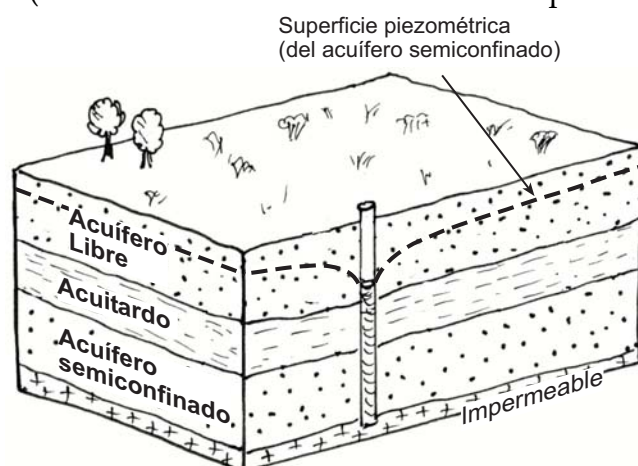


Acuíferos semiconfinados

Ya hemos visto que acuíferos **semiconfinados** son aquellos en los que el agua se encuentra a presión, igual que en los **confinados** (dicho más exactamente: su límite superior está a una presión superior a la atmosférica), pero alguna de las capas que lo confinan no es perfectamente impermeable y permite alguna filtración o “rezume”¹ que contribuye en cierta proporción al caudal que extraemos del acuífero semiconfinado.

Este tipo de acuíferos son mucho más frecuentes que los **confinados**, ya que en rocas sedimentarias son más abundantes las formaciones poco permeables que las absolutamente impermeables; aunque la permeabilidad de la capa confinante sea muy baja (por ejemplo: 10^{-2} a 10^{-4} metros/día), siempre cederá una cierta cantidad de agua al acuífero semiconfinado que estamos bombeando.



¿De dónde procede el agua que extraemos?

La realidad es compleja y todos los esquemas, modelos y fórmulas no son más que una simplificación de esa realidad. Cuando se bombea en un acuífero semiconfinado, el proceso pasa por las siguientes fases:

a) En los primeros momentos de un bombeo de un acuífero semiconfinado, el agua extraída procede de descompresión del propio acuífero: el acuífero se comporta como si fuera confinado.

b) En cuanto la presión en el acuífero se hace inferior a la del acuitardo semiconfinante, el agua comienza a pasar del acuitardo semiconfinante hacia el acuífero bombeado (figura 2)². Si el espesor del acuitardo es grande y su coeficiente de almacenamiento también, ese modelo de funcionamiento se prolongará horas o días. Durante este tiempo, el agua extraída tiene dos orígenes: la descompresión del

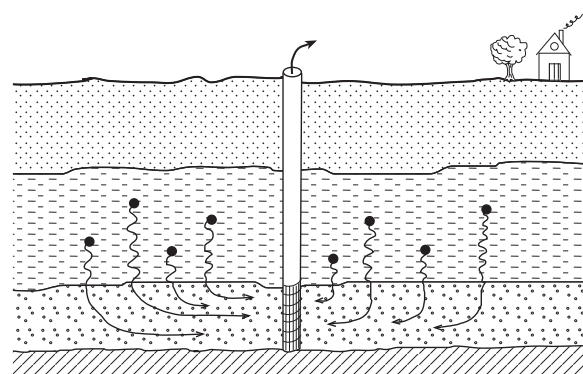


Fig. 2. Acuífero semiconfinado que recibe rezumes desde el acuitardo semiconfinante

¹ En inglés se denominan *leaky aquifers*, que podría traducirse como acuíferos “rezumantes” o con filtraciones, cuando en realidad el que rezuma o tiene filtraciones no es el acuífero sino el acuitardo que lo confina.

² En estas figuras y en las fórmulas que seguirán, se esquematiza este modelo con la estructura más simple y habitual: acuífero semiconfinado, sobre él un acuitardo, y sobre él un acuífero libre, del que proceden las filtraciones. En realidad, este acuífero ‘fuente’ no tiene por qué ser libre; y también podría estar debajo o lateralmente.

propio acuífero y, en mayor proporción, los rezumes procedentes del acuitardo.

c) Si el bombeo se prolonga lo suficiente, comenzará a filtrarse agua desde el otro acuífero a través del acuitardo (figura 3). Durante un cierto intervalo coexisten los modelos presentados en las figuras 2 y 3 (los rezumes que llegan al acuífero semiconfinado proceden tanto del acuitardo como del otro acuífero superior).

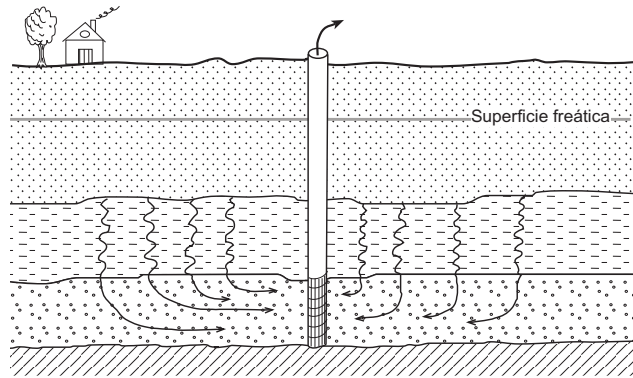


Fig. 3. Acuífero semiconfinado que recibe rezumes desde otro acuífero a través del acuitardo semiconfinante

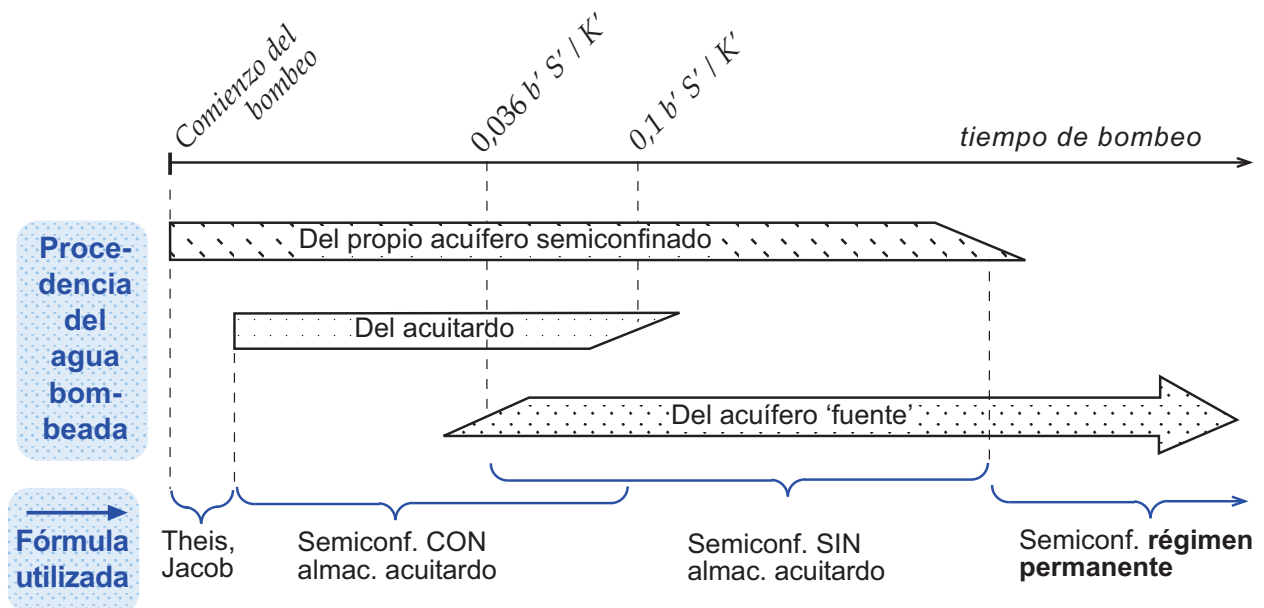
Si el bombeo continúa, el acuitardo se convierte en un mero transmisor del agua procedente del otro acuífero, todos los rezumes proceden del 'acuífero fuente' (fig.3); el cono de descensos del acuífero semiconfinado continúa aumentando en profundidad y extensión, ya que el propio acuífero continúa aportando agua.

d) El aumento del cono de descensos hace que también aumente progresivamente el agua filtrada a través del acuitardo. Y cuando el caudal de estos rezumes llega a equivaler al caudal bombeado, se alcanza el régimen permanente: el cono de descensos se estabiliza.

Para establecer límites entre las fases descritas como (b) y (c), debemos considerar que el tiempo que ha de transcurrir para que el acuitardo ya **no** aporte agua será mayor...

- cuanto **mayor** sea el **espesor** del acuitardo (b')
- cuanto **mayor** sea el **coeficiente de almacenamiento** del acuitardo (S')
- cuanto **menor** sea la **permeabilidad** vertical del acuitardo (K')

Por ello, el **tiempo límite** será función de: $b' \cdot S' / K'$ (Estos límites se especifican en la figura y apartados siguientes).



Por tanto, se han desarrollado tres modelos de funcionamiento con sus correspondientes formulaciones matemáticas:

1. El acuitardo sí cede agua al acuífero semiconfinado que está siendo bombeado (Figura 2). La expresión matemática que expresa los descensos registrados en el acuífero fue establecida por Hantush en 1960. Estos descensos serán función de:

- Caudal Q , tiempo t , distancia r
- Parámetros del acuífero: Transmisividad : T , Coef. almacenamiento: S
- Parámetros del acuitardo: Espesor: b' , Conductividad hidráulica: k' Coef. almacenamiento: S'

2. NO consideramos el agua almacenada en el propio acuitardo (Figura 3): El acuitardo simplemente permite que pase a través de él agua procedente de otro acuífero ('acuífero fuente'). Matemáticamente, el proceso es más simple que el caso anterior, y la fórmula correspondiente se encontró antes que la anterior: Hantush y Jacob en 1955. Los descensos producidos en el acuífero serán función de los mismos factores que en el caso anterior **excepto** el coeficiente de almacenamiento del acuitardo, que aquí no interviene.

3. Análogo al modelo anterior, pero ya se ha alcanzado el régimen permanente. El descenso registrado (De Glee, 1930, 1951, en Kruseman, 2000, p.76) será función de:

- Caudal Q , distancia r
- Parámetros del acuífero: Transmisividad : T
- Parámetros del acuitardo: Espesor: b' , Conductividad hidráulica: k'

Vamos a trabajar con estos tres modelos, aunque no en el orden descrito.

Acuífero semiconfinado sin almacenamiento en el acuitardo

La forma del cono de descensos (descenso s en función de la distancia r) viene dada por una fórmula similar a la de Theis para acuíferos confinados:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u, r/B) \quad (1)$$

donde casi todo significa lo mismo que en la fórmula de Theis:

s = descenso producido a una distancia r , tras un tiempo de bombeo t

Q = caudal bombeado

T, S = transmisividad y coeficiente de almacenamiento del acuífero

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt}$$

pero algunas cosas no estaban en la fórmula de los confinados:

$$B = \sqrt{\frac{Tb'}{K'}} \quad (\text{llamado por algunos autores "factor de goteo"; aunque si nos fijamos en la posición de } b' \text{ y } K', \text{ el "goteo" o filtración que alimenta el acuífero será inversamente proporcional al valor de } B)$$

b' = espesor del acuitardo

K' = conductividad hidráulica del acuitardo

$W(u, r/B)$ = función compleja de las variables que aparecen entre paréntesis, y que está tabulada (Tabla incluida al final de este tema)

Este modelo teórico de funcionamiento supone que el 'acuífero fuente' (del que proceden las filtraciones), no baja de nivel durante el bombeo.

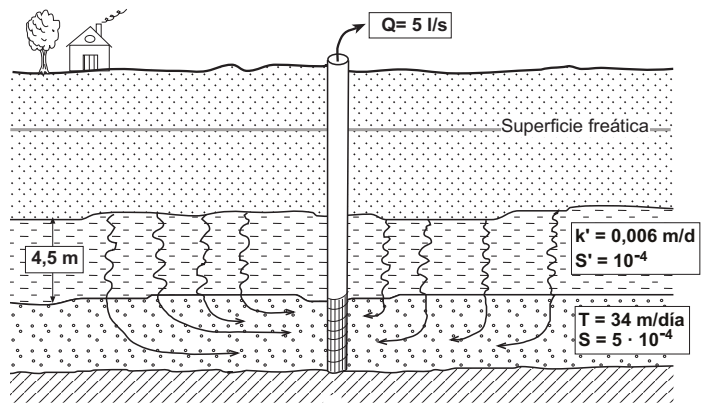
Como hemos visto, para que se cumpla este modelo, ha de transcurrir el tiempo suficiente para que el agua liberada por el acuitardo pueda ser despreciada. Según Hantush (en Fetter, 2001, p. 158) este tiempo límite puede establecerse en:

$$t > 0,036 b' S' / K' \quad (2)$$

Ejemplo 1:

Estamos bombeando 5 litros/seg. en un acuífero semiconfinado con las siguientes características: $T = 34 \text{ m}^2/\text{día}$, $S = 5 \cdot 10^{-4}$.

El acuífero se encuentra separado de un acuífero superior por un acuitardo de 4,5 metros de espesor, conductividad hidráulica $K' = 0,006$ y coeficiente de almacenamiento $S' = 0,0001$ (este último dato sólo es necesario para la comprobación previa de la fórmula (2), no para el cálculo propiamente dicho, ya que en este modelo no interviene el almacenamiento en el acuitardo)



Calcular el descenso del nivel piezométrico en el acuífero a 100 metros del sondeo que bombea, después de 8 horas de bombeo

Solución:

Primero comprobamos la condición de que el tiempo cumple la condición establecida en la fórmula (2):

$$0,036 b' S' / K' = 0,036 \cdot 4,5 \cdot 0,0001/0,006 = 0,0027 \text{ días} = 4 \text{ minutos}$$

Por tanto se cumple la condición (2), pues $t = 8 \text{ horas} > 4 \text{ minutos}$

Ahora calculamos u , B y r/B :

$$B = \sqrt{\frac{34 \cdot 4,5}{0,006}} = 159,69 \quad ; \quad r/B = \frac{100}{159,69} = 0,63 \quad ; \quad u = \frac{100^2 \cdot 5 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 34 \cdot \frac{8}{24}} = 0,110$$

Con los valores de r/B y de u que hemos calculado, entramos en la Tabla de $W(u, r/B)$, que se encuentra al final del tema. Interpolando, estimamos $W(u, r/B) = 1,26$.

Por tanto, finalmente, aplicando la fórmula (1)³:

$$s = \frac{5 \cdot 86,4}{4\pi \cdot 34} 1,26 = 1,27 \text{ metros}$$

³ 86,4 es para convertir litros/seg. en $\text{m}^3 / \text{día}$.

Acuífero semiconfinado con almacenamiento en el acuitardo

En este modelo de funcionamiento, el acuitardo cede agua que él mismo tiene almacenada, por lo cual en la fórmula deberá aparecer S' (coeficiente de almacenamiento del acuitardo), que en la expresión (1) no aparecía. En este caso, la forma del cono de descensos (descenso s en función de la distancia r) viene dada por la siguiente expresión:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} H(u, \beta) \quad (3)$$

siendo:
$$\beta = \frac{r}{4B} \sqrt{\frac{S'}{S}}$$

En estas dos fórmulas aparecen las mismas variables que en la fórmula (1), y además:

S' = Coeficiente almacenamiento del acuitardo

$H(u, \beta)$ = función que está tabulada al final de este tema

Como hemos visto, esta fórmula sólo es válida para cierto periodo de tiempo, ya que si el bombeo se prolonga, el modelo que hemos trabajado en el apartado anterior y que se expresaba mediante la fórmula (1).

Este límite de tiempo estaría reflejado en la siguiente expresión: $t < b' S' / 10 K'$ (4) (Fetter, 2001)

Ejemplo 2:

Estamos bombeando 5 litros/seg. en un acuífero semiconfinado con las siguientes características: $T = 34 \text{ m}^2/\text{día}$, $S = 5 \cdot 10^{-4}$.

El acuífero se encuentra separado de un acuífero superior por un acuitardo de 40 metros de espesor y conductividad hidráulica $K' = 0,0006$; $S' = 0,0001$

Calcular el descenso del nivel piezométrico en el acuífero a 100 metros del sondeo que bombea, después de 3 horas de bombeo

Solución:

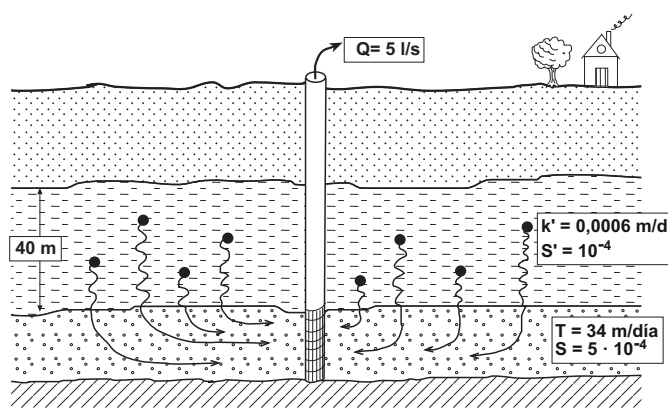
Primero comprobamos que un periodo de bombeo de 3 horas no sea demasiado largo para poder utilizar la expresión (3). Para ello, aplicamos la condición (4):

$$b' S' / 10 K' = 40 \cdot 0,0001 / (10 \cdot 0,0006) = 0,66 \text{ días} = 16 \text{ horas}$$

Por tanto, $t = 3 \text{ horas} < 16 \text{ horas}$, y todavía se está comportando de acuerdo con este modelo.

$$B = \sqrt{\frac{34 \cdot 40}{0,0006}} = 1505,5 \quad ; \quad r/B = \frac{100}{1505,5} = 0,066 \quad ; \quad u = \frac{100^2 \cdot 5 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 34 \cdot \frac{3}{24}} = 0,294$$

$$\beta = \frac{100}{4 \cdot 1505} \sqrt{\frac{0,0001}{0,0005}} = 0,0074$$



Consultando la tabla de la función $H(u, \beta)$, estimamos que $H = 1,16$. Por tanto, finalmente, aplicando la fórmula (3):

$$s = \frac{5 \cdot 86,4}{4\pi \cdot 34} \cdot 1,16 = 1,17 \text{ metros}$$

Régimen permanente

Ya hemos comentado que cuando el tiempo es suficientemente largo, lo normal es que el proceso funcione de acuerdo al modelo que hemos llamado "sin almacenamiento en el acuitardo". Y si el tiempo es aún más largo, se alcanzará el régimen permanente, cuando la suma de los rezumes que recibe el acuífero semiconfinado a través del acuitardo alcancen un valor igual al caudal que está siendo bombeado.

En estas circunstancias, el descenso ya no dependerá del coeficiente de almacenamiento (S), ni por supuesto del tiempo (t). La expresión que nos permite conocer el descenso (s) a cualquier distancia (r) del sondeo que bombea es (De Glee, 1930, 1951, en Kruseman, 2000, p.76):

$$s = \frac{Q}{2\pi T} K_0 \left(\frac{r}{B} \right) \quad (5)$$

donde todas las variables tienen los valores conocidos (ver página 3), y K_0 es una función tabulada (ver Apéndice).

Ejemplo 3:

Vamos a repetir el Ejemplo 1 (página 4), con los mismos datos, pero en lugar de calcular el descenso a las 8 horas, lo calcularemos tras alcanzarse el régimen permanente.

Recordamos los datos:

Bombeamos un $Q = 5$ litros/seg. en un acuífero semiconfinado cuya $T = 34$ m²/día. El acuífero se encuentra separado de otro acuífero superior por un acuitardo de ($b' =$) 4,5 metros de espesor y cuya conductividad hidráulica $K' = 0,006$ metros/día.

Calcular el descenso del nivel piezométrico en el acuífero a 100 metros del sondeo que bombea, después de estabilizarse los descensos.

Según calculamos en el Ejemplo 1:

$$B = \sqrt{\frac{34 \cdot 4,5}{0,006}} = 159,69 \quad ; \quad r/B = \frac{100}{159,69} = 0,63$$

(consultando la Tabla:) $K_0(0,63) \simeq 0,70$;

Aplicando la fórmula (5): $s = \frac{5 \cdot 86,4}{2\pi \cdot 34} \cdot 0,70 = 1,42 \text{ metros}$

Recordemos que en régimen variable en el mismo acuífero con el mismo caudal, habíamos obtenido que a las 8 horas de bombeo el descenso producido era de 1,27 metros.

Si el valor de r/B es pequeño, la fórmula (5) puede simplificarse así (Hantush, 1956, en Kruseman, 2000, p.78):

$$s = \frac{Q}{2\pi T} \ln \left(\frac{1,12 \cdot B}{r} \right) \quad (6)$$

Bombeos de ensayo

En este tema hemos tratado el cálculo de descensos cuando conocemos los parámetros del acuífero y del acuitardo. El caso inverso, los *bombeos de ensayo* (calcular los parámetros a partir de medidas de descensos), se trata en la sección *Prácticas*.

Bibliografía

Fetter, C. W. (2001).- *Applied Hydrogeology*. Prentice-Hall, 4ª ed., 598 pp

Hantush, M.S. (1960).- Modification of the theory of leaky aquifers, *Journal of Geophysical Research*, v. 65, nº. 11, p. 3713-3717.

Hantush, M.S., and C.E. Jacob (1955).- Nonsteady radial flow in an infinite leaky aquifer, *EOS Transactions American Geophysical Union*, v. 36, nº. 1, p. 95-100.

Kruseman, G.P. y N.A. de Ridder (2000).- *Analysis and evaluation of pumping test data*. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Holanda, 377 pp. (<http://www2.alterra.wur.nl/Internet/webdocs/ilri-publicaties/publicaties/Pub47/Pub47-h4.pdf>)

Lohman, S.W. (1972).- *Ground-Water Hydraulics*. US.G.S. Prof. Paper 708,70 pp (Trad. español: *Hidráulica subterránea*, Ed. Ariel, 1977, 178 pp.). (<http://pubs.er.usgs.gov/usgspubs/pp/pp708>)

Reed, J.E. (1980).- *Type curves for selected problems of flow to wells in confined aquifers*. USGS—TWRI Book 3, Chapter B3. (en: <http://pubs.usgs.gov/twri/twri3-b3/>)

Schwartz, F. W. & H. Zhang (2003).- *Fundamentals of Groundwater*. Wiley, 592 pp.

Valores de la función $H(u, \beta)$
Acuíferos semiconfinados CON almacenamiento en el acuitardo
 (Valores de Hantush, 1960, reproducidos en Kruseman, 2000)

		β													
		0.001	0.002	0.005	0.01	0.02	0.05	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20
u	10 ⁻⁶	11.98	11.40	10.59	9.93	9.25	8.34	7.65	6.96	6.05	5.36	4.67	3.78	3.11	2.47
	2.10 ⁻⁶	11.50	11.00	10.20	9.57	8.89	7.99	7.30	6.61	5.70	5.01	4.33	3.44	2.79	2.16
	4.10 ⁻⁶	11.10	10.60	9.84	9.20	8.54	7.64	6.95	6.27	5.36	4.67	3.99	3.11	2.47	1.86
	6.10 ⁻⁶	10.80	10.30	9.61	8.99	8.33	7.44	6.57	6.06	5.16	4.47	3.80	2.92	2.28	1.69
	8.10 ⁻⁶	10.50	10.10	9.45	8.84	8.18	7.29	6.61	5.92	5.01	4.33	3.66	2.79	2.16	1.57
	10 ⁻⁵	10.37	10.00	9.32	8.71	8.07	7.18	6.49	5.81	4.90	4.22	3.55	2.68	2.06	1.48
	2.10 ⁻⁵	9.82	9.51	8.90	8.33	7.70	6.82	6.15	5.46	4.56	3.88	3.22	2.37	1.76	1.22
	4.10 ⁻⁵	9.24	8.99	8.46	7.93	7.33	6.47	5.80	5.12	4.22	3.55	2.89	2.06	1.48	0.973
	6.10 ⁻⁵	8.88	8.67	8.19	7.69	7.11	6.26	5.59	4.91	4.02	3.35	2.70	1.88	1.32	0.841
	8.10 ⁻⁵	8.63	8.43	8.00	7.52	6.95	6.11	5.44	4.77	3.88	3.21	2.57	1.76	1.22	0.753
	10 ⁻⁴	8.43	8.25	7.84	7.38	6.82	5.99	5.33	4.66	3.77	3.11	2.47	1.67	1.14	0.688
	2.10 ⁻⁴	7.79	7.66	7.33	6.93	6.42	5.62	4.97	4.31	3.43	2.78	2.15	1.39	0.899	0.504
	4.10 ⁻⁴	7.14	7.04	6.78	6.45	6.00	5.25	4.62	3.96	3.10	2.46	1.85	1.14	0.688	0.351
	6.10 ⁻⁴	6.75	6.67	6.45	6.16	5.74	5.02	4.40	3.76	2.91	2.28	1.68	9.94	0.577	0.277
	8.10 ⁻⁴	6.48	6.40	6.21	5.99	5.55	4.86	4.25	3.62	2.77	2.15	1.57	0.898	0.504	0.230
	0.001	6.26	6.20	6.02	5.77	5.40	4.73	4.13	3.50	2.67	2.05	1.48	0.827	0.451	0.198
	0.002	5.59	5.54	5.41	5.22	4.91	4.32	3.76	3.15	2.34	1.75	1.21	0.624	0.308	0.116
	0.004	4.91	4.88	4.78	4.64	4.40	3.89	3.38	2.80	2.03	1.47	0.966	0.450	0.197	0.0619
	0.006	4.52	4.49	4.41	4.29	4.08	3.62	3.14	2.60	1.84	1.31	0.833	0.362	0.146	0.0404
	0.008	4.23	4.21	4.14	4.04	3.85	3.43	2.98	2.45	1.72	1.20	0.744	0.306	0.116	0.0290
0.01	4.02	4.00	3.93	3.84	3.67	3.28	2.84	2.33	1.62	1.11	0.678	0.267	0.0955	0.0221	
0.02	3.34	3.33	3.28	3.21	3.09	2.78	2.42	1.97	1.32	0.868	0.491	0.165	0.0487	0.00831	
0.04	2.67	2.66	2.63	2.58	2.50	2.27	1.98	1.61	1.04	0.647	0.336	0.0931	0.0216	0.00253	
0.06	2.29	2.28	2.26	2.22	2.15	1.96	1.72	1.39	0.884	0.530	0.259	0.0630	0.0124	0.00112	
0.08	2.02	2.01	1.99	1.96	1.90	1.74	1.53	1.24	0.776	0.453	0.212	0.0464	0.00797	5.87 E-04	
0.1	1.82	1.81	1.79	1.77	1.72	1.58	1.39	1.12	0.695	0.397	0.179	0.0359	0.00552	3.40 E-04	
0.2	1.22	1.22	1.21	1.19	1.16	1.07	0.950	0.767	0.460	0.245	0.0971	0.0143	0.00149	4.93 E-05	
0.4	0.701	0.699	0.694	0.685	0.668	0.622	0.554	0.448	0.262	0.130	0.0441	0.00448	2.83 E-04	4.24 E-06	
0.6	0.453	0.452	0.449	0.444	0.433	0.404	0.361	0.293	0.169	0.0799	0.0247	0.00195	8.73 E-05		
0.8	0.31	0.309	0.307	0.304	0.297	0.277	0.248	0.201	0.115	0.0529	0.0152	9.86 E-04	3.40 E-05		
1	0.219	0.218	0.217	0.214	0.210	0.196	0.176	0.143	0.0812	0.0365	0.00993	5.47 E-04	1.51 E-05		
2	0.0488	0.0487	0.0484	0.0479	0.0468	0.0439	0.0395	0.0322	0.0180	0.00760	0.00173	5.51 E-05			
4	0.00377	0.00376	0.00374	0.00370	0.00362	0.00340	0.00307	0.00250	0.00139	5.58 E-04	1.08 E-04	1.89 E-06			
6	3.59 E-04	3.59 E-04	3.56 E-04	3.53 E-04	3.45 E-04	3.25 E-04	2.93 E-04	2.39 E-04	1.33 E-04	5.19 E-05	9.26 E-06				
8	3.76 E-05	3.75 E-05	3.73 E-05	3.69 E-05	3.62 E-05	3.40 E-05	3.07 E-05	2.51 E-05	1.39 E-05	5.36 E-06					

Valores de la función W (u, r/B)
Acuíferos semiconfinados SIN almacenamiento en el acuitado

	r/B																			
	0,002	0,004	0,006	0,008	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,5	2	4	6	
0,000002	12,10	11,22	10,46	9,89	9,44	8,06	6,67	5,87	5,29	4,85	3,51	2,23	1,55	1,13	0,842	0,428	0,228	0,0223	0,0025	
0,000004	11,62	11,06	10,43	9,88	9,44	8,06	6,67	5,87	5,29	4,85	3,51	2,23	1,55	1,13	0,842	0,428	0,228	0,0223	0,0025	
0,000006	11,29	10,88	10,36	9,87	9,44	8,06	6,67	5,87	5,29	4,85	3,51	2,23	1,55	1,13	0,842	0,428	0,228	0,0223	0,0025	
0,000008	11,04	10,72	10,28	9,84	9,43	8,06	6,67	5,87	5,29	4,85	3,51	2,23	1,55	1,13	0,842	0,428	0,228	0,0223	0,0025	
0,00001	10,83	10,57	10,20	9,80	9,42	8,06	6,67	5,87	5,29	4,85	3,51	2,23	1,55	1,13	0,842	0,428	0,228	0,0223	0,0025	
0,00002	10,19	10,05	9,84	9,58	9,30	8,06	6,67	5,87	5,29	4,85	3,51	2,23	1,55	1,13	0,842	0,428	0,228	0,0223	0,0025	
0,00004	9,52	9,45	9,34	9,19	9,01	8,03	6,67	5,87	5,29	4,85	3,51	2,23	1,55	1,13	0,842	0,428	0,228	0,0223	0,0025	
0,00006	9,13	9,08	9,00	8,89	8,77	7,98	6,67	5,87	5,29	4,85	3,51	2,23	1,55	1,13	0,842	0,428	0,228	0,0223	0,0025	
0,00008	8,84	8,81	8,75	8,67	8,57	7,91	6,67	5,87	5,29	4,85	3,51	2,23	1,55	1,13	0,842	0,428	0,228	0,0223	0,0025	
0,0001	8,62	8,59	8,55	8,48	8,40	7,84	6,67	5,87	5,29	4,85	3,51	2,23	1,55	1,13	0,842	0,428	0,228	0,0223	0,0025	
0,0002	7,94	7,92	7,90	7,86	7,82	7,50	6,62	5,86	5,29	4,85	3,51	2,23	1,55	1,13	0,842	0,428	0,228	0,0223	0,0025	
0,0004	7,24	7,24	7,22	7,21	7,19	7,01	6,45	5,83	5,29	4,85	3,51	2,23	1,55	1,13	0,842	0,428	0,228	0,0223	0,0025	
0,0006	6,84	6,84	6,83	6,82	6,80	6,68	6,27	5,77	5,27	4,85	3,51	2,23	1,55	1,13	0,842	0,428	0,228	0,0223	0,0025	
0,0008	6,55	6,55	6,54	6,53	6,52	6,43	6,11	5,69	5,25	4,84	3,51	2,23	1,55	1,13	0,842	0,428	0,228	0,0223	0,0025	
0,001	6,33	6,33	6,32	6,32	6,31	6,23	5,97	5,61	5,21	4,83	3,51	2,23	1,55	1,13	0,842	0,428	0,228	0,0223	0,0025	
0,002	5,64	5,64	5,63	5,63	5,63	5,59	5,45	5,24	4,98	4,71	3,50	2,23	1,55	1,13	0,842	0,428	0,228	0,0223	0,0025	
0,004	4,95	4,95	4,95	4,49	4,94	4,92	4,85	4,74	4,59	4,42	3,48	2,23	1,55	1,13	0,842	0,428	0,228	0,0223	0,0025	
0,006	4,54	4,54	4,54	4,54	4,54	4,53	4,48	4,41	4,30	4,18	3,43	2,23	1,55	1,13	0,842	0,428	0,228	0,0223	0,0025	
0,008	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,25	4,21	4,15	4,08	3,98	3,36	2,23	1,55	1,13	0,842	0,428	0,228	0,0223	0,0025	
0,01	4,04	4,04	4,04	4,04	4,04	4,03	4,00	3,95	3,89	3,81	3,29	2,23	1,55	1,13	0,842	0,428	0,228	0,0223	0,0025	
0,02	3,35	3,35	3,35	3,35	3,35	3,35	3,34	3,31	3,28	3,24	2,95	2,18	1,55	1,13	0,842	0,428	0,228	0,0223	0,0025	
0,04	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,67	2,66	2,65	2,63	2,48	2,02	1,52	1,13	0,842	0,428	0,228	0,0223	0,0025	
0,06	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,29	2,29	2,28	2,27	2,26	2,17	1,85	1,46	1,11	0,839	0,428	0,228	0,0223	0,0025	
0,08	2,03	2,03	2,03	2,03	2,03	2,03	2,02	2,02	2,01	2,00	1,94	1,69	1,39	1,08	0,832	0,427	0,228	0,0223	0,0025	
0,1	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,81	1,80	1,75	1,56	1,31	1,05	0,819	0,427	0,228	0,0223	0,0025	
0,2	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,19	1,11	0,996	0,857	0,715	0,413	0,227	0,0223	0,0025	
0,4	0,702	0,702	0,702	0,702	0,702	0,702	0,702	0,702	0,701	0,7	0,693	0,665	0,621	0,565	0,502	0,341	0,210	0,0223	0,0025	
0,6	0,454	0,454	0,454	0,454	0,454	0,454	0,454	0,454	0,454	0,453	0,450	0,436	0,415	0,387	0,354	0,263	0,177	0,0222	0,0025	
0,8	0,311	0,311	0,311	0,311	0,311	0,311	0,311	0,310	0,310	0,310	0,308	0,301	0,289	0,273	0,254	0,199	0,144	0,0218	0,0025	
1	0,219	0,219	0,219	0,219	0,219	0,219	0,219	0,219	0,219	0,219	0,218	0,213	0,206	0,197	0,185	0,151	0,114	0,0207	0,0025	
2	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,048	0,047	0,046	0,044	0,0394	0,034	0,0110	0,0021

Valores de la función $K_0(x)$ (Hantush, 1956)
para la aplicación de la fórmula de régimen permanente

x	Ko(x)	x	Ko(x)	x	Ko(x)	x	Ko(x)	x	Ko(x)
0,010	4,721	0,054	3,038	0,098	2,447	0,520	0,892	0,960	0,446
0,011	4,626	0,055	3,019	0,099	2,437	0,530	0,877	0,970	0,440
0,012	4,539	0,056	3,001	0,100	2,427	0,540	0,861	0,980	0,433
0,013	4,459	0,057	2,984	0,110	2,333	0,550	0,847	0,990	0,427
0,014	4,385	0,058	2,967	0,120	2,248	0,560	0,832	1,000	0,421
0,015	4,316	0,059	2,950	0,130	2,170	0,570	0,818	1,100	0,3656
0,016	4,251	0,060	2,933	0,140	2,097	0,580	0,804	1,200	0,3185
0,017	4,191	0,061	2,916	0,150	2,030	0,590	0,791	1,300	0,2782
0,018	4,134	0,062	2,900	0,160	1,967	0,600	0,778	1,400	0,2437
0,019	4,080	0,063	2,884	0,170	1,909	0,610	0,765	1,500	0,2138
0,020	4,028	0,064	2,869	0,180	1,854	0,620	0,752	1,600	0,1880
0,021	3,980	0,065	2,853	0,190	1,802	0,630	0,740	1,700	0,1655
0,022	3,933	0,066	2,838	0,200	1,753	0,640	0,728	1,800	0,1459
0,023	3,889	0,067	2,823	0,210	1,706	0,650	0,716	1,900	0,1288
0,024	3,846	0,068	2,809	0,220	1,662	0,660	0,704	2,000	0,1139
0,025	3,806	0,069	2,794	0,230	1,620	0,670	0,693	2,100	0,1008
0,026	3,766	0,070	2,780	0,240	1,580	0,680	0,682	2,200	0,0893
0,027	3,729	0,071	2,766	0,250	1,542	0,690	0,671	2,300	0,0791
0,028	3,692	0,072	2,752	0,260	1,505	0,700	0,661	2,400	0,0702
0,029	3,657	0,073	2,738	0,270	1,470	0,710	0,650	2,500	0,0623
0,030	3,623	0,074	2,725	0,280	1,436	0,720	0,640	2,600	0,0554
0,031	3,591	0,075	2,711	0,290	1,404	0,730	0,630	2,700	0,0493
0,032	3,559	0,076	2,698	0,300	1,373	0,740	0,620	2,800	0,0438
0,033	3,528	0,077	2,685	0,310	1,343	0,750	0,611	2,900	0,0390
0,034	3,499	0,078	2,673	0,320	1,314	0,760	0,601	3,000	0,0347
0,035	3,470	0,079	2,660	0,330	1,286	0,770	0,592	3,100	0,0310
0,036	3,442	0,080	2,647	0,340	1,259	0,780	0,583	3,200	0,0276
0,037	3,414	0,081	2,635	0,350	1,233	0,790	0,574	3,300	0,0246
0,038	3,388	0,082	2,623	0,360	1,208	0,800	0,565	3,400	0,0220
0,039	3,362	0,083	2,611	0,370	1,183	0,810	0,557	3,500	0,0196
0,040	3,336	0,084	2,599	0,380	1,160	0,820	0,548	3,600	0,0175
0,041	3,312	0,085	2,587	0,390	1,137	0,830	0,540	3,700	0,0156
0,042	3,288	0,086	2,576	0,400	1,115	0,840	0,532	3,800	0,0140
0,043	3,264	0,087	2,564	0,410	1,093	0,850	0,524	3,900	0,0125
0,044	3,241	0,088	2,553	0,420	1,072	0,860	0,517	4,000	0,0112
0,045	3,219	0,089	2,542	0,430	1,052	0,870	0,509	4,100	0,0100
0,046	3,197	0,090	2,531	0,440	1,032	0,880	0,501	4,200	0,0089
0,047	3,176	0,091	2,520	0,450	1,013	0,890	0,494	4,300	0,0080
0,048	3,155	0,092	2,509	0,460	0,994	0,900	0,487	4,400	0,0071
0,049	3,134	0,093	2,499	0,470	0,976	0,910	0,480	4,500	0,0064
0,050	3,114	0,094	2,488	0,480	0,958	0,920	0,473	4,600	0,0057
0,051	3,094	0,095	2,478	0,490	0,941	0,930	0,466	4,700	0,0051
0,052	3,075	0,096	2,467	0,500	0,924	0,940	0,459	4,800	0,0046
0,053	3,056	0,097	2,457	0,510	0,908	0,950	0,452	4,900	0,0041