

Geostru Well T.A.

Part I	Introducción	1
Part II	Notras teóricas	2
1	Régimen de equilibrio	2
2	Régimen de no equilibrio	4
3	Prueba abatimiento escalonado	7
	Abatimiento escalonado creciente	7
	Elaboración analítica	9
	Elaboración gráfica	13
	Elaboración en pozo de control	15
	Elaboración en pozos de observación	18
4	Prueba a caudal constante	21
	Prueba de larga duración	21
	Elaboración con Dupuit-Thiem	21
	Elaboración con Jacob	23
	Elaboración con Theis	25
	Elaboración con Hantush	28
Part III	Datos generales	29
1	Pozo completo n. freático libre	30
2	Pozo completo n. freático semiconfinado	30
3	Pozo completo n. freático artesiano	32
4	Pozo incompleto n. freático libre	33
5	Pozo incompleto n. freático semiconfinado	34
6	Pozo incompleto n. freático artesiano	35
Part IV	Abatimiento escalonado	38
Part V	Caudal constante	39
Part VI	Cálculo abatimiento escalonado	39
Part VII	Cálculo caudal constante	41
Part VIII	Exportación	44
Part IX	Bibliografía	44
Part X	Geoapp	45
1	Sección Geoapp	45
Part XI	Contacto	46
	Index	0

1 Introducción

Pruebas de bombeo

Una prueba de bombeo consiste en la extracción de agua del subsuelo, mediante pozos. Al arresto del bombeo, se podrán realizar distintas evaluaciones, a ser la medición del caudal extraído (**Q**), los descensos de nivel piezométrico (**Dh**) y la recuperación (**Dh'**).

Para realizar estas pruebas no es posible establecer un programa standard, ya que no hay un tipo de prueba universal para cada caso. Si las pruebas son realizadas sin tener en cuenta las condiciones hidrogeológicas típicas de las áreas en examen o de otras variables, se llega generalmente a conclusiones poco atendibles.

Para la correcta interpretación de las pruebas de bombeo, a veces es necesario conocer la estratigrafía, la estructura y la hidrodinámica subterránea del área interesada a la realización del pozo.

Las pruebas pueden ser realizadas ya sea en **pozos de control** (también llamados de bombeo o principal) o en **pozos de observación** (también llamados satélites). Estos últimos son formados por un pozo piloto, y por uno o varios piezómetros que van ubicados en el interior del radio e acción del pozo (**R**), parámetro que en fase inicial no se puede medir, por lo tanto hay que determinarlo sobre la base de las características del acuífero, de la experiencia y de eventuales datos bibliográficos (Tabla 1).

Tabla 1 – Grandeza de **R** en función de la granulometría y de la permeabilidad de los acuíferos, para una depresión piezométrica de 5-6 metros (de Bogomolov, en Castany 1967; simplificado y modificado).

Acuífero	Fración granulométrica dominante (mm)	Coefficiente de permeabilidad (m/s)	Caudal del pozo (m ³ /h)	Radio de acción del pozo (m)
Arenas arcillosas	0,01 - 0,05	$2 - 6 \times 10^{-5}$	0,18 - 0,36	65
Arenas finas	0,10 - 0,25	$2 - 3 \times 10^{-4}$	0,72 - 7,2	75
Arenas medias	0,25 - 0,50	$4 - 6 \times 10^{-4}$	14,4 - 36	100
Arenas gruesas	0,50 - 1,00	$7 - 9 \times 10^{-4}$	39,6 - 50,4	125

Gravas		$1 - 2 \times 10^{-3}$	75,6 - 104,4	150
--------	--	------------------------	--------------	-----

Mediante las pruebas de bombeo se pueden calcular los principales parámetros hidrodinámicos del acuífero, tales como: **caudal específico** (Q_s), **coeficiente de permeabilidad** (K), **Transmisividad** (T) y **coeficiente de almacenamiento** (S).

2 Notras teóricas

2.1 Régimen de equilibrio

El deflujo en régimen de equilibrio o permanente, llamado de esta manera ya que se supone que las variaciones de régimen se verifiquen exclusivamente en el espacio y no en el tiempo, se obtiene cuando una obra de captación a caudal constante, la alimentación compensa exactamente el bombeo la curva de depresión tiende a un perfil de equilibrio y la superficie piezométrica no disminuye R (**radio de acción** del pozo). Por lo tanto se basa sobre una teoría de (Dupuit, 1863) construida con hipótesis que tienden a simplificar la metodología. esta teoría demuestra que en un acuífero libre (figura 1), el caudal (Q) de un pozo, de radio r , es dada por:

$$Q = \pi K \frac{(H_1^2 - H_2^2)}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)}$$

de los cuales es posible obtener la fórmula para el cálculo del **coeficiente de permeabilidad** (K):

$$K = \frac{Q}{\pi} \frac{\ln\left(\frac{R}{r}\right)}{(H_1^2 - H_2^2)}$$

donde:

H_1 (m) = altura **nivel estático** referida al sub-estrato impermeable;
 H_2 (m) = altura del **nivel dinámico** del agua en el pozo de bombeo, referida al sub-estrato impermeable.

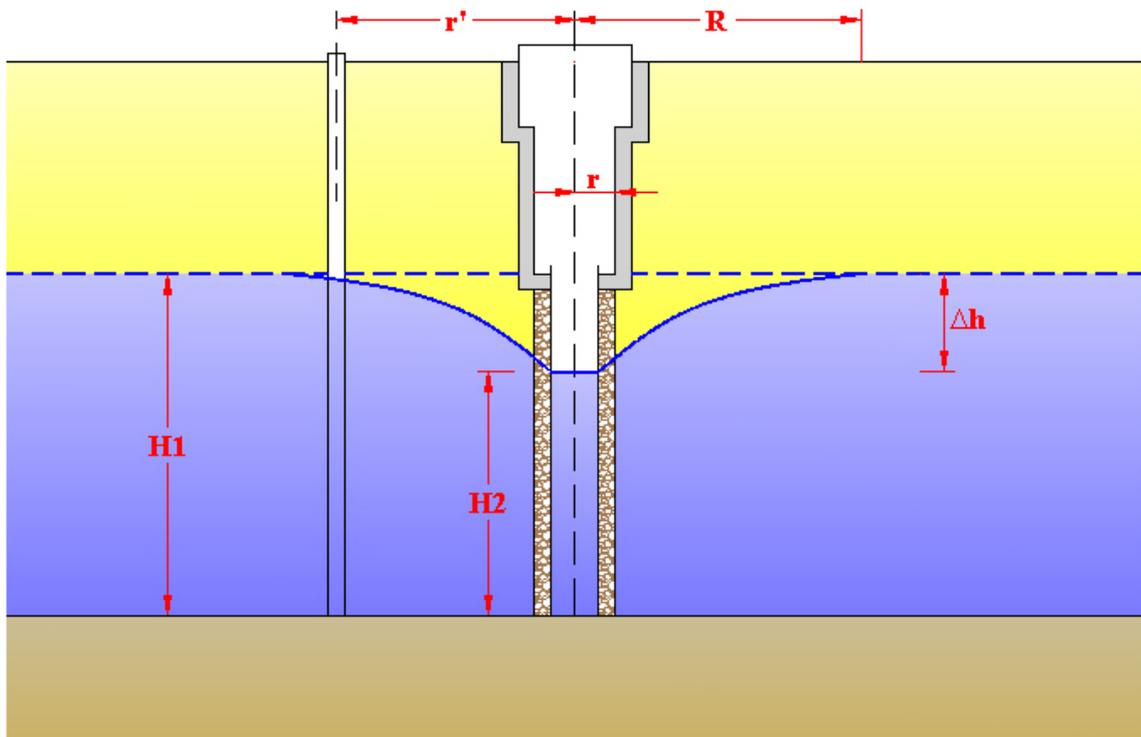


Figura 1

En los **acuíferos confinados** (figura 2), en cambio se tiene que el caudal es dado por:

$$Q = 2\pi K b \frac{(H_1 - H_2)}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

donde **b** (m) = espesor del n. freático confinado, en la hipótesis de pozo completo.

Con la fórmula anterior es posible obtener el valor de la transmisividad de (T):

$$K = \frac{Q}{2\pi b} \frac{\ln\left(\frac{R}{r}\right)}{(H_1 - H_2)} \quad (\text{m/s})$$

$$T = K b = \frac{Q}{2\pi} \frac{\ln\left(\frac{R}{r}\right)}{(H_1 - H_2)} \quad (\text{m}^2/\text{s})$$

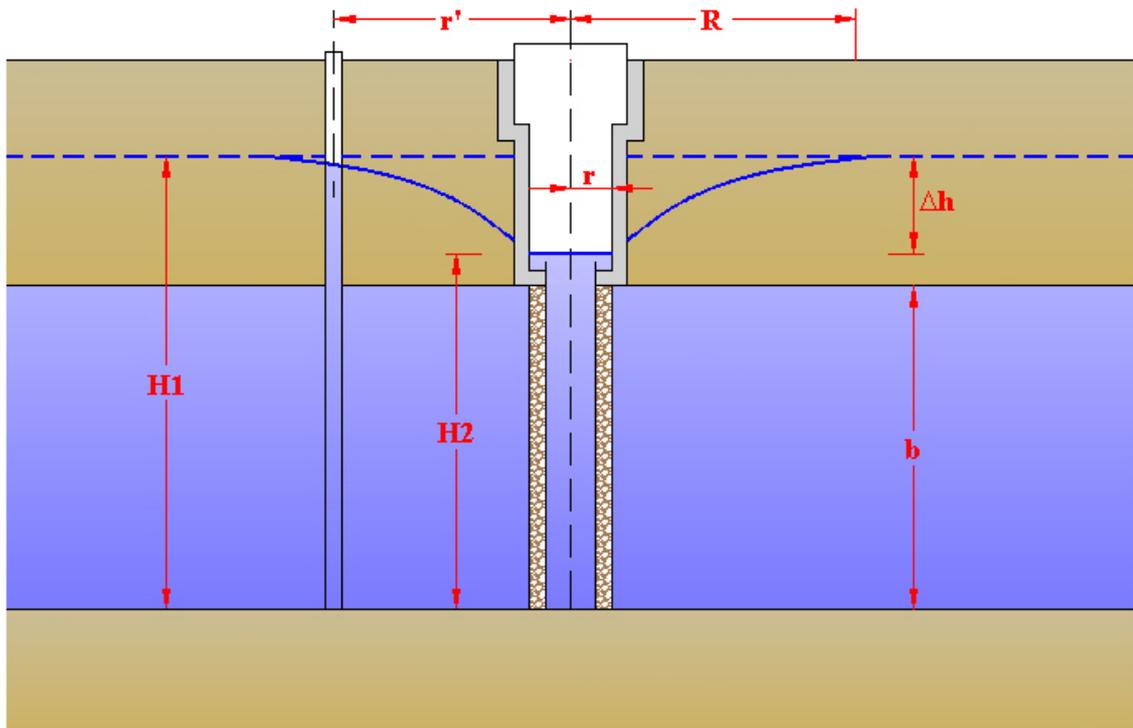


Figura 2

2.2 Régimen de no equilibrio

El deflujo en **régimen de no equilibrio o transitorio**, llamado de esta manera ya que admite que las variaciones de régimen sean ya sea en el espacio que en el tiempo, es una teoría propuesta por **Theis** en el año 1935. Con dicha teoría, **Theis** ha querido demostrar que al rededor de un pozo a caudal constante, la superficie de depresión piezométrica no tiende a tomar una forma estable y que la zona de influencia del pozo se propaga indefinidamente, con velocidades descendentes. Quiere decir que la alimentación no compensa el bombeo suponiendo que el acuífero no tenga recargas laterales y que por todo el período del bombeo, se libere solo agua almacenada.

La teoría del deflujo en régimen transitorio es válida en los n. freáticos artesianos, donde el cono de depresión es ficticio y el radio de acción es la distancia (figura 3), del eje del pozo, donde la piezométrica se anula luego de un cierto tiempo (t) del inicio del bombeo.

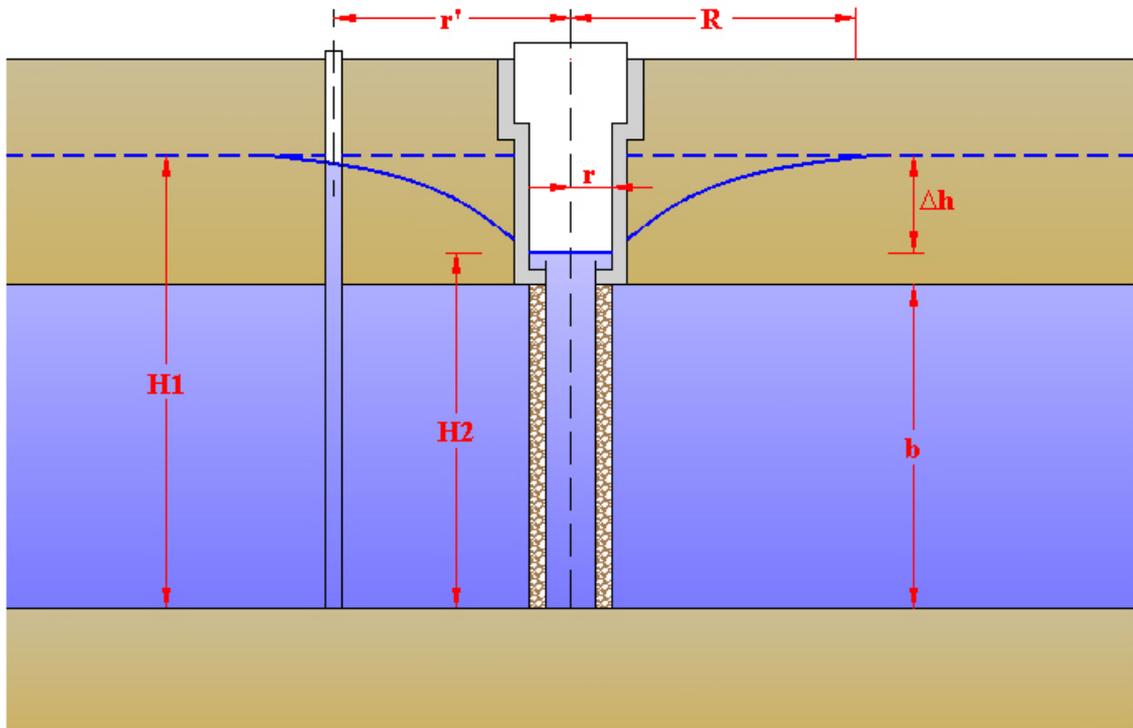


Figura 3

Con la teoría de **Theis** es posible calcular la transmisividad (T) a través de la fórmula de régimen de no-equilibrio:

$$T = \frac{Q}{4\pi \Delta h_p} \int_u^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du = \frac{Q}{4\pi \Delta h_p} W(u) \quad (\text{m}^2/\text{s})$$

donde Δh_p es el descenso **piezométrico** (m) medido en el piezómetro, colocado a la distancia r' (m) del pozo, durante el bombeo y $W(u)$ representa la siguiente función:

$$W(u) = -0.7552 - \ln u + u - \frac{u^2}{2 \times 2!} + \frac{u^3}{3 \times 3!} - \frac{u^4}{4 \times 4!} + \dots$$

Resolviendo el **integral exponencial**, con una serie de pasos se llega a la siguiente **fórmula de aproximación logarítmica** (Jacob, 1950):

$$\Delta h_p = \frac{0,183 Q}{T} \log \frac{2,25 Tt}{r'^2 S} \text{ (m)}$$

donde **S** es el coeficiente de almacenamiento del acuífero y **t** (sec) el tiempo de bombeo del inicio de la prueba.

La fórmula es válida solo si:

$$u = \frac{r'^2 S}{4T t} \leq 0,01$$

entonces, solo si:

$$t = T_v = \frac{r'^2 S}{4 T \times 0,01}$$

donde:

T_v (s) = tiempo necesario para la validez de la prueba.

Por la fórmula de Jacob, sustituyendo **r'** con **R**, cuando Δh_p es igual a 0, es posible obtener:

$$R = 1,5 \sqrt{\frac{Tt}{S}} \text{ (m)}$$

La teoría del régimen de no-equilibrio es rigurosamente válida para pozos completos configurados en niveles freáticos artesianos, pero puede ser aplicado también a las faldas semi artesianas introduciendo un factor drenante (B) expresado en m²:

$$T = \frac{Q}{4\pi \Delta h_p} W\left(u, \frac{r'}{B}\right) \text{ (m}^2/\text{s)}$$

2.3 Prueba abatimiento escalonado

2.3.1 Abatimiento escalonado creciente

Este tipo de pruebas se realizan en régimen de equilibrio en abatimiento escalonado creciente y tienen una duración variable de 48 a 72 horas (duración optimal).

Se fijan más valores (escalones) de caudal creciente durante la operación de purga del pozo o durante una prueba preliminar de breve duración, donde se medirán las correspondientes depresiones piezométricas. Los escalones tienen igual duración, de una a tres horas. Con estos datos es posible construir un diagrama, con una abscisa con los caudales bombeados (Q_1, Q_2, \dots) y en ordenada las depresiones piezométricas ($\Delta h_1, \Delta h_2, \dots$), que da un óptimo andar de la curva característica del pozo (figura 4 a, b, c).

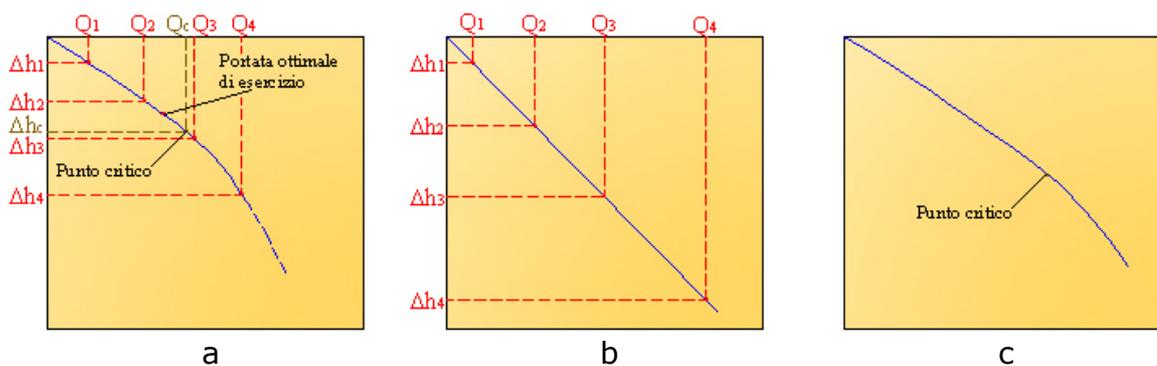


Figura 4

En los niveles freáticos libres, esta curva es representada por una parábola de segundo grado (figura 4a) mientras que en los n. freáticos confinados, no caracterizados por moto turbulento, es formada por una recta (figura 4b), inversamente por una parábola como en los n. freáticos libres (figura 4c).

Esta prueba preliminar consiste en fijar el abatimiento escalonado generalmente por un mínimo de de tres a un máximo de seis, por el

ensayo definitivo que inicia con el bombeo del caudal más bajo (Q_1), que frecuentemente coincide con la de la potencia mínima del bombeo y continúa con caudales crecientes iguales a $2Q_1$, $3Q_1$... nQ_1 . cada escalón (figura 5) se mantiene fijo hasta cuando el nivel dinámico (D_h) en el pozo se vuelve constante por algunas horas, hasta cuando alcanza una condición de equilibrio.

Con las parejas de valores Q_n - D_{hn} , por cada escalón de caudal se obtiene:

$$Q_{sn} = \frac{Q_n}{\Delta h_n} \left(\frac{m^3}{h \cdot m} \right)$$

donde Q_{sn} es el **caudal específico**, es decir el caudal bombeado referido al descenso medido en el pozo por el escalón $n = 1, 2$, etc; el contrario sería el **descenso específico**.

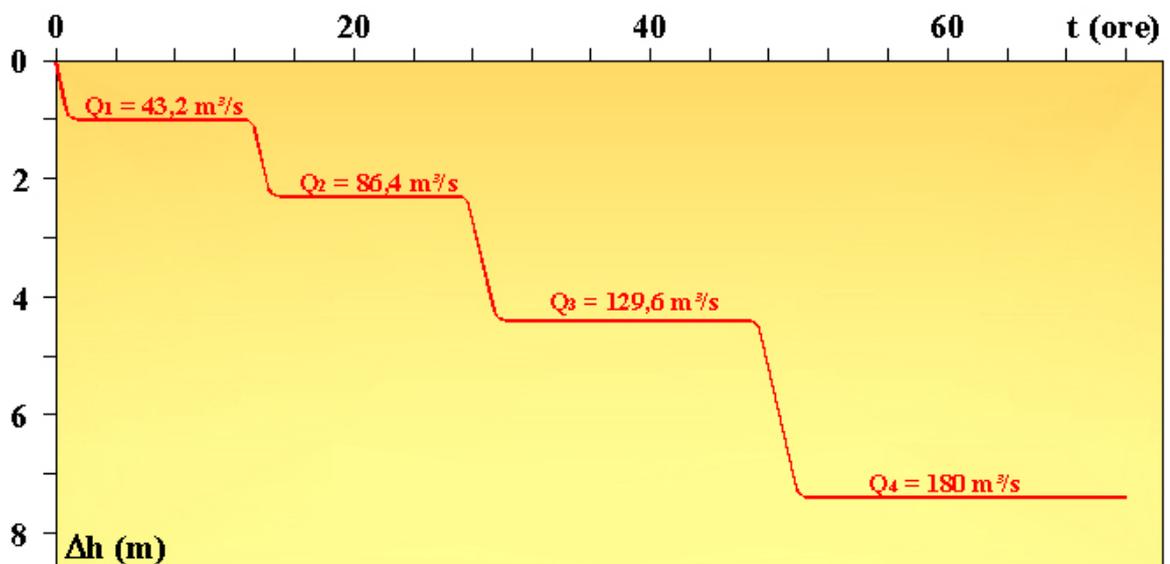


Figura 5

En el caso de las curvas fig. 4a y 4c se observa un primer tramo más rectilíneo es decir caracterizado por una cierta proporcionalidad entre caudales y depresiones piezométricas, pero luego del llamado **punto crítico**, la curva presenta una mayor convexidad que va a significar que a pequeñas variaciones de caudal corresponden notables aumentos de las depresiones piezométricas.

Una vez individualizado el punto crítico se obtiene automáticamente el **caudal crítico** (Q_c), **la depresión crítica** (D_{hc}) y el **caudal óptimo de ejercicio** (Q_e). Siendo el caudal crítico vinculado a la **velocidad crítica** del nivel freático, no puede ser superado si no se entiende entrar en régimen

turbulento. El caudal optimal de ejercicio es siempre inferior de aquel crítico e igual entorno a:

$$Q_e = 0,9 Q_c$$

Definidos los valores de Q_c y D_{hc} , a través de la curva característica, se calcula el valor del **caudal específico** del pozo mediante la siguiente fórmula:

$$Q_s = \frac{Q_c}{\Delta h_c}$$

2.3.2 Elaboración analítica

El descenso medido en la obra de captación puede ser también expresado a través de la ecuación de **Dupuit** para los niveles freáticos artesianos, que se puede escribir también de la siguiente manera (Jacob, 1947) :

$$H_1 - H_2 = \frac{Q}{2\pi T} \ln\left(\frac{R}{r}\right) + CQ^2 \text{ (m)}$$

donde ($H_1 - H_2$) es la depresión piezométrica (D_h) y según la hipótesis de **Dupuit** es:

$$\frac{\ln\left(\frac{R}{r}\right)}{2\pi T} = B$$

La fórmula anterior se puede escribir (Jacob, 1947; Rorabangh, 1953):

$$\Delta h = BQ + CQ^2 \text{ (m)}$$

De esta expresión demuestra que el descenso promedio en la obra de captación es la suma de dos componentes llamados **pérdidas de carga** (figura 1):

- Una pérdida de **carga lineal** provocado en el acuífero del deflujo del pozo, que viene indicado con **BQ**;
- Una pérdida de **carga cuadrática**, función del pozo provocado por el deflujo turbulento de la obra de captación definida **CQ²**.

La fórmula de **Jacob** es la más conocida y también utilizada para los niveles freáticos artesianos, se puede extender también a los acuíferos de nivel freático libre cuando la depresión piezométrica (D_h) referida al caudal (Q) es:

$$D_h \leq 0,1 H_1$$

donde **H₁** es el espesor del n. freático.

La expresión de **Jacob** también se puede escribir de la siguiente manera:

$$\frac{\Delta h}{Q} = B + CQ \text{ (m/m}^3\text{/h)}$$

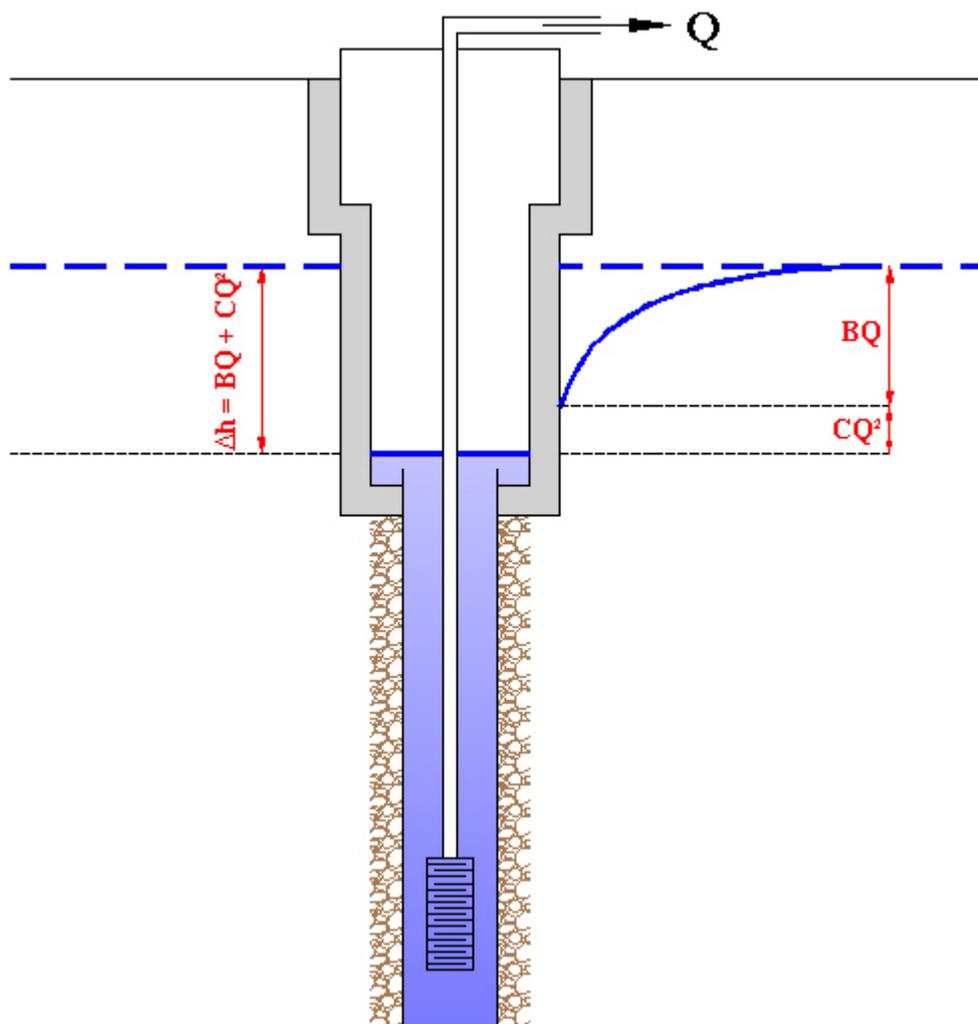


Figura 6

donde Dh/Q representa la depresión piezométrica por unidad de caudal, es decir la depresión piezométrica específica (Dh_s). Esta expresión representa una recta de forma general:

$$y = b + ax$$

como se muestra en el ejemplo de la figura 7.

El coeficiente **B** puede ser leído en el punto de intersección con el eje de las ordenadas, mientras que **C** es dado por el coeficiente angular de la recta:

$$C = \tan b$$

El ejemplo de la figura 7 muestra uno de los casos que se pueden presentar. Los casos más generales se muestran en el ejemplo de la figura 8:

- La recta 1 refleja el caso de la figura 7 y demuestra que es válida la fórmula de **Jacob**;
- La recta 2 paralela al eje del caudal está para indicar el deflujo laminar con pérdidas de cargas cuadráticas nulas ($CQ^2 = 0$):

$$\Delta h = BQ \text{ (m)} ;$$
- La recta 3 pasa por el origen de los ejes y demuestra que las pérdidas de cargas lineal ($BQ = 0$) pueden no ser consideradas:
$$\Delta h = CQ^2 \text{ (m)} ;$$
- La curva 4 en cambio indica que rige la expresión:

$$\Delta h = BQ + CQ^n \text{ con } n > 2$$

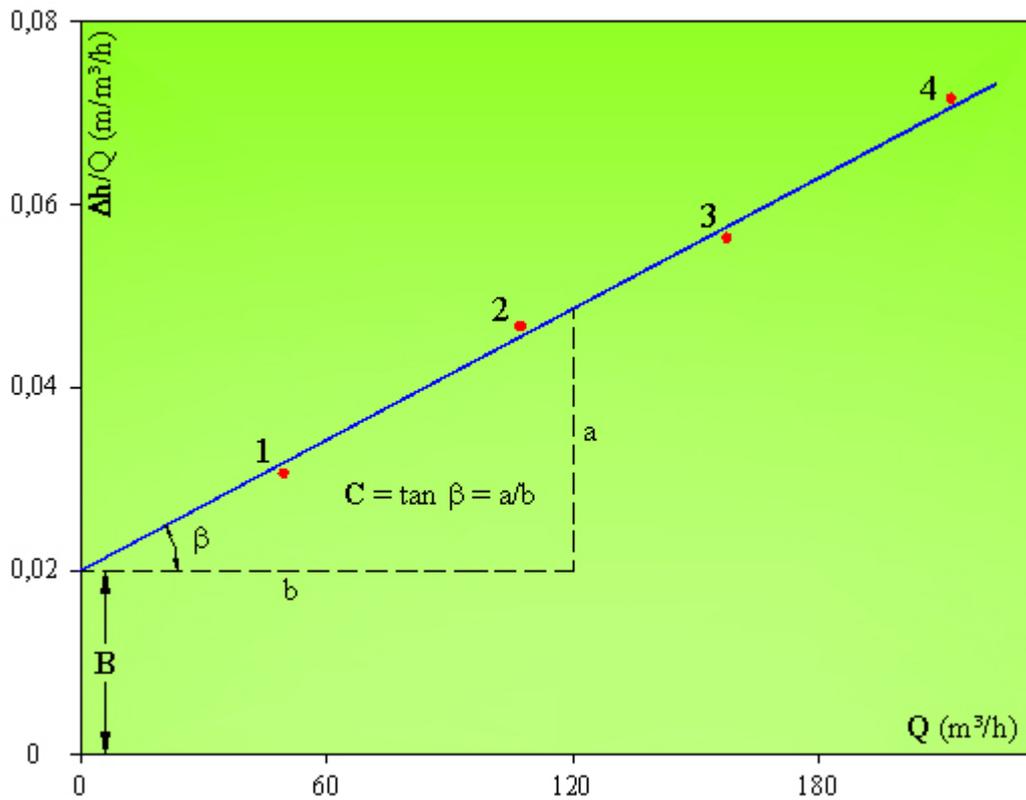


Figura 7 – Los puntos representan el abatimiento escalonado.

Si las medidas han sido tomadas en manera incorrecta, o bien en el curso del bombeo se verifica un régimen fuera del normal la prueba no será considerada válida por lo tanto va efectuada nuevamente.

Curvas con andar distinto indican que el acuífero heterogéneo y anisótropo o que las pruebas no han sido realizadas correctamente.

Calculados los valores de B y C, es posible reconstruir analíticamente la curva característica y calcular la eficacia y las condiciones del pozo (Tablas 1):

$$\text{Eficacia del pozo (\%)} = \frac{BQ}{BQ + CQ^2} \times 100$$

Tabla 1 – Relación entre coeficiente de pérdida del pozo **C** y condiciones del pozo (Walton, 1962)

Coeficiente de pérdida del pozo C (min ² /m ⁵)	Condiciones del pozo
< 0,5	Correctamente desarrollado
0,5 - 1,0	Deterioro moderado debido a obstrucción

1,0 - 4,0		Deterioro grave o bien obstruido
> 4,0		Dificultad de llevar el pozo en las condiciones originales

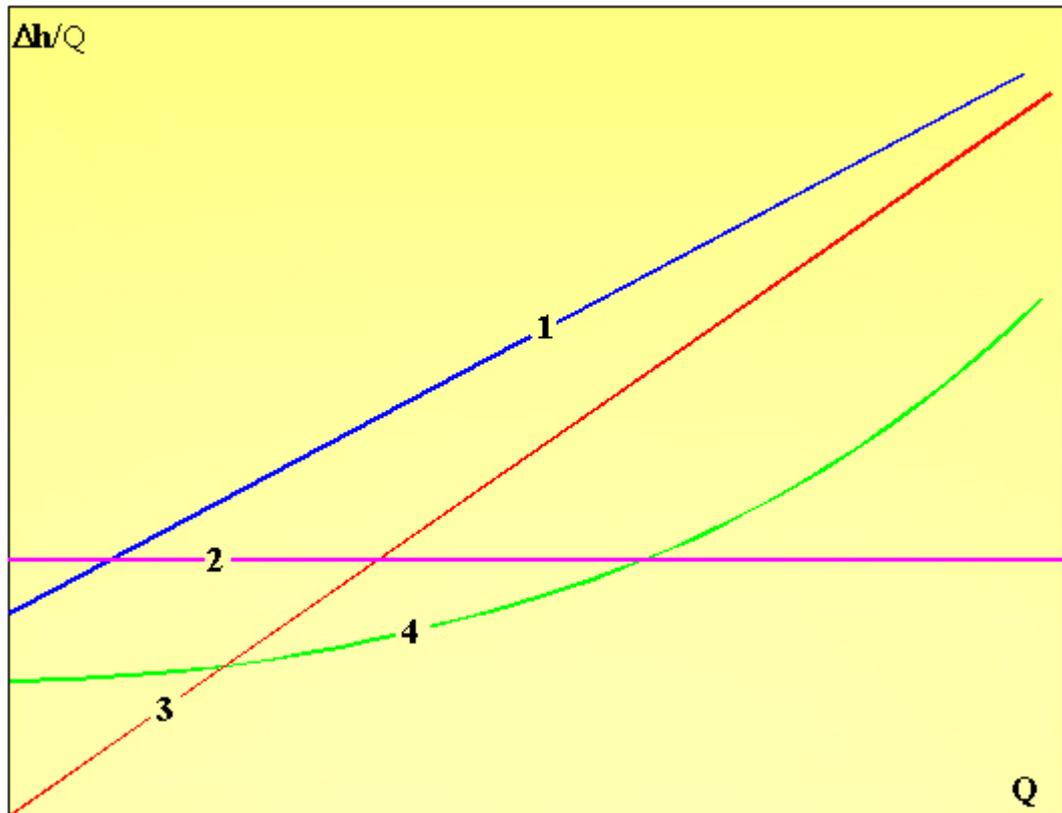


Figura 8 – Red caudales/descensos específicos

2.3.3 Elaboración gráfica

La prueba de pozo a abatimiento escalonado creciente, además de consentir de evaluar el caudal crítico, el **caudal óptimo de ejercicio** y el **caudal específico**, permite calcular el **radio de acción** (R) del pozo, el **coeficiente de permeabilidad** (K) y la **transmisividad** (T). Para poder obtener estos valores, la prueba tendrá que ser en pozos de observación.

El coeficiente de permeabilidad se puede calcular mediante la teoría de Dupuit escribiendo la fórmula de la siguiente manera:

$$K = 0,73 \frac{Q}{\Delta h} \log\left(\frac{R}{r'}\right) = 0,73 \frac{Q}{\Delta h} (\log R - \log r')$$

donde r' representa la distancia que intercorre entre el centro del pozo y el piezómetro. Si un diagrama (figura 9) representa las depresiones piezométricas medidas en el pozo y en los piezómetros sobre las abscisas el logaritmo de las distancias entre pozo y piezómetro se obtiene una recta de forma:

$$y = C (\log a - \log x)$$

$y = Dh$ e $\log x = \log r'$ son las variables de la recta mientras C y su coeficiente angular iguales a:

$$C = 0,73 \frac{Q}{K} = \tan \beta$$

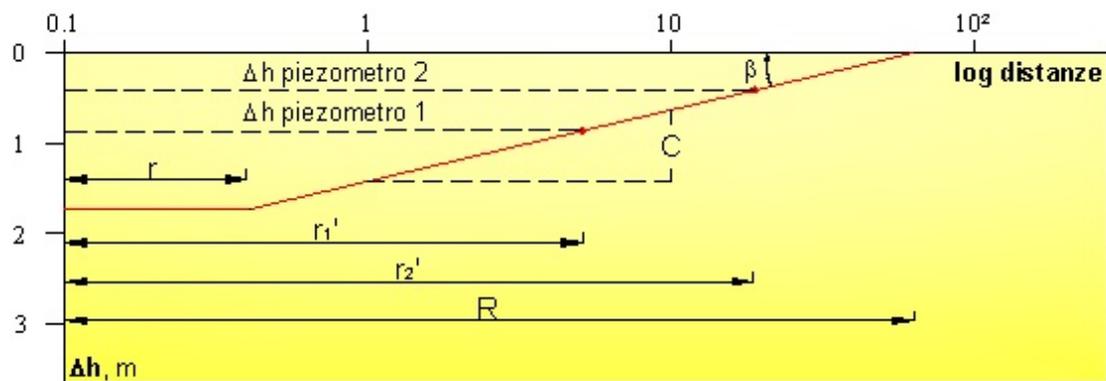


Figura 9 – Diagrama Dh/log distancias

De la expresión anterior es posible derivar el valor del coeficiente de permeabilidad de los niveles freáticos libres:

$$K = 0,73 \frac{Q}{C} \text{ (m/s)}$$

Análogamente es posible obtener la transmisividad para los niveles freáticos artesianos:

$$T = 0,366 \frac{Q}{C} \text{ (m}^2\text{/s)}$$

En cambio el radio de acción del pozo puede ser medido directamente sobre el gráfico bien puede ser calculado de la siguiente manera:

$$\log R = \frac{\Delta h}{C} + \log r'$$

de la cual se obtiene:

$$R = 10^{\frac{\Delta h}{C} + \log r'}$$

2.3.4 Elaboración en pozo de control

Cuando se trabaja en pozos de control completos, luego de obtener los valores del caudal crítico (Q_c) y del descenso crítico (D_{hc}) correspondientes al gráfico caudales/depresiones piezométricas, se calculan los valores del coeficiente de permeabilidad (K) y de la transmisividad (T) utilizando las fórmulas de **Dupuit** derivadas de la teoría del régimen de equilibrio.

Cuando se trabaja en pozos de control incompletos, es necesario distinguir entre pozos en n. freáticos libres o artesianos.

En n. freático libre el coeficiente de permeabilidad (K) se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$K = \frac{Q_c \ln\left(\frac{R}{r}\right)}{\pi \left[(H_1 - a)^2 - (H_2 - a)^2 \right] \left[1 + \left(0,30 + 10 \frac{r}{H_1} \right) \operatorname{sen} \left(1,8 \frac{a}{H_1} \right) \right]} \quad (\text{m/s})$$

donde a representa la distancia entre tubo - filtro y sub estrato impermeable (figura 10).

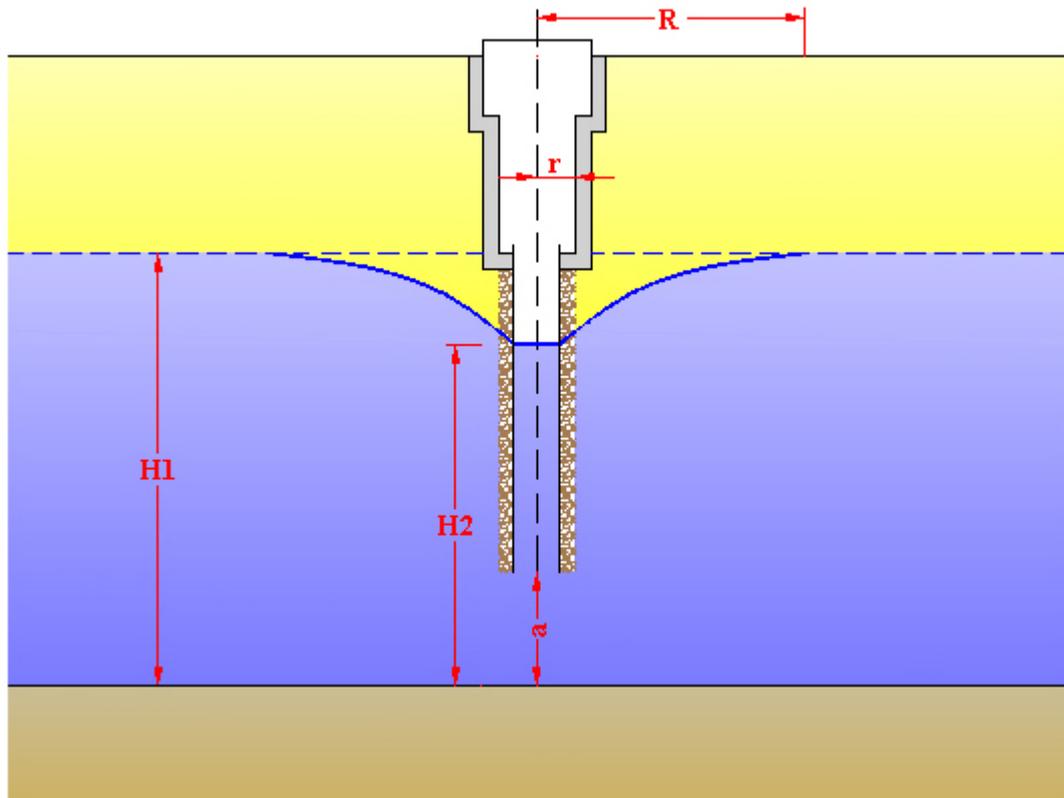


Figura 10

Cuando se trabaja en n. freático artésiano, es necesario distinguir los distintos tipos de pozos (figura 11) ya que no todas las ecuaciones pueden ser utilizadas para el cálculo de la Transmisividad (T) y del coeficiente de permeabilidad (K):

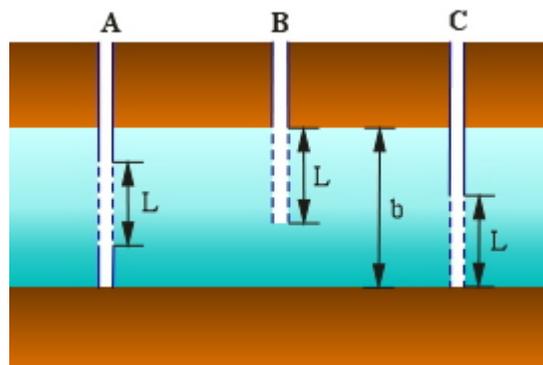


Figura 11

para pozo de tipo A:

$$T = \frac{Q_c}{2\pi \Delta h_c} \left(\ln \frac{R}{2b} + \frac{b}{L} \ln \frac{2L}{r} \right) (\text{m}^2/\text{s})$$

$$K = \frac{T}{b} \text{ (m/s)}$$

para pozo de tipo B:

$$K = \frac{Q_c}{2\pi \Delta h_c L} \ln \frac{2L}{r} \text{ (m/s)}$$

válida para $b \rightarrow \infty$

$$K = \frac{Q_c}{2\pi \Delta h_c L} \left[\ln \frac{\frac{4L}{r}}{\frac{L}{R} + \sqrt{1 + \frac{L^2}{R^2}}} + 1 - \frac{R}{L} \left(1 - \sqrt{1 + \frac{L^2}{R^2}} \right) \right] \text{ (m/s)}$$

válida para $\rightarrow \infty$ (Halek)

$$K = \frac{Q_c}{2\pi \Delta h_c L} \ln \left(1,6 \frac{2L}{r} \right) \text{ (m/s)}$$

válida para $L/r < 5$ (Giriski)

$$T = K b \text{ (m}^2\text{/s)}$$

para pozo de tipo B o C:

$$T = \frac{Q_c}{2\pi \Delta h_c} \left[\ln \frac{R}{r} + \frac{\xi}{2} \right] \text{ (m}^2\text{/s)}$$

donde ξ depende de la relación L/r y de la relación b/r

$$K = \frac{Q_c}{2\pi \Delta h_c L} \ln \frac{L}{r} \text{ (m/s)}$$

válida para $L/r \leq 0,2$ (Zangar)

$$T = \frac{Q_c}{2\pi \Delta h_c} \left[\frac{2}{L} \ln \frac{L}{2r} + \frac{0,2}{b} \right] \text{ (m}^2\text{/s)}$$

válida para $L/b \leq 0,3$ e $L/2r \geq 5$ (de Glee)

para pozo de tipo A, B, C

$$T = \frac{Q_c}{2\pi \Delta h_c} \left[\frac{b}{2L} \left(2 \ln \frac{4b}{r} - \ln \Gamma \right) \right] - \ln \frac{4b}{R} \text{ (m}^2\text{/s)}$$

válida para $0,005 < r/b < 0,01$ (Muskat)

donde $\ln \Gamma$ es función de la relación L/b

$$K = \frac{Q_c}{2\pi \Delta h_c L} \frac{\ln \frac{R}{r}}{1 + 7 \sqrt{\frac{r}{2L}} \cos \left(\frac{\pi \frac{L}{b}}{2} \right)} \text{ (m/s)}$$

válida para elevados valores de R (Kozeny)

2.3.5 Elaboración en pozos de observación

Si las pruebas de bombeo son efectuadas en pozos de observación la interpretación se puede basar en la hipótesis del deflujo en régimen de equilibrio con la fórmula de **Dupuit-Thiem**, propuesta en el 1906 por **Thiem**.

si se tiene un pozo de bombeo y dos piezómetros ubicados a distancia r'_1 e r'_2 (figura 12), para un n. freático libre es posible escribir:

$$K = \frac{Q_c}{\pi (h_1 + h_2)} \frac{\ln r'_2 - \ln r'_1}{(\Delta h_{p1} - \Delta h_{p2})} \text{ (m/s)}$$

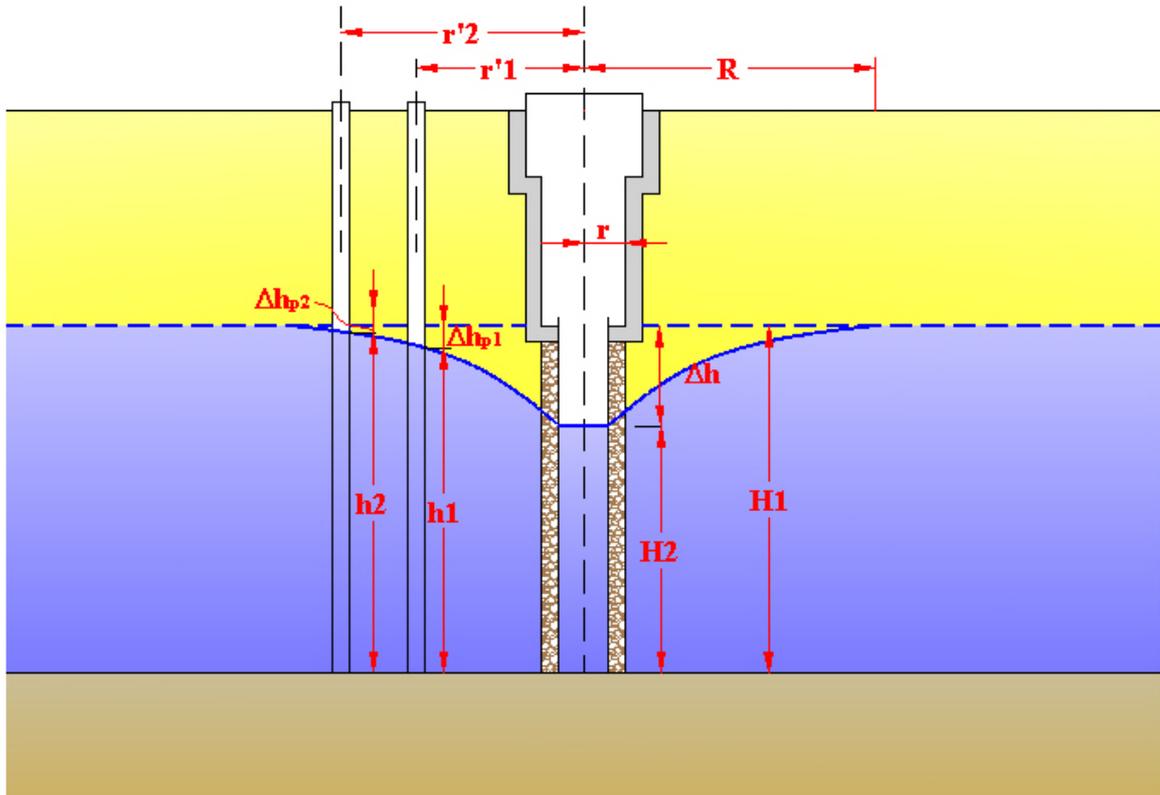


Figura 12 – Esquema de Dupuit-Thiem

En manera análoga, para un n. freático artesiano de espesor b, se tiene:

$$T = \frac{Q_c}{2\pi} \frac{\ln r'_2 - \ln r'_1}{(\Delta h_{p1} - \Delta h_{p2})} \text{ (m}^2/\text{s)}$$

En el caso de un pozo de bombeo y un solo piezómetro es todavía posible calcular los valores de K y T, utilizando las siguientes fórmulas:

$$K = \frac{Q_c}{\pi} \frac{\ln r'_1 - \ln r}{(H_2 + h_1)(\Delta h - \Delta h_{p1})} \text{ (m/s)}$$

$$T = \frac{Q_c}{2\pi} \frac{\ln r'_1 - \ln r}{(\Delta h - \Delta h_{p1})} \text{ (m}^2/\text{s)}$$

Cuando es necesario en algunas situaciones, es posible interpretar la prueba con escalones en salida con la teoría de no-equilibrio utilizando la fórmula de aproximación logarítmica. La prueba da resultados atendibles solo si antes de superar el caudal crítico ha sido extendido por un tiempo bastante largo. Si da un diagrama de depresiones específicas/logaritmo

de los tiempos de los cuales se obtienen el valor de la crecida de la depresión específica (**C**) que se verifica en un ciclo logarítmico y el tiempo **t₀** (figura 13).

Obtenidos los dos valores es posible calcular la transmisividad (**T**) y el coeficiente de almacenamiento (**S**):

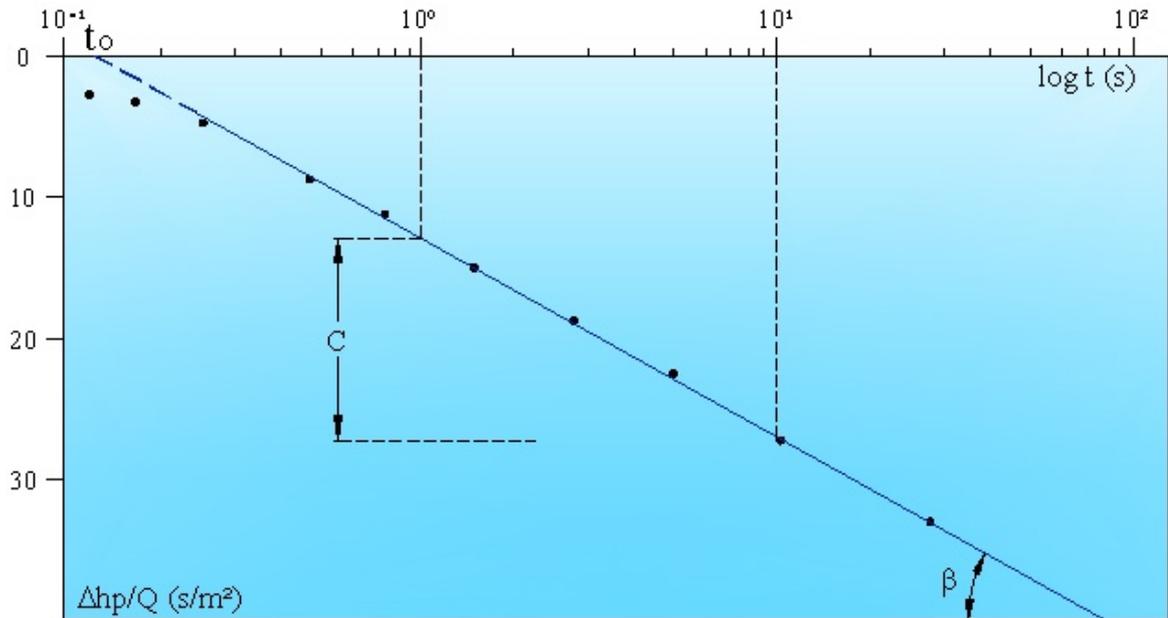


Figura 13 – Diagrama depresiones específicas/log tiempos

C, coeficiente angular de la recta, es dado por:

$$C = \tan \beta = \frac{0,183}{T}$$

de la cual se obtiene el valor de la transmisividad y de la consecuencia el valor del coeficiente de almacenamiento:

$$T = \frac{0,183}{C}$$

$$S = \frac{2,25 T t}{r'^2}$$

2.4 Prueba a caudal constante

2.4.1 Prueba de larga duración

Las pruebas de pozo de larga duración son efectuadas a caudal constante, con un solo escalón de caudal y tienen una duración que varía entre las 48 y las 72 ore.

Durante la prueba se mide el descenso de los niveles pero también la crecida que tiene que ser observada por una igual duración (figura 14).

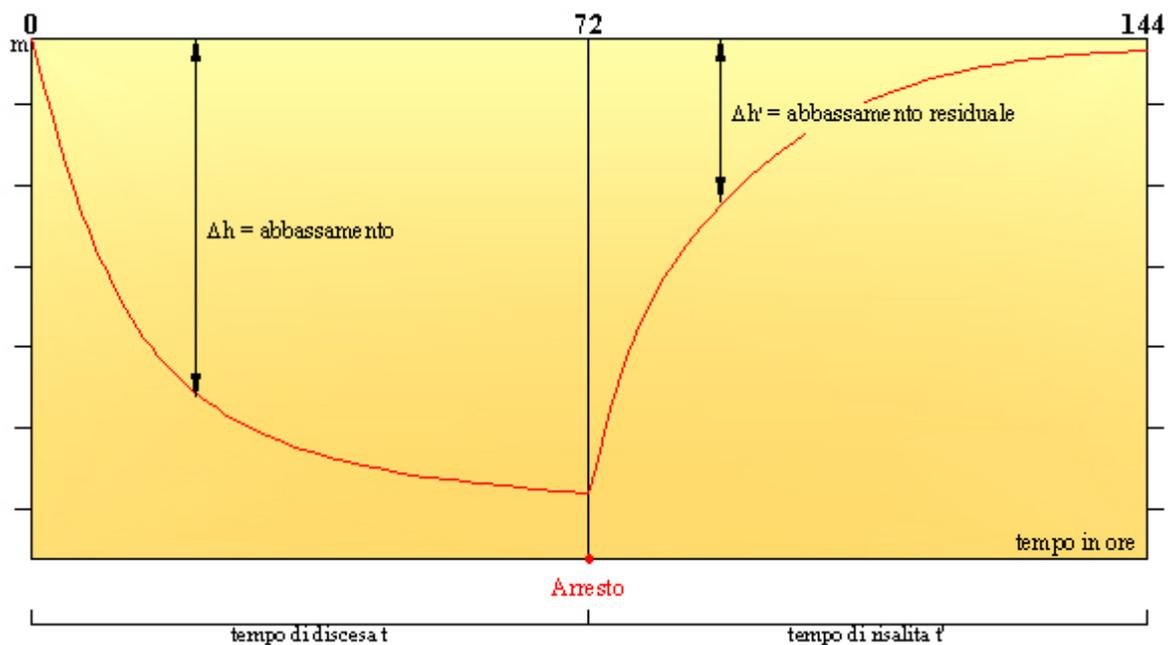


Figura 14

2.4.2 Elaboración con Dupuit-Thiem

El cálculo del coeficiente de permeabilidad (K) y de la transmisividad (T) puede ser efectuado en régimen de equilibrio, ya sea en n. freático libre que en n. freático artesiano, con la **fórmula de Dupuit-Thiem**, propuesta en el 1906 por Thiem. Se tiene un pozo de bombeo y dos piezómetros ubicados a la distancia $r'1$ y $r'2$ (figura 15), para un n. freático libre es posible escribir:

$$K = \frac{Q_c}{\pi} \frac{\ln r'_2 - \ln r'_1}{(h_1 + h_2)(\Delta h_{p1} - \Delta h_{p2})} \text{ (m/s)}$$

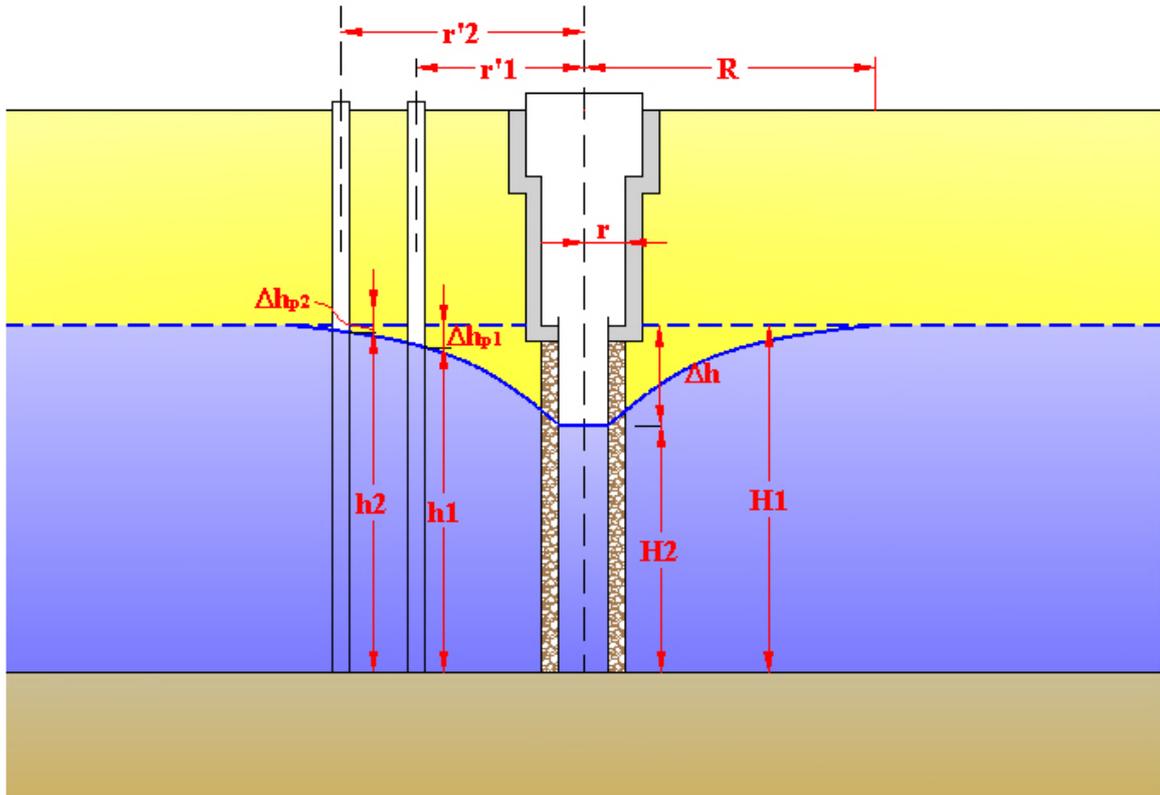


Figura 15 – Esquema de Dupuit-Thiem

En manera análoga, n. freático artesiano, de espesor **b**, se tiene:

$$T = \frac{Q_c}{2\pi} \frac{\ln r'_2 - \ln r'_1}{(\Delta h_{p1} - \Delta h_{p2})} \text{ (m}^2\text{/s)}$$

En que caso en el cual se posean un pozo de bombeo y un solo piezómetro es todavía posible calcular los valores de **K** e **T**, utilizando las siguientes fórmulas:

$$K = \frac{Q_c}{\pi} \frac{\ln r'_1 - \ln r}{(H_2 + h_1)(\Delta h - \Delta h_{p1})} \text{ (m/s)}$$

$$T = \frac{Q_c}{2\pi} \frac{\ln r'_1 - \ln r}{(\Delta h - \Delta h_{p1})} \text{ (m}^2\text{/s)}$$

2.4.3 Elaboración con Jacob

Cuando se trabaja en un acuífero con n. freático artesiano, sin límites, con sub-estrato y techo impermeable, en régimen de no-equilibrio, para el cálculo de la transmisividad T es posible utilizar la fórmula de aproximación logarítmica de Jacob.

Inicialmente se muestran los datos de un diagrama semi logarítmico (figura 16), donde sobre el eje de las ordenadas son ubicados los descensos del nivel del agua (D_{hp}), medidos en un piezómetro del pozo de observación y sobre el eje de las abscisas el logaritmo de los tiempos ($\log t$). Luego de un intervalo de tiempo suficientemente largo, los puntos se alinean sobre una recta de la cual es posible calcular el coeficiente angular C que puede ser medido directamente sobre el gráfico siendo igual al aumento de presión D_{hp} que se verifica en un ciclo logarítmico:

$$C = \tan \beta = \frac{0,183 Q}{T}$$

Calculado C es posible obtener el valor de la transmisividad (T) y del coeficiente del almacenamiento (S):

$$T = \frac{0,183 Q}{C}$$

$$S = \frac{2,25 T t}{r'^2}$$

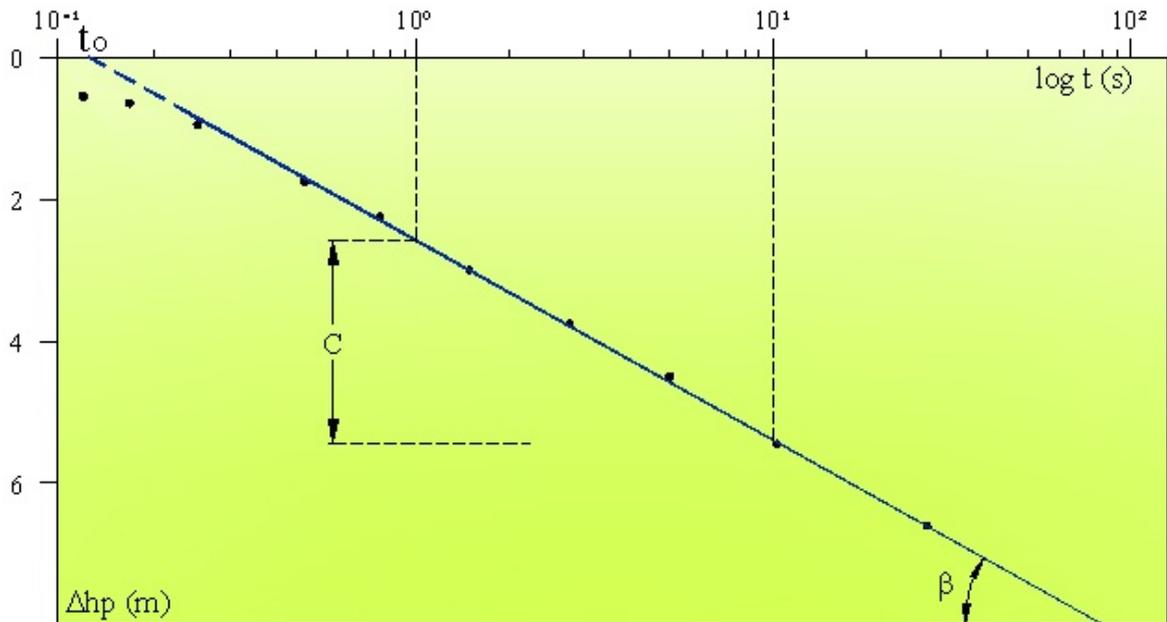


Figura 16 – diagrama depresiones (D_{hp})/log tiempos (t)

El método de aproximación de **Jacob** puede ser utilizado per interpretar la **curva de recuperación** mediante la fórmula de recuperación logarítmica :

$$\Delta h'_p = \frac{0,183 Q}{T} \log \frac{t + t'}{t'} \text{ (m)}$$

Se ubican los datos en un diagrama semi logarítmico (figura 17), donde sobre el eje de las ordenadas muestran las depresiones restantes ($D_{h'p}$) y en aquel de las abscisas el logaritmo de $(t + t')/t'$.

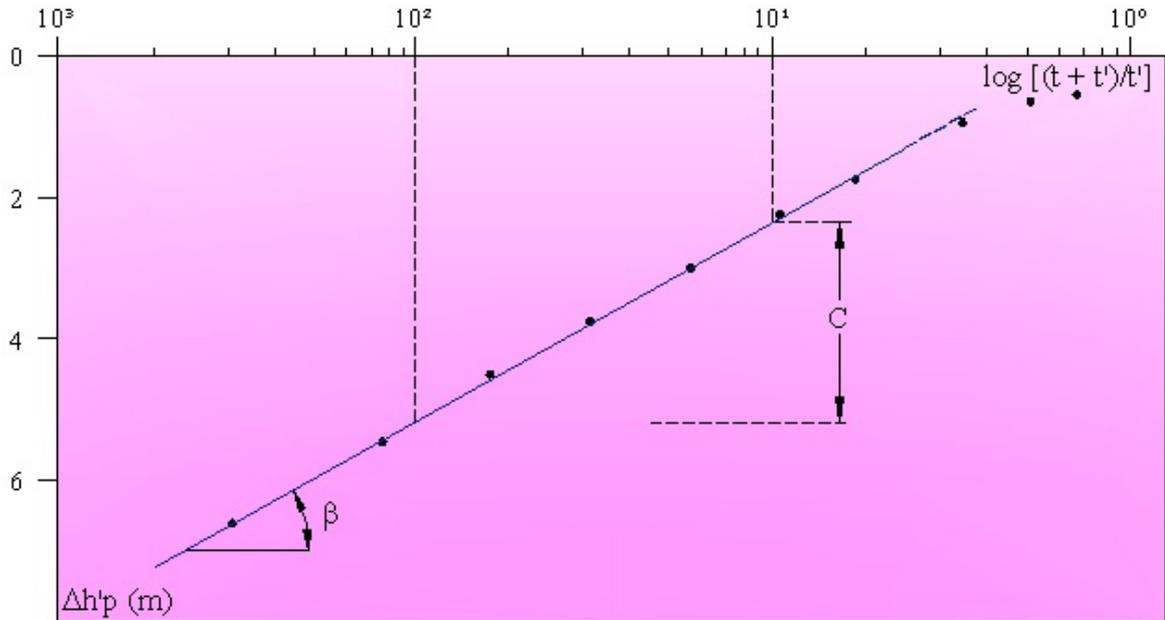


Figura 17 – Recta representativa de una curva de recuperación

Excluyendo el trazado inicial de recuperación rápido y el final de recuperación lenta, los puntos se sitúan sobre una recta representativa de la curva cuyo coeficiente angular **C** se obtiene como en el caso de la curva de descenso. Calculado el valor de **C** es posible obtener la transmisividad (**T**), si las pruebas han sido realizadas correctamente, resulta de la misma dimensión de aquella calculada con la curva de descenso. En

cambio cuando es $u = \frac{r^2 S}{4 T t} > 0,01$ la fórmula de aproximación logarítmica de **Jacob** no es más aplicable, para el cual es necesario calcular la Transmisividad mediante la fórmula del régimen de no-equilibrio de Theis.

2.4.4 Elaboración con Theis

El análisis de **Theis** se efectúa gráficamente utilizando la curva standard de **Theis** (figura 18), a la cual es necesario sobre poner los valores obtenidos con la prueba de bombeo.

La curva standard viene construida sobre un gráfico logarítmico llevando sobre el eje de las abscisas los valores de las variables $1/u$ y sobre el eje de las ordenadas $W(u)$.

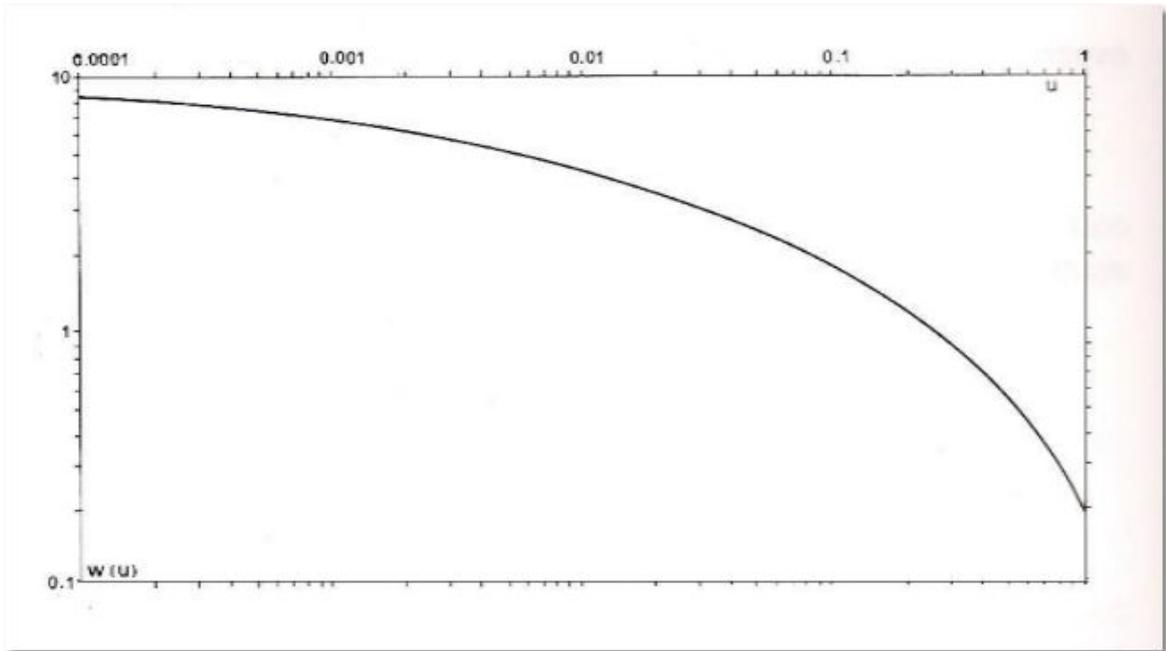


Figura 18 – Curva standard de Theis

Sobre otro gráfico logarítmico, con coordenadas a la cabeza de la escala de la curva standard llevan sobre el ejes de las abscisas los valores de t/r'^2 y sobre el eje de las ordenadas las depresiones D_{hp} correspondientes obtenidos por las pruebas de bombeo. De esta manera se obtiene una curva experimental que representa un tramo de aquella standard, a la cual puede ser sobrepuesta.

De la sobre posición de dos diagramas eligiendo un punto cualquiera del trazado (por comodidad se usa $W(u)=1 - 1/u=10$) sobre el cual lee los valores t/r'^2 y D_{hp} .

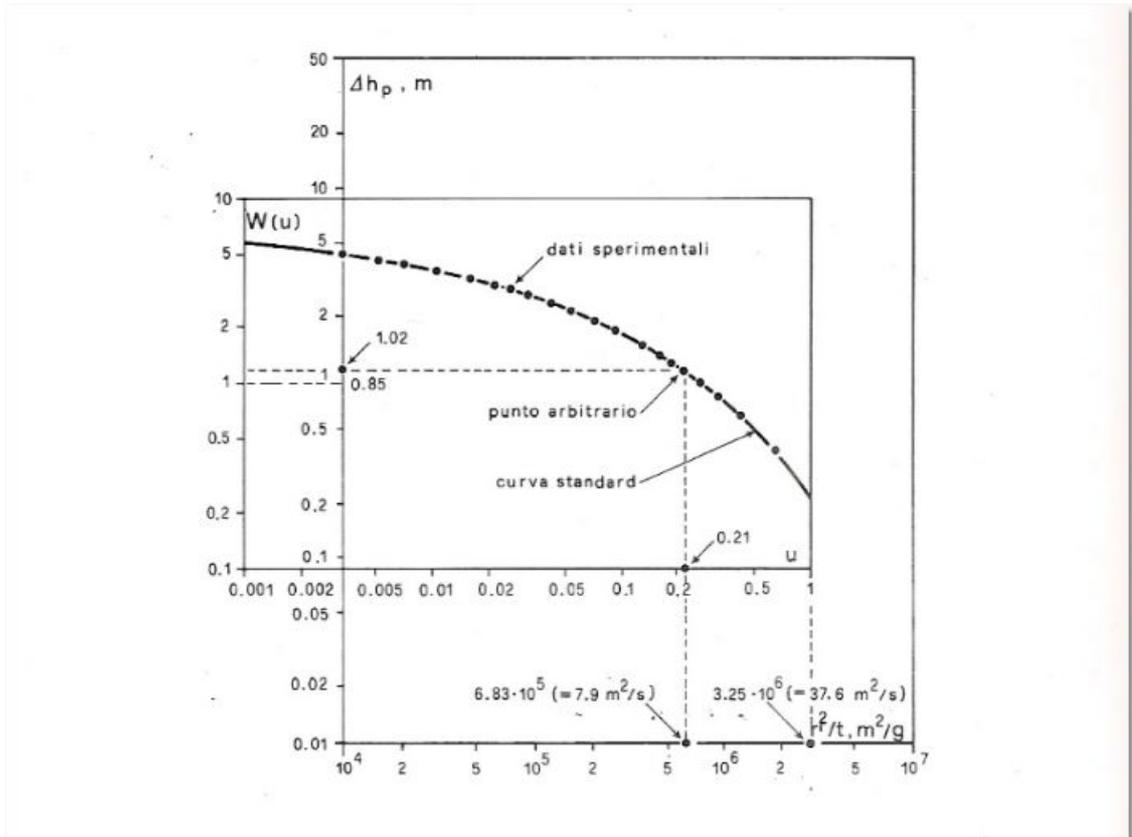


Figura 19 – Sobre posición de datos experimentales sobre la curva Standard de Theis.

Los valores obtenidos de esta manera serán introducidos en las fórmulas para el cálculo de las Transmisividad (T) y del coeficiente de almacenamiento (S):

$$T = \frac{Q}{4\pi \Delta h_p} W(u) \text{ (m}^2/\text{s)}$$

$$S = \frac{4 T u}{r'^2 / t}$$

Estas fórmulas son válidas cuando se trabaja en acuíferos sin límites confinados.

2.4.5 Elaboración con Hantush

En n. freáticos semi artesianos se utiliza un método de sobre posición gráfico similar a aquel de Theis, propuesto por *Hantush* en el 1956.

En un diagrama logarítmico (figura 20) se representa el $\log W(u, r'/B)$ en función del $\log 1/u$ se obtienen distintas curvas para diferentes valores de la relación r'/B (cuando $r'/B = 0$ si obtiene la curva standard de los acuíferos confinados).

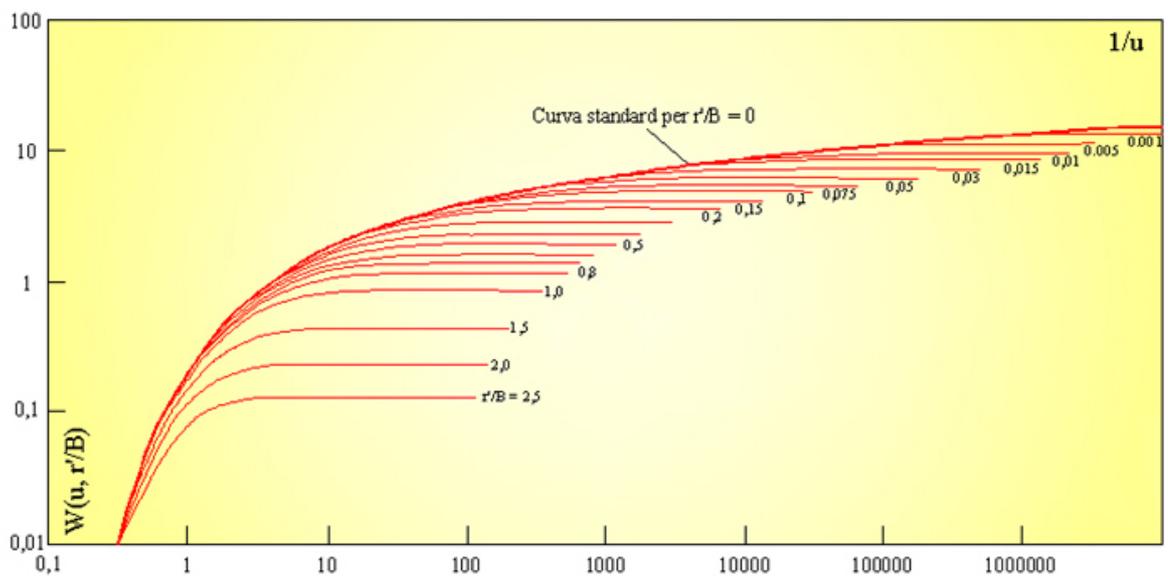


Figura 20 – Curve standard para acuíferos semi artesianos

Como para el caso de los acuíferos artesianos, se construye otro gráfico logarítmico sobre los cuales son llevados sobre el eje de las ordenadas y sobre el eje de las abscisas, los datos experimentales de D_{hp} y t , que luego son sobre puestos.

De esta manera con respecto a un punto arbitrario ubicado en la curva sobrepuesta, se obtiene las copias de los valores $W(u, r'/B)$ - D_{hp} y $1/u$ - t , para introducir en las fórmulas para el cálculo de la Transmisividad (T) y del coeficiente de almacenamiento (S):

$$T = \frac{Q}{4\pi \Delta h_p} W(u, r'/B) \text{ (m}^2/\text{s)}$$

$$S = \frac{4 T t}{(1/u)r'^2}$$

3 Datos generales

La fase fundamental para la creación de un proyecto es la emisión de datos de input. El menú **Datos generales** permite definir el área de trabajo solicitando los datos del pozo, del acuífero, de la estratigrafía, y de los piezómetros.

Para cada proyecto viene establecido el tipo de pozo (*completo o incompleto*) y el tipo de acuífero. Según los siguientes casos de trabajo:

- ▲ Pozo completo en nivel freático libre;
- ▲ Pozo completo en nivel freático semi libre;
- ▲ Pozo completo en nivel freático semi artesiano;
- ▲ Pozo completo en nivel freático artesiano;
- ▲ Pozo incompleto en n. freático libre;
- ▲ Pozo incompleto en nivel freático semi libre;
- ▲ Pozo incompleto en nivel freático semi artesiano;
- ▲ Pozo incompleto en nivel freático artesiano;

Cada uno de estos tipos de proyecto necesita de una definición de algunos parámetros comunes que son:

- ▲ **PC** = cota del plano campo (msnm);
- ▲ **QTF** = cota inicio pozo (msnm);
- ▲ radio del pozo (en m);
- ▲ **LS** = nivel estático del n. freático (msnm);
- ▲ **SI** = sub estrato impermeable (msnm);

Los demás detalles son expresados en las respectivas secciones.

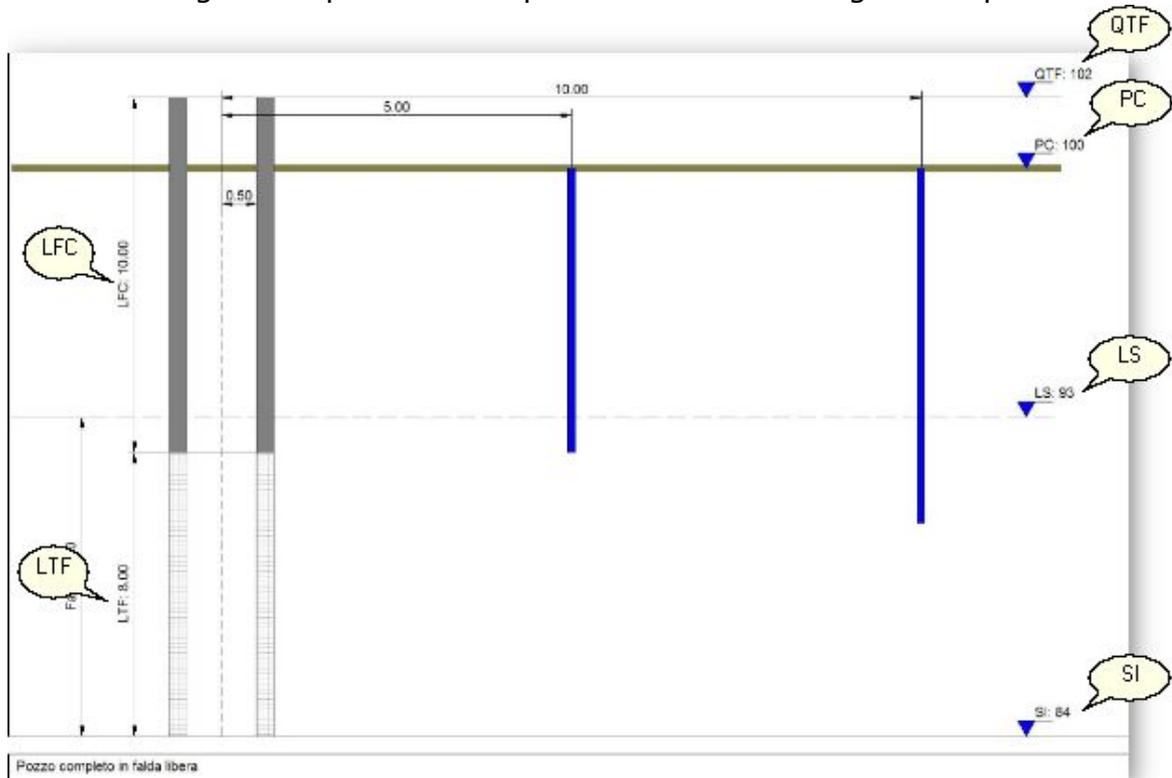
La estratigrafía permite evidenciar las características del terreno que rodean el pozo, como un conjunto de estratos, cada uno de los cuales tiene un espesor, una descripción y un color o una textura que son arrastrados con el mouse del menú a derecha, según el tipo de terreno elegido.

Los piezómetros son individualizados por la latitud, longitud, por la cota del plano campo (en msnm), por la cota del inicio del foro (msnm), por la distancia en metros del pozo y por la profundidad en metros del plano campo.

Una vez asignados los datos relativos al pozo, los mismos pueden ser variados con un doble click sobre las cotas del diseño que asume el área de trabajo.

3.1 Pozo completo n. freático libre

En esta categoría de pozo tienen que ser definidos los siguientes parámetros:

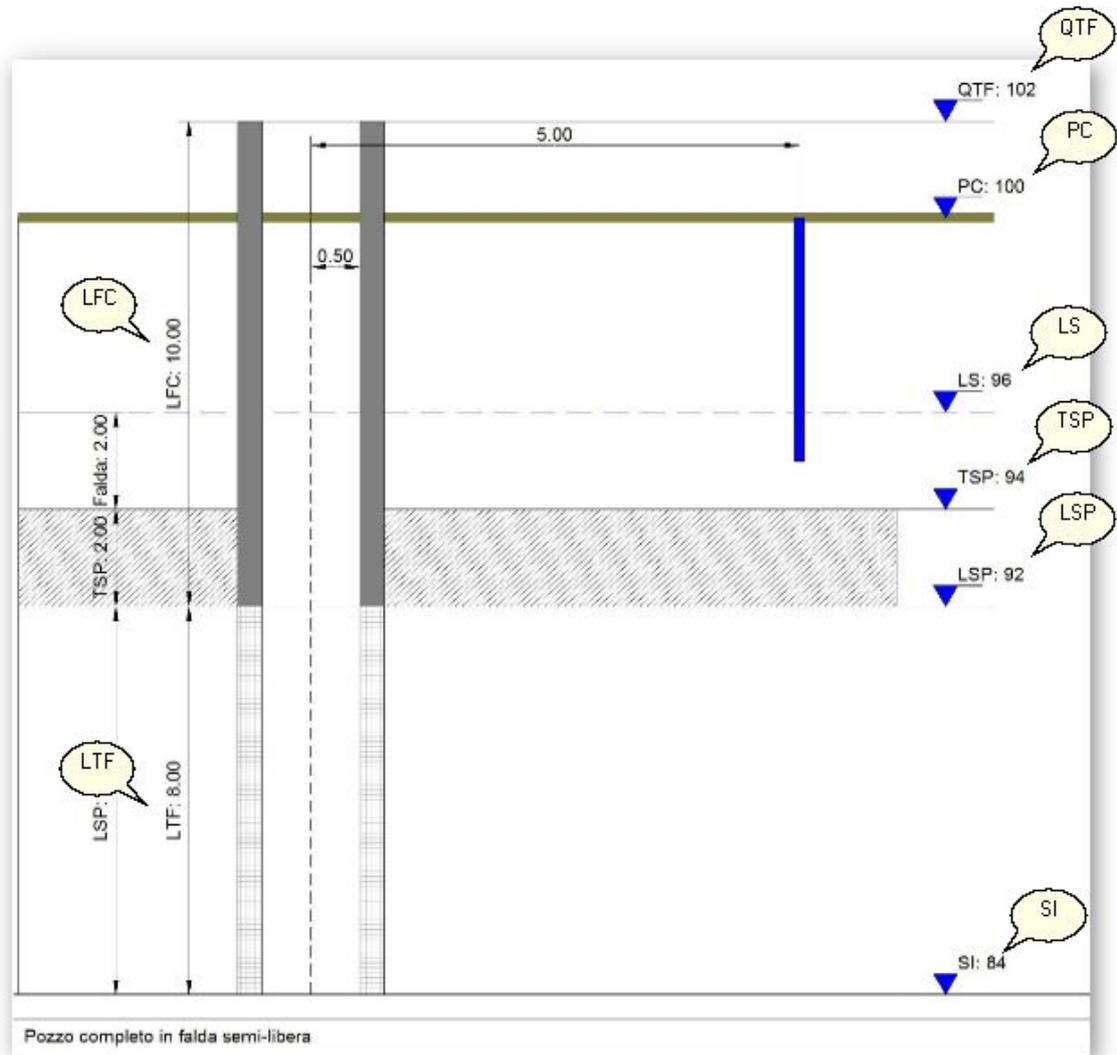


- ▲ **LFC**= largo del orificio entre inicio del pozo y el tubo-filtro (en m)
- ▲ **LTF**= largo del tubo filtro (en m)

3.2 Pozo completo n. freático semiconfinado

Los pozos completos en n. freático semi confinado comprenden ya sea aquellos en n. freático semi libre que aquellos en n. freático artesianos.

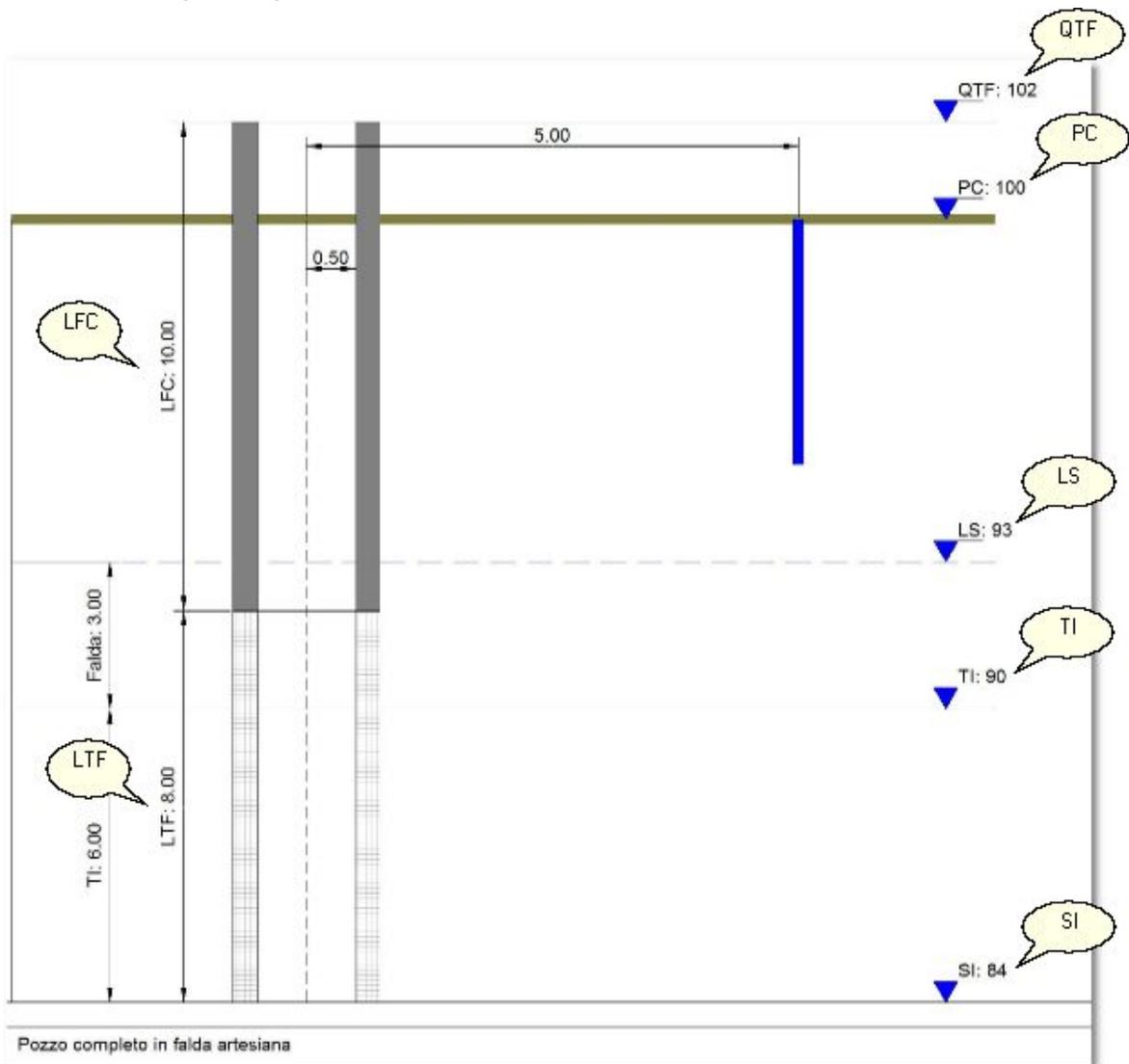
En estos casos los datos a definir son:



- ▲ **LFC**= largo del orificio entre el inicio del pozo y el tubo-filtro (en m);
- ▲ **LTF**= largo del tubo-filtro (en m);
- ▲ **TSP**= Cota superior del estrato impermeable (en m.s.l.m.);
- ▲ **LSP**= Cota base estrato impermeable (en m.s.l.m.).

3.3 Pozo completo n. freático artesiano

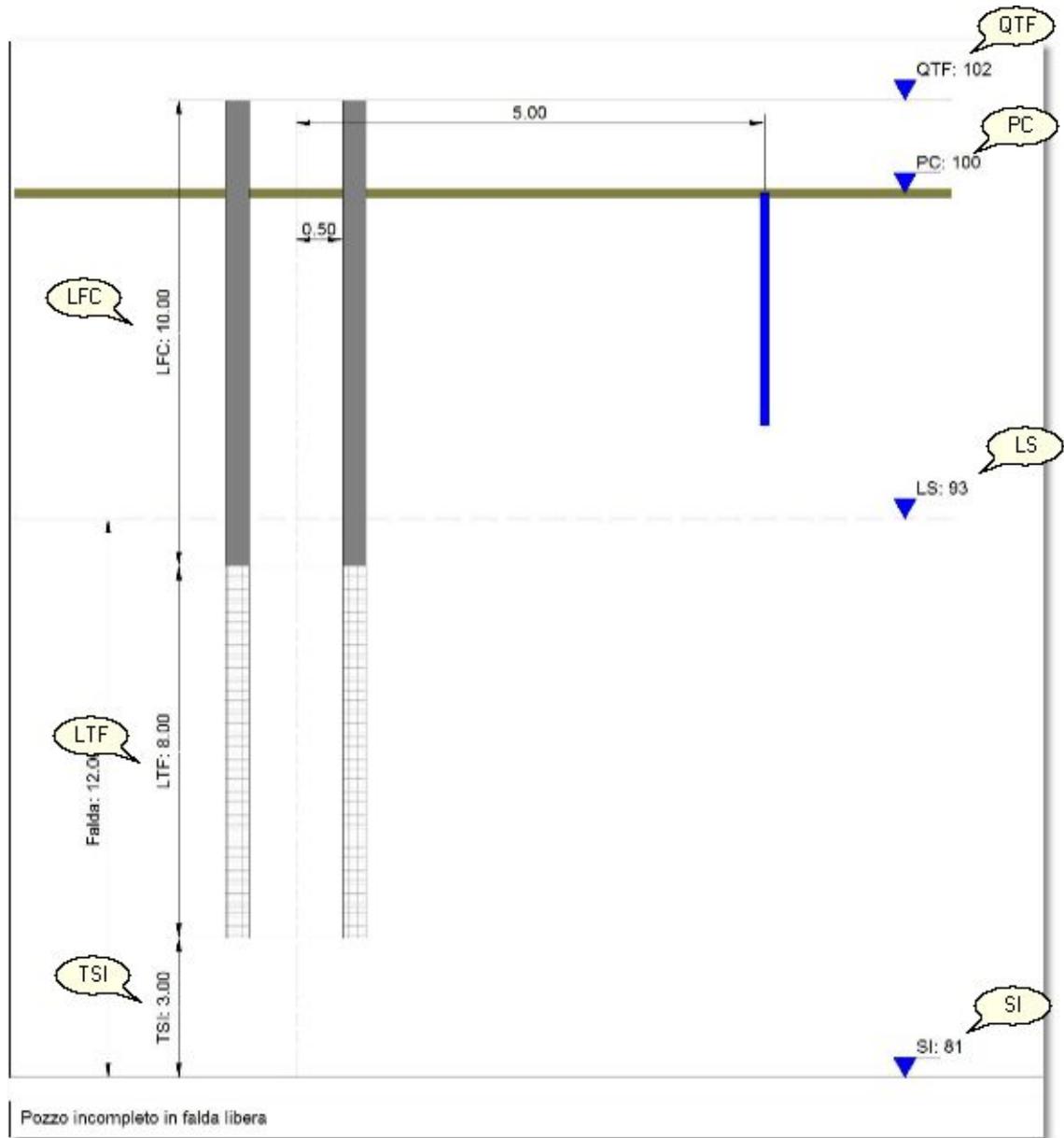
Para este tipo de pozo es necesario definir



- ▲ **LFC**= largo del orificio entre inicio del pozo y el tubo-filtro (en m);
- ▲ **LTF**= largo del tubo-filtro (en m);
- ▲ **TI**= Cota impermeable superior del n. freático (en m.s.l.m.).

3.4 Pozo incompleto n. freático libre

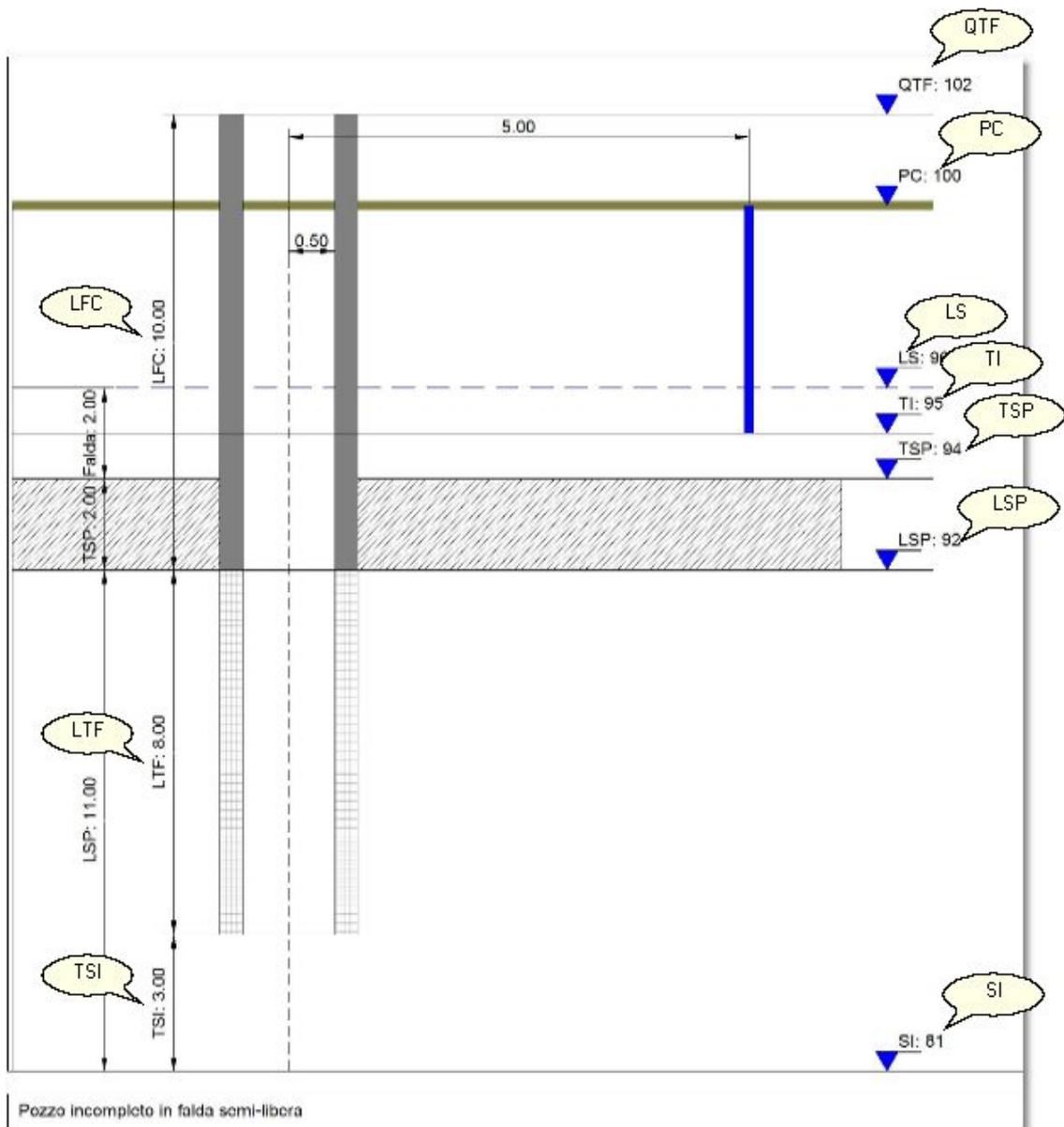
La categoría de pozos incompletos en n. freáticos libres necesitan de los siguientes datos de input:



- ▲ **LFC**= Largo del orificio inicio pozo y tubo-filtro (en m);
- ▲ **LTF**= largo del tubo-filtro (en m);
- ▲ **TSI**= Distancia entre tubo-filtro y sub estrato impermeable (en m).

3.5 Pozo incompleto n. freático semiconfinado

Para pozos incompletos en n. freático semi artesianos y semi libres es necesario asignar:

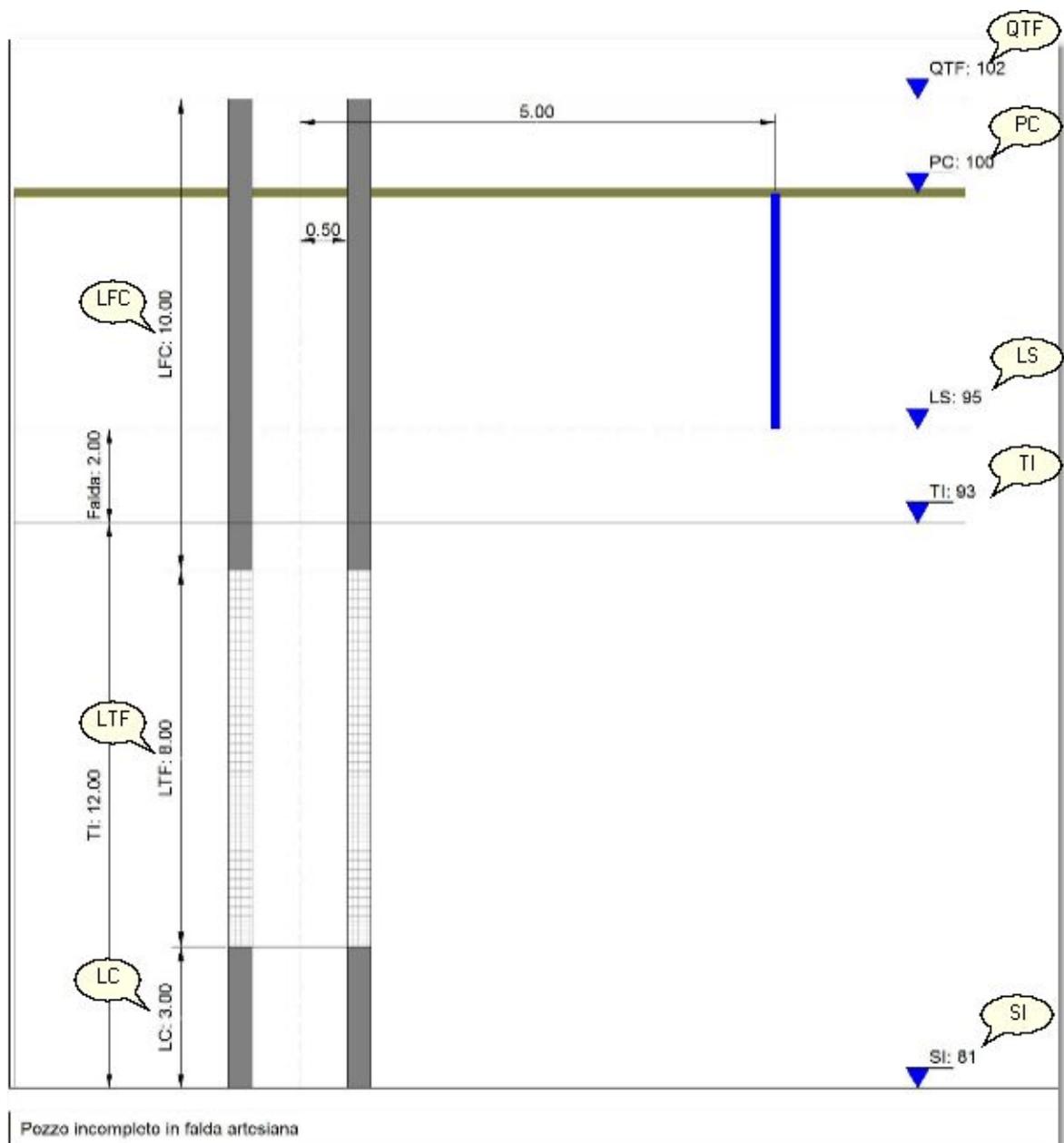


- ▲ **LFC**= largo del orificio entre inicio pozo y tubo-filtro (en m);
- ▲ **LTF**= largo del tubo-filtro (en m);
- ▲ **TSI**= Distancia entre tubo-filtro y sub-estrato impermeable (en m);
- ▲ **TI**= Cota impermeable superior del n. freático (en m.s.l.m.);
- ▲ **TSP**= Cota superior del n. freático semi permeable (en m.s.l.m.);

▲ **LSP**= cota base estrato semipermeable (en m.s.l.m.).

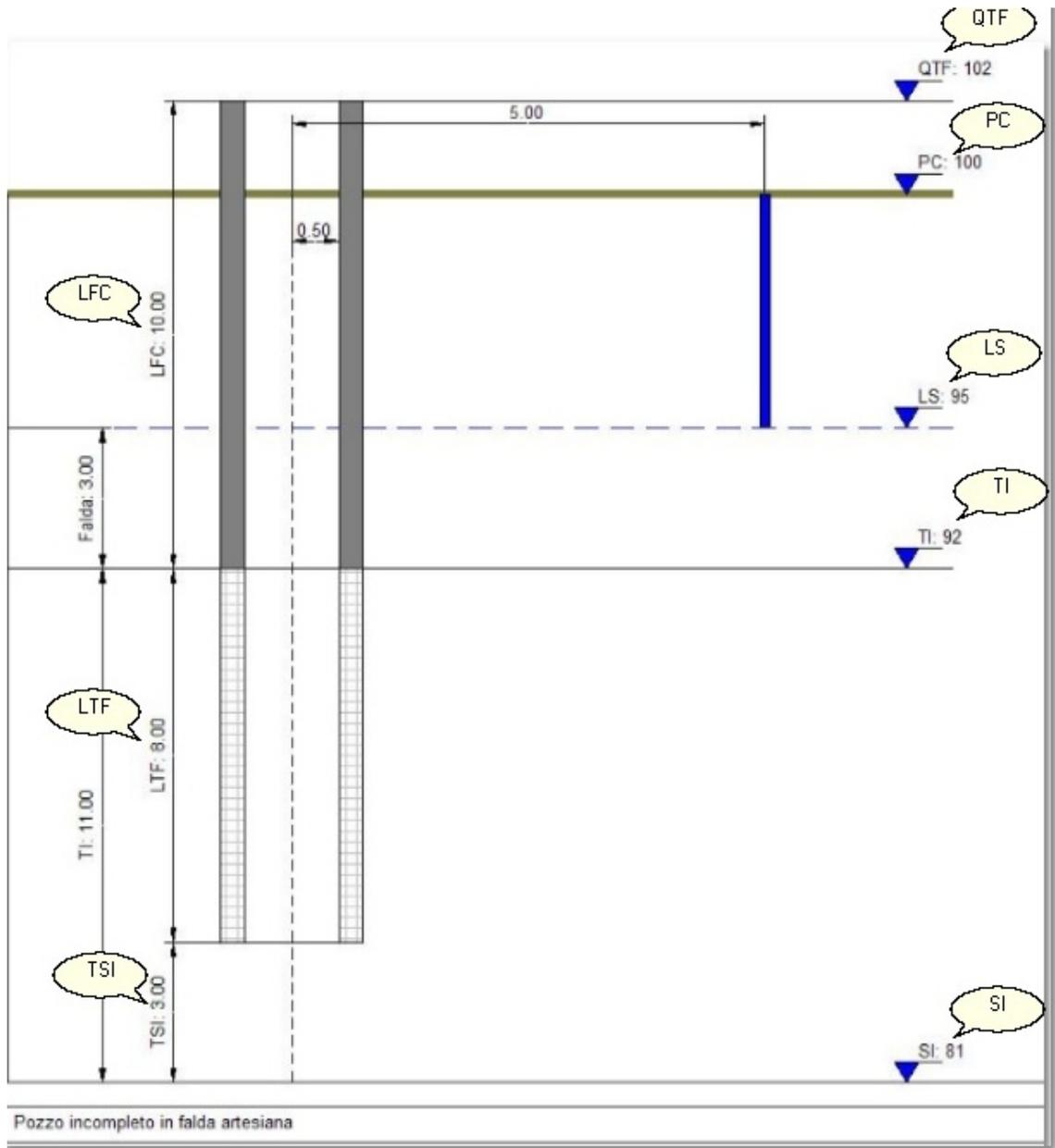
3.6 Pozo incompleto n. freático artesiano

La definición de los **pozos incompletos en n. freático artesiano** tiene que ser realizada siguiendo una de las tres tipologías. Los datos necesarios para ellos son:

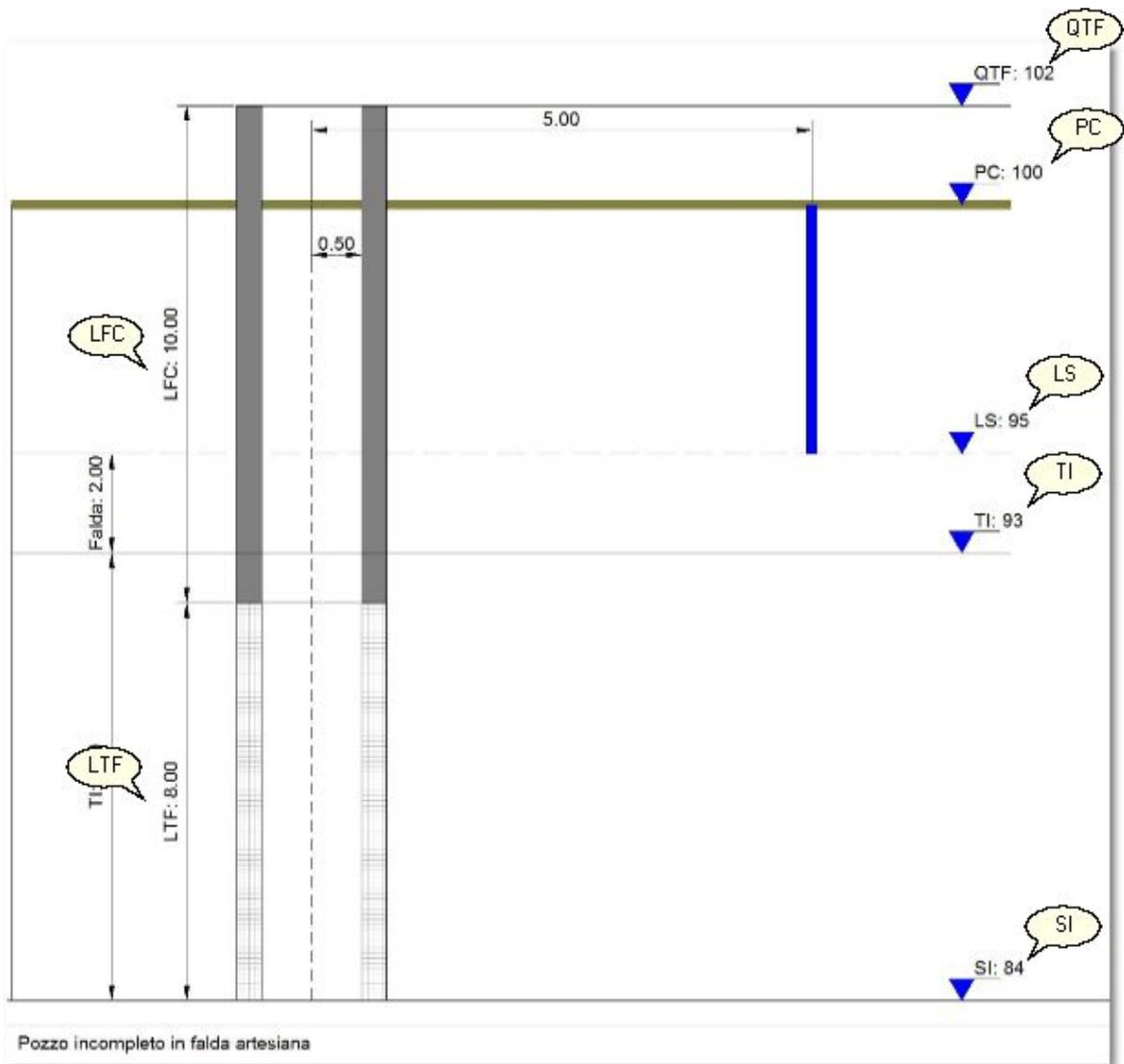


-
- ▲ **LFC**= largo del orificio entre inicio pozo y tubo-filtro (en m);
 - ▲ **LTF**= largo del tubo-filtro (en m);
 - ▲ **LC**= largo del eventual orificio entre tubo-filtro e sub-estrato impermeable (en m);
 - ▲ **TI**= Cota impermeable sup. del n. freático (en m.s.l.m.);

-
- ▲ **LFC**= largo del orificio entre inicio pozo y tubo-filtro (en m);
 - ▲ **LTF**= largo del tubo-filtro (en m);
 - ▲ **LSI**= largo del eventual orificio entre tubo-filtro y sub-estrato impermeable (en m);
 - ▲ **TSI**= distancia entre tubo-filtro y sub-estratos impermeables (en m.);



- ▲ **LFC**= largo del orificio entre inicio pozo y tubo-filtro (en m);
- ▲ **LTF**= largo del tubo-filtro (en m);
- ▲ **TI**= Cota impermeable superior n. freático (en m.s.l.m.);



4 Abatimiento escalonado

El comando Abatimiento escalonado del menú Datos permite asignar los datos que el software tendrá que emplear en las específicas tipologías de cálculo.

Por cada escalón es posible introducir la fecha de la prueba, además serán solicitados datos necesarios como la duración, el caudal (en m^3/h) y el descenso en metros que se registran ya sea en el pozo que en cada grupo de los piezómetros asignados en la ventana Datos generales.

Durante la fase de asignación, los datos serán visualizados en un resumen gráfico mostrando los descensos en función del tiempo por cada escalón.

5 Caudal constante

El comando Caudal Constante abre una ventana de diálogo que contiene los datos para la correspondiente sección de cálculo.

El input consiste en la asignación del caudal (en m^3/h) y en la definición de las fases de descenso y recuperación relativos a la prueba.

Por cada fase se solicita la duración y los descensos registrados en los piezómetros, cuya asignación es establecida en Datos generales.

El software visualiza el tiempo del inicio del bombeo y el tiempo final de bombeo, por cada fase, calculada en segundos.

Para la sola elaboración con Dupuit-Thiem es necesario definir el cono de descensos (descensos en el pozo y en los dos piezómetros del ensayo) en la respectiva sección.

6 Cálculo abatimiento escalonado

Elaboración analítica

Esta elaboración permite determinar:

- ▲ C - coeficiente de pérdida del pozo;
- ▲ B - coeficiente de pérdida de la carga;
- ▲ Eficiencia del pozo;
- ▲ caudal crítico;
- ▲ Caudal óptimo;
- ▲ Descenso crítico;
- ▲ Caudal específico.

Por cada uno de los escalones de caudal asignados en el menú **Abatimiento escalonado** son calculados:

- ▲ Caudal específico;
- ▲ Descenso específico en el pozo y en los piezómetros;
- ▲ El descenso incremental en el pozo y en los piezómetros;
- ▲ La pérdida de carga lineal;
- ▲ La pérdida de carga cuadrática;
- ▲ La pérdida total.

El programa permite visualizar los descensos con respecto al caudal y los descensos específicos con respecto al caudal.

CAUDAL CRÍTICO

El punto del caudal crítico va introducido por el usuario, para ello seleccionar comando **Introducir caudal crítico**, luego ir sobre el área de trabajo en el punto interesado y confirmar con un click (pulsante izquierdo).

Elaboración gráfica

El método gráfico permite determinar los parámetros:

- ▲ T - coeficiente de transmisividad;
- ▲ K - coeficiente de permeabilidad promedio
- ▲ Radio de acción promedio

Estos parámetros pueden ser obtenidos solo luego de haber definido por vía gráfica el radio de acción del pozo por cada escalón.

En el gráfico son visualizados los descensos medidos por un determinado escalón del pozo y en los piezómetros con respecto al logaritmo de la distancia.

Para asignar el radio, seleccionar desde el recuadro **Escalones**, el número del escalón que interesa, ej. n°1,...luego seleccionar el comando **Introducir radio de acción** ubicado a la derecha del recuadro Escalones, luego con el mouse en el área de trabajo y mover las rectas hasta el punto interesado, confirmar con un click (pulsante izq.) y luego pulsar el botón **Calcular**. De esta manera se obtiene el radio de acción del pozo y el **coeficiente C**, relativo al abatimiento escalonado. Tal coeficiente se expresa como un descenso sobre la recta. La grilla asume un **coeficiente C**, la permeabilidad **K**, el coeficiente de transmisividad **T** y el radio de acción por cada escalón.

Elaboración en pozo de control

La elaboración en pozos de control se realiza para calcular:

- ▲ T - coeficiente de transmisividad;
- ▲ K - coeficiente de permeabilidad;

Se considera como una metodología de cálculo pozos completos e incompletos (n. freático artesiano) y para pozos incompletos en n. freático artesiano permite la elección de distintas metodologías de cálculo.

El parámetro en el cual se basa la elaboración es el supuesto radio de acción del pozo que va asignado en metros.

Elaboración en pozos de observación

Este tipo de elaboración según la teoría de Dupuit-Thiem y de Jacob teniendo en cuenta que la primera se aplica solo en los niveles freáticos. En ambos métodos se determinan:

- ▲ T - coeficiente de transmisividad promedio;
- ▲ K - coeficiente de permeabilidad promedio;

Y cuando es aplicado el método de Jacob se obtiene también

- ▲ S - coeficiente de almacenamiento promedio.

La elaboración con Dupuit-Thiem asume también los datos sobre el coeficiente de permeabilidad y sobre la transmisividad para cada escalón; con Jacob se obtiene por cada escalón el coeficiente C (mayor descenso específico sobre una década), t_0 , transmisividad, coeficiente de almacenamiento, T_v (tiempo mínimo para la eficiencia de la prueba). El gráfico muestra, por cada descenso específico obtenido por los escalones con respecto al logaritmo de los tiempos y la recta de interpolación de los datos. De esto se obtiene fácilmente ya sea el coeficiente C y el valor t_0 intercepta la recta con eje a las ordenadas.

7 Cálculo caudal constante

Dupuit-Thiem (n. freático libre y artesianos)

Esta metodología de elaboración permite de obtener los parámetros:

- ▲ T - coeficiente de transmisividad;
- ▲ K - coeficiente de permeabilidad;
- ▲ Radio de acción.

Jacob (n. freático artesianos)

La elaboración es aplicada a las fases de descenso y de recuperación definidas en la sección caudal constante. Por cada piezómetro de la prueba, en las dos fases de descenso, de recuperación, son presentes en los gráficos los descensos específicos por cada fase en función de los tiempos. Por los datos experimentales se obtiene la recta de progresión gracias a la cual es posible determinar el coeficiente **C** y el parámetro **to**.

Con respecto a la fase de descenso son determinados, en cada piezómetro los parámetros:

- ▲ C - mayor descenso específico en una década;
- ▲ t_0 - intercepta la recta con el eje de las abscisas;
- ▲ Radio de acción;
- ▲ T - transmisividad;
- ▲ S - coeficiente de almacenamiento;
- ▲ T_v - tiempo mínimo necesario para la validez de la prueba.

A partir de estos valores se determinan:

- ▲ T - transmisividad promedio;
- ▲ K - coeficiente de permeabilidad promedio;
- ▲ S - coeficiente de almacenamiento promedio.
- ▲ Radio de acción por cada fase.

Para la fase de recuperación se determinan por cada piezómetro, los valores de:

- ▲ C - mayor descenso específico en una década;;
- ▲ T - transmisividad;

Con los cuales se establecen:

- ▲ T - transmisividad promedio;
- ▲ K - coeficiente de permeabilidad promedio;

Theis (n. freático artesiano)

Con este tipo de elaboración hay la exigencia de efectuar el fitting entre la curva standard de **Theis** y los datos experimentales sobre los abatimientos escalonados.

El gráfico representa la curva de **Theis** diagrama da ya sea con respecto al parámetro **u** (curva azul) que con respecto a $1/u$ (curva negra). Para facilitar la fase de fitting se puede utilizar la opción de excluir el trazado negro y/o esconder el gráfico. Junto a la curva standard de **Theis** son representados, en un área específica, los descensos obtenidos con el piezómetro por cada escalón en función de t/r^2 . Por cada piezómetro es necesario llevar el área que contiene los datos de los descensos hasta que no se individualiza que el andar sigue aquel de curva standard de **Theis**. Una vez elegida la posición

basta con ejecutar el comando sobre la barra los datos obtenidos por el matching de las curvas que son:

- ▲ Depresión;
- ▲ r^2/t ;
- ▲ T - transmisividad;
- ▲ S - coeficiente de almacenamiento;

Concluido el setup preliminar es posible determinar:

- ▲ T - transmisividad promedio;
- ▲ K - coeficiente de permeabilidad promedio;
- ▲ S - coeficiente de almacenamiento promedio.
- ▲ Radio de acción por cada fase.

Hantush (n. freático semi confinado)

La metodología por aplicar para el cálculo con este tipo de elaboración es parecida a la de Theis es decir se basa sobre el fitting de datos experimentales con aquellos de una de las curvas standard. Inicialmente son disponibles en el gráfico todas las curvas para que pueda ser fácil determinar cual valor de r/B puede garantizar un fitting mejor. Por cada piezómetro se elige el valor de r/B a través del menú a cascada adaptada con el mouse el área que representa los descensos en el piezómetro por los distintos abatimientos escalonados en modo que los valores diseñados tengan un andar similar a aquel de la curva de soporte. Seleccionando el comando sobre la barra es ejecutado el matching con los cuales se calculan los parámetros:

- ▲ Depresión;
- ▲ t ;
- ▲ T - transmisividad;
- ▲ S - coeficiente de almacenamiento;

Concluido el matching es posible determinar:

- ▲ T - transmisividad promedio;
- ▲ K - coeficiente de permeabilidad promedio;
- ▲ S - coeficiente de almacenamiento promedio.
- ▲ Radio de acción por cada fase.

8 Exportación

El menú **Exportación** permite importar los archivos en los siguientes formatos:

- ▲ **Rtf**, exporta la elaboración del proyecto en formato rtf;
- ▲ **Dxf**, exporta el gráfico visualizado en formato dxf;
- ▲ **Bmp**, exporta el gráfico seleccionado como imagen bmp;
- ▲ **Preview**, otorga una vista preliminar de impresión del diseño visualizado.

9 Bibliografía

- De Glee**, G. J. 1930. Over grondwaterstromingen bij wateronttrekking door middel van putten. J. Waltman Jr., Delft.
- Dupuit**, Jules. 1863. Etudes théoriques et pratiques sur la mouvement des eaux dans les canaux découverts et à travers les terrains perméables, 2nd ed. Dunod, Paris.
- Hantush**, M. S. 1956. Analysis of data from pumping tests in leaky aquifers. Trans. Am. Geophys. Union v. 37 (6).
- Jacob**, C. E. 1940. On the flow of water in an elastic artesian aquifer. Trans. Am. Geophys. Union pt. 2.
- Jacob**, C. E. 1946a. Radial flow in a leaky artesian aquifer. Trans. Am. Geophys. Union v. 27 (2) . **Jacob**, C. E. 1946b. Drawdown test to determine effective radius of artesian well. Proc. Am. Soc. Civil Engrs. v. 72 (5).
- Jacob**, C. E. 1950. Flow of ground water, chap. 5. In Engineering Hydraulics, John Wiley & Sons, New York.
- Kozeny**, J. 1933. Theorie und Berechnung der Brunnen. Wasserkraft und Wasserwirtschaft v. 28.
- Muskat**, Morris. 1937. The flow of homogeneous fluids through porous media. McGraw-Hill Book Co., New York. **Muskat**, Morris. 1946. The flow of homogeneous fluids through porous media. J. W. Edwards, Inc., Ann Arbor, Mich.
- Rorabaugh**, M. I. 1953. Graphical and theoretical analysis of step drawdown test of artesian well. Proc. Am. Soc. Civil Engrs. v. 79, Separate No. 362.

- Thiem, W.C., 1962. Selected Analytical Methods for Well and Aquifer Evaluation. Illinois State Survey. Bull. 49, Urbana, 81.
- Walton, W. C., and Sandor Csallany. 1962. Yields of deep sandstone wells in northern Illinois. Illinois State Water Survey Rept. of Invest. 43.
- Walton, W. C., and W. J. Drescher. 1952. Composite type curve for analyzing ground-water pumping test data. U.S. Geol. Survey Ground Water Note, Hydraulics Section, No. 2.
- Wenzel, L. K. 1936. The Thiem method for determining permeability of water-bearing materials and its application to the determination of specific yield, results of investigations in the Platte River Valley, Nebraska. U.S. Geol. Survey Water Supply Paper 679-A.

10 Geoapp

Geoapp: la suite más grande de la web para cálculos en línea

Las aplicaciones que componen Geostru Geoapp han sido diseñadas para brindar soporte profesional en la solución de múltiples casos técnicos. Geoapp comprende más de 40 aplicaciones para: Ingeniería, Geología, Geofísica, Hidrología e Hidráulica.

La mayoría de las aplicaciones son gratuitas, mientras algunas requieren suscripción mensual o anual.

Suscribirse en Geoapp significa:

- usar aplicaciones profesionales en cualquier momento, lugar y dispositivo;
- guardar los archivos en la nube y en el propio PC;
- abrir los archivos para elaboraciones sucesivas;
- servicios de impresión de los informes y las elaboraciones gráficas;
- información sobre nuevas aplicaciones e inclusiones automáticas en la propia cuenta de usuario;
- disponibilidad de versiones siempre actualizadas;
- servicios de asistencia técnica por medio de Tickets.

10.1 Sección Geoapp

General e Ingeniería, Geotecnia y Geología

Entre las aplicaciones presentes, se puede utilizar una amplia gama para Loadcap. Para este propósito, se recomiendan las siguientes aplicaciones:

- Pozos
- Pozos de drenaje
- Curva característica
- Prueba GILG-GAVARD
- Prueba HAEFELI

11 Contacto

GeoStru Software

Skype Nick: [geostru_support_it-eng-spa](#)

Web: www.geostru.com

E-mail: geostru@geostru.com