabe preguntarse si lo seguirá siendo para una situación futura diferente.

Esta cuestión nos obliga a determinar en qué grado se afectarían los parámetros físicos que intervienen, dentro del sistema, en el fenómeno del flujo (T y q), y cómo variarían por su parte las condiciones de contorno del dominio.

Siendo la Transmisividad función lineal del espesor de acuífero saturado, las variaciones de este parámetro dependerán directamente de los cambios de posición experimentados por la superficie libre del manto, desconocidos a priori.

Para esquivar esta dificultad, habría que introducir en el programa de cálculo, una corrección automática de los valores de T , en función de las variaciones de h . En caso contrario, solamente podrían simularse con cierta precisión aquellas situaciones que no entrañasen cambios relativos sensibles

en el espesor de ^{los} terrenos saturados.

En cuanto al problema de la modificación de las condiciones de borde, se advertirá que solamente permanecerán inalteradas a lo largo de los límites coincidentes con las barreras impermeables naturales. En el resto del contorno será necesario especificar cuales serán las condiciones futuras.

La dificultad estriba en que estas condiciones son desconocidas antes de resolver el problema.

Como ante el caso de una simulación en régimen transitorio, cuando se trata de predecir situaciones que no existen necesariamente en el presente, se han de introducir hipótesis a menudo apoyadas en la experiencia pasada.

En el manto de Guadix, las simulaciones realizadas, fueron encaminadas, más que a establecer un modelo de predicción preciso, a acotar dentro de ciertos límites, los efectos derivados del incremento de la explotación del manto, y recomendar así una estrategia de actuación compatible con las condiciones económicas de la zona.