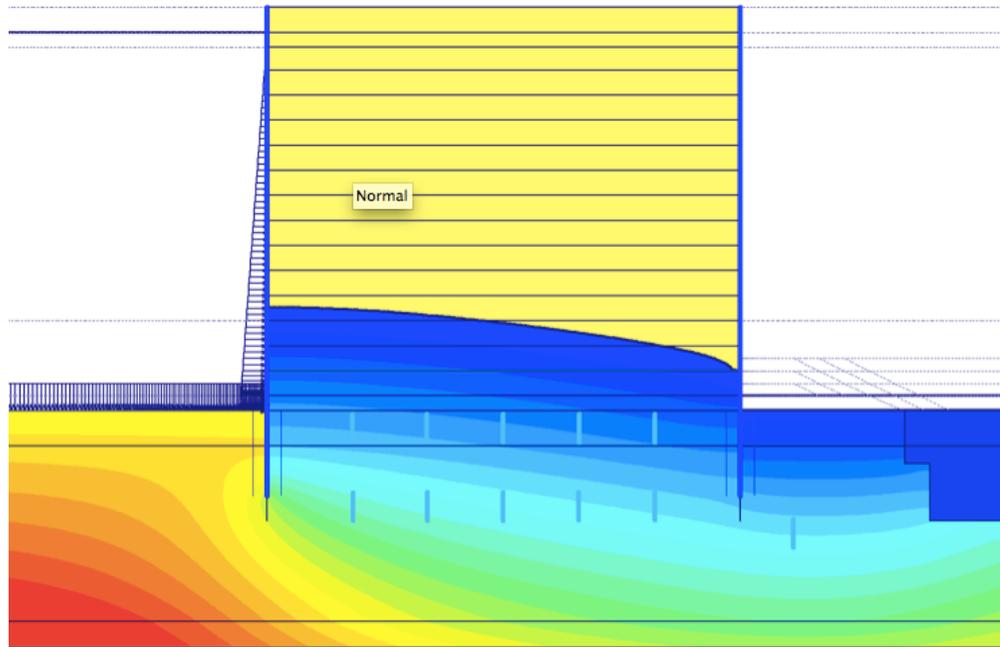


# Hidráulica de suelos



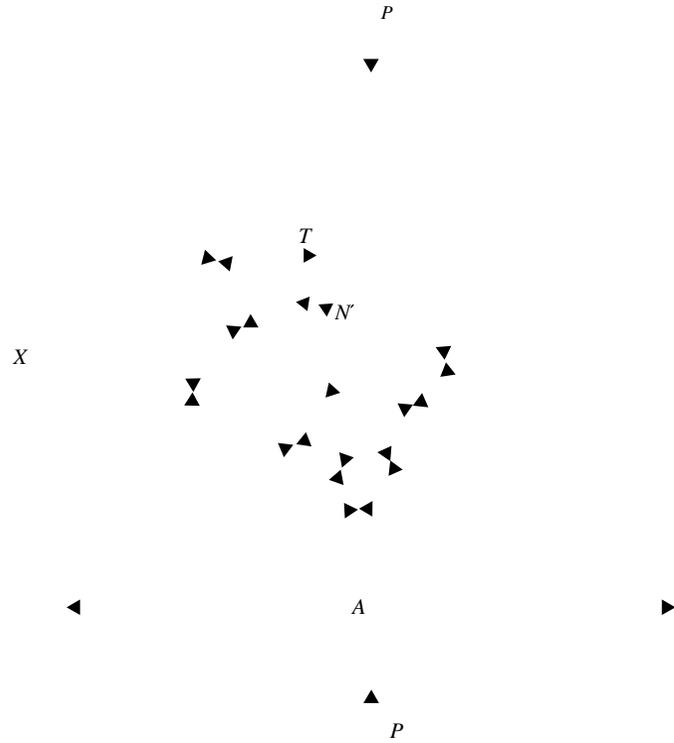
Mecánica de Suelos y Geología

Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires



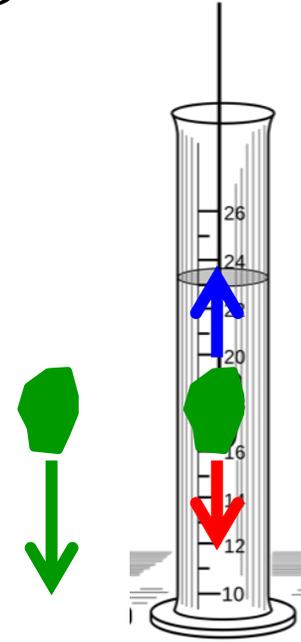
# El principio de Arquímedes en un medio poroso saturado: tensión efectiva ( $\sigma'$ )

Presiones efectivas

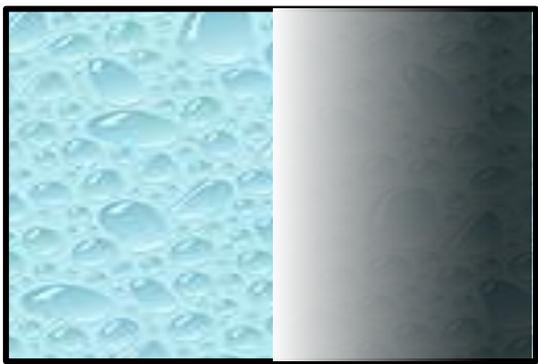


$$\Sigma P_i \sim \Sigma N_i$$

Las fuerzas normales en cada contacto son  $N_i$  (se asume equivalente a  $P_i$ )



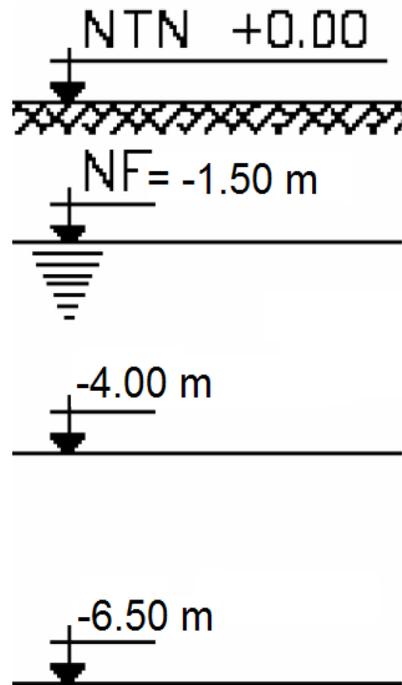
$$\frac{\Sigma P_i}{A} + u_w = \sigma = \frac{P}{A} \rightarrow$$



$$\sigma' = \frac{\Sigma P_i}{A} = \sigma - u_w$$



# Presiones efectivas (Sin ascenso capilar)



$$\gamma_{sat} = \frac{20kN}{m^3}$$

$$\gamma_{sat} = \frac{20kN}{m^3}$$

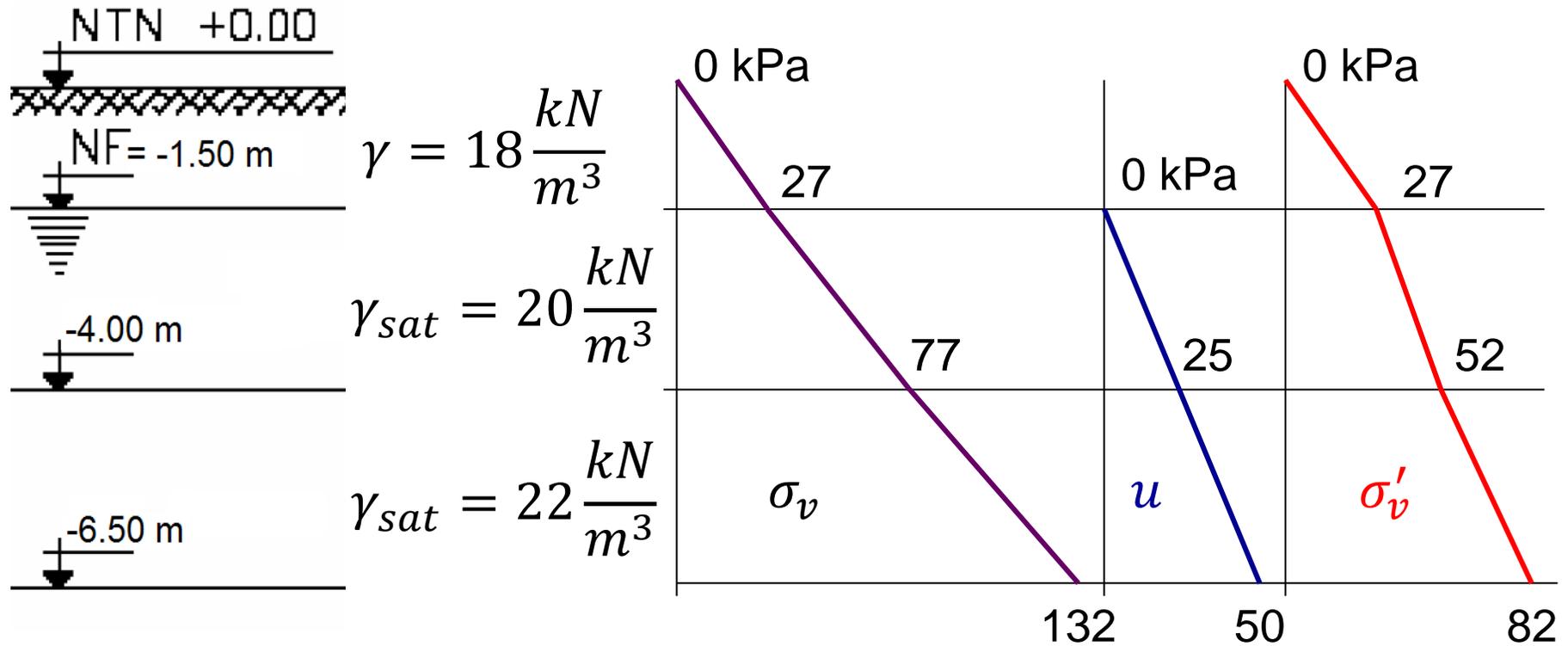
$$\gamma_{sat} = \frac{22kN}{m^3}$$

$\sigma_v$	$u$	$\sigma'_v$	

# Ejercicio - Solución



Presiones efectivas



Nota importante: Se asume que la presión de poros es nula por encima del nivel freático

$$\sigma'_v + u = \sigma_v$$

# Ley de Darcy (1856)

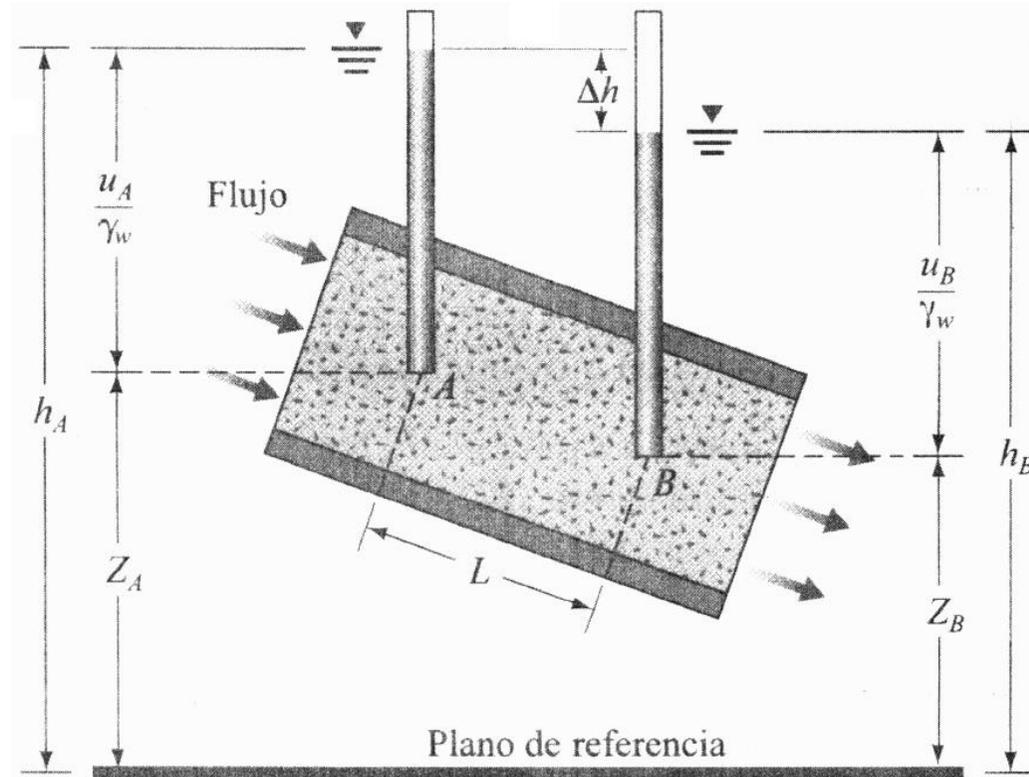


## Hipótesis

- Medio poroso uniforme
- Flujo laminar

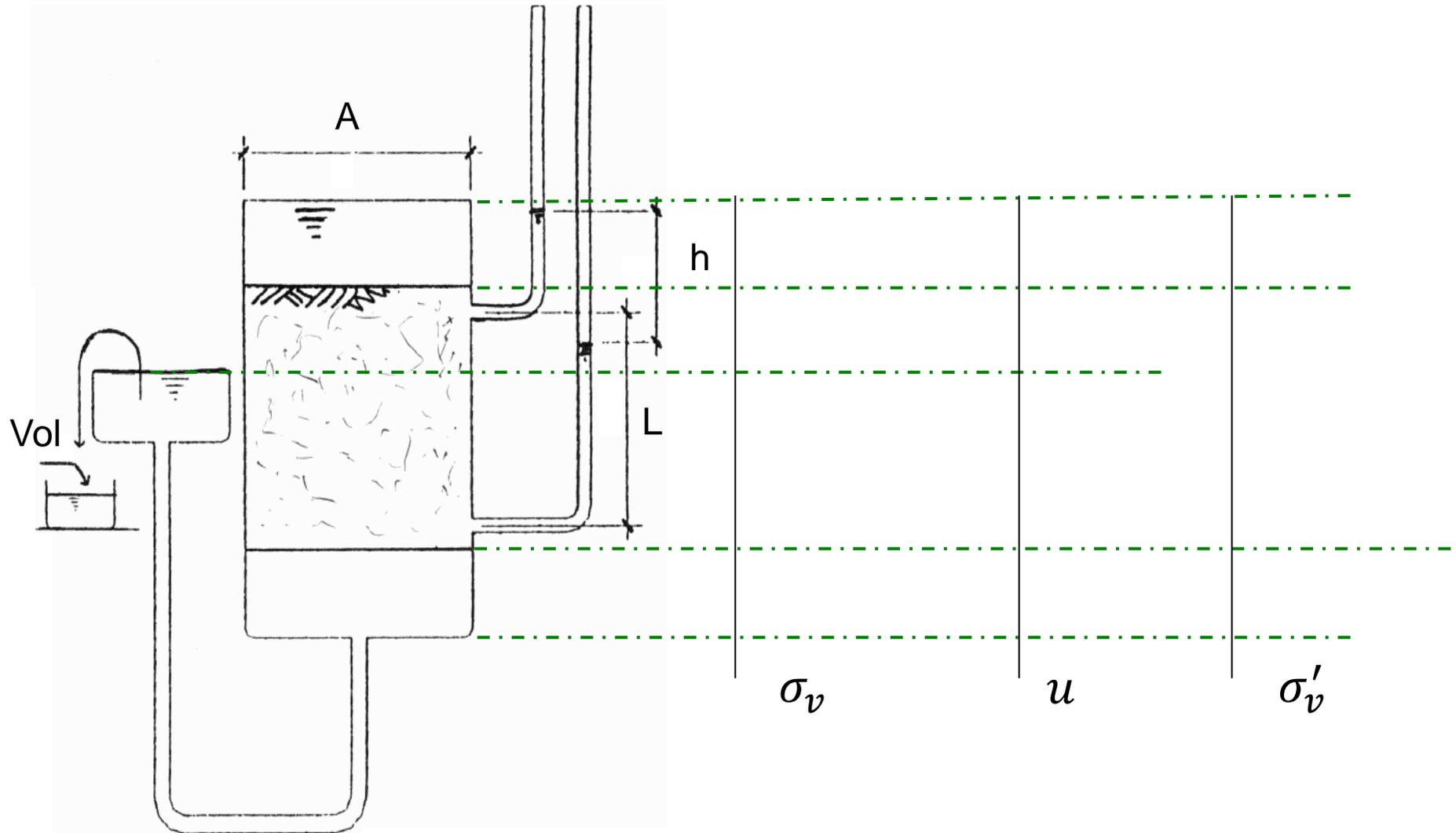
La velocidad de flujo es linealmente proporcional al gradiente hidráulico

$$v = k \frac{\partial h}{\partial x} = k \cdot i$$



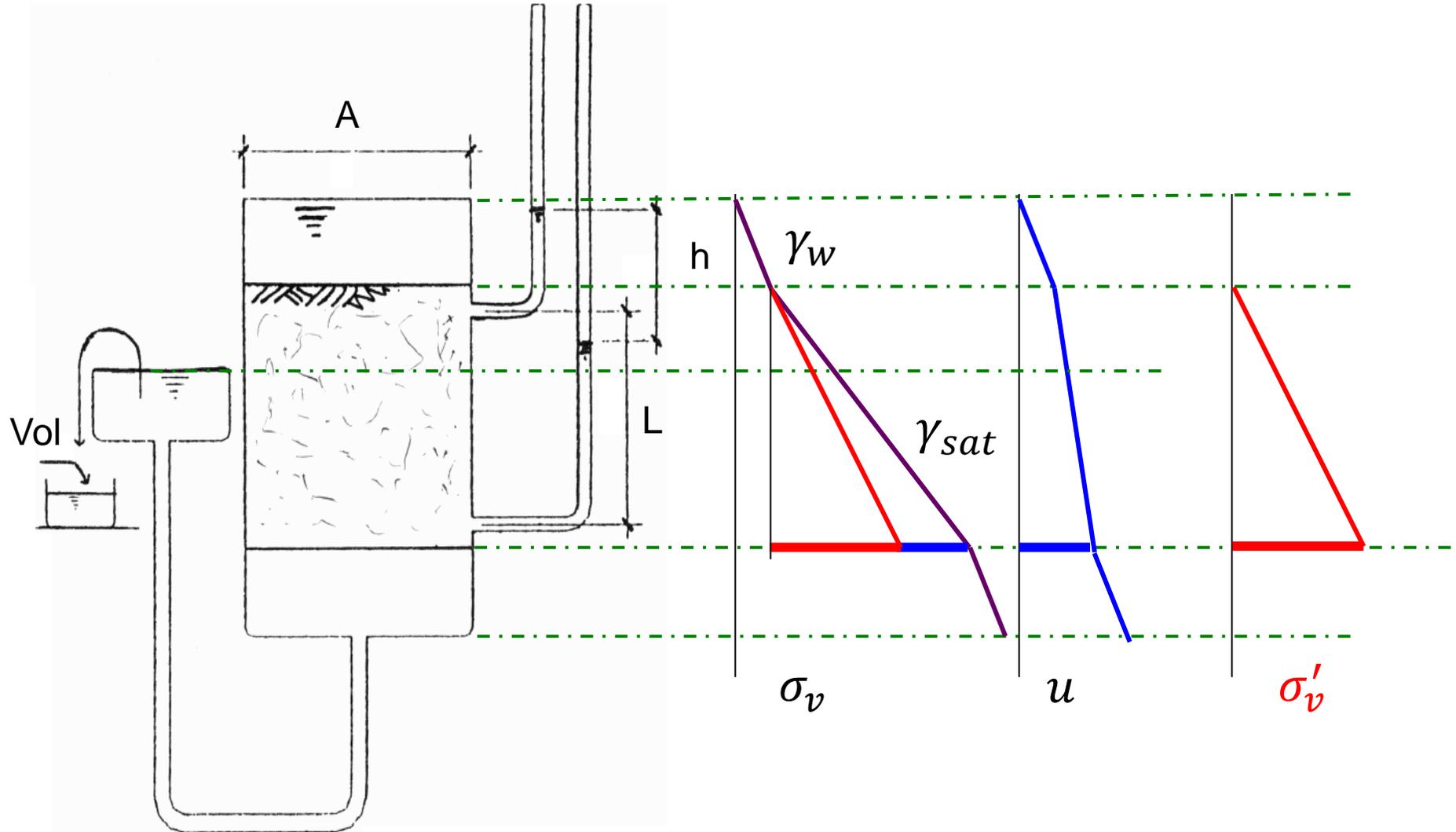
$k$  es el coeficiente de conductividad hidráulica, que depende de la viscosidad del fluido y de la estructura granular del medio

# Permeámetro de carga constante





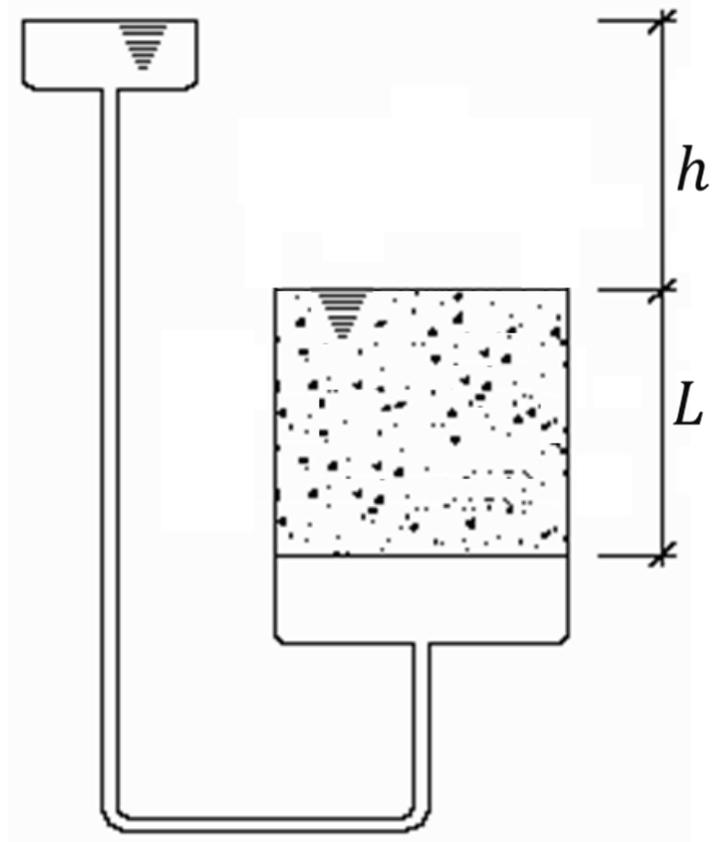
# Permeámetro de carga constante (Solución)



# Gradiente hidráulico crítico



El gradiente hidráulico crítico es el que produce presión efectiva nula



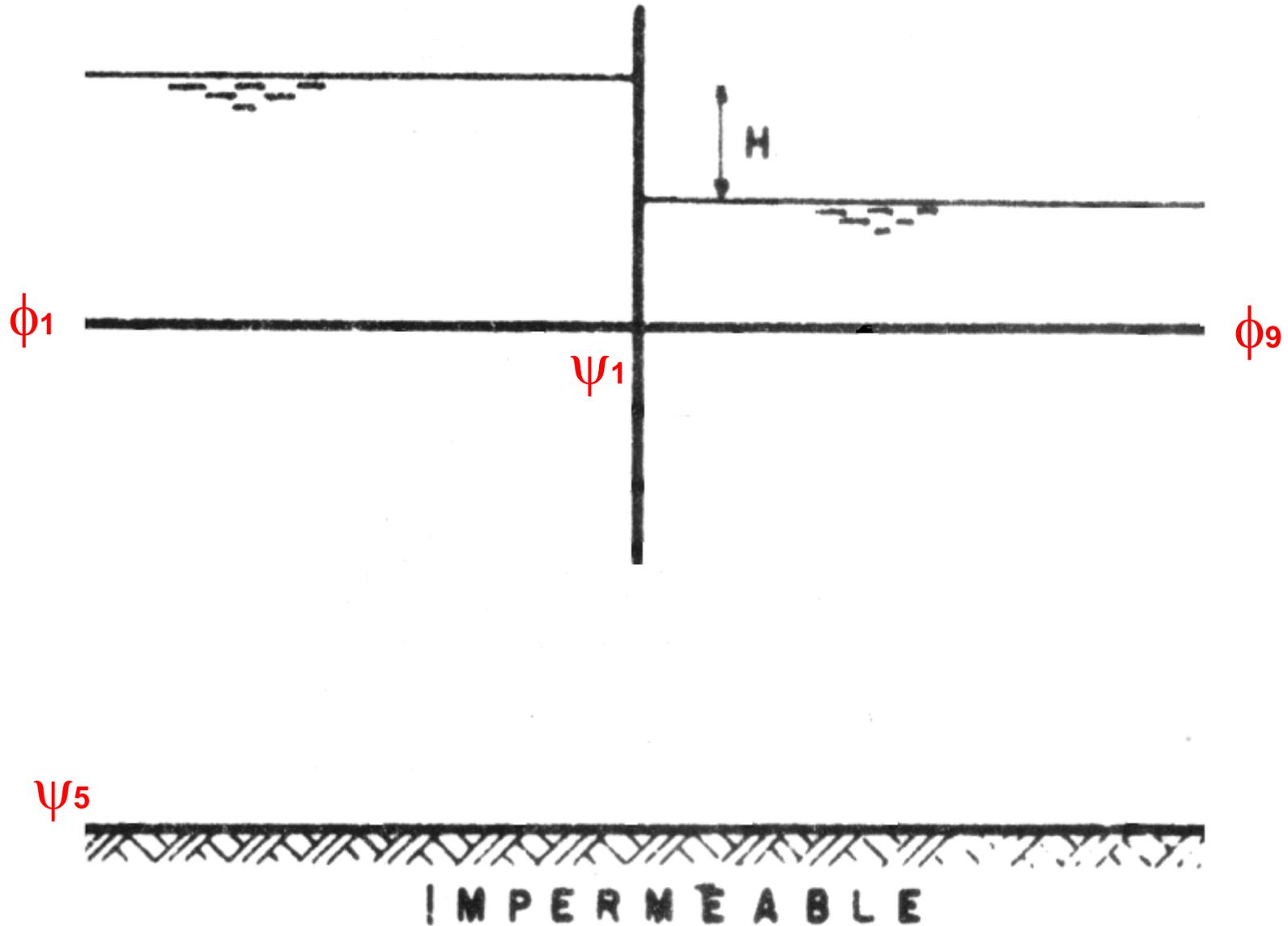
$$\sigma'_v = \gamma_{sat} \cdot L - \gamma_w \cdot (h + L)$$

$$h = h_{crit} \rightarrow \sigma'_v = 0 \text{ kPa}$$

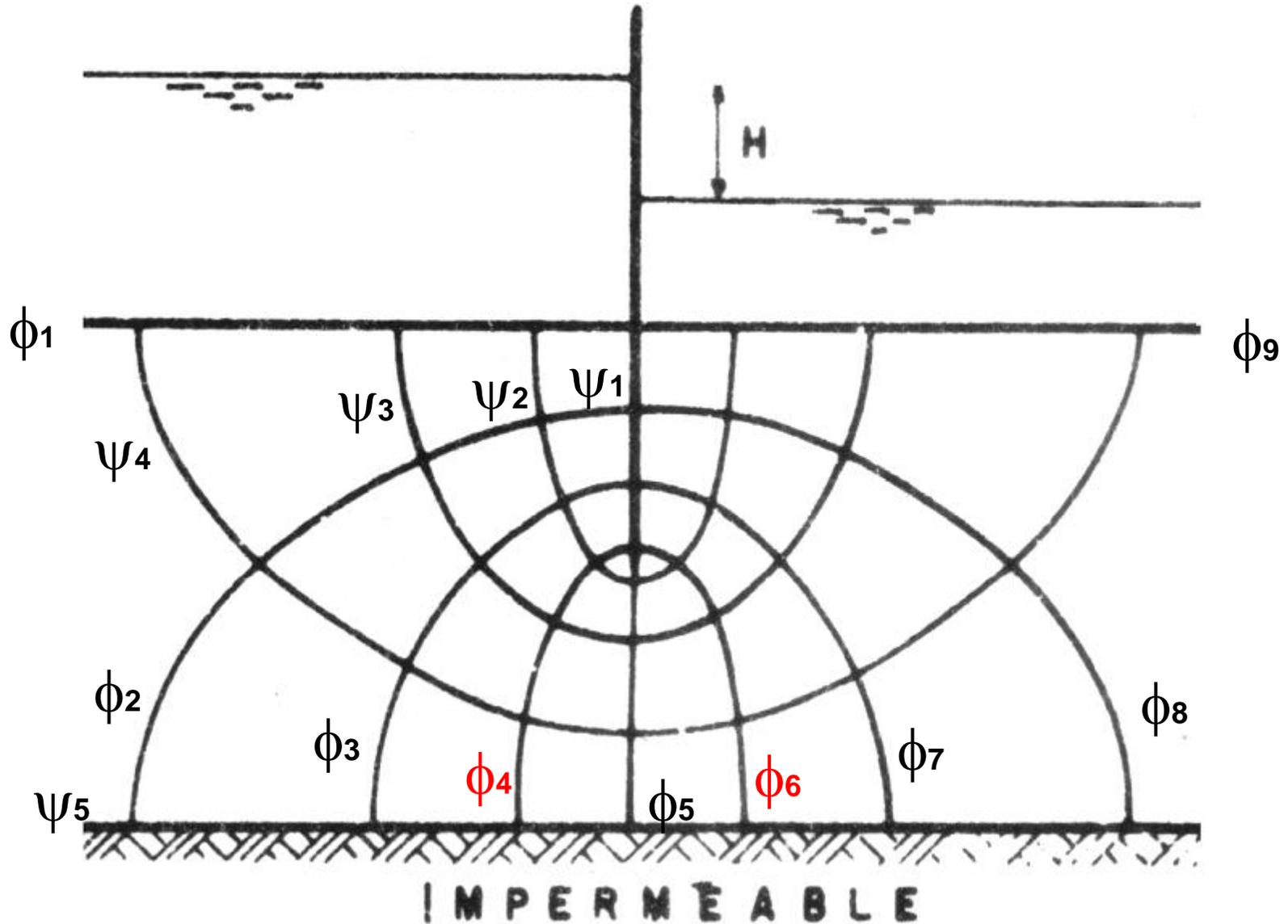
$$h_{crit} = \frac{\gamma_{sat} - \gamma_w}{\gamma_w} L \rightarrow i_{crit} = \frac{\gamma'}{\gamma_w}$$



# Ejercicio - Red de filtración



# Ejercicio - Red de filtración





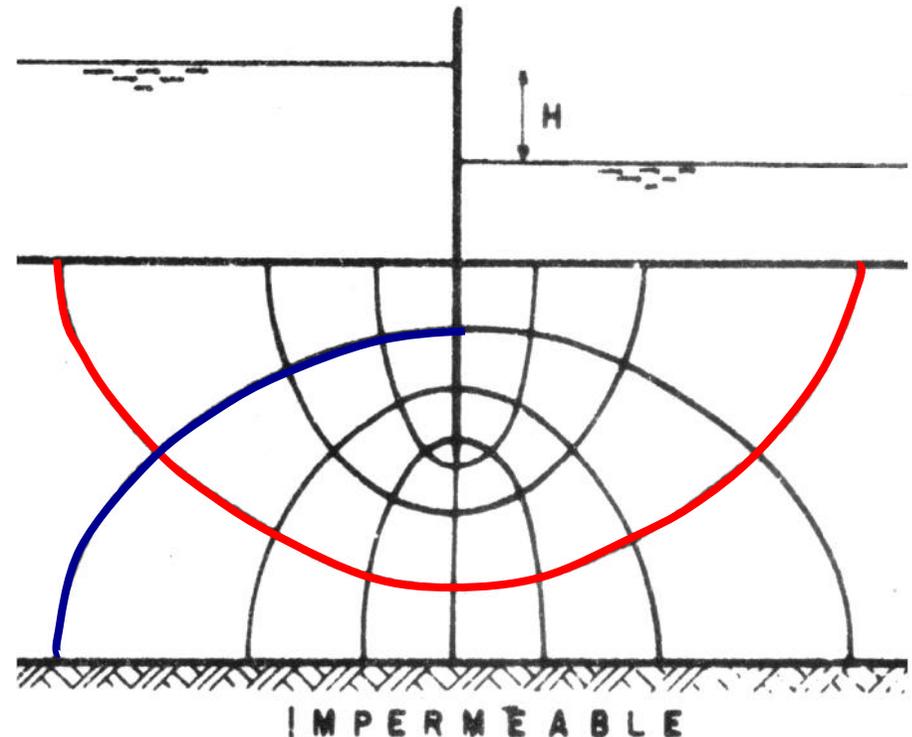
# Redes de filtración

Son una solución gráfica al problema de Laplace  
Están conformadas por dos elementos

- Líneas de corriente (LC - tangentes al vector velocidad en cada punto)
- Líneas equipotenciales (EQ - líneas de igual  $h$ )

Ambas son normales entre si

Los bordes son casos particulares de LC o EQ



# Cálculo de caudal



El caudal de un tubo es

$$\Delta q = k \cdot a \cdot i = k \cdot a \cdot \frac{\Delta h}{b}$$

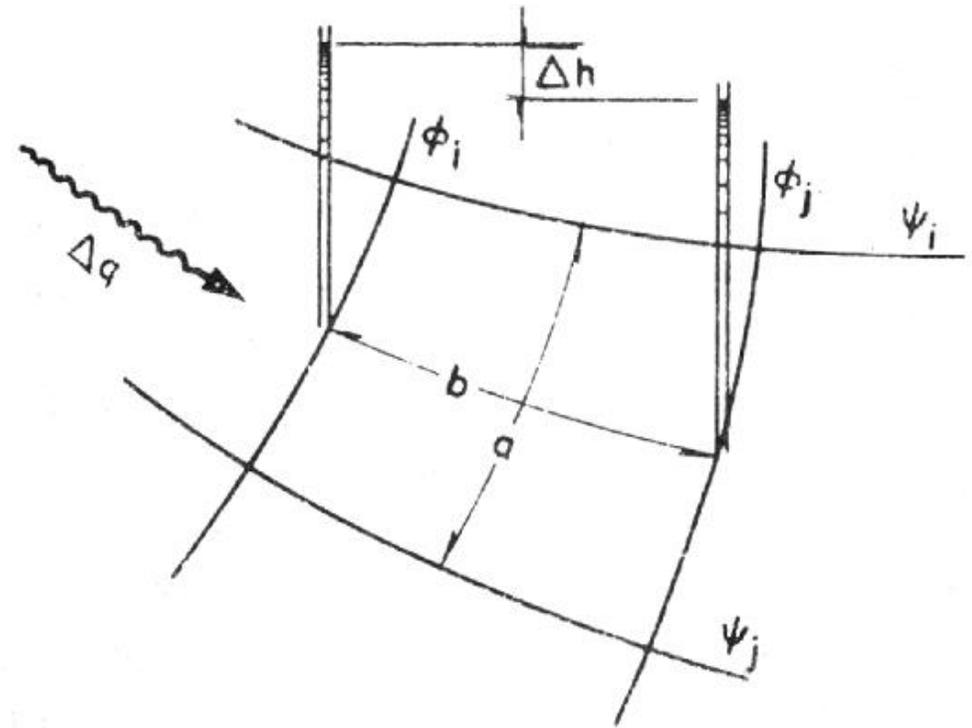
$$\Delta h = \frac{H}{N_{caidas}}$$

La caída entre dos EQ es

$$Q = k \frac{N_{tubos}}{N_{caidas}} H$$

Para  $N$  tubos queda:

$$Q = \Delta q \cdot N_{tubos} = k \frac{a}{b} \frac{N_{tubos}}{N_{caidas}} H$$

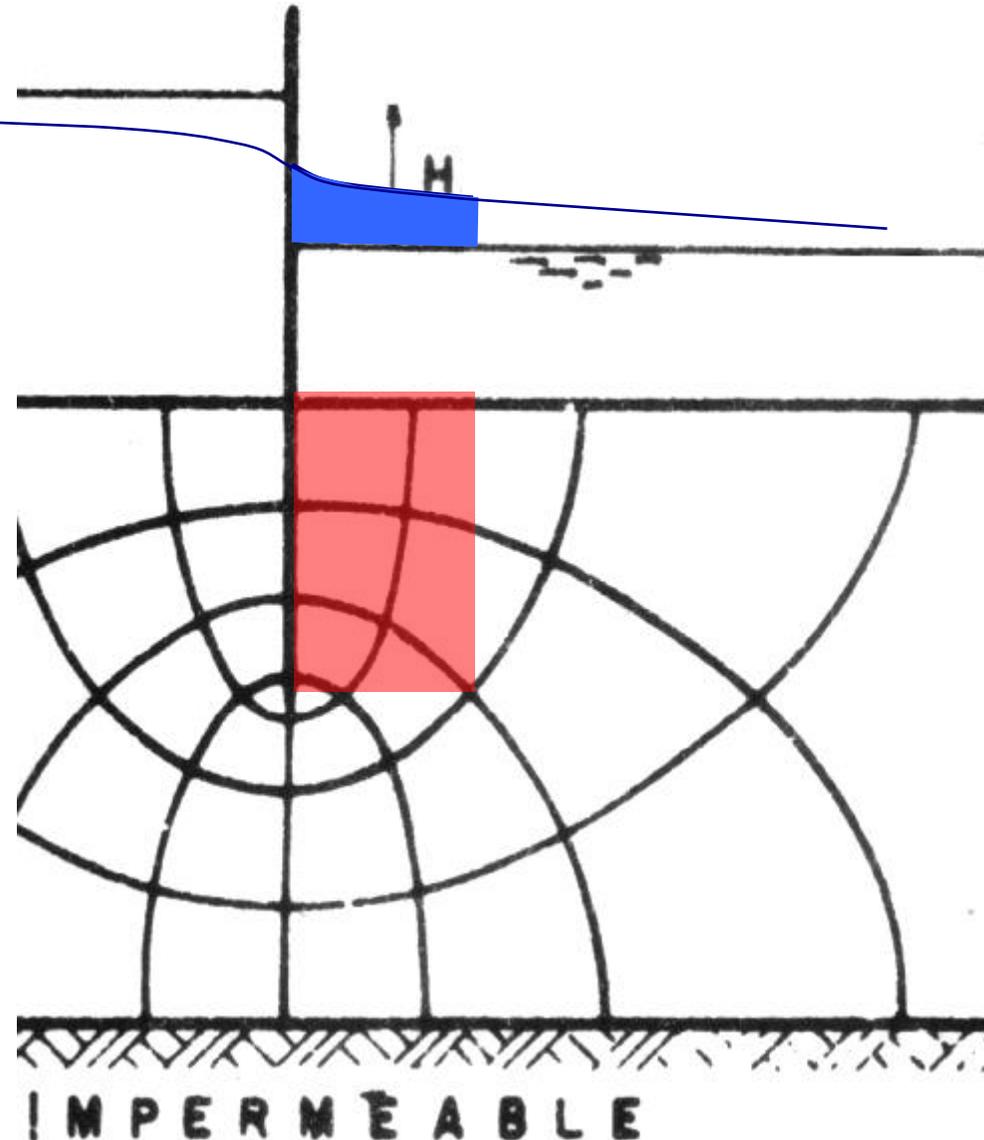


# Sifonaje



El flujo de agua de abajo hacia arriba produce reducción de la presión efectiva

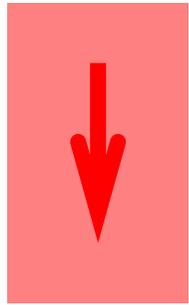
Si la presión efectiva se anula, el suelo puede ser arrastrado por el agua → Sifonaje





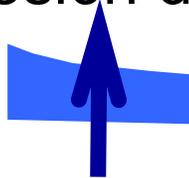
# Cálculo de estabilidad al sifonaje

Estabilizante: Peso sumergido



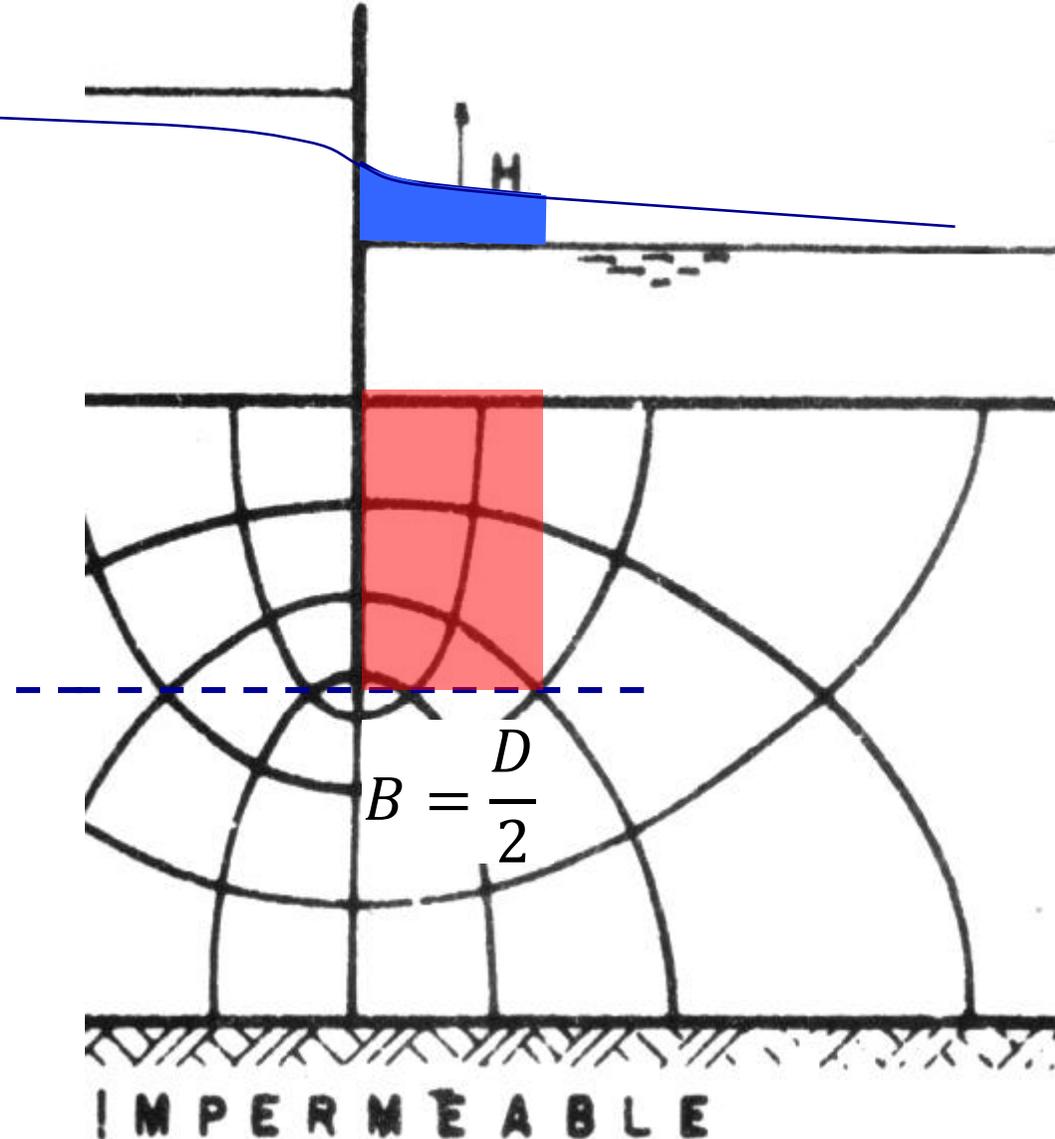
$$W = \frac{\gamma' D^2}{2}$$

Desestabilizante:  
Presión de filtración



$$U = \frac{\gamma_w \bar{h} D}{2}$$

$$F = \frac{W}{U} = \frac{\gamma' D}{\gamma_w \bar{h}} > 1.20$$



# Sifonaje



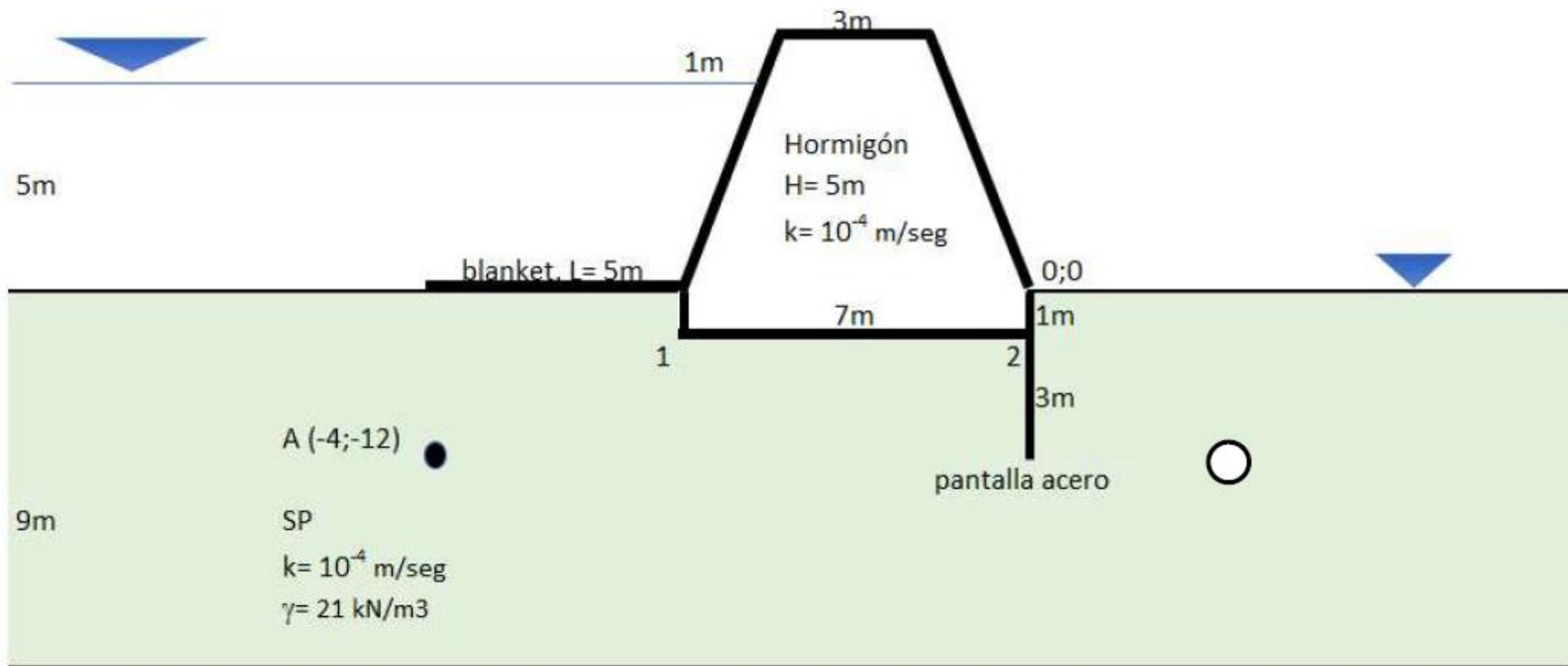
# Ejercicio 5.8: enunciado



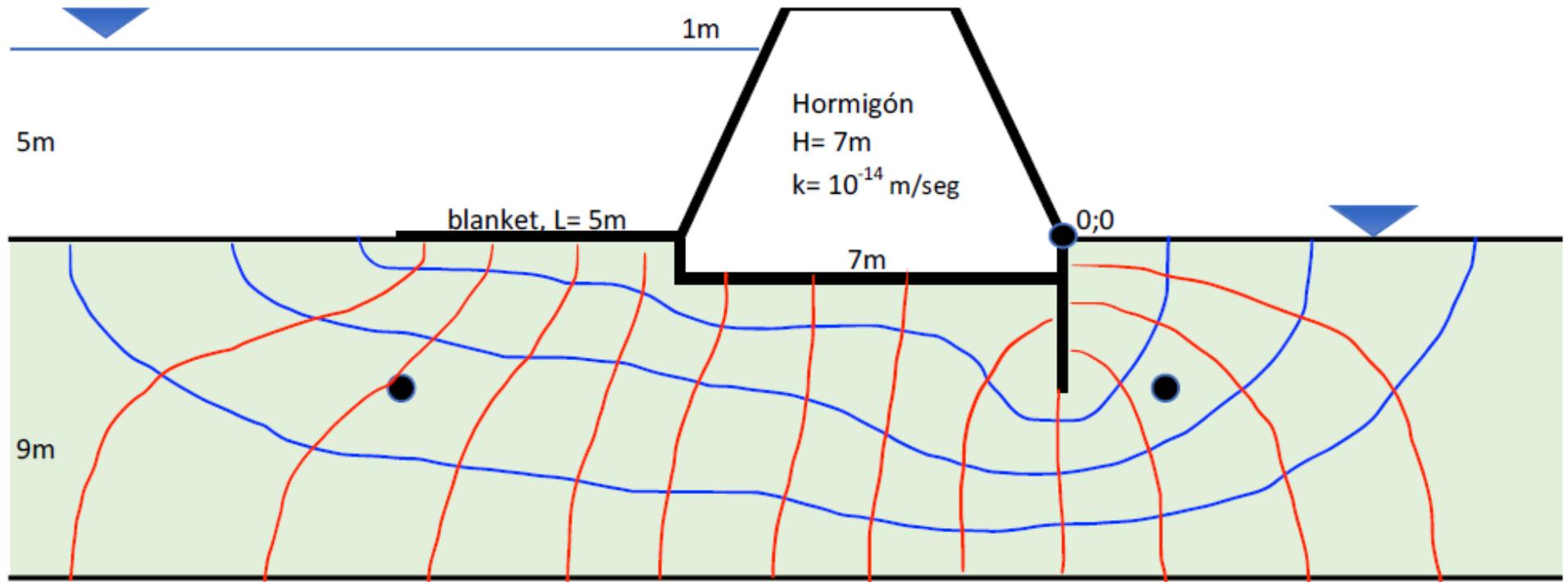
Para la presa de embalse de hormigón que se indica en la Figura se pide:

- Trazar la red de escurrimiento con un mínimo de 4 tubos de corriente.
- Estimar el volumen de agua diario que circula.
- Determinar el diagrama empuje en el plano de fundación de la presa y estimar el empuje producido por dicho diagrama.
- Calcular la presión total, neutra y efectiva en posiciones A y B (nota: entre paréntesis se indican las coordenadas respecto al origen 0;0 indicado en el dibujo).

# Ejercicio 5.8: enunciado



# Resolución



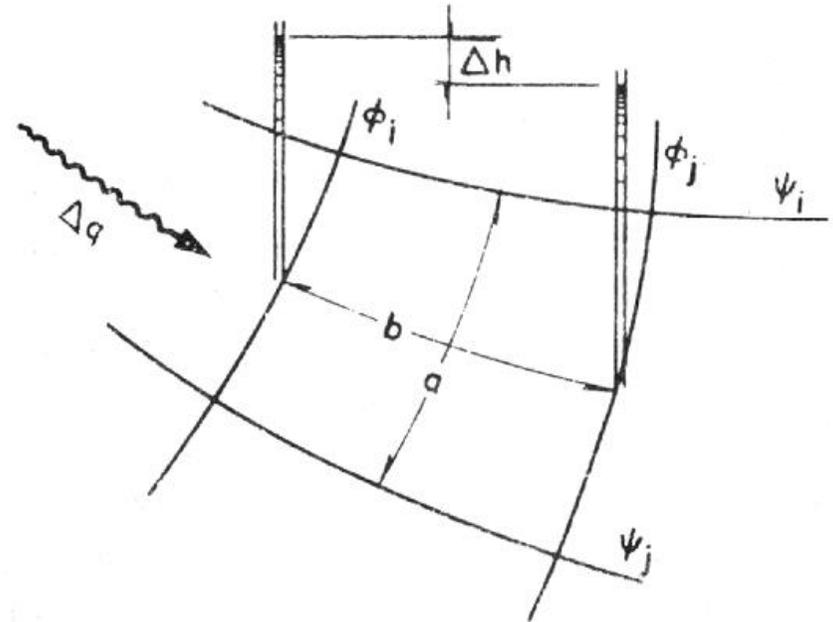
# Resolución



- Estimación del volumen de agua diario que circula

$$N_{tubos} = 4 \mid N_{caidas} = 13$$
$$H = 15$$

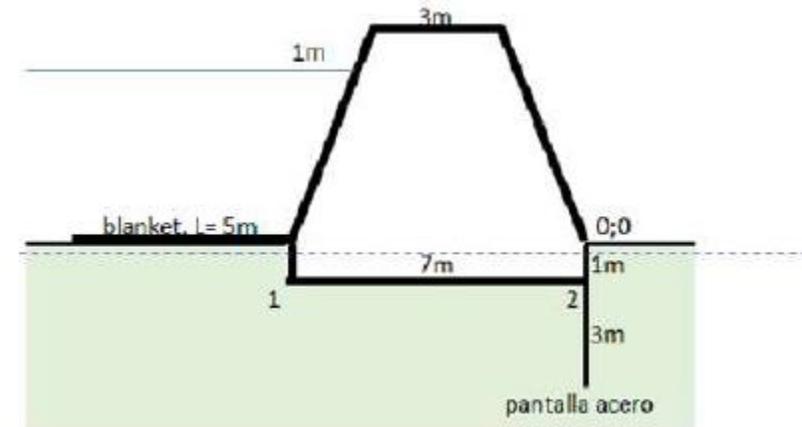
$$Q = k \cdot \frac{N_{tubos}}{N_{caidas}} \cdot H \cong 13.3 \frac{m^3}{m \cdot day}$$



# Resolución



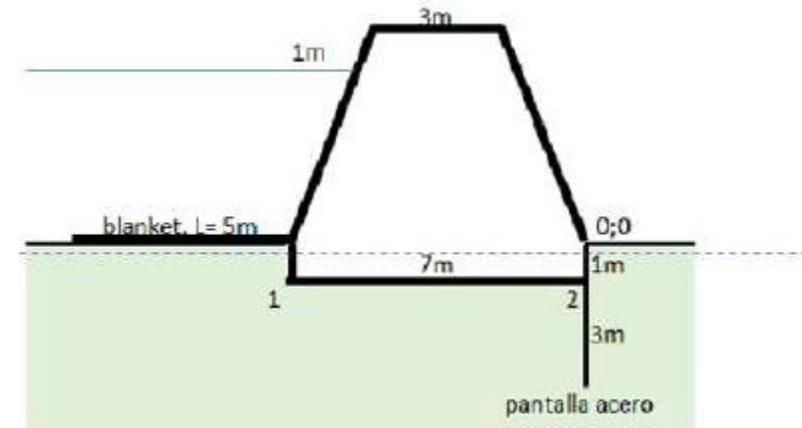
- Diagrama de empujes. Se calcula en los vértices anterior (1) y posterior (2) de la fundación. De manera simplificada se asume variación lineal de presiones entre los dos puntos





# Resolución

## Empujes bajo la base





# Resolución

## Empujes bajo la base

$$Sh_{\text{unif}} = \frac{H}{N_{\text{cargas}}} \approx 0.4 \text{ m.}$$

Verencia 1:

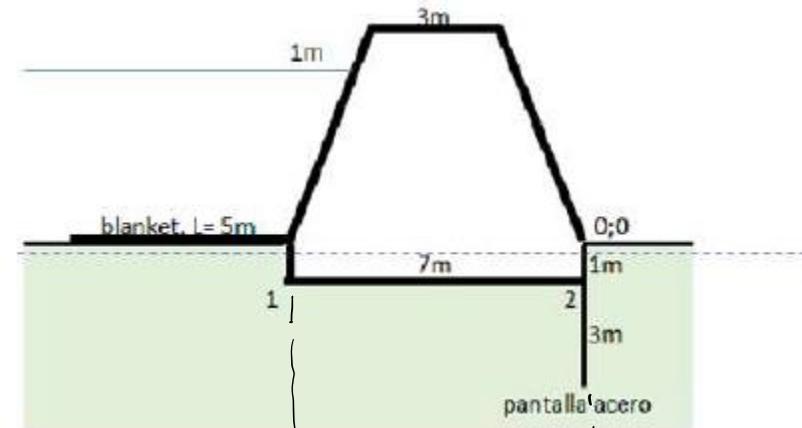
$$N_{\text{cargas}} \approx 4.3 ; Z_1 \approx 1 \text{ m.}$$

$$u_1 = (H - N_{\text{cargas}} \cdot Sh_{\text{unif}}) + Z_1 \approx 4.3 \text{ m.}$$

Verencia 2

$$N_{\text{cargas}} \approx 7.6 ; Z_2 \approx 1 \text{ m.}$$

$$u_2 \approx 3.1 \text{ m}$$

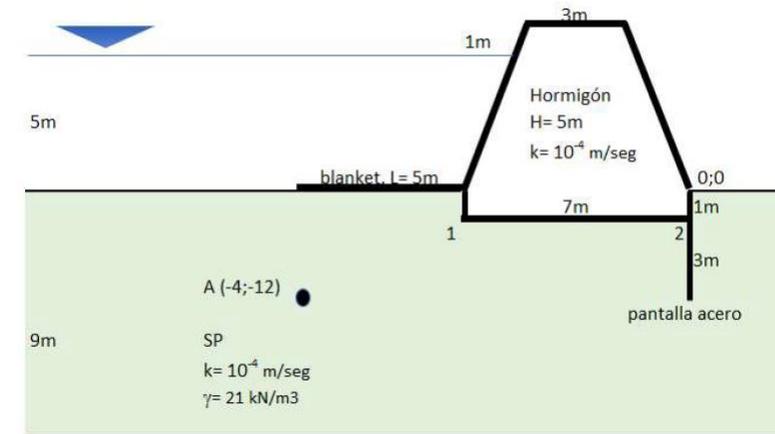


$$E = \left( \frac{u_1 + u_2}{2} \right) \cdot \gamma_w \cdot 7 \text{ m}$$



# Resolución

## Presiones efectivas, totales y neutras en A





# Resolución

## Presiones efectivas, totales y neutras en A

Presión total.

$$\sigma_x = \gamma_w \cdot H + \gamma_{sat} \cdot 4m$$

$$\approx 133 \text{ kPa.}$$

Presión de poros.

$$N_{cargas} \approx 2 ; z_A = 4m$$

$$u_x = (H - N_{cargas} \cdot S_{horiz}) + z_A \approx 82m \rightarrow 82 \text{ kPa.}$$

Presión efectiva.

$$\sigma'_x = \sigma_x - u_x \approx 51 \text{ kPa.}$$

