

ECUACIÓN DE BERNOULLI

$$h = \frac{\mu}{\gamma_w} + \frac{v^2}{2g} + Z$$

$$h = \text{Carga total o altura hidráulica (m)}$$

$$\mu = \text{Presión de poros}$$

$$v = \text{velocidad de descarga.}$$

$$g = \text{aceleración de gravedad.}$$

$$\gamma_w = \text{peso específico del agua.}$$

$$h = \frac{\mu}{\gamma_w} + Z$$

GRADIENTE HIDRAULICO (i)

$$\Delta h = h_A - h_B = \left(\frac{\mu_A}{\gamma_w} + Z_A \right) - \left(\frac{\mu_B}{\gamma_w} + Z_B \right)$$

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

LEY DE DARCY

$$Q = K \cdot i \cdot A$$

$$Q = VA$$

$$VA = K \cdot i \cdot A$$

$$\bar{V} = K \cdot i$$

$Q = \text{caudal de infiltración. (cm}^3/\text{seg.)}$
 $A = \text{área de la sección transversal de la muestra de suelo. (cm}^2\text{)}$
 $K = \text{Coeficiente de permeabilidad. (cm/seg.)}$
 $i = \text{gradiente hidráulico. } (\Delta h/L)$
 $\Delta h = \text{pérdida de carga.}$
 $L = \text{Longitud de la muestra.}$
 $V = \text{Velocidad de descarga.}$

LEY DE DARCY

$Q = V \cdot A = Av \cdot Vr$
 $V_d \cdot A = Av \cdot Vr$ Como $A = Av + As$
 $V_d \cdot (Av + As) = Av \cdot Vr \rightarrow Vr = ??$
 $V_r = \frac{V_d \cdot (Av + As)}{Av}$ (* L)
 $V_r = \frac{V_d \cdot (V_v + V_s)}{V_v}$ (÷ Vs)
 $V_r = \frac{V_d \cdot \left(\frac{V_v}{V_s} + 1 \right)}{\frac{V_v}{V_s}} \rightarrow Vr = \frac{V_d \cdot e + 1}{e}$
 Como: $n = \frac{e}{e + 1} \rightarrow Vr = \frac{V_d}{n}$
 $Vr = Vf = \text{Velocidad de filtración}$

$A = \text{Área de la sección}$
 $As = \text{Área de los sólidos}$
 $Av = \text{Área de vacíos}$

Rangos de Permeabilidad

TIPO DE SUELO	K(cm/seg)
Grava limpia	100 - 1,00
Arena gruesa	1,00 - 0,01
Arena fina	0,01 - 0,0001
Arcilla limosa	0,001 - 0,00001
Arcilla	0,000001

MEDICIÓN DE LA PERMEABILIDAD

Métodos Directos:

- Permeámetro de carga constante.
- Permeámetro de carga variable.
- Prueba directa de la permeabilidad en campo.

Métodos Indirectos:

- Cálculo a partir de la curva granulométrica.
- Cálculo a partir de la prueba de consolidación.
- Cálculo con la prueba horizontal de capilaridad.

MEDICIÓN DE LA PERMEABILIDAD

$$Q = K \cdot i \cdot A$$

$$\frac{Vol}{t} = K \cdot \frac{h}{L} \cdot A$$

$$K = \frac{Vol \cdot L}{t \cdot h \cdot A}$$

Permeámetro de carga constante.

MEDICIÓN DE LA PERMEABILIDAD

Permeámetro de carga variable.

$$Q = K \cdot i \cdot A$$

$$Q = K \cdot \frac{h}{L} \cdot A = -a \frac{dh}{dt}$$

$$\frac{KA}{aL} dt = - \frac{dh}{h}$$

$$\frac{KA}{aL} \int_{t=0}^{t=t_1} dt = - \int_{h_1}^{h_2} \frac{dh}{h}$$

$$\frac{KA}{aL} t = - \ln \left(\frac{h_2}{h_1} \right)$$

$$K = \frac{a \cdot L \cdot \ln \left(\frac{h_1}{h_2} \right)}{A \cdot t}$$

FLUJO A TRAVÉS DE SUELOS ESTRATIFICADOS. FLUJO HORIZONTAL.

$$q_1 = K_1 \cdot i \cdot d_1 = K_1 \cdot \frac{\Delta h}{L} \cdot d_1$$

$$q_2 = K_2 \cdot i \cdot d_2 = K_2 \cdot \frac{\Delta h}{L} \cdot d_2$$

$$q_3 = K_3 \cdot i \cdot d_3 = K_3 \cdot \frac{\Delta h}{L} \cdot d_3$$

$$q_h = q_1 + q_2 + q_3 \quad (3)$$

$$q_h = k_h \cdot \frac{\Delta h}{L} \cdot (d_1 + d_2 + d_3) \quad (1)$$

$$h_1 = h_2 = h_3 = \Delta h$$

FLUJO A TRAVÉS DE SUELOS ESTRATIFICADOS. FLUJO HORIZONTAL.

$$q_h = q_1 + q_2 + q_3$$

$$k_h \cdot \frac{\Delta h}{L} \cdot (d_1 + d_2 + d_3) = K_1 \cdot \frac{\Delta h}{L} \cdot d_1 + K_2 \cdot \frac{\Delta h}{L} \cdot d_2 + K_3 \cdot \frac{\Delta h}{L} \cdot d_3$$

$$k_h \cdot (d_1 + d_2 + d_3) = K_1 \cdot d_1 + K_2 \cdot d_2 + K_3 \cdot d_3$$

$$k_h = \frac{K_1 \cdot d_1 + K_2 \cdot d_2 + K_3 \cdot d_3}{d_1 + d_2 + d_3}$$

$$K_h = \frac{\sum K_i d_i}{\sum d_i}$$

FLUJO A TRAVÉS DE SUELOS ESTRATIFICADOS. FLUJO VERTICAL.

$$q_1 = K_1 \cdot i \cdot d_1 = K_1 \cdot \frac{\Delta h}{d_1} \cdot L$$

$$q_2 = K_2 \cdot i \cdot d_2 = K_2 \cdot \frac{\Delta h}{d_2} \cdot L$$

$$q_3 = K_3 \cdot i \cdot d_3 = K_3 \cdot \frac{\Delta h}{d_3} \cdot L$$

$$h = h_1 + h_2 + h_3 \quad (3)$$

$$q_v = k_v \cdot \frac{\Delta h}{d_1 + d_2 + d_3} \cdot L \quad (1)$$

$$q_v = q_1 = q_2 = q_3$$

FLUJO A TRAVÉS DE SUELOS ESTRATIFICADOS. FLUJO VERTICAL.

$$h = h_1 + h_2 + h_3$$

$$\frac{q_v \cdot (d_1 + d_2 + d_3)}{K_v \cdot L} = \frac{q_1 \cdot d_1}{K_1 \cdot L} + \frac{q_2 \cdot d_2}{K_2 \cdot L} + \frac{q_3 \cdot d_3}{K_3 \cdot L}$$

$$\frac{d_1 + d_2 + d_3}{K_v} = \frac{d_1}{K_1} + \frac{d_2}{K_2} + \frac{d_3}{K_3}$$

$$k_h = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{\frac{d_1}{K_1} + \frac{d_2}{K_2} + \frac{d_3}{K_3}}$$

$$K_v = \frac{\sum d_i}{\sum \frac{d_i}{K_i}}$$