



MECANICA DE SUELOS

Universidad Santo Tomas-Sede Villavicencio

Sergio Enrique Arguello Vera

Facultad de Ingeniería Civil

TABLA DE CONTENIDO

- RELACIONES VOLUMÉTRICAS Y GRAVIMÉTRICAS
- PERMEABILIDAD
- REDES DE FLUJO
- COMPACTACIÓN
- ESFUERZOS
- INCREMENTOS DE ESFUERZOS
- CONSOLIDACIÓN

RELACIONES VOLUMETRICAS Y GAVIMETRICAS

Demostraciones de las relaciones gravimétricas y volumétricas mas comunes

1. $n = \frac{e}{1+e}$

Solución

$$n = \frac{V_v}{V} \frac{V_v}{V_s + V_v} = \frac{\frac{V_v}{V_s}}{\frac{V_s}{V_s} + \frac{V_v}{V_s}}$$

$$\mathbf{n = \frac{e}{1 + e}}$$

2. $e = \frac{n}{1 - n}$

Solución

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_v}{V - V_v} = \frac{\frac{V_v}{V}}{\frac{V}{V} - \frac{V_v}{V}}$$

$$\mathbf{e = \frac{n}{1 - n}}$$

3. $w = \frac{\gamma_w S_r \cdot e}{\gamma_s}$

Solución

$$w = \frac{w_w}{w_s} = \frac{\gamma_w V_w}{\gamma_s V_s}$$

$$w = \frac{\gamma_w V_w}{\gamma_s V_s} \cdot \frac{V_v}{V_v}$$

$$w = \frac{\gamma_w}{\gamma_s} \cdot \frac{V_w}{V_v} \cdot \frac{V_v}{V_s}$$

$$\mathbf{w = \frac{\gamma_w S_r \cdot e}{\gamma_s}}$$

4. $n = 1 - \frac{\gamma_d}{\gamma_s}$

Solución

$$n = \frac{V_v}{V} = \frac{V - V_s}{V} = 1 - \frac{V_s}{V}$$

$$n = 1 - \frac{W_s / \gamma_s}{V} = 1 - \frac{W_s}{\gamma_s \cdot V}$$

$$n = 1 - \frac{V \cdot \gamma_d}{\gamma_s \cdot V}$$

$$\mathbf{n = 1 - \frac{\gamma_d}{\gamma_s}}$$

5. $e = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1$

Solución

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V - V_s}{V_s}$$

$$e = \frac{V}{V_s} - 1 = \frac{\frac{V}{W_s}}{\frac{W_s}{\gamma_s}} - 1$$

$$e = \frac{V \gamma_s}{W_s} - 1 = \frac{V \gamma_s}{\gamma_d V} - 1$$

$$\mathbf{e = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1}$$

6. $w = \frac{\gamma}{\gamma_d} - 1$

Solución

$$w = \frac{w_w}{w_s} = \frac{W - W_s}{W_s}$$

$$w = \frac{W}{W_s} - 1 = \frac{W}{\gamma_d V} - 1$$

$$\mathbf{w = \frac{\gamma}{\gamma_d} - 1}$$

$$7. n = \frac{\gamma_s - \gamma_{sat}}{\gamma_s - \gamma_w}$$

Solución

$$\begin{aligned} \gamma_{sat} &= \frac{\gamma_s + e \cdot \gamma_w}{(1+e)} \rightarrow \gamma_{sat}(1+e) = \gamma_s + e\gamma_w \rightarrow \dots \\ \rightarrow \gamma_{sat} + e\gamma_{sat} &= \gamma_s + e\gamma_w \rightarrow \dots \\ \rightarrow e\gamma_{sat} - e\gamma_w &= \gamma_s - \gamma_{sat} \rightarrow \dots \\ \rightarrow \left(\frac{n}{1-n}\right)(\gamma_{sat} - \gamma_w) &= \gamma_s - \gamma_{sat} \rightarrow \dots \\ \rightarrow n(\gamma_{sat} - \gamma_w) &= (1-n)\gamma_s - \gamma_{sat} \rightarrow \dots \\ \rightarrow n\gamma_{sat} - n\gamma_w &= \gamma_s - \gamma_{sat} - n\gamma_s + n\gamma_{sat} \rightarrow \dots \\ \rightarrow n\gamma_{sat} - n\gamma_w + n\gamma_s - n\gamma_{sat} &= \gamma_s - \gamma_{sat} \rightarrow \dots \\ \rightarrow -n\gamma_w + n\gamma_s &= \gamma_s - \gamma_{sat} \rightarrow \dots \\ \rightarrow n(-\gamma_w + \gamma_s) &= \gamma_s - \gamma_{sat} \rightarrow \dots \\ \rightarrow n &= \frac{\gamma_s - \gamma_{sat}}{\gamma_s - \gamma_w} \end{aligned}$$

$$8. e = \frac{\gamma_s - \gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w}$$

Solución

$$\begin{aligned} \gamma_{sat} &= \frac{\gamma_s + e \cdot \gamma_w}{(1+e)} \rightarrow \gamma_{sat}(1+e) = \gamma_s + e \cdot \gamma_w \rightarrow \dots \\ \rightarrow \gamma_{sat} + \gamma_{sat}e &= \gamma_s + e \cdot \gamma_w \rightarrow \dots \\ \rightarrow e\gamma_{sat} - e\gamma_w &= \gamma_s - \gamma_{sat} \rightarrow \dots \\ \rightarrow e(\gamma_{sat} - \gamma_w) &= \gamma_s - \gamma_{sat} \rightarrow \dots \\ \rightarrow e &= \frac{\gamma_s - \gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \end{aligned}$$

$$9. \quad w = Sr \gamma_w \left(\frac{1}{\gamma_d} - \frac{1}{\gamma_s} \right)$$

Solución

$$w = \frac{W_w}{W_s} = \frac{\gamma_w V_w}{W_s} = \frac{\gamma_w V_w}{W_s} \cdot \frac{V_v}{V_v}$$

$$w = \frac{\gamma_w V_v Sr}{W_s} = Sr \gamma_w \frac{V - V_s}{W_s}$$

$$w = Sr \gamma_w \left(\frac{V}{W_s} - \frac{V_s}{W_s} \right)$$

$$w = Sr \gamma_w \left(\frac{V}{\gamma_d \cdot V} - \frac{V_s}{\gamma_s \cdot V_s} \right)$$

$$w = Sr \gamma_w \left(\frac{1}{\gamma_d} - \frac{1}{\gamma_s} \right)$$

$$11. \quad Sr = \frac{w}{W_{sat}}$$

$$W_{sat} \rightarrow Sr = 100\%$$

$$\gamma_d \rightarrow \text{Constante}$$

Solución

$$\rightarrow W_{sat} = \frac{\gamma_w}{\gamma_s} \cdot \frac{V_v}{V_s} \rightarrow \dots$$

$$\rightarrow \frac{V_s \gamma_s W_{sat}}{\gamma_w} = V_v \rightarrow \dots$$

$$\rightarrow \frac{V_s \gamma_s W_{sat}}{\gamma_w} = \frac{V_w}{Sr} \rightarrow \dots$$

$$\rightarrow Sr = \frac{V_w \gamma_w}{V_s \gamma_s W_{sat}} \rightarrow \dots$$

$$\rightarrow Sr = \frac{W_w}{W_s W_{sat}} \rightarrow \dots$$

$$\rightarrow Sr = \frac{w}{W_{sat}}$$

$$10. \quad Sr = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \cdot \frac{w}{e}$$

Solución

$$Sr = \frac{V_w}{V_v} = \frac{\frac{W_w}{\gamma_w}}{\frac{V_s}{\gamma_s}}$$

$$Sr = \frac{W_w}{V_v \cdot \gamma_w \frac{V_s}{\gamma_s}}$$

$$Sr = \frac{W_w}{\gamma_w \cdot e V_s} = \frac{W_w}{\gamma_w \cdot e \frac{W_s}{\gamma_s}}$$

$$Sr = \frac{\gamma_s W_w}{\gamma_w \cdot e \cdot W_s}$$

$$Sr = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \cdot \frac{w}{e}$$

$$12. \quad \gamma = \gamma_s (1 + w) (1 - n)$$

Solución

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_w + W_s}{V_s + V_v} = \frac{W_s + w \cdot W_s}{V_s + e \cdot V_s}$$

$$\gamma = \frac{W_s (1 + w)}{V_s (1 + e)} = \gamma_s \frac{(1 + w)}{(1 + e)} \rightarrow \dots$$

$$\rightarrow \gamma = \gamma_s \frac{(1 + w)}{\left(1 + \frac{n}{1 - n}\right)} \rightarrow \dots$$

$$\rightarrow \gamma \left(1 + \frac{n}{1 - n}\right) = \gamma_s (1 + w) \rightarrow \dots$$

$$\rightarrow \gamma \left(\frac{1 - n + n}{1 - n}\right) = \gamma_s (1 + w) \rightarrow \dots$$

$$\rightarrow \gamma \left(\frac{1}{1 - n}\right) = \gamma_s (1 + w) \rightarrow \dots$$

$$\rightarrow \gamma = \gamma_s (1 + w) (1 - n)$$

$$13. \gamma = \gamma_s \frac{(1+w)}{(1+e)}$$

Solución

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_w + W_s}{V_s + V_v}$$

$$\gamma = \frac{W_s + w \cdot W_w}{V_s + e \cdot V_s}$$

$$\gamma = \frac{W_s(1+w)}{V_s(1+e)}$$

$$\gamma = \gamma_s \frac{(1+w)}{(1+e)}$$

$$14. \gamma = \frac{W_s}{V} (w + 1)$$

Solución

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_w + W_s}{V} \rightarrow \dots$$

$$\rightarrow \gamma V = (W_w + W_s) \cdot \frac{W_s}{W_s} \rightarrow \dots$$

$$\rightarrow \gamma V = (wW_s + W_s) \rightarrow \dots$$

$$\rightarrow \gamma V = W_s(w + 1) \rightarrow \dots$$

$$\rightarrow \gamma = \frac{W_s}{V} (w + 1)$$

$$15. \gamma = \gamma_d + n \cdot Sr \cdot \gamma_w$$

Solución

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_w + W_s}{V} \rightarrow \dots$$

$$\rightarrow \gamma V = (W_w + W_s) \cdot \frac{W_s}{W_s} \rightarrow \dots$$

$$\rightarrow \gamma V = \left(\frac{W_s^2}{W_s} + W_w \frac{W_s}{W_s} \right) \rightarrow \dots$$

$$\rightarrow \gamma V = W_s \left(\frac{W_w}{W_s} + 1 \right) \rightarrow \dots$$

$$\rightarrow \gamma = \frac{W_s}{V} \left(\frac{W_w}{W_s} + 1 \right)$$

$$\gamma = \gamma_d \left(1 + \frac{W_w}{W_s} \right)$$

$$\gamma = \gamma_d + \frac{W_w}{W_s} \frac{W_s}{V}$$

$$\gamma = \gamma_d + \frac{\gamma_w V_w}{W_s} \frac{W_s}{V} \frac{V_v}{V_v}$$

$$\gamma = \gamma_d + n \cdot Sr \cdot \gamma_w$$

$$16. \gamma = \frac{\gamma_s + e \cdot Sr \cdot \gamma_w}{1+e}$$

Solución

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_w + W_s}{V_s + V_v}$$

$$\gamma = \frac{W_s + w \cdot W_s}{V_s + e \cdot V_s}$$

$$\gamma = \frac{W_s(1+w)}{V_s(1+e)}$$

$$\gamma = \gamma_s \frac{(1+w)}{(1+e)}$$

$$\gamma = \frac{\left(\gamma_s + \gamma_s \cdot \frac{W_w}{W_s} \right)}{(1+e)}$$

$$\gamma = \frac{\left(\gamma_s + \frac{\gamma_w V_w}{W_s} \frac{W_s}{V_s} \right)}{(1+e)}$$

$$\gamma = \frac{\left(\gamma_s + \frac{\gamma_w V_w}{W_s} \frac{W_s}{V_s} \frac{V_v}{V_v} \right)}{(1+e)}$$

$$\gamma = \frac{\gamma_s + e \cdot Sr \cdot \gamma_w}{1+e}$$

$$17. \gamma = (1 - n)\gamma_s + n \cdot Sr \cdot \gamma_w$$

Solución

$$\gamma = \frac{\gamma_s + e \cdot Sr \cdot \gamma_w}{1 + e}$$

$$\gamma = \frac{\gamma_s + \left(\frac{n}{1-n}\right) \cdot Sr \cdot \gamma_w}{1 + \frac{n}{1-n}}$$

$$\gamma = \frac{\gamma_s + \left(\frac{n}{1-n}\right) \cdot Sr \cdot \gamma_w}{\frac{1-n+n}{1-n}}$$

$$\gamma = \frac{(1-n)\left(\gamma_s + \left(\frac{n}{1-n}\right) \cdot Sr \cdot \gamma_w\right)}{1}$$

$$\gamma = (1 - n)\gamma_s + n \cdot Sr \cdot \gamma_w$$

$$18. \gamma_d = (1 - n)\gamma_s$$

Solución

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{\gamma_s V_s}{V}$$

$$\gamma_d = \gamma_s \frac{(V - V_v)}{V}$$

$$\gamma_d = (1 - n)\gamma_s$$

$$19. \gamma_d = \frac{\gamma_s}{(1+e)}$$

Solución

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{\gamma_s V_s}{V_v + V_s}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_s V_s}{V_v + V_s}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_s V_s}{e V_s + V_s}$$

$$\gamma_d = \frac{V_s \gamma_s}{V_s (1 + e)}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_s}{(1 + e)}$$

$$20. \gamma' = (1 - n)(\gamma_s - \gamma_w)$$

Solución

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

$$\gamma' = \frac{\gamma_s + e \cdot \gamma_w}{(1+e)} - \gamma_w$$

$$\gamma' = \frac{\gamma_s (+e \cdot \gamma_w - \gamma_w 1 + e)}{(1+e)}$$

$$\gamma' = \frac{\gamma_s + e \gamma_w - \gamma_w - \gamma_w e}{(1+e)}$$

$$\gamma' = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{(1+e)}$$

$$\gamma' = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\left(1 + \frac{n}{1-n}\right)}$$

$$\gamma' = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\left(\frac{1-n+n}{1-n}\right)}$$

$$\gamma' = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\left(\frac{1}{1-n}\right)}$$

$$\gamma' = (1 - n)(\gamma_s - \gamma_w)$$

$$21. \gamma' = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{(1+e)}$$

Solución

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

$$\gamma' = \frac{\gamma_s + e \cdot \gamma_w}{(1+e)} - \gamma_w$$

$$\gamma' = \frac{\gamma_s(+e \cdot \gamma_w - \gamma_w 1 + e)}{(1+e)}$$

$$\gamma' = \frac{\gamma_s + e\gamma_w - \gamma_w - \gamma_w e}{(1+e)}$$

$$\gamma' = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{(1+e)}$$

$$22. \gamma' = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_s} \gamma_d$$

Solución

$$\gamma' = (1 - n)(\gamma_s - \gamma_w)$$

$$\gamma' = \left(1 - \frac{V_v}{V}\right)(\gamma_s - \gamma_w)$$

$$\gamma' = \left(\frac{V - V_v}{V}\right)(\gamma_s - \gamma_w)$$

$$\gamma' = \left(\frac{V_s}{V}\right)(\gamma_s - \gamma_w)$$

$$\gamma' = \left(\frac{\frac{W_s}{\gamma_s}}{\frac{1}{1}}\right)(\gamma_s - \gamma_w)$$

$$\gamma' = \left(\frac{W_s}{\gamma_s V}\right)(\gamma_s - \gamma_w)$$

$$\gamma' = \left(\frac{\gamma_d}{\gamma_s}\right)(\gamma_s - \gamma_w)$$

$$\gamma' = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_s} \gamma_d$$

PERMEABILIDAD

- I. Con los siguientes datos obtenga el coeficiente de permeabilidad **K**.

Longitud de la muestra del suelo	381 mm
Área de la muestra de suelo:	19,4 cm ²
Área de la bureta	0,97 cm ²
La diferencia de carga en el tiempo t= 0	635 mm.
La diferencia de carga en el tiempo t= 8 min	305 mm.

Solución

1. Para poder hallar el coeficiente **k** utilizamos la siguiente ecuación:

$$k = \frac{2,303 * \log_{10} \frac{h_1}{h_2} * a * L}{A (t_2 - t_1)}$$

2. Reemplazamos en la ecuación con los datos dados en el enunciado.

$$k = \frac{2,303 * \log_{10} \frac{635}{302} * 0,97 \text{ cm}^2 * 38,1 \text{ cm}}{19,4 \text{ cm}^2 (480 - 0) \text{ s}}$$

$$k = 2,91086 \times 10^{-3} \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

- II. Para una prueba de permeabilidad de carga constante en laboratorio sobre una arena fina, se dan los siguientes valores:

Longitud de la muestra del suelo	30 cm
Diámetro de la muestra de suelo:	15 cm
Diferencia de carga	50 cm
Agua recolectada en 5 min	350 cm ³
Reducción de vacíos	0,46

Determine:

- A. Conductividad hidráulica , k , del suelo (cm/s).
- B. Velocidad de descarga (cm/s).
- C. Velocidad de filtración (cm/s).

Solución

1. Para el inciso **a** hallamos el componente **k** utilizando la siguiente ecuación:

$$k = \frac{350 \text{ cm}^3}{\frac{50}{30} * \left(\frac{\pi(15)^2}{4} \right) * (300 \text{ s})}$$

$$k = 3,96 \times 10^{-3} \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

2. Para hallar la velocidad de descarga, utilizamos la ecuación de la **ley de Darcy**:

$$v = k * i$$

$$v = 3,96 \times 10^{-3} \frac{\text{cm}}{\text{s}} * \left(\frac{50}{30} \right)$$

$$v = 6,6 \times 10^{-3} \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

3. Para hallar la velocidad de infiltración, utilizamos la siguiente ecuación:

$$v_i = \frac{v}{n}$$

$$v_i = \frac{6,6 \times 10^{-3}}{0,46}$$

$$v_i = 0,0143 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

- III. Estime la conductividad hidráulica equivalente (cm/s), para el flujo en la dirección horizontal. También calcule la relación de **Kv** y **Kh**.

$k = 2 \times 10^{-3} \frac{cm}{s}$	1,5 m
$k = 2 \times 10^{-4} \frac{cm}{s}$	1 m
$k = 10^{-4} \frac{cm}{s}$	1,5 m
$k = 3 \times 10^{-4} \frac{cm}{s}$	1 m

Solución

1. Para poder hallar el flujo horizontal utilizamos la siguiente ecuación:

$$k_{eqh} = \frac{[(2 \times 10^{-3} * 150 \text{ cm}) + (2 \times 10^{-4} * 100 \text{ cm}) + (10^{-4} * 150 \text{ cm}) + (3 \times 10^{-4} * 100)]}{500}$$

$$k_{eq} = 7,3 \times 10^{-4} \frac{cm}{s}$$

2. Para hallar el flujo vertical utilizamos la siguiente ecuación:

$$k_{eqv} = \frac{500}{\frac{2 \times 10^{-3}}{150} + \frac{2 \times 10^{-4}}{100} + \frac{10^{-4}}{150} + \frac{3 \times 10^{-4}}{150}}$$

$$k_{eq} = 2,076 \times 10^{-4} \frac{cm}{s}$$

3. Para hallar la relación de **Kv** y **Kh** realizamos una división entre el **Kv** sobre el **Kh**.

$$\frac{K_{veq}}{K_{heq}} = \frac{2,076 \times 10^{-4} \frac{cm}{s}}{7,3 \times 10^{-4} \frac{cm}{s}} = 0,28$$

IV. Explique que factores pueden afectar el coeficiente hidráulico o de permeabilidad (**K**) y este que significa.

Solución

K es la facilidad con la que el agua se puede ver en el suelos y los factores que influyen son C_c , C_u , la forma y orientación de las partículas, volumen de vacíos, porosidad del suelos, granulometría y volumen de solidos.

REDES DE FLUJO

I. Se muestra una red de flujo (Figura 1.) en torno de una estructura de contención compuesta por una fila de 50 pilotes con diámetro 0.8 m en una capa de suelo permeable. Si se asume que el suelo es isotrópico y que el coeficiente de permeabilidad es de 3.96×10^{-5} m/s , calcular:

A. Caudal de infiltración. El caudal total de infiltración será calculado de acuerdo a lo aprendido en la clase y multiplicado por el ancho de nuestra estructura de contención.

B. Presión hidrostática en la punta del pilote.

C. Carga hidráulica en el punto marcado con una x y denotado como **S** mostrado en la figura 1.

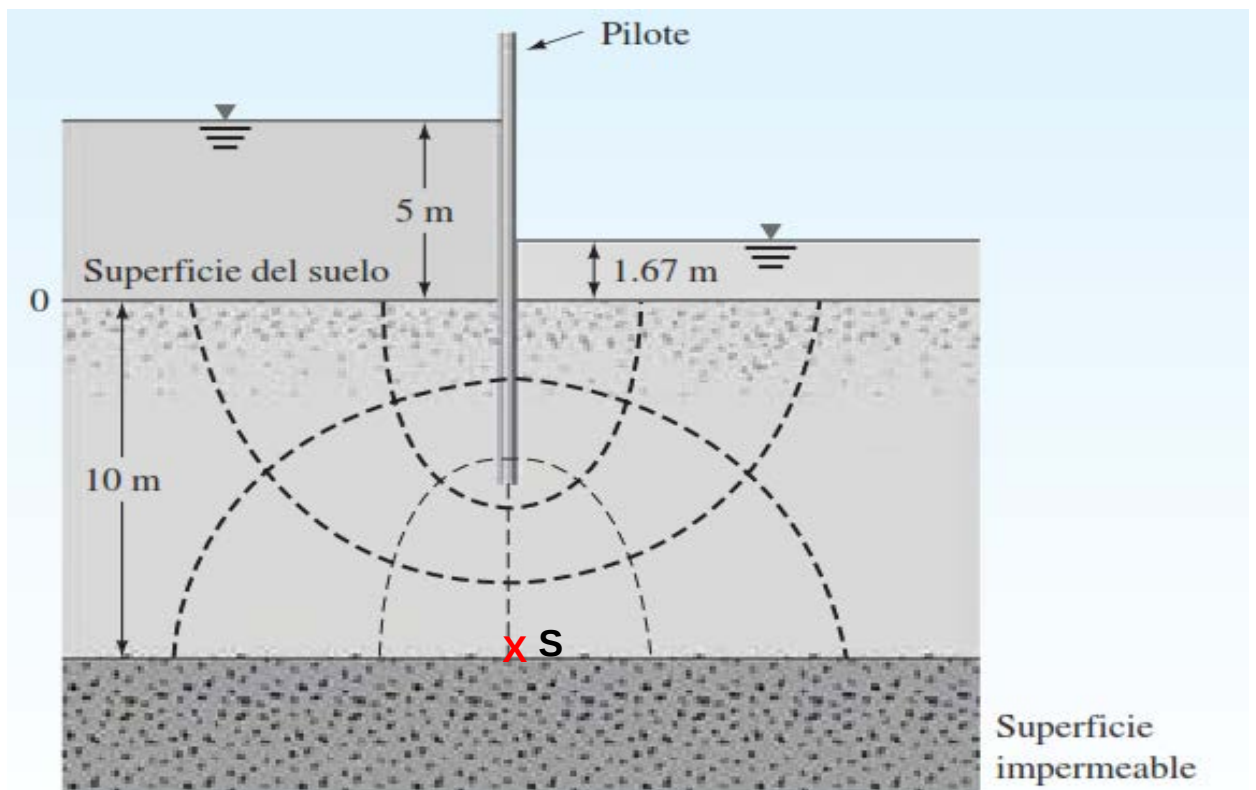
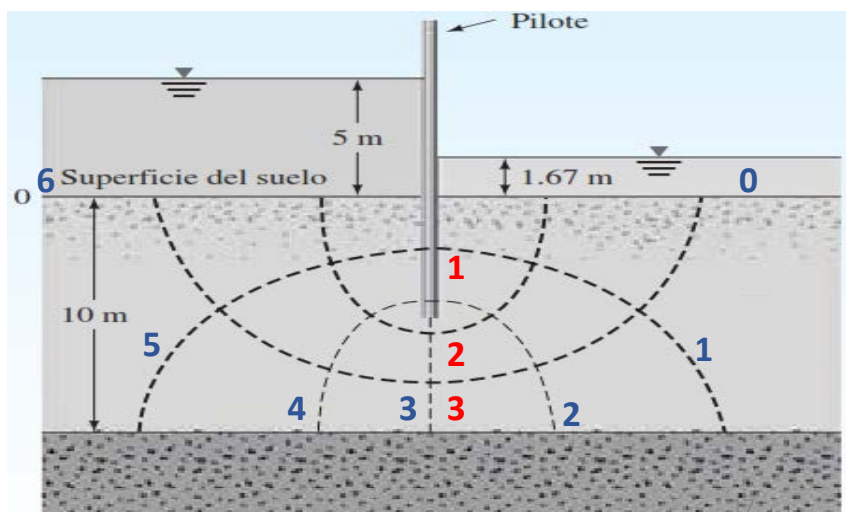


FIGURA 1

Solución

1. Contamos la cantidad de Líneas Equipotenciales (ND) y Líneas de Flujo (NF).

- NF= 3
- ND= 6



2. Para solucionar el inciso **a** usaremos la siguiente ecuación y reemplazamos con los datos dados.

$$Q = \frac{K \cdot \Delta h}{ND} * NF * l_{Transversal}$$

$$Q = 3,96 \times 10^{-5} \frac{m}{s} * \frac{(5-1,67)m}{6} * 30 * 40m$$

$$Q = 2,64^{-3} m^3/s$$

3. Para solucionar el inciso **c** usaremos la ecuación siguiente ecuación para primero hallar la carga hidráulica **h**.

$$h = \frac{\Delta h}{ND}$$

$$h = \frac{(5-1,67)m}{6}$$

$$h = 0,555 m$$

4. Una vez obtenida la carga hidráulica (**h**), hallamos la carga hidráulica en el punto **S**.

$$h_s = \text{cargas aguas abajo} + (h * \#Euipotencial)$$

$$h_s = 1,67 m + (0,555 m * 3)$$

$$h_s = 3,335 m$$

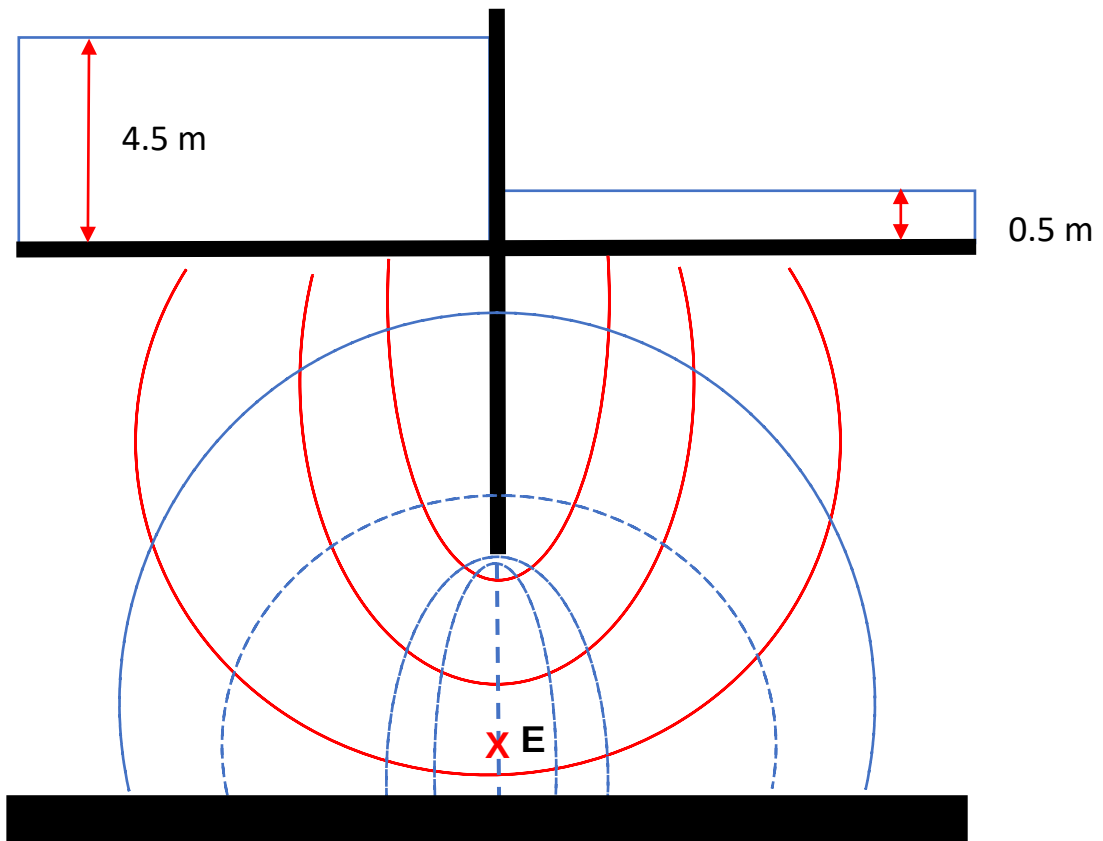
5. Para solucionar obtener la presión hidrostática pedida en el inciso **b** usamos la siguiente ecuación.

$$p_n = \gamma_w (h_s - Z_n)$$

$$p_n = 9,81 (3,335 - (-5,26))$$

$$p_n = 84,32 Kpa$$

- II. La siguiente red de flujo tiene un coeficiente de permeabilidad k de $1 \times 10^{-8} \frac{m}{s}$ y tiene 50 pilotes con un diámetro de 60 cm. Calcular:
- El caudal
 - Hallar la presión en el punto **E** y el peso mínimo de cada cilindro



Solución

$$A. \Delta h = \text{Agua arriba} - \text{Aguas abajo}$$

$$\Delta h = 4,5m - 0,5m$$

$$\Delta h = 4m$$

$$Q = k * \frac{\Delta h}{ND} * NF * L$$

$$Q = 1 \times 10^{-8} \frac{m}{s} * \frac{4m}{10} * 4 * (50 * 0,6m)$$

$$Q = 4,8 \times 10^{-7} \frac{m^3}{s}$$

$$B. \quad H_e = 0,5 + (0,4(5))$$

$$H_e = 2,5 \, m$$

$$H_e = \frac{p_E}{\gamma_s} + Z_E$$

$$2,5 \, m = \frac{p_E}{10 \, kN/m} - 6 \, m$$

$$p_E = (2,5 - (-6)(10))$$

$$p_E = \mathbf{85 \, Kpa}$$

$$w = \rho * A$$

$$w = 85 \, Kpa * 0,28 \, m^2$$

$$\mathbf{w = 23,8 \, kN}$$

II. Se muestra una red de flujo en torno de una estructura de contención que tiene una lámina de agua de 30 pies aguas arriba y 1 pie aguas abajo en una capa de suelo permeable. Si se asume que el suelo es isotrópico, y el coeficiente de permeabilidad es, calcular:

A. Caudal de infiltración. El caudal total de infiltración será calculado de acuerdo a lo aprendido en la clase y multiplicado por el ancho de nuestra estructura de contención que para el caso será de 0,1 millas.

B Presión intersticial en la punta del pilote.
Carga hidráulica en el punto marcado con una x y denotado como **S** mostrado en la figura 2

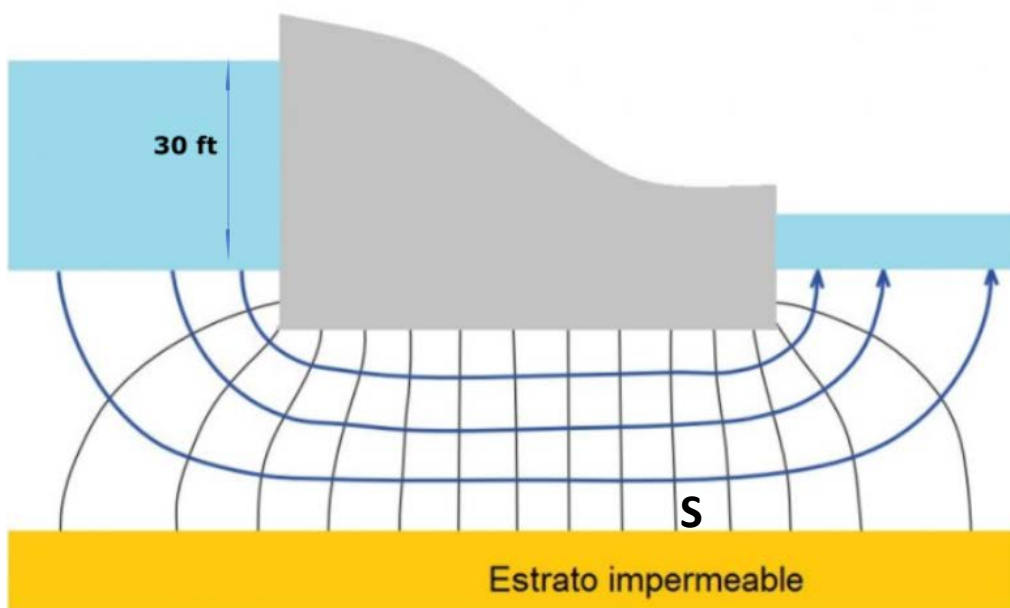
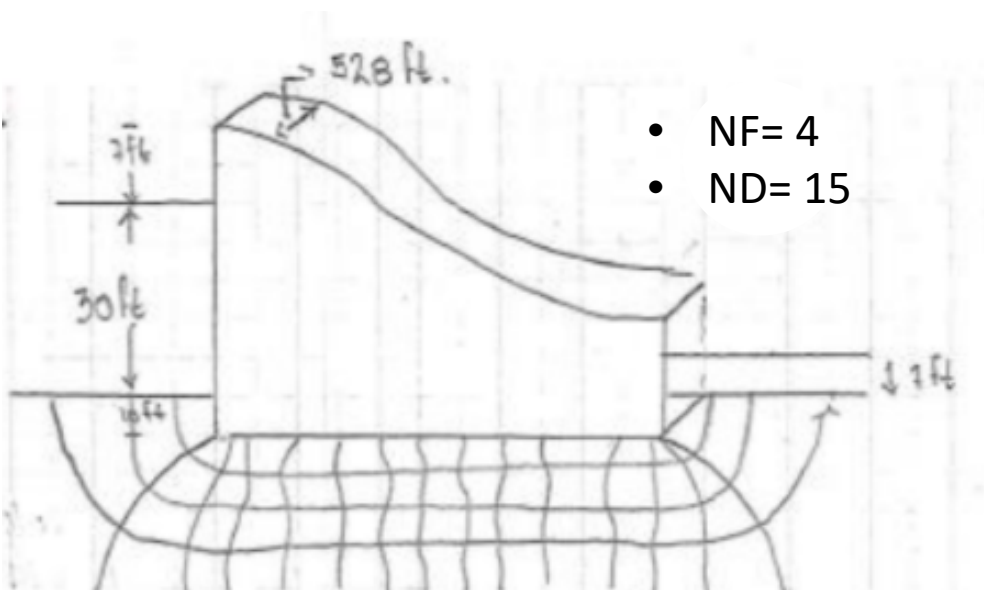


FIGURA 2

Solución



a.

$$q = k * \frac{\Delta h * NF * L}{ND}$$

$$q = \frac{\frac{1 \times 10^{-5} m}{s} * \left[23 * \frac{1}{3,28084} \right] * 4 * \left[528 * \frac{1}{3,28084} \right]}{15}$$

$$q = 3,009 \times 10^{-3} m^3/s$$

b.

$$h_s = \text{cargas aguas abajo} + \left(\frac{\Delta h}{ND} * \#Equipotencial \right)$$

$$h_s = 7 \text{ ft} + \left(\frac{23}{15} * 5 \right)$$

$$h_s = 14,7 \text{ ft}$$

$$\mu_s = \gamma_w (h_s - Z)$$

$$\mu_s = 10 \text{ kN/m}^2 (25 - 14,7) \text{ ft}$$

$$\mu_s = 31,4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

COMPACTACIÓN

- i. La densidad seca máxima a la que se debe compactar un terraplén sobre la vía a Cáqueza es 1,876 kg/m³. Después de varias horas de vibro compactador el grado de compactación no alcanzo los niveles exigidos, y en un acto desesperado y no ético, el Ing. Residente decide manipular los ensayos para alcanzar el valor de la densidad seca solicitada. Dados los valores del ensayo **¿cuál será el valor de la densidad de la arena de Ottawa que debe escribir el Ing. Residente para alcanzar el valor solicitado?**

Masa de la jarra + cono + arena (antes de su uso)	7,59 kg
Masa de la jarra + cono + arena (después de su uso)	4,78 kg
Calibrada masa de arena de Ottawa para llenar el cono	0,545 kg
Masa de suelo húmedo del agujero	3,007 kg
Contenido de humedad del suelo húmedo	10,2

Solución

1. Masa de Arena de Ottawa que se gastó en el cono.

$$m_{4(\text{cono})} = m_1 - m_2$$

$$m_{4(\text{cono})} = 7.59 - 4.78$$

$$m_{4(\text{cono})} = 2.81 \text{ kg}$$

2. Masa de Arena de Ottawa que se gastó en el agujero

$$m_{5(\text{agujero})} = m_4 - m_3$$

$$m_{5(\text{agujero})} = 2.81 - 0.545$$

$$m_{5(\text{agujero})} = 2.265 \text{ kg}$$

3. Densidad máxima a la que debe estar el suelo natural

$$\rho_{suelo\ natural} = \rho d(1 + w)$$

$$\rho_{suelo\ natural} = 1876(1 + 0.102)$$

$$\rho_{suelo\ natural} = 2067.352\ kg/m^3$$

4. Volumen del agujero

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho}$$

$$V_{agujero} = \frac{m_{suelo\ húmedo}}{\rho_{suelo\ natural}}$$

$$V_{agujero} = \frac{3.007}{2067.352}$$

$$V_{agujero} = 0.001454$$

5. Densidad de la arena de Ottawa

$$\rho_{arena\ Ottawa} = \frac{m_{5(agujero)}}{V_{agujero}}$$

$$\rho_{arena\ Ottawa} = \frac{2.265}{0.001454}$$

$$\rho_{arena\ Ottawa} = 1557.2\ kg/m^3$$

- II. De acuerdo con las medidas presentadas a continuación y los datos dados en el aula calcular la energía de compactación de los ensayos de **Proctor estándar** y **Proctor modificado**.

Código del Producto	Descripción	Diámetro Interno	Altura del Cuerpo
UTS-0600	Molde Proctor Estándar	101.6 ± 0.4 mm	116.4 ± 0.5 mm
UTS-0604	Molde Proctor Modificado	152.4 ± 0.7 mm	116.4 ± 0.5 mm

Solución

1. MODELO DE PROCTOR ESTANDAR

$$K_C = \frac{W_m * h_c + N_c}{\nabla ol}$$

$$\varnothing = (101,6mm) \left(\frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} \right) \left(\frac{1 \text{ ft}}{30,48 \text{ cm}} \right)$$

$$K_C = \frac{5,5 \text{ lb} * 1 \text{ ft} * 3 * 25}{\frac{\pi}{4} * \left(\frac{1}{3} \right)^2 * \frac{97}{254}}$$

$$K_C = 12377,66 \text{ lbft/ft}^3$$

2. MODELO DE PROCTOR MODIFICADO

$$K_C = \frac{10 \text{ lb} * 1,5 \text{ ft} * 56 * 5}{\frac{\pi}{4} * \left(\frac{1}{2} \right)^2 * \frac{97}{254}}$$

$$K_C = 56012,04 \text{ lbft/ft}^3$$

III. Siendo el residente de una obra que busca compactar una carpeta granular, se reciben tres volquetas doble-troques (volumen por volqueta 17 m³) que juntas traían 96, 9 Ton en total de material de cantera, con un Gs= 2,65 y una humedad del 4%. Al interpretar el ensayo de Proctor modificado del material se concluye que debe compactarse a una humedad del 13% para alcanzar su máxima densidad seca. De acuerdo a estos valores que cantidad de agua en litros deberá ser agregada (Tomar densidad del agua 1gr/cm³)

Solución

$$1. \quad \omega = \frac{mw}{ms} \rightarrow mw = \omega ms \quad 3. \quad \Delta Agua = m_d \cdot (1 + \omega_2) - m_d \cdot (1 + \omega_1)$$

$$m_{Total} = ms + mw$$

$$\Delta Agua = m_d \cdot (1 + \omega_2 - 1 - \omega_1)$$

$$m_{Total} = ms + \omega ms$$

$$\Delta Agua = M_d \cdot (\omega_2 - \omega_1)$$

$$2. \quad m_d = \frac{m}{1 + \omega}$$

$$\Delta Agua = \frac{m}{1 + \omega} \cdot (\omega_2 - \omega_1)$$

$$\Delta Agua = m_2 - m_1$$

$$\Delta Agua = \frac{96900}{1 + 0.04} \cdot (0.13 - 0.04)$$

$$m_1 = m_d \cdot (1 + \omega_1)$$

$$m_2 = m_d \cdot (1 + \omega_2)$$

$$\Delta Agua = 8386 \text{ Kg}$$

$$4. \quad \rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho}$$

$$V_{agua} = \frac{8386000 \text{ gr}}{1 \text{ gr/cm}^3}$$

$$V_{agua} = 8386000 \text{ cm}^3 \cdot \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ cm}^3}$$

$$V_{agua} = 8386 \text{ L}$$

IV. Los resultados de un Proctor modificado realizado al material utilizado en la corona del terraplén de la vía Villavicencio – Acacias arrojó la siguiente ecuación:

$$\rho d = -0,0116w^2 + 0,4084w - 1,6334$$

La ecuación está escrita para las humedades como porcentaje y ρd en g/cm³; asumir g=9.81 m/s². Calcule el peso específico máximo en (kN/m³) y la humedad optima

Y los resultados de los ensayos de cono y arena para evaluar el GC del terraplén arrojaron lo siguientes datos para el valor de peso específico seco.

Prueba 1	17,87 kN/m ³
Prueba 2	16,65 kN/m ³
Prueba 3	17,17 kN/m ³
Prueba 4	15,99 kN/m ³
Prueba 5	17,00 kN/m ³

Teniendo en cuenta los resultados evalúe como interventor si aceptaría o no el lote compactado. Emita un concepto a través del cálculo de G.C.

Solución

1. Hallamos el peso especifico seco máximo y la humedad optima.

$$W \text{ Óptima } (\%) = \frac{-b}{2a}$$

$$W \text{ Óptima } (\%) = \frac{-0.4084}{2(-0.0116)}$$

$$W \text{ Óptima } (\%) = 17.603$$

$$\rho d = -0,0116w^2 + 0,4084w - 1,6334$$

$$\rho d = -0,0116(17.603)^2 + 0,4084(17.603) - 1,6334$$

$$\rho d = 1.961 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho d = 19.240 \text{ KN/m}^3$$

2. Valor medio de la muestra

$$Vm = \frac{\sum Vi}{n}$$

$$Vm = \frac{17.87 + 16.65 + 17.17 + 15.99 + 17.00}{5}$$

$$Vm = 16.936 \text{ KN/m}^3$$

3. Desviación estándar de la muestra

$$s = \sqrt{\frac{\sum (Vi - Vm)^2}{n - 1}}$$

$$s = \sqrt{\frac{(17.87 - 16.94)^2 + (16.65 - 16.94)^2 + (17.17 - 16.94)^2 + (15.99 - 16.94)^2 + (17.00 - 16.94)^2}{5 - 1}}$$

$$s = 0.691 \text{ KN/m}^3$$

4. Factor que establece los límites del intervalo de confianza, k

PROBABILIDAD, p (%)	NÚMERO DE RESULTADOS, n									
	p	4	5	6	7	8	9	10	11	12
60		0.138	0.121	0.109	0.100	0.093	0.087	0.083	0.078	0.075
70		0.292	0.254	0.228	0.209	0.194	0.182	0.172	0.163	0.156
75		0.382	0.331	0.297	0.271	0.251	0.235	0.222	0.211	0.201
80		0.489	0.421	0.375	0.342	0.317	0.296	0.279	0.265	0.253
85		0.625	0.532	0.472	0.429	0.396	0.369	0.348	0.330	0.314
90		0.819	0.686	0.603	0.544	0.500	0.466	0.437	0.414	0.394
95		1.177	0.953	0.823	0.734	0.670	0.620	0.580	0.546	0.518
99		2.270	1.676	1.374	1.188	1.060	0.965	0.892	0.833	0.785

GC_i (90) ≥ 90.0 % (Cimiento y núcleo)

GC_i (90) ≥ 95.0 % (Corona)

Teniendo en cuenta una probabilidad del 90%, el tamaño de la muestra (5), y la tabla mostrada anteriormente se determina el factor k=0.686.

5. Límite inferior y Límite superior

Límite inferior

$$Vi(p) = Vm - k(p) \times s$$

$$Vi(p) = 16.936 - 0.686 \times 0.691$$

$$Vi(p) = \mathbf{16.462 \text{ KN/m}^3}$$

Límite superior

$$Vi_{sup}(p) = Vm + k(p) \times s$$

$$Vi_{sup}(p) = 16.936 + 0.686 \times 0.691$$

$$Vi_{sup}(p) = \mathbf{17.410 \text{ KN/m}^3}$$

6. Grado de Compactación Inferior

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,m\acute{a}x}} \times 100$$

$$GC_i = \frac{16.462}{19.24} \times 100$$

$$GC_i = \mathbf{85.56 \%}$$

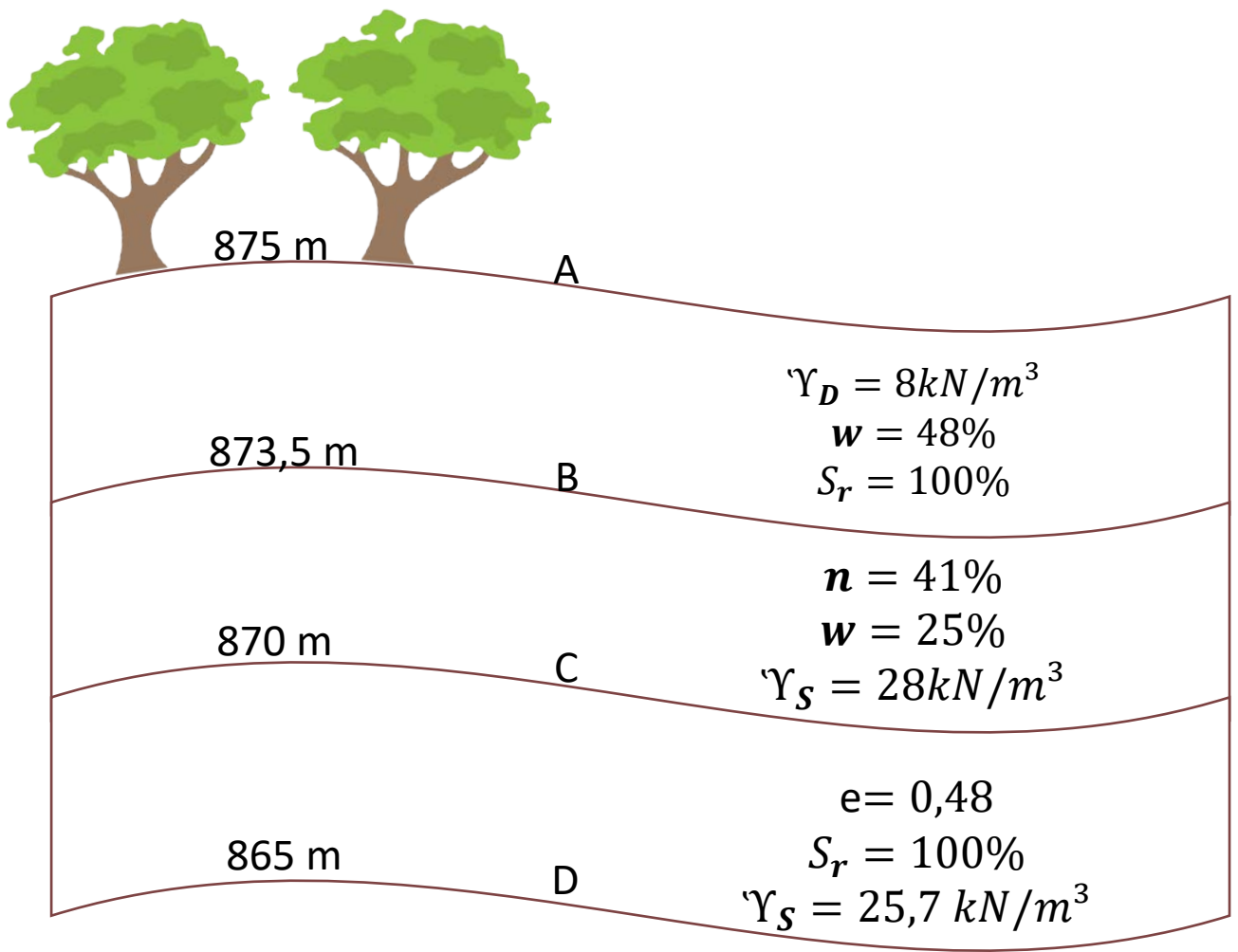
7. Criterio de aceptación e

$$GC_i(90) \geq \mathbf{95.0\%}$$

**No aceptaría ese lote compactado teniendo en cuenta que el grado de compactación es aproximadamente 10% menor al esperado.*

ESFUERZOS

- I. Calcule el esfuerzo total, la presión de agua intersticial y el esfuerzo efectivo en los puntos A, B, C, D.



Solución

Primer Estrato

$$\gamma = \gamma_S(1 + w)$$

$$\gamma = 8 \text{ kN/m}^3 (1 + 0,48)$$

$$\gamma = 11,48$$

$$\nabla b = \gamma * Z$$

$$\nabla b = 11,48 * 1,5$$

$$\nabla b = 17,16$$

$$u_B = 1,5 * 9,81$$

$$u_B = 14,715$$

Segundo Estrato

$$\nabla = 20,65 * 3,5$$
$$\nabla = 72,275$$
$$\nabla_c = 72,275 + 17,16$$
$$\nabla_c = \mathbf{90,035}$$

$$\mu_c = 5 * 9,81$$
$$\mu_c = \mathbf{49,05}$$

$$\gamma = \gamma_s \left(\frac{(1 + w)}{(1 + e)} \right)$$
$$\gamma = 28 \text{ kN/m}^3 \left(\frac{(1 + 0,25)}{(1 + 0,695)} \right)$$
$$\gamma = \mathbf{20,65}$$

Tercer Estrato

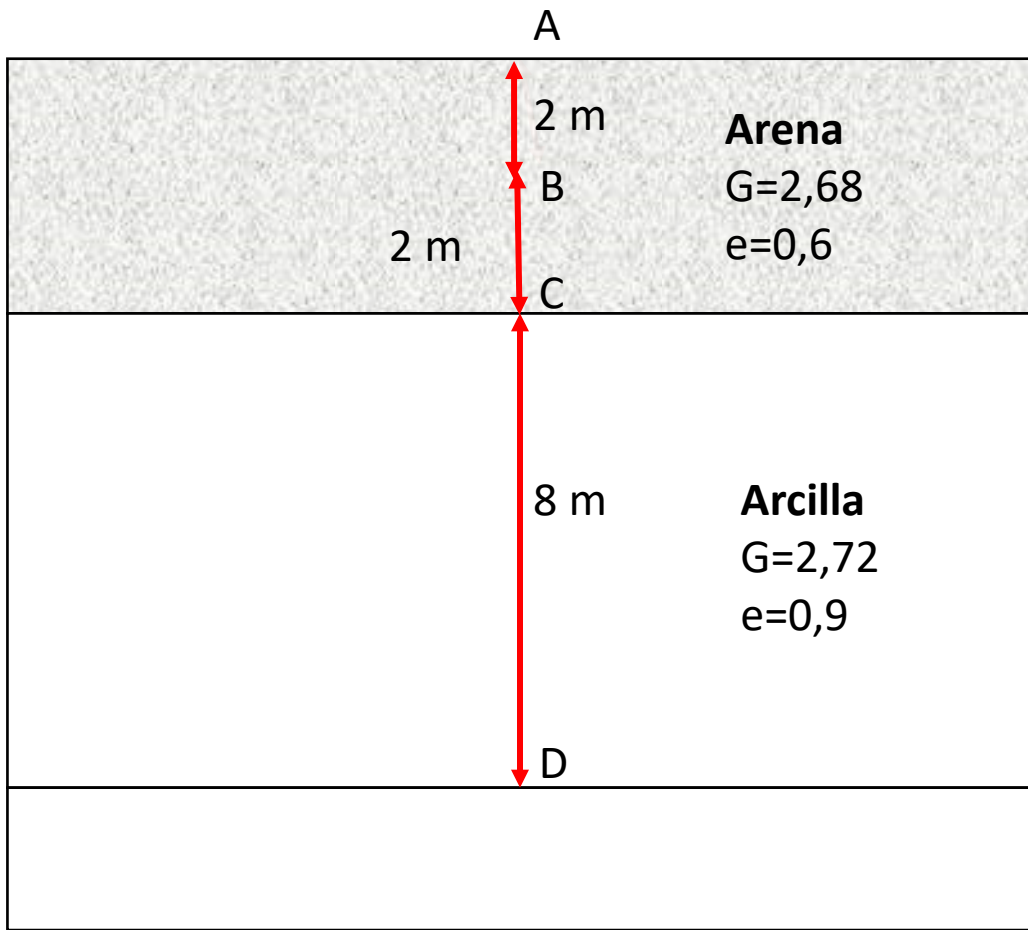
$$\gamma = \frac{\gamma_s + e * \gamma_w * S_R}{1 + e}$$
$$\gamma = 20,016$$

$$\nabla = 20,016 * 5$$
$$\nabla = 100,080 + \nabla_c$$

$$\mu_c = 10 * 9,81$$
$$\mu_c = \mathbf{98,1}$$

	∇	μ	∇'
A	0	0	0
B	17,76	14,715	3,048
C	90,035	49,05	40,985
D	193,285	98,1	95,185

- II. Calcule el esfuerzo total, presión de poro y el esfuerzo efectivo.



Solución

$$\gamma_D = \frac{\gamma_{D*} G_S}{1 + e}$$

$$\gamma_D = \frac{2,68 * 981}{1 + 0,6}$$

$$\gamma_D = 16,43 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{Sat} = \frac{(\gamma_D + e) \gamma_W}{1 + e}$$

$$\gamma_{Sat} = \frac{(2,71 + 0,9) * 9,81}{1 + 0,9}$$

$$\gamma_{Sat} = 18,69 \text{ kN/m}^3$$

Primer Estrato

$$\nabla' = \nabla - U$$
$$\nabla = 2(16,43)$$
$$\nabla = 32,86 \text{ kN/m}^3$$

Segundo Estrato

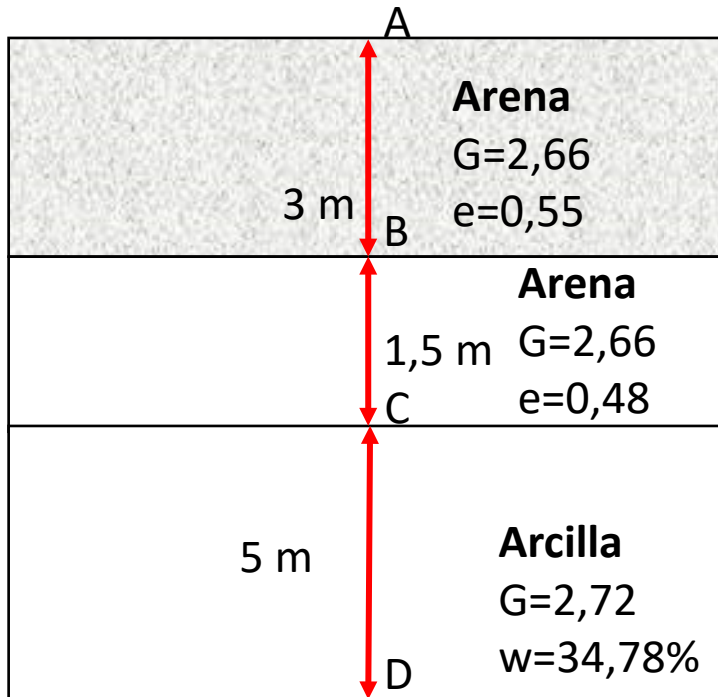
$$\nabla' = \nabla - U$$
$$\nabla = 4(16,43)$$
$$\nabla = 65,72 \text{ kN/m}^3$$

Tercer Estrato

$$\nabla = 4(16,43) + 8(18,69)$$
$$\nabla = 215,24 \text{ kN/m}^3$$
$$U = 9,81(8)$$
$$U = 78,48 \text{ kN/m}^2$$
$$\nabla' = \nabla - U$$
$$\nabla' = 136,76$$

	∇	U	∇'
A	0	0	0
B	32,86	0	32,86
C	65,72	0	65,72
D	215,24	78,48	136,76

III. Calcule el esfuerzo total, presión de poro y el esfuerzo efectivo.



Solución

Primer Estrato

$$V_s = 1 \text{ m}^3$$

$$V_s = 0,55 \text{ m}^3$$

$$V_m = 1,55 \text{ m}^3$$

$$\gamma_D = \frac{W_s}{V_m}$$

$$\gamma_D = \frac{26,09 \text{ kN}}{1,55 \text{ m}^3}$$

$$\gamma_D = 16,83 \text{ kN/m}^3$$

$$V_s = \frac{W_s}{V_s * \gamma_w}$$

$$W_s = G_s * V_s * \gamma_w$$

$$W_s = 2,66 * 1 \text{ m}^3 * 9,81 \text{ kN/m}^3$$

$$W_s = 26,09 \text{ kN}$$

Segundo Estrato

$$V_s = 1\text{ m}^3$$

$$V_s = 0,48\text{ m}^3$$

$$V_m = \mathbf{1,48\text{ m}^3}$$

$$W_s = G_s * V_s * \gamma_w$$

$$W_s = 2,66 * 1\text{ m}^3 * 9,81\text{kN/m}^3$$

$$W_s = \mathbf{26,09\text{ kN}}$$

$$\gamma_w = \frac{W_w}{V_m}$$

$$W_w = V_w * \gamma_w$$

$$W_w = 0,48 * 9,81\text{ kN/m}^3$$

$$W_w = \mathbf{4,71\text{ kN/m}^3}$$

$$\gamma_{sat} = \frac{W_s + W_w}{V_m}$$

$$\gamma_{sat} = \frac{26,09 + 4,71}{1,48}$$

$$\gamma_{sat} = \mathbf{20,81\text{kN/m}^3}$$

Tercer Estrato

$$W_s = 1\text{ kN}$$

$$W_w = w * W_s$$

$$W_w = \mathbf{0,3478\text{ kN}}$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s * \gamma_w}$$

$$V_s = \frac{1\text{ kN}}{2,74(9,81\frac{\text{kN}}{\text{m}^3})}$$

$$V_s = \mathbf{0,0372\text{ m}^3}$$

$$V_w = \frac{W_w}{\gamma_w}$$

$$V_w = \frac{0,3478\text{ kN}}{9,81\text{ kN/m}^3}$$

$$V_w = 0,0355\text{ m}^3$$

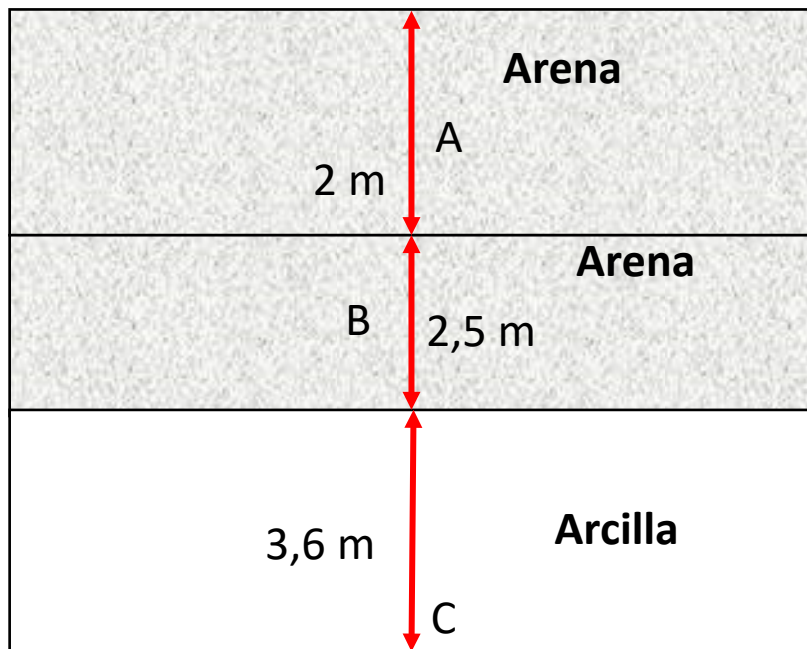
$$\gamma_{sat} = \frac{W_s + W_w}{V_m + V_s}$$

$$\gamma_{sat} = \frac{1\text{ kN} + 0,3478\text{ kN}}{0,0372\text{ m}^3 + 0,0355\text{ m}^3}$$

$$\gamma_{sat} = \mathbf{18,54\text{ kN/m}^3}$$

	∇	U	∇'
A	0	0	0
B	50,49	0	50,49
C	81,71	14,72	66,99
D	174,41	63,77	110,64

- IV. Determine la magnitud del esfuerzo efectivo en los puntos A, B y C para el perfil dado. Los puntos A y B se encuentran a 0,8 m y 3,3 m desde superficie respectivamente. El nivel freático está a 2,0 m desde la superficie.



Solución

Primer Estrato

$$\nabla = \gamma_{Sat} * Z_A$$

$$\nabla = 15 \frac{kN}{m^3} * 0,8 m$$

$$\nabla = 12 Kpa$$

$$U = \gamma_W - Z_{WA}$$

$$U = 0 Kpa$$

$$\nabla' = \nabla - U$$

$$\nabla' = 12 Kpa$$

Segundo Estrato

$$U = \gamma_w - Z_{WB}$$
$$\nabla = 15 \frac{kN}{m^3} * 2\,m * 1,3\,m$$
$$\nabla = 51,9\,Kpa$$

$$U = 9,81 \frac{kN}{m^3} * 1,3\,m$$
$$U = 12,8\,Kpa$$
$$\nabla' = \nabla - U$$
$$\nabla' = 39,1\,Kpa$$

Tercer Estrato

$$\nabla = 15 \frac{kN}{m^3} * 2\,m + 16,8 \frac{kN}{m^3} * 2,5\,m + 17,2 \frac{kN}{m^3} * 3,6\,m$$
$$\nabla = 133,9\,Kpa$$

$$U = \gamma_w - Z_{WC}$$
$$U = 9,81 \frac{kN}{m^3} * 6,1\,m$$
$$U = 59,8\,Kpa$$
$$\nabla' = \nabla - U$$
$$\nabla' = 74,1\,Kpa$$

	∇	U	∇'
A	12	0	12
B	51,9	12,8	39,1
C	133,9	59,8	74,1

INCREMENTO DE ESFUERZOS

- I. El edificio de llano alto, fue construido sobre una extensa llanura que tiene depósitos de suelo residual, arena limosa hasta los 20m, importante destacar que el nivel freático se encuentra a 2m de profundidad. La distancia entre la zapata más próxima a la vía y el borde de la vía Catama es de aproximadamente 5m y el ingeniero calculista indicó que a una profundidad de 3m el incremento de esfuerzo efectivo es de 3.825 KPa. Indique la carga que recibe la zapata (TONELADAS). Escriba únicamente la cifra sin unidades y tome la gravedad como 10 m/s².

DATOS GENERALES	
h	20 m
NF	2 m
r	8 m
z	6 m
$\Delta\sigma$	2,06 Kpa

Solución

$$Q = \frac{2\pi * z^2 * \Delta\sigma}{3 * \left(\frac{1}{\left(1 + \left(\frac{r}{z} \right)^2 \right)^{5/2}} \right)}$$

$$Q = \frac{2\pi * 6^2 * 2,06 \text{ Kpa}}{3 * \left(\frac{1}{\left(1 + \left(\frac{8}{6} \right)^2 \right)^{5/2}} \right)}$$

$$Q = (1997,432 \text{ kN}) * \left(\frac{1 \text{ Ton}}{10 \text{ kN}} \right)$$

$$\mathbf{Q = 199,74 \text{ Ton}}$$

- II. El perfil estratigráfico de un lote se describe como una arena saturada con una porosidad del 48% y un $G_s = 2.65$ de mm de espesor sobre una arena limosa más densa con un peso específico de 23.5 KN/m^3 de profundidad desconocida. Si la relación de Poisson para los dos suelos es de 0.3. El esfuerzo total horizontal a una profundidad de 6m. Tome g como 10 m/sg^2 .

Datos Específicos		
Arena Saturada	n	0.48
	G_s	2.65
	h	3 m
Arena Limosa	γ_2	23.5 KN/m^3
	h	¿?

Datos Generales	
v	0.3
z	6 m
w	10 KN/m^3

Solución

$$e = \frac{n}{1 - n}$$

$$e = \frac{0,48}{1 - 0,48}$$

$$e = 0,923$$

$$w = \frac{e}{G_s}$$

$$w = \frac{0,923}{2,65}$$

$$w = 0,348$$

$$\gamma_1 = \gamma_w * G_s * \frac{1 + w}{1 + e}$$

$$\gamma_1 = 10 \text{ kN/m}^3 * 2,65 * \frac{1 + 0,348}{1 + 0,923}$$

$$\gamma_1 = 18,58 \text{ kN/m}^3$$

$$\Delta\sigma = \gamma_1 * h + (\gamma_2 * (z - h))$$

$$\Delta\sigma = 18,58 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * 3 \text{ m} + 23,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * (6\text{m} - 3\text{m})$$

$$\Delta\sigma = 126,24 \text{ Kpa}$$

III. El perfil estratigráfico de un lote se describe como una arena saturada con una porosidad del 48% y un $G_s = 2.65$ de 3m de espesor sobre un Arena limosa más densa con un peso específico de 23.5 KN/m³ de profundidad desconocida. Si la relación de Poisson para los dos suelos es de 0.3. El esfuerzo total a una profundidad de 6m. Tome g como 10m/s².

Datos Específicos		
Arena Saturada	n	0.48
	Gs	2.65
	h	3 m
Arena Limosa	y2	23.5 KN/m3
	h	¿?

Datos Generales	
v	0.3
z	6 m
w	10 KN/m3

Solución

$$e = \frac{n}{1 - n}$$

$$e = \frac{0,48}{1 - 0,48}$$

$$e = 0,923$$

$$w = \frac{e}{G_s}$$

$$w = \frac{0,923}{2,65}$$

$$w = 0,348$$

$$\gamma_1 = \gamma_w * G_s * \frac{1 + w}{1 + e}$$

$$\gamma_1 = 10 \text{ kN/m}^3 * 2,65 * \frac{1 + 0,348}{1 + 0,923}$$

$$\gamma_1 = 18,58 \text{ kN/m}^3$$

$$\Delta\sigma = \gamma_1 * h + (\gamma_2 * (z - h))$$

$$\Delta\sigma = 18,58 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * 3 \text{ m} + 23,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * (6\text{m} - 3\text{m})$$

$$\Delta\sigma = 126,24 \text{ Kpa}$$

$$\Delta\sigma = \gamma_1 + h + (\gamma_1 * (z - h))$$

$$\Delta\sigma = 18,58 \frac{kN}{m^3} * 3 m + 23,5 \frac{kN}{m^3} * (6m - 3m)$$

$$\Delta\sigma = 126,24 Kpa$$

$$K_o = \frac{\nu}{1 - \nu}$$

$$K_o = \frac{0,3}{1 - 0,3}$$

$$K_o = 0,43$$

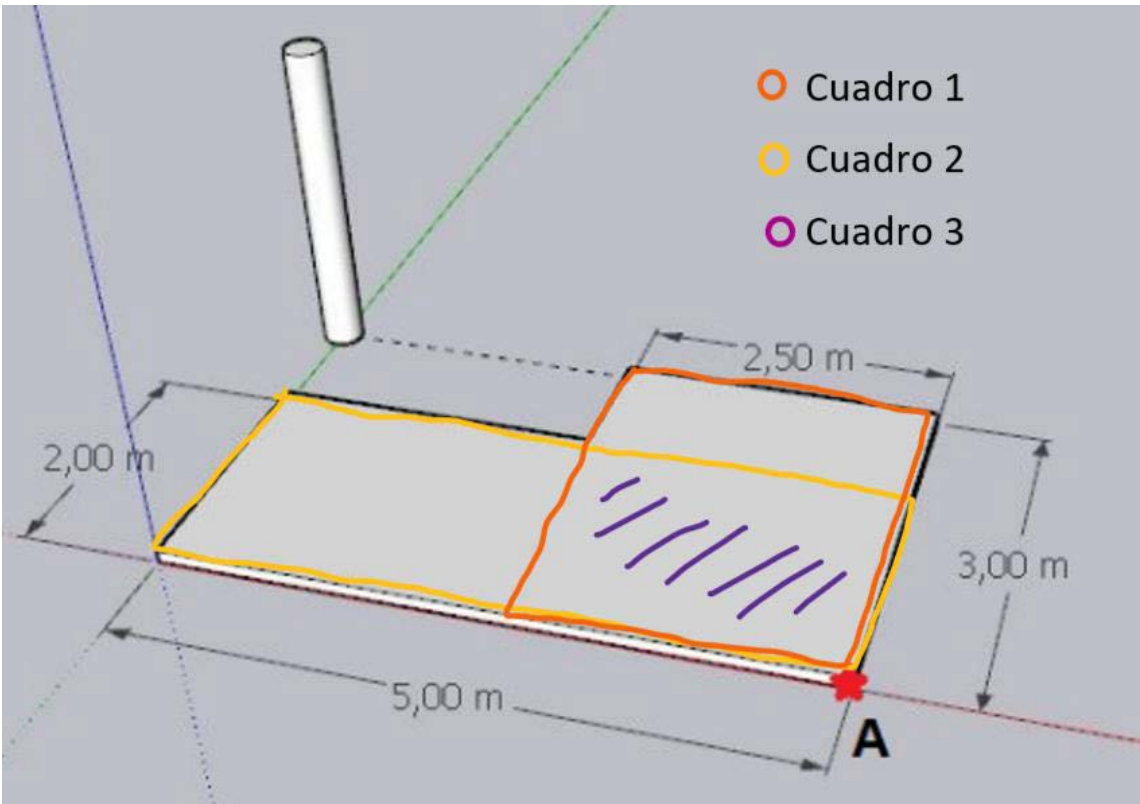
$$\Delta\sigma_h = \Delta\sigma_v * K_o$$

$$\Delta\sigma_h = 126,24 Kpa * 0,43$$

$$\Delta\sigma_h = 54,103 Kpa$$

IV. De acuerdo con la siguiente figura, calcule el incremento de esfuerzos producidos por una carga de 5kg/cm² en la placa de cimentación y 700KN en la columna dibujada a una profundidad de 6m en el punto marcado con una A.

DATOS GENERALES	
Carga Rectangular	500 Kpa
Carga Puntual	700 kN
Profundidad	6 m



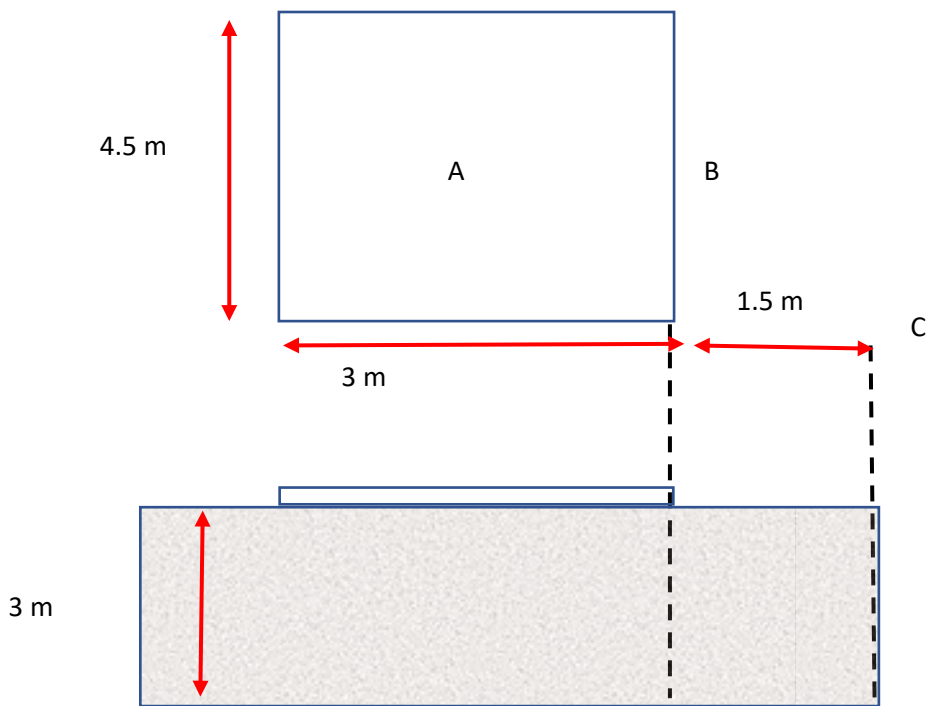
Solución

No Elemento	m	n	I_o	$\Delta\sigma$	
CUADRO 1	$\frac{2,5}{6} = 0,42$	$\frac{3}{6} = 0,42$	0,073	$0,073 * 500 \text{ Kpa} = 36,711 \text{ Kpa}$	
CUADRO 2	$\frac{5}{6} = 0,83$	$\frac{2}{6} = 0,33$	0,081	$0,081 - 500\text{Kpa} = 40,74 \text{ Kpa}$	$40,74 - 26,79 = 13,95 \text{ Kpa}$
CUADRO 3	$\frac{2,5}{6} = 0,42$	$\frac{2}{6} = 0,33$	0,054	$0,054 - 500\text{Kpa} = 26,79 \text{ Kpa}$	
Puntual	-			$\frac{3 * 700 \text{ kN}}{2\pi * (6 \text{ m})^2} * \left[\frac{1}{1 + \left(\frac{\sqrt{34}}{6}\right)^2} \right]^{\frac{5}{2}}$ $= 1,8 \text{ kN}$	

$$\Delta\sigma=36,711 \text{ Kpa}+67,524 \text{ Kpa}+1,8 \text{ Kpa}$$

$$\Delta\sigma=54,421 \text{ Kpa}$$

- V. Una losa rectangular de 3 x 4,5 m descansa sobre una masa de suelo. La carga de la losa es 2025 kN. Determine el incremento de esfuerzo vertical a una profundidad de 3m.



- a) Bajo el centro de la losa
- b) En el punto B

Solución

$$q_s = \frac{Q}{A}$$

$$q_s = \frac{2025 \text{ kN}}{(3 * 4,5)m}$$

$$q_s = 150 \text{ Kpa}$$

$$\Delta\sigma_z = q_s * I_z$$

$$I_z = 0,107$$

$$\Delta\sigma_z = 150 \text{ Kpa} * 0,107$$

$$\Delta\sigma_z = 16,05 \text{ Kpa}$$

$$\Delta\sigma_z = 16,05 * 4$$

$$\Delta\sigma_z = 64,2 \text{ Kpa}$$

CONSOLIDACIÓN

- I. En el perfil de un suelo donde será construido un edificio está conformado por una camada de arena fina de $10.4m$ de espesor sobre una camada de arcilla blanda normalmente consolidada con $2m$ de espesor. Debajo de la camada de arcilla existe un depósito de arena gruesa. El nivel freático se encuentra localizado a $3m$ de la superficie. El índice de vacíos de la arcilla es de 0.76 y su coeficiente de compresibilidad volumétrica es de $1.04 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{kN}$. El peso del edificio aumentará el valor del esfuerzo vertical en 140 KPa . Sabiendo que el K de permeabilidad es igual a 10^{-8} m/s el tiempo estimado para obtener el 1cm de asentamiento es:

Datos Específicos			
Arena Fina	h	10.4	m
Arcilla Blanda	h	2	m
	e	0.76	
	Mv	1.04×10^{-4}	m^2/KN
	Sp	1	cm
	k	1×10^{-8}	m/sg
Datos Generales			
Q	140	Kpa	
w	9.81	KN/m^3	
NF	3	m	

Solución

$$1. \quad S_p = Q * h_{espesor} * M_v$$

$$S_p = 140Kpa * 2m * 1,04x10^{-4}m^2/kN$$

$$S_p = 2,912 \text{ cm}$$

$$\% = \frac{S_{p-inicial}}{S_{p-final}}$$

$$\% = \frac{1 \text{ cm}}{2,912 \text{ cm}} x 100$$

$$\% = \mathbf{34,34\%}$$

$$2. \quad C_v = \frac{k}{Y_w * M_z}$$

$$C_v = \frac{1 \times 10^{-8} m/s}{\frac{9,81 \text{ kN}}{m^3} * \frac{1,04 \times 10^{-8} m^2}{kN}}$$

$$\mathbf{C_v = 9,8016 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}}$$

$$3. \quad T_v = \frac{\pi}{4} x \frac{\left(\frac{34,34\%}{100}\right)^2}{\left(1 - \left(\frac{34,34\%}{100}\right)^{5,6}\right)^{0,357}}$$

$$\mathbf{T_v = 0,0927}$$

$$4. \quad d = 2m$$

$$t = \frac{0,0927 x \frac{2 \text{ m}}{9,80169 \times 10^{-6} m^2/s}}{3600 \text{ s}}$$

$$\mathbf{t = 10,712 \text{ hrs}}$$

- II. Un estrato de arcilla normalmente consolidada en el campo tiene un espesor de 3,2 m con un esfuerzo efectivo promedio de 70 kN/m². Una prueba de consolidación de la arcilla en el laboratorio dio los resultados siguientes:

PRESIÓN (kN/m ²)	RELACIÓN DE VACÍOS
100	0,905
200	0,815

- a) Determine el índice de compresión, C_c
b) Si el esfuerzo efectivo promedio sobre la capa de arcilla de $(\sigma'_o + \Delta\sigma')$ se incrementa a 115 kN/m², ¿Cuál será el asentamiento total por consolidación?

Solución

a)

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log\left(\frac{\sigma'_2}{\sigma'_1}\right)}$$

$$S_c = \frac{\Delta e}{1 + e_o} * H_c$$

$$C_c = \frac{0,905 - 0,815}{\log\left(\frac{200}{100}\right)}$$

$$\Delta e = C_c * \log\left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\Delta\sigma'}\right)$$

$$C_c = 0,299$$

$$\Delta e = 0,299 * \log\left(\frac{115}{70}\right)$$

$$\Delta e = 0,064$$

b)

$$e_o = C_c * \log\left(\frac{\sigma'_2}{\sigma'_1}\right) + e_2$$

$$e_o = 0,299 * \log\left(\frac{200}{70}\right) + 0,815$$

$$S_c = \frac{0,064}{1,951} * 3,2 \text{ m}$$

$$S_c = 105 \text{ mm}$$

- IV. Un estrato arcilloso de 6m, doblemente drenado, con un coeficiente de consolidación $C_v = 0,5 \frac{m^2}{mes}$ recibe una carga. ¿Cuánto tiempo tardará en asentarse 500 cm si dicha carga producirá un asentamiento de 60 cm?

Solución

$$C_v = 0,5 \frac{m^2}{mes}$$

$$U(\%) = 60 \text{ cm} = 100\%$$

$$T_v = 1,781 - 0,933 \log(100 - U)$$

$$U = \frac{50}{60} * 100$$

$$T_v = 1,781 - 0,933 \log(100 - 83,33)$$

$$T_v = 0,641$$

$$U = 83,33\%$$

$$C_v = \frac{T_v * H_{dr}^2}{t}$$

$$t = \frac{T_v * H_{dr}^2}{C_v}$$

$$t = \frac{0,641 * (3 \text{ m})^2}{0,5 \text{ m}^2/mes}$$

$$t = 11,538 \text{ meses}$$

- V. El coeficiente de consolidación de una arcilla es $4,92 \times 10^{-4} \frac{cm^2}{s}$. El estrato en cuestión, de 6m de espesor está situado entre 2 capas de arena bajo la carga impuesta por un edificio. Diga en cuanto tiempo (en días) alcanzará la arcilla el 50% de consolidación primaria.

Solución

$$T = \frac{C_s * t}{H^2}$$

$$t = \frac{(300 \text{ cm})^2 * 0,197}{4,92 \times 10^{-4} \text{ cm/s}}$$

$$t = 417 \text{ días}$$