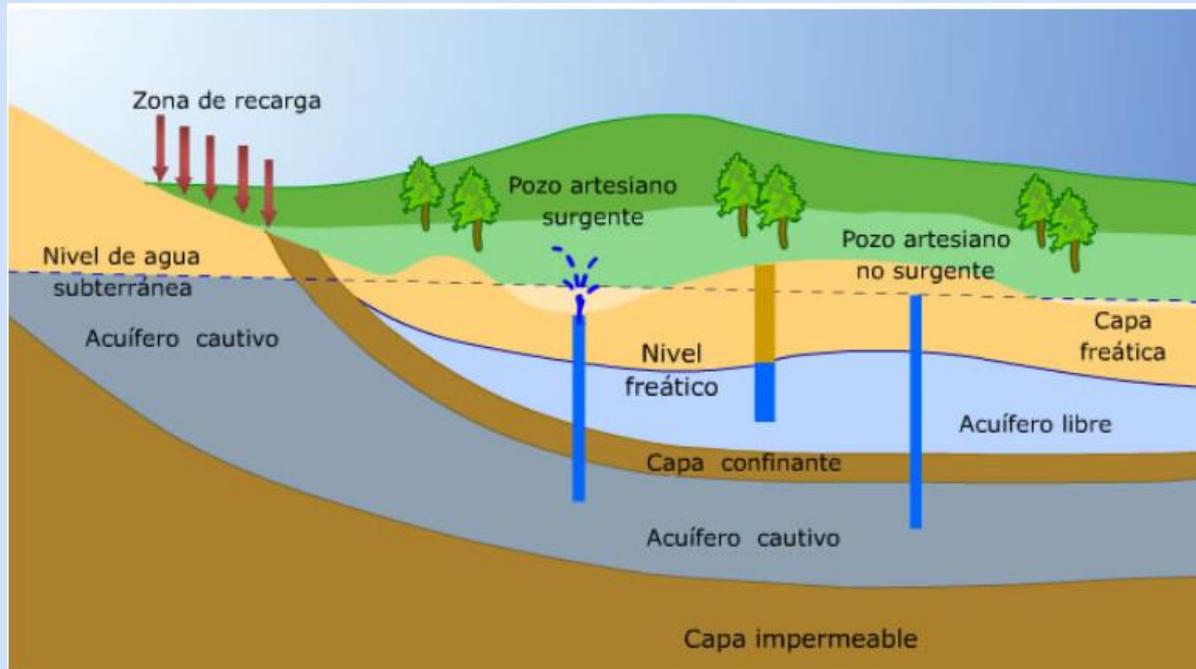


## CLASE 7. ACUÍFERO LIBRE Y SEMICONFINADO-PRÁCTICA



Edición 2024

Agustín Menta

Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA)  
Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay

[amenta@fing.edu.uy](mailto:amenta@fing.edu.uy)

# ACUÍFERO LIBRE Y SEMICONFINADO

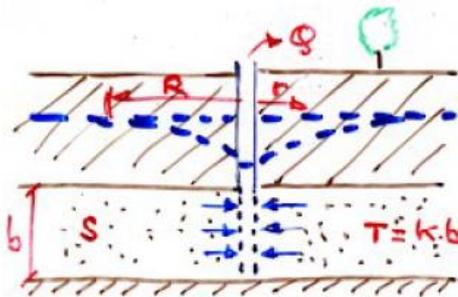
## Objetivos

- ❖ Repaso Conceptos Preliminares
- ❖ Hidráulica de captaciones de Acuífero Libre y Semiconfinado en régimen estacionario y transitorio

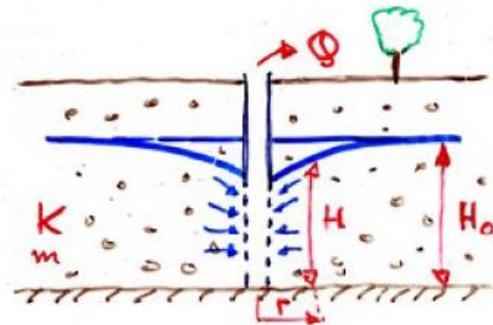
# ACUÍFERO LIBRE Y SEMICONFINADO

## Conceptos Preliminares

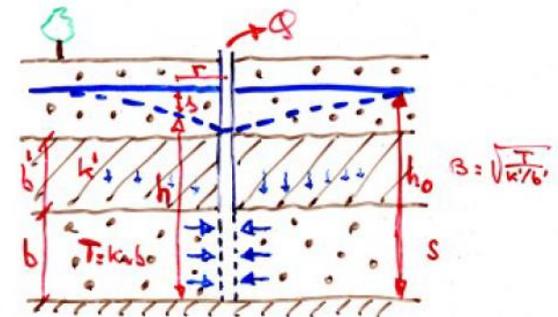
**Acuífero Libre:** Aquel en que el límite superior de saturación está a la presión atmosférica (superficie piezométrica)



ACUÍFERO CONFINADO



ACUÍFERO LIBRE



ACUÍFERO SEMICONFINADO

# ACUÍFERO LIBRE Y SEMICONFINADO

## Conceptos Preliminares

### Coefficiente de Almacenamiento

Es el volumen de agua cedida o tomada del almacenamiento del acuífero por unidad de área superficial cuando se produce un cambio unitario de carga hidráulica.

En los acuíferos cautivos el coef. de almacenamiento ( $S$ ), es el resultado de dos efectos elásticos:

- ✓ La compresión del material granular de la formación-  $\alpha$
- ✓ La expansión del agua contenida en el material granular  $-m\beta$

En un **acuífero libre**,  $S_y \gg S$  porque drenan los poros, mientras que la liberación desde el **acuífero cautivo** solo es debido a efectos secundarios por cambios de presión

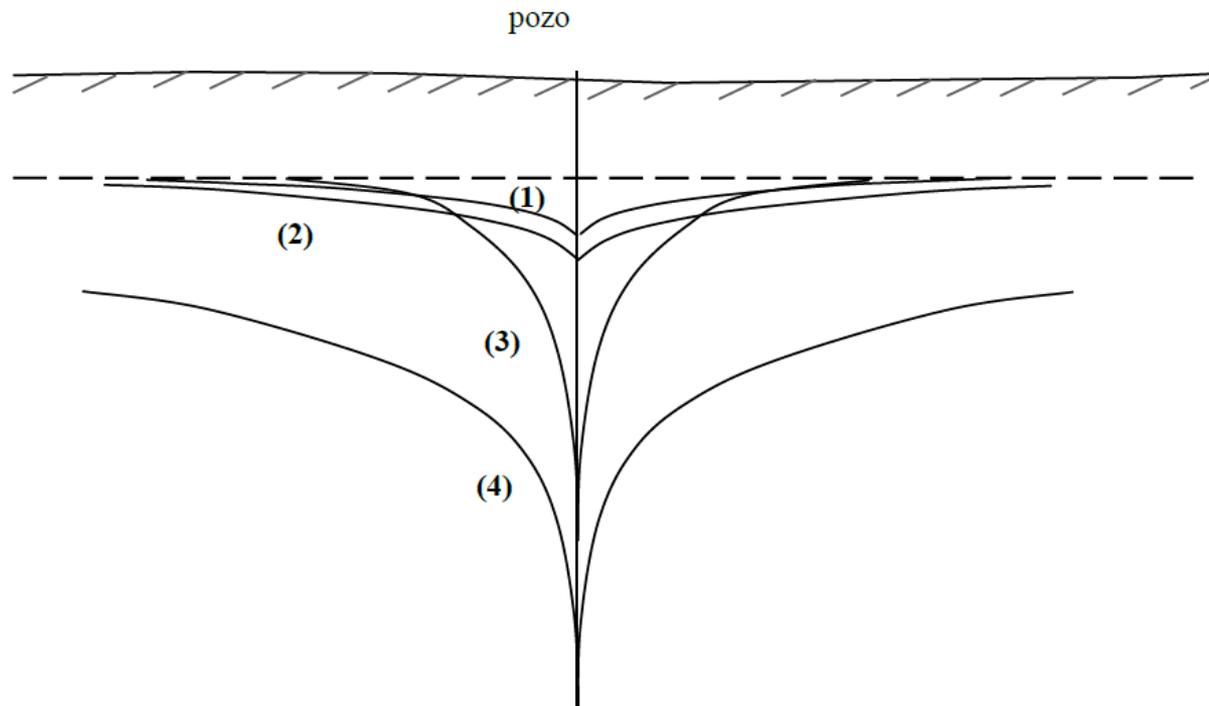
$$S_y \cong S_{\text{elástico}} + m_e \cong m_e$$

$$S_{\text{libre}} \cong 0.01 \text{ a } 0.35$$

$$S_{\text{cautivo}} \cong 0.00001 \text{ a } 0.001$$

# ACUÍFERO LIBRE Y SEMICONFINADO

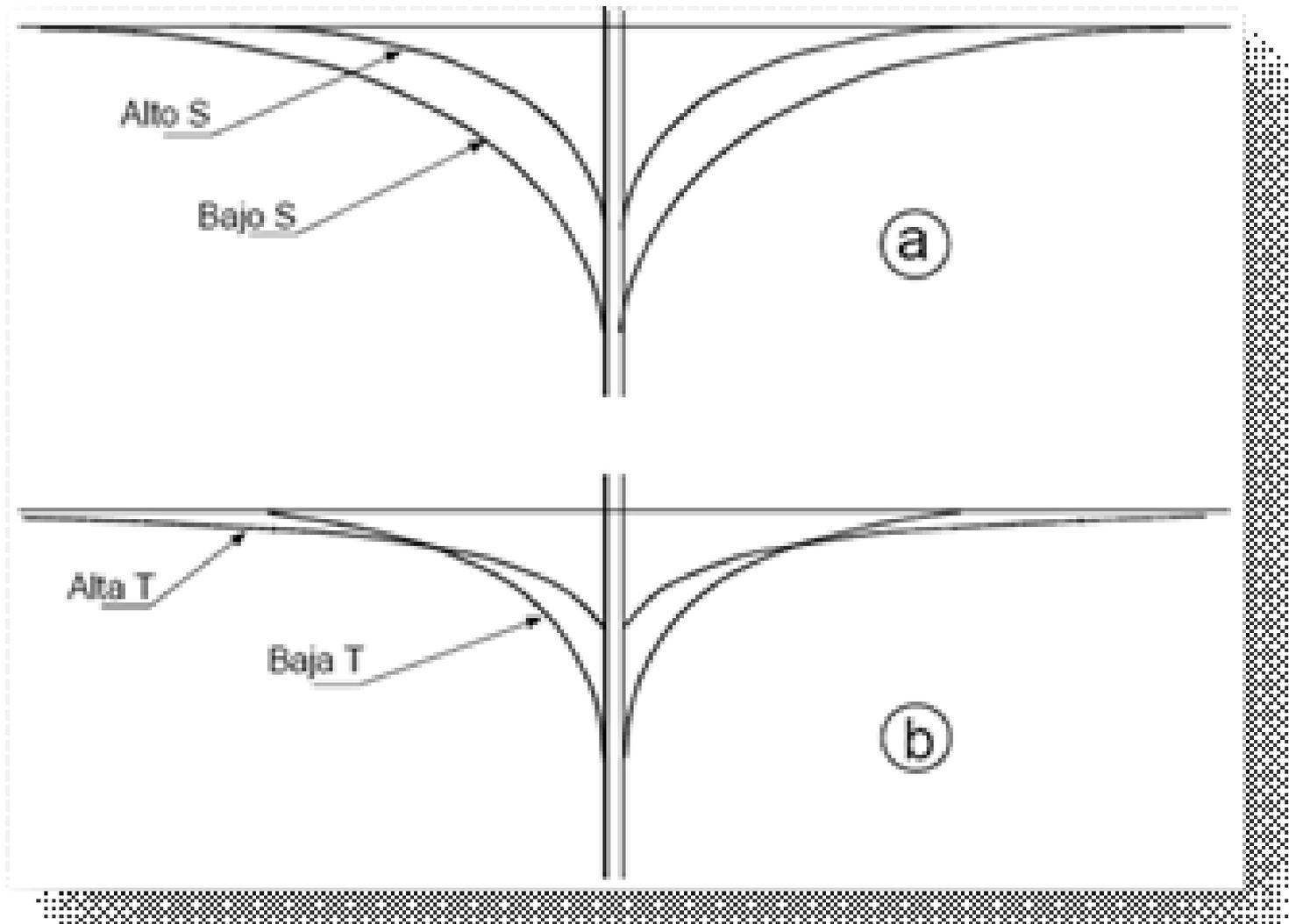
## Conceptos Preliminares



	Q (l/s)	t (día)	T (m <sup>2</sup> /día)	S	R (m)
(1)	10	10	3000	0,2	580
(2)	10	10	3000	$2 \cdot 10^{-4}$	18.371
(3)	10	10	300	0,2	183
(4)	10	10	300	$2 \cdot 10^{-4}$	5.809

# ACUÍFERO LIBRE Y SEMICONFINADO

## Conceptos Preliminares



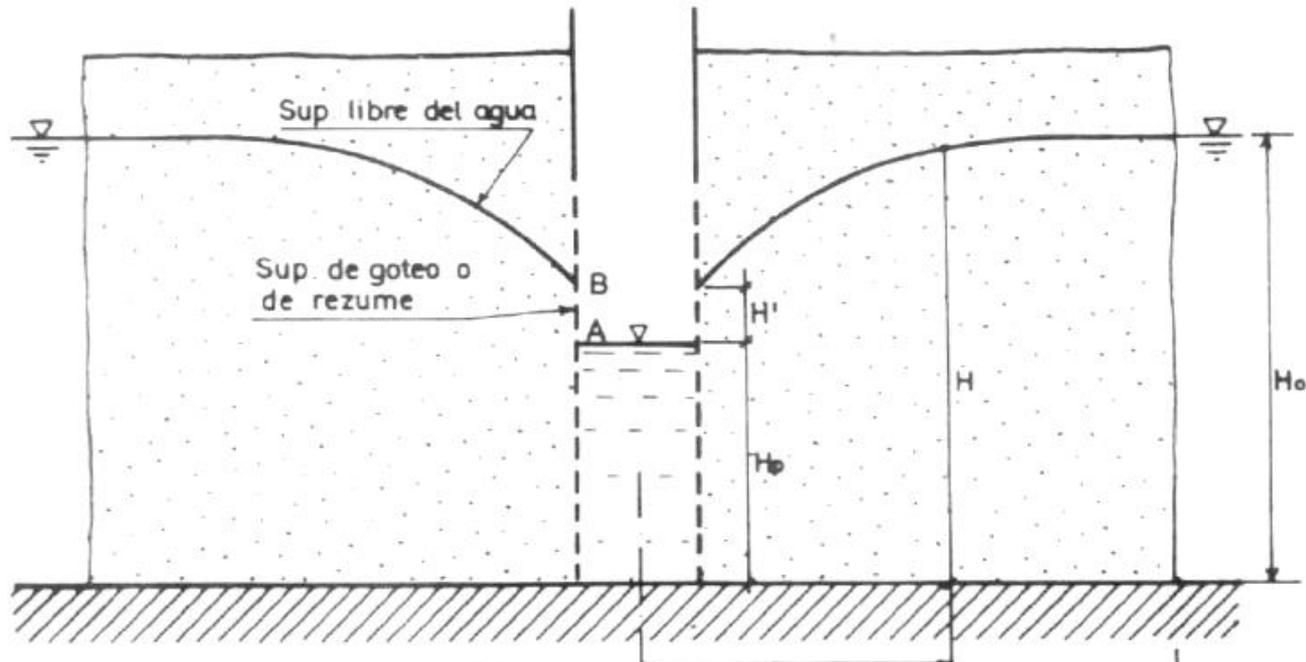
# ACUÍFERO LIBRE Y SEMICONFINADO

## Conceptos Preliminares

TIPO DE ACUÍFERO	RÉGIMEN	FORMULACIÓN
Cautivo	estacionario	Thiem
	transitorio	Theis
		aproximación de Jacob
Semiconfinado	estacionario	De Glee o Jacob-Hantush
	transitorio	Hantush
Libre sin recarga	estacionario	Dupuit
		aproximación a Thiem
		corrección de Jacob
	transitorio	fórmulas varias
		aproximaciones para s chicos
Libre recargado uniformemente	estacionario	fórmula y aproximación para s chicos

# ACUÍFERO LIBRE Y SEMICONFINADO

## Acuífero Libre en régimen estacionario



Se cumple que: 
$$Q = 2\pi r H k \frac{dH}{dr}$$

Como en  $r=R$   $H=H_0$  si estoy en una isla circular como en la figura, su resolución conduce a :

$$H_0^2 - H^2 = \frac{Q}{\pi k} \ln\left(\frac{R}{r}\right)$$

fórmula de **Dupuit**.

# ACUÍFERO LIBRE Y SEMICONFINADO

## Acuífero Libre en régimen estacionario

### Aproximación a Thiem, se induce un error

Si los descensos provocados son pequeños respecto al espesor saturado:

$$H_0^2 - H^2 = (H_0 + H)(H_0 - H) \approx 2H_0s$$

Entonces  $s = \frac{Q}{2\pi T_0} \ln\left(\frac{R}{r}\right)$  que es la fórmula de Thiem, con  $T_0$  la T inicial.

### Corrección de Jacob, no se induce error

$$H_0^2 - H^2 = (H_0 - H)(H_0 + H) = (H_0 - H)(2H_0 - (H_0 - H)) = s(2H_0 - s)$$

$$\frac{H_0^2 - H^2}{2H_0} = s - \frac{s^2}{2H_0} = s_c$$

$s_c$  es el descenso corregido

Con esta corrección la fórmula de Dupuit se puede escribir como:

$$s_c = \frac{Q}{2\pi T_0} \ln\left(\frac{R}{r}\right)$$

# ACUÍFERO LIBRE Y SEMICONFINADO

## Acuífero Libre en régimen estacionario

Se realiza una perforación en medio sedimentario, con la siguiente litología:

- 0-1m: Suelo
- 1-50m: Arenas
- 50-55m: Arcillas

Una vez finalizada la obra de ingeniería, se realiza un ensayo de bombeo a caudal constante de  $108 \text{ m}^3/\text{h}$ . El potencial hidráulico en el acuífero, medido antes del bombeo, fue de 40m. En dos piezómetros, ubicado a 1m y 20m del pozo, el descenso medido en la estabilización fue de 12.6m y 4m respectivamente. En el punto de bombeo fue de 19.5m el descenso.

Determinar:

- a) La conductividad hidráulica del acuífero y su transmisividad, máxima y mínima.
- b) Los descensos en dos puntos, situados a 50m y 200m del punto de bombeo respectivamente.
- c) Determine gráficamente el radio de influencia

# ACUÍFERO LIBRE Y SEMICONFINADO

## Acuífero Libre en régimen estacionario

a) Dupuit:  $H_o^2 - H^2 = \frac{Q}{\pi k} \ln\left(\frac{R}{r}\right)$

$$H_o^2 - H^2 = \frac{Q}{\pi k} \ln(R) - \frac{Q}{\pi k} \ln(r)$$

Es de la forma,  $y=mx+n$

mrecta=424

$$m \log(x) = \frac{Q}{\pi k} 2.3 \log(x)$$



$$k = \frac{2.3Q}{\pi m} = 0.19 \text{ m/h}$$

$$K = 4.5 \text{ m/d}$$

$$R = e^{\left(\frac{849 * \pi * k}{Q}\right)}$$

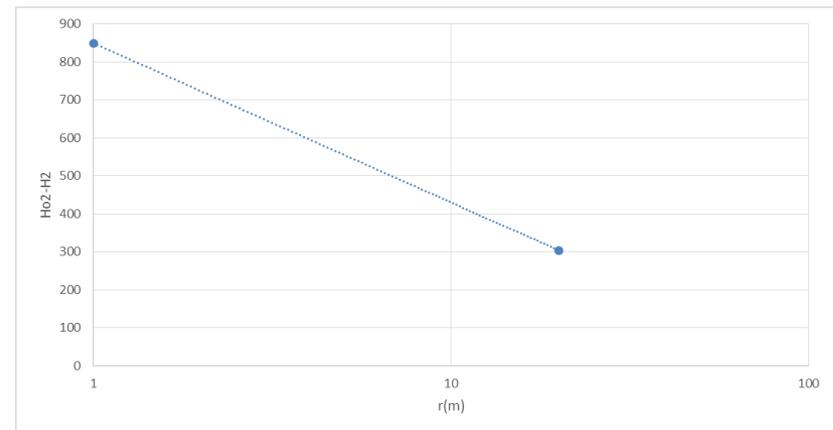
$$R = 100.15 \text{ m}$$

Transmisividad máxima y mínima?

Con  $H=H_o$  y  $H=H_o-s_{\text{pozo}}$ ,  $T_{\text{max}}=179 \text{ m}^2/\text{d}$ ,  $T_{\text{min}}=92 \text{ m}^2/\text{d}$

b) Sustituyendo en Dupuit,  $s = H_o - \sqrt{H_o^2 - \frac{Q}{\pi k} \ln\left(\frac{R}{r}\right)}$

Dist(m)	s(m)	Ho(m)	H(m)	Ho <sup>2</sup> -H <sup>2</sup>
1	12.6	40	27.4	849
20	4	40	36	304



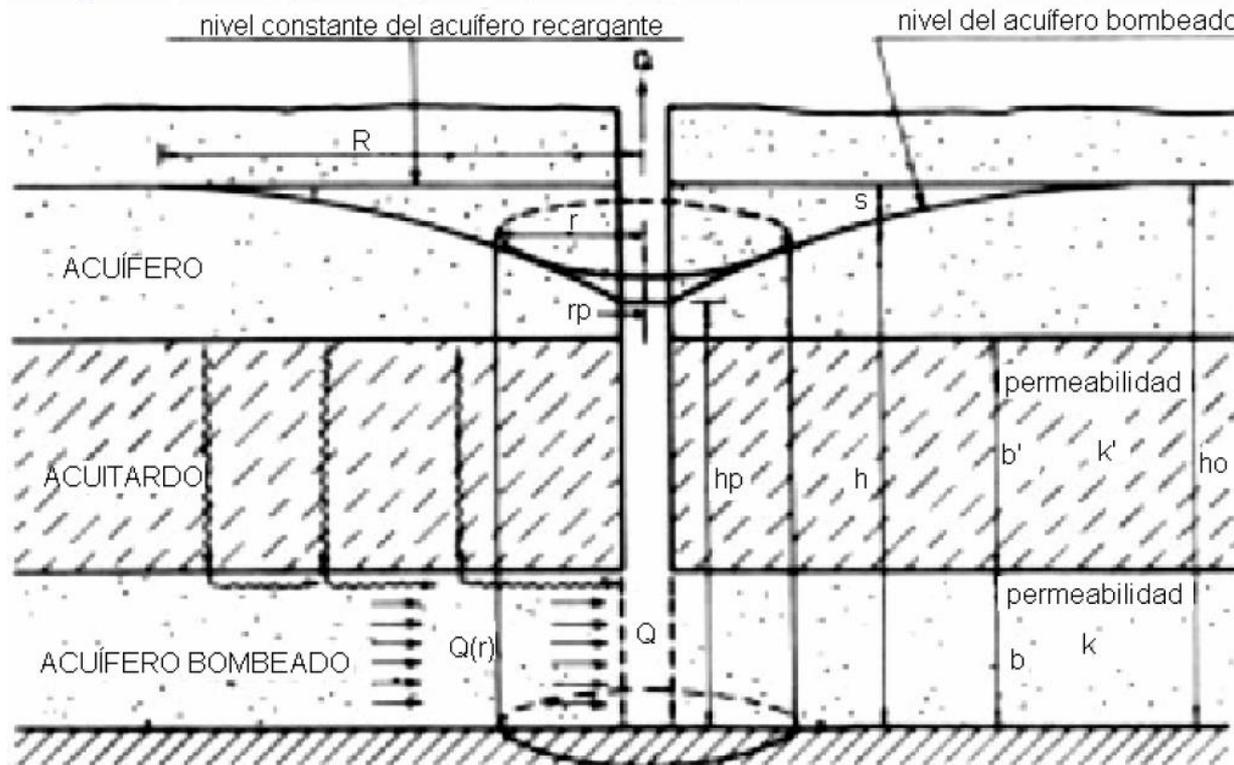
r(m)	50	200
Ho <sup>2</sup> -H <sup>2</sup>	128.07	-127.49
H	38.4	41.6
S	1.6	-1.6

# ACUÍFERO LIBRE Y SEMICONFINADO

## Acuífero Semiconfinado–Régimen Permanente y Transitorio

Se agregan cuatro hipótesis:

- recarga desde acuífero arriba o abajo del semiconfinado (no simultáneamente) y tal que en reposo ambos tienen el mismo nivel piezométrico
- el acuífero que recarga tiene nivel piezométrico constante
- recarga proporcional a la conductividad  $k'/b'$  del semiconfinante y a la diferencia de niveles entre los dos acuíferos
- la recarga no altera el flujo radial horizontal producido por el pozo



# ACUÍFERO LIBRE Y SEMICONFINADO

## Acuífero Semiconfinado—Régimen Estacionario

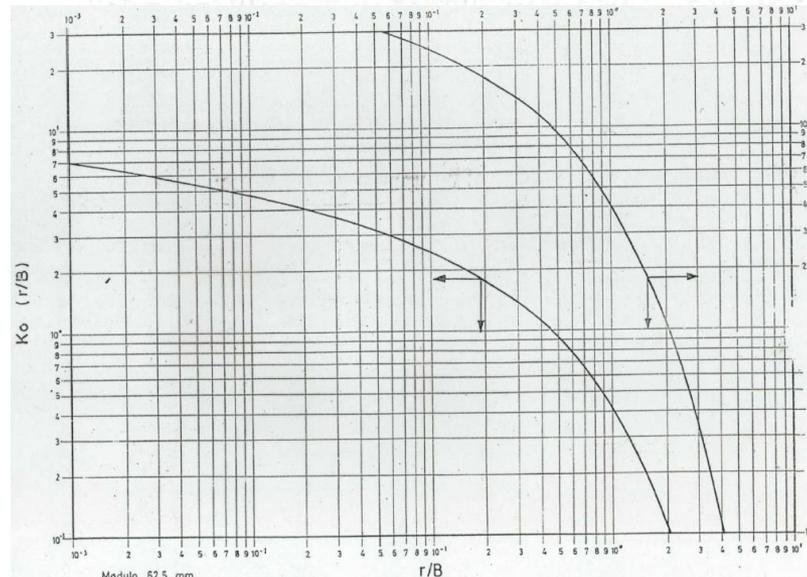
El resultado final (con  $r_p \ll B$ ) es:

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

fórmula de **De Glee**  
o Jacob-Hantush  
vale para  $b/B \leq 0.7$

$$B = \sqrt{\frac{kb b'}{k'}}$$

$$K_0(r/B) = \frac{2\pi T s}{Q}$$



$K_0(x)$  está tabulada

Si  $r/B < 0.1$  puede admitirse que

$$s = \frac{Q}{2\pi T} \ln\left(\frac{1.123B}{r}\right)$$

que a los efectos prácticos puede asumirse válida con un error menor al 1% para  $r/B < 0.33$ .

# ACUÍFERO LIBRE Y SEMICONFINADO

## Acuífero Semiconfinado–Régimen Transitorio

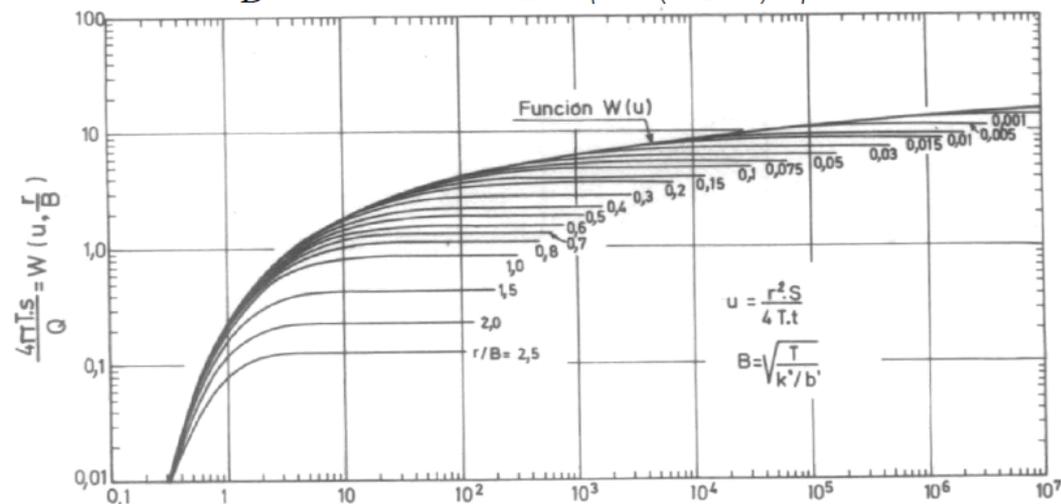
Además de las hipótesis ya hechas, se considera que no se toma agua del almacenamiento del semiconfinante ( $S'=0$ ), y el radio del pozo es suficientemente pequeño.

En estas condiciones:  $s = \frac{Q}{4\pi T} W\left(u, \frac{r}{B}\right)$  fórmula de **Hantush**.

siendo  $W\left(u, \frac{r}{B}\right) = \int_u^\infty \frac{1}{y} e^{\left(-y - \frac{r^2}{4B^2 y}\right)} dy$   $u = \frac{r^2 S}{4Tt}$

La ecuación es válida cuando se cumple:  $\frac{r_p}{B} < 0.1$   $t > \frac{30r_p^2 S}{T} \left(1 - \left(\frac{10r_p}{B}\right)^2\right)$

Se tiene la función de pozo como una familia de curvas  $W(u, r/B)$  en función de  $1/u$  con  $r/B$  como parámetro, y además está tabulada.



# ACUÍFERO LIBRE Y SEMICONFINADO

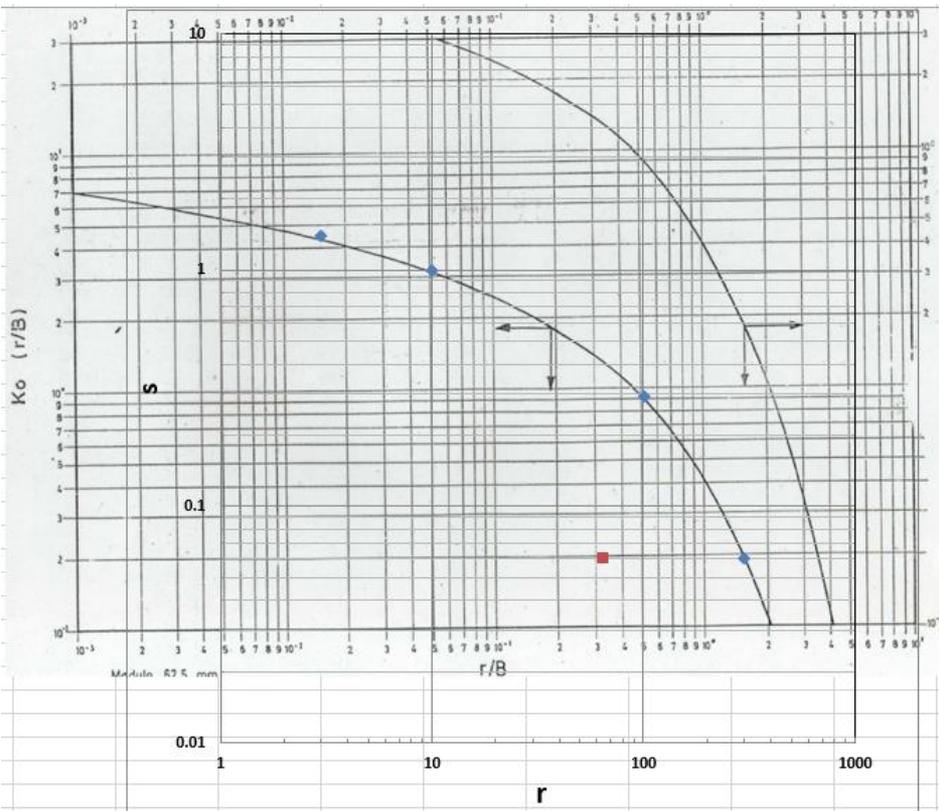
## Acuífero Semiconfinado

Se realiza un ensayo de bombeo en un acuífero semiconfinado. Calcular las características hidráulicas del acuífero y del acuitardo mediante los valores de la siguiente tabla en régimen permanente con un caudal de  $30 \text{ m}^3/\text{h}$ . El espesor del acuitardo es de 10 m.

Punto	r (m)	s (m)
1	3	1.4
2	10	1
3	100	0.29
4	300	0.06

# ACUÍFERO LIBRE Y SEMICONFINADO

## Acuífero Semiconfinado–Régimen Permanente y Transitorio



A partir de la superposición de los gráficos entre  $s$  vs  $r$  y  $Ko$  vs  $r/B$

Un punto a considerar puede ser:

- $Ko=0.2$
- $s=0.06m$
- $r/B=0.31$
- $r=65m$

$$\text{Por lo tanto: } T = \frac{Q * Ko}{2 * \pi * s} = 382 \text{ m}^2 / d$$

$$B = r / 0.31 = 209.7 \text{ m}$$

$$k' = \frac{b' T}{B^2} = 0.087 \text{ m} / d$$