

5.2 La Figura 5-2 presenta la disposición de un ensayo de permeámetro de carga variable con dos capas de suelo. En el instante de tiempo  $t = 25$  s, el piezómetro instalado entre las dos capas registró una presión  $u = 10 \text{ gr/cm}^2$ . Para ese mismo instante, calcule:

- caudal,  $Q$ ;
- altura  $z$ ;
- tensión vertical efectiva a la altura del cambio de suelos;
- tensión vertical efectiva en la parte inferior del suelo 2;

Luego, determine el tiempo que debe transcurrir para que el piezómetro registre presión de agua nula.

Los parámetros geotécnicos son:

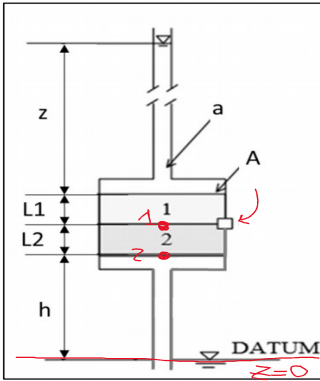
- Suelo 1: peso unitario saturado  $\gamma_{sat} = 1.8 \text{ gr/cm}^3$ , permeabilidad  $k = 0.015 \text{ cm/s}$ ;
- Suelo 2: peso unitario saturado  $\gamma_{sat} = 1.8 \text{ gr/cm}^3$ , permeabilidad  $k = 0.045 \text{ cm/s}$ ;

Los datos del permeámetro son:

- sección transversal mayor,  $A = 10.0 \text{ cm}^2$ ;
- sección transversal menor,  $a = 1.5 \text{ cm}^2$ ;
- espesor del suelo 1,  $L1 = 8.0 \text{ cm}$ ;
- espesor del suelo 2,  $L2 = 8.0 \text{ cm}$ ;
- posición del datum,  $h = 20.0 \text{ cm}$ ;

Nota: tenga en cuenta que  $k = \frac{aL}{At} \ln\left(\frac{h_0}{h}\right)$ .

A) CAUDAL



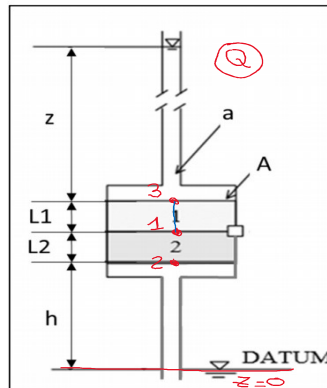
Ley de Darcy:  
 $Q = k \cdot i \cdot A$   
 $i = (H1 - H2) / L12$

$Z_1 := h + L_2 = 28 \text{ cm}$	Energía potencial del punto 1
$p_1 := \frac{u}{\gamma_w} = 0.098 \text{ m}$	Energía de presión del punto 1
$H_1 := Z_1 + p_1 = 0.378 \text{ m}$	Energía piezométrica del punto 1
$Z_2 := h = 20 \text{ cm}$	Energía potencial del punto 2
$p_2 := \frac{-h \cdot \gamma_w}{\gamma_w} = -0.2 \text{ m}$	Energía de presión del punto 2
$H_2 := Z_2 + p_2 = 0 \text{ m}$	Energía piezométrica del punto 2
$i := \frac{H_1 - H_2}{L_2} = 4.726$	Gradiente hidráulico
$Q := k_2 \cdot i \cdot A = 2.127 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$	Caudal

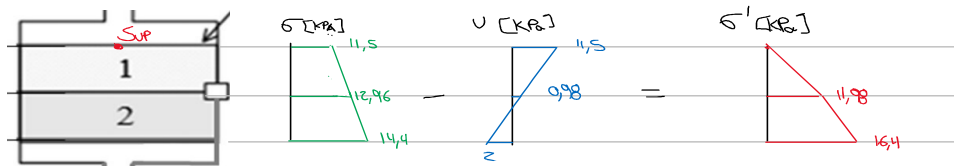
B) Altura z

Darcy:  
 $Q = k \cdot i \cdot A$   
 $i = (H3 - H1) / L31$

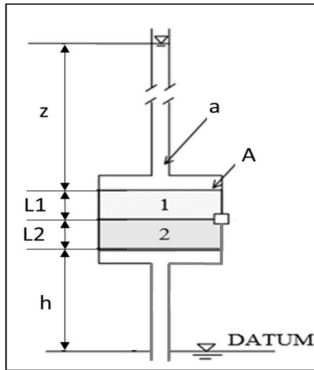
$i_{31} := \frac{Q}{k_1 \cdot A} = 14.177$	Gradiente hidráulico entre los puntos 1 y 3
$H_3 := i_{31} \cdot L_1 + H_1 = 1.512 \text{ m}$	Energía piezométrica del punto 3
$Z_3 := h + L_1 + L_2 = 0.36 \text{ m}$	Energía potencial del punto 3
$p_3 := H_3 - Z_3 = 1.152 \text{ m}$	Energía de presión del punto 3
$z := p_3 = 1.152 \text{ m}$	Altura z



C) Diagramas de presión

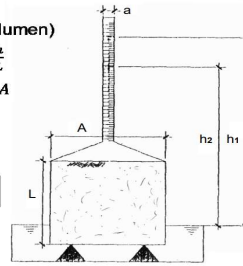


D) Tiempo



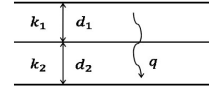
Tubo diámetro pequeño (poco volumen)

- Velocidad  $v = k \cdot i = k \frac{h}{L}$
- Caudal  $q = vA = k \frac{h}{L} A$
- En el tubo  $q = -a \frac{dh}{dt}$
- Igualando  $dt = -\frac{dh \cdot aL}{h \cdot Ak}$
- Conductividad  $k = \frac{aL}{A \Delta t} \ln \left[ \frac{h_1}{h_2} \right]$



Flujo normal: el caudal es el mismo para ambos estratos

- $h = h_1 + h_2$
- $q = k_1 \cdot h_1 / d_1 = k_2 \cdot h_2 / d_2$
- $q = \bar{k} (h_1 + h_2) / (d_1 + d_2)$
- $\bar{k} = (d_1 + d_2) / (d_1 / k_1 + d_2 / k_2)$



$$u := 0 \text{ kPa}$$

$$k_{eq} := \frac{L_1 + L_2}{\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2}} = 0.023 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$h_1 := h + L_2 + L_1 + z = 1.512 \text{ m}$$

$$Z_1 := h + L_2 = 28 \text{ cm}$$

Energía potencial del punto 1

$$p_1 := 0 \text{ kPa}$$

Energía de presión del punto 1

$$H_1 := Z_1 + p_1 = 0.28 \text{ m}$$

Energía piezométrica del punto 1

$$Z_2 := h = 20 \text{ cm}$$

Energía potencial del punto 2

$$p_2 := \frac{-h \cdot \gamma_w}{\gamma_w} = -0.2 \text{ m}$$

Energía de presión del punto 2

$$H_2 := Z_2 + p_2 = 0 \text{ m}$$

Energía piezométrica del punto 2

$$i := \frac{H_1 - H_2}{r} = 3.5$$

Gradiente hidráulico

$$Q := k_2 \cdot i \cdot A = 1.575 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

Caudal

$$i_{31} := \frac{Q}{k_1 \cdot A} = 10.5$$

Gradiente hidráulico entre los puntos 1 y 3

$$H_3 := i_{31} \cdot L_1 + H_1 = 1.12 \text{ m}$$

Energía piezométrica del punto 3

$$Z_3 := h + L_1 + L_2 = 0.36 \text{ m}$$

Energía potencial del punto 3

$$p_3 := H_3 - Z_3 = 0.76 \text{ m}$$

Energía de presión del punto 3

$$z := p_3 = 0.76 \text{ m}$$

Altura z

$$h_2 := h + L_1 + L_2 + z = 1.12 \text{ m}$$

$$\Delta t := \frac{a \cdot (L_1 + L_2)}{A \cdot k_{eq}} \cdot \ln \left( \frac{h_1}{h_2} \right) = 32.03 \text{ s}$$

$$t_{\text{final}} := t + \Delta t = 57.03 \text{ s}$$

5.8 Para la presa de embalse de hormigón que se indica en la Figura 5-6 se pide:

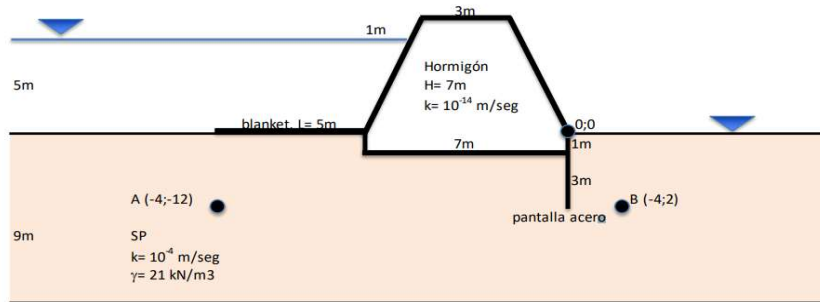
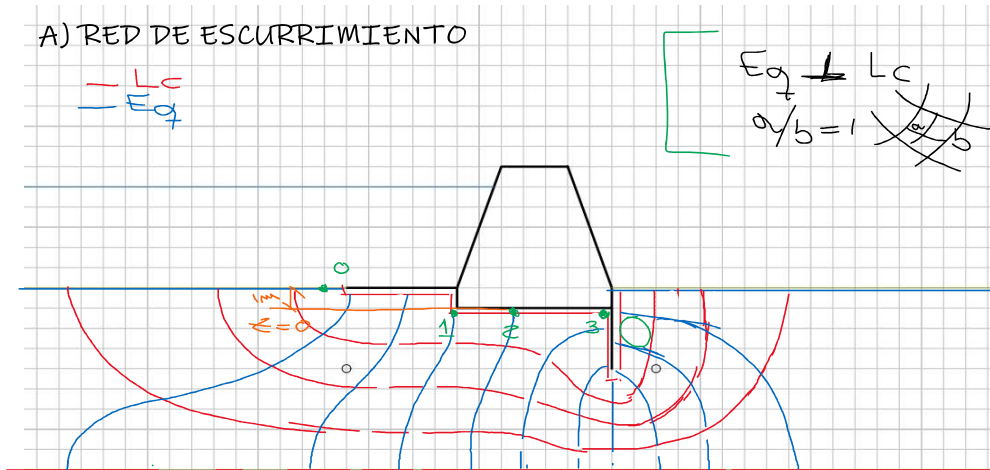


Figura 5-6. Esquemas de presa de embalse.

- Trazar la red de escurrimiento con un mínimo de 4 tubos de corriente (nota: el blanket y la pantalla de acero se consideran estructuras impermeables).
- Estimar el volumen de agua diario que circula.
- Determinar el diagrama de sobrepresiones hidrostáticas 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).



1. Líneas equipotenciales sean perpendiculares a las líneas de corriente
2. La relación de lados de los cuadriláteros sea "mas o menos" 1.

B) Caudal

El caudal de un tubo es

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

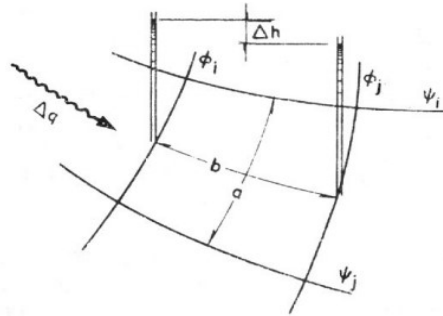
$$\Delta h = \frac{H}{N_{caidas}}$$

La caída entre dos EQ es

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

Para  $N$  tubos queda:

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



$$k := 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \gamma := 21 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad H := 5\text{m} \quad N_{tubos} := 4$$

$$N_{caidas} := 11$$

$$Q := k \cdot \frac{N_{tubos}}{N_{caidas}} \cdot H = 15.709 \frac{1}{\text{m}} \frac{\text{m}^3}{\text{day}}$$

C) Diagrama de presiones debajo de la presa

