# Ejercicios
# Consolidación unidimensional
# y resistencia al corte

(84.07) Mecánica de Suelos y Geología

M. Codevilla: mcodevilla@fi.uba.ar

# Ejercicio 1

En un depósito de arcillas saturadas de doce metros de espesor (OCR=1.0, ω=LL=63%, $C_v$= $10^{-6}$ $m^2$/seg, $G_s$=2.70, $C_c$=0.009*(LL-10), $C_r/C_c$=0.1, $C_\alpha/C_c$=0.06, drenaje libre por ambas caras) se construirá una playa de contenedores con una carga de diseño $q = 50kPa$ Previo a la construcción de la playa, se aplicó una precarga uniforme de gran extensión compuesta por un terraplén (γ=19 kN/$m^3$, h=4.0m) durante 200 días. Pasados los 200 días se retiró por completo la precarga y se construyó el pavimento estructural de la playa para recibir la carga de diseño.

Se pide determinar:

a) El asentamiento por consolidación primaria al momento de retirar la precarga.
b) El asentamiento por consolidación primaria al momento de colocar la carga de diseño (nota: despreciar la recuperación elástica del terreno durante el retiro de la precarga).

| U (%) | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 99.9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tv | 0.008 | 0.031 | 0.070 | 0.125 | 0.196 | 0.282 | 0.403 | 0.567 | 0.848 | 2.714 |

$$T_v = \frac{\pi}{4}\left(\frac{U}{100}\right)^2 \quad \text{for } U < 60\%$$

$$T_v = 1.781 - 0.933 \log(100 - U) \quad \text{for } U \geq 60\%$$

# Pensemos antes de resolver

- ¿Se entiende el proceso de carga-descarga?
- ¿Cómo cambian las presiones efectivas durante el proceso?

# Solución ejercicio 1

**datos**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| H_terreno | 12 | m | LL | 63 | |
| g_terraplen | 19 | kN/m3 | LP | 30 | |
| H_terraplén | 4 | m | Cc | 0,48 | |
| t_ terraplén | 200 | días | Cr | 0,04 | |
| Gs | 2,7 | | Calfa | 0,03 | |
| q_diseño | 50 | kPa | Cv | 1,00E-06 | m2/seg |
| q_terraplen | 76 | kPa | | | |
| w | 63% | | | | |
| gd_suelo | 9,8 | kN/m3 | | | |
| g_suelo | 16,0 | kN/m3 | | | |

**resolución a)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| e0 | 1,70 | | |
| s´v0 | 35,9 | kPa | |
| Tv_terraplén | 0,48 | | |
| U_200d | 75,2% | | |
| As_cons prim | 1,05 | m | |
| **As_200d** | **0,79** | **m** | **asentamiento a 200 días al retirar precarga q_terr=76kPa** |

**resolución b)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| s´v0 max_200d | 93 | kPa | se asume a mitad de estrato |
| H_terreno | 11,21 | m | nueva altura de terreno descontado asentamiento 200d |
| **As_cons prim** | **0,06** | **m** | **asentamiento total por consolid. 1º para q_diseño=50kPa** |

# Ejercicio 2

En un depósito de arcillas saturadas de cinco metros de espesor (OCR=1.0, $C_v$= $10^{-6}$ $m^2$/seg, drenaje libre por ambas caras) se instalaron drenes verticales en toda su área. Sobre el depósito se aplicará una carga uniforme de 50 kPa ¿ Es de esperar que los asentamientos por consolidación primaria se den en un tiempo mayor o menor a 196 días ? Justifique su respuesta.

# Solución ejercicio 2

**datos**

| | | |
|---|---|---|
| H_terreno | 5 | m |
| q | 50 | kPa |
| t | 196 | días |
| Cv | 1,00E-06 | m2/seg |

**resolución**

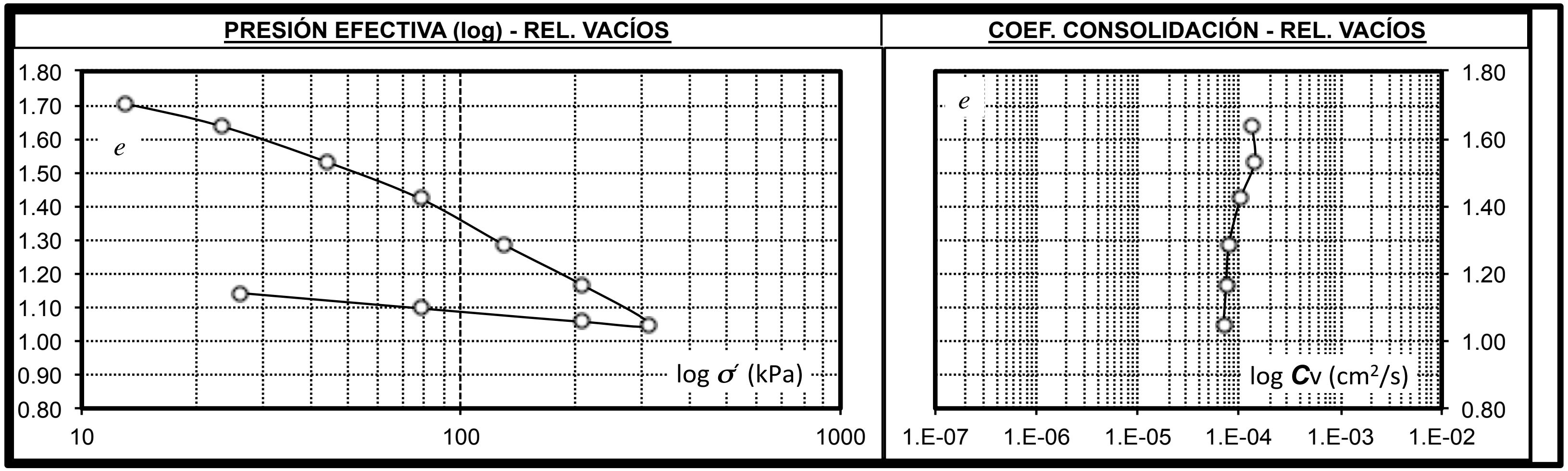
| | |
|---|---|
| Tv_196d | 2,71 |
| U_196d | 99,9% |

**Como en 196d se alcanza la consolidación primaria sin drenes verticales, es de esperar menor tiempo instalando drenes**

# Ejercicio 3

- Calcular el asentamiento que experimentará un perfil geotécnico bajo una carga uniforme de 50kPa con las siguientes características:
  $\mathrm{NF} = NTN, USCS = CH, H = 9.0m, \omega \sim 59\%$

Ensayo de consolidación realizado en laboratorio sobre el perfil geotécnico en estudio



# Ejercicio 5 (ejercicio 3.7 M2)

Sobre un depósito de arcillas no cementadas se extrajeron 4 testigos inalterados sobre los cuales se efectuaron ensayos triaxiales R´(consolidado – no drenado). La presión de confinamiento efectiva (fin de etapa de consolidación) para cada ensayo ha sido $\sigma´_3 = 1.2 - 2.2 - 4.25\ y\ 8.5\ kg/cm^2$, tal como se indica en la Figura 3-1.

- represente el estado de tensiones efectivas en la falla utilizando círculos de mohr;
- determine los valores de presión neutra en la falla;
- determine los valores de resistencia al corte no drenada $s_u$.
- determine los parámetros efectivos resistentes de la arcilla;

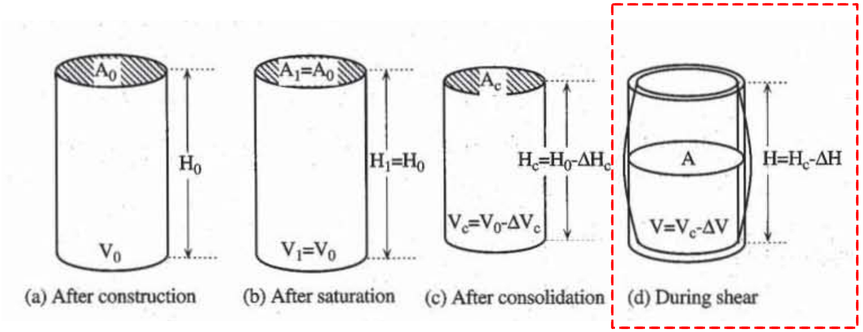
nota: Para cada ensayo, el símbolo en cruz “X” representa el par de valores $\sigma´_{1f} - \sigma´_{3f}$ al momento de alcanzar la falla, luego de haber experimentado la trayectoria de tensiones no lineal posterior a la etapa de consolidación isotrópica.

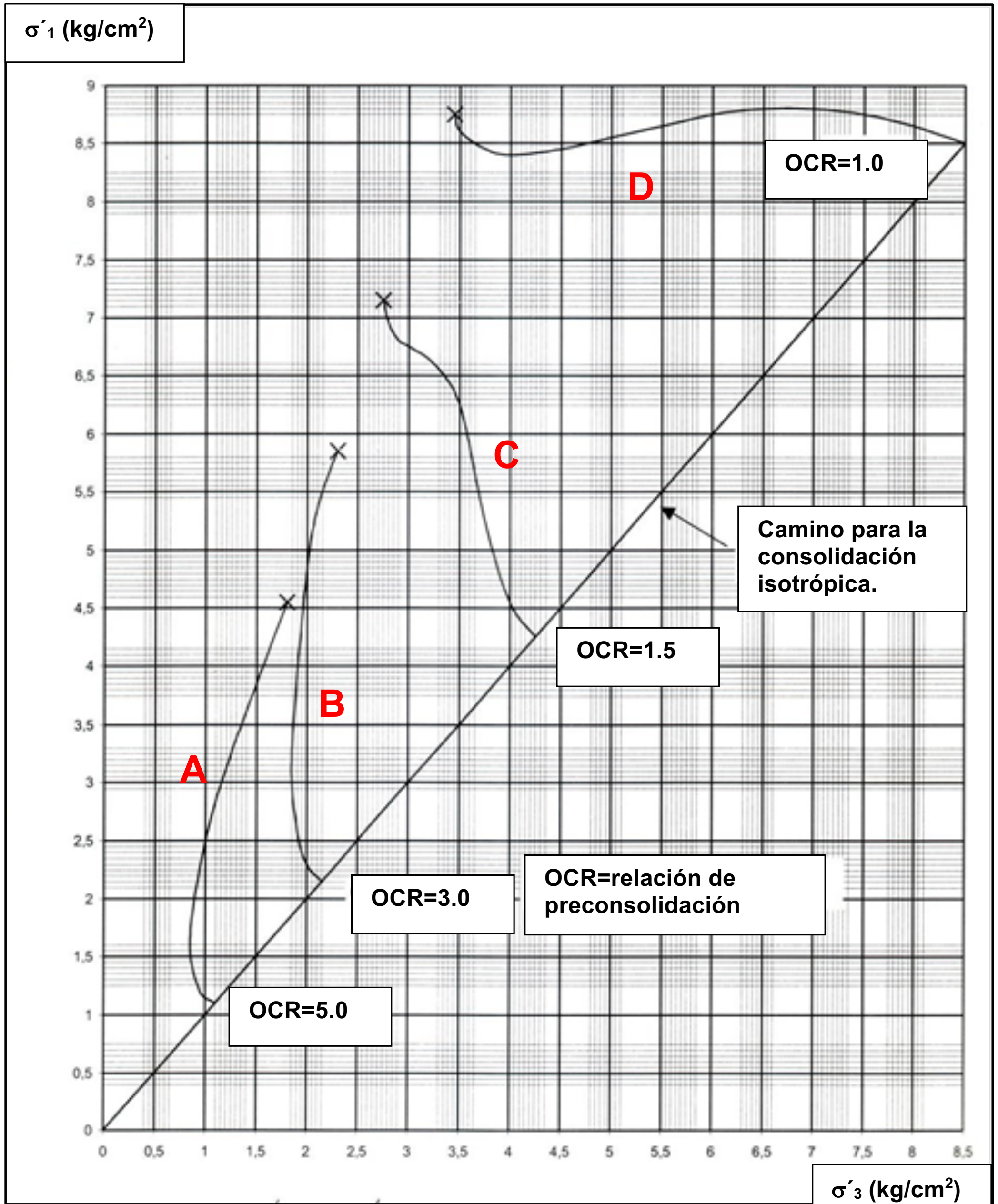
# Solución ejercicio 5 (ejercicio 3.7 M2)

Etapas del ensayo R´

- 1º montaje muestra
- 2º saturación
- 3º consolidación isotróp.
- 4º ruptura (falla) en condición no drenada

R´o S




Bardet J. Experimental soil mechanics

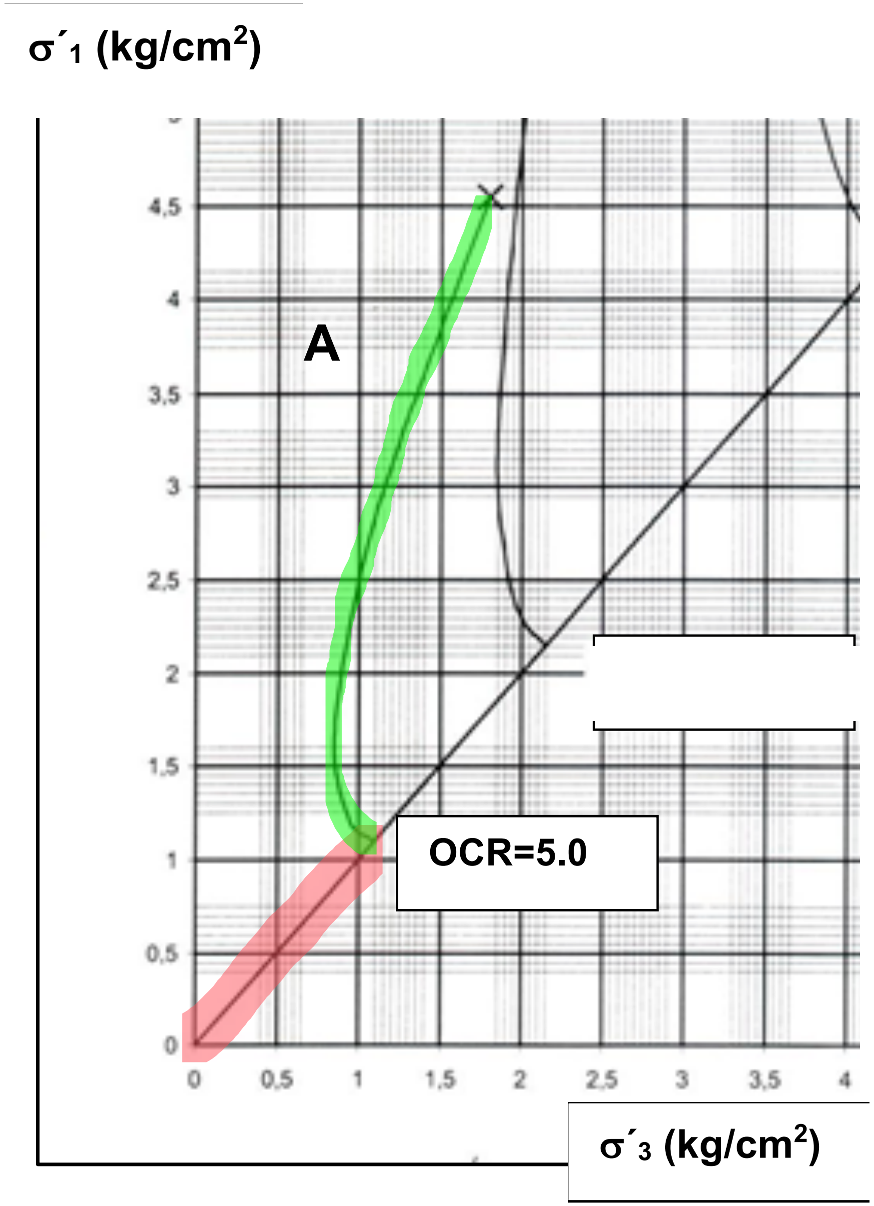
# Solución ejercicio 5 (ejercicio 3.7 M2)

Ensayo A:

- 1º montaje
- 2º saturación
- 3º consolidación
- 4º ruptura (falla)

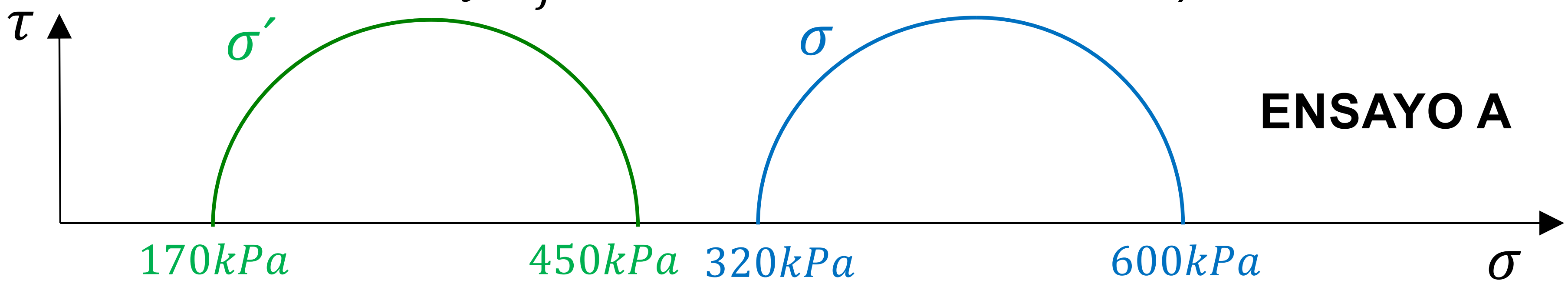
| | $\sigma'_1$ | $\sigma'_3$ | $\sigma_1$ | $\sigma_3$ | $u$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1º | 10 | 10 | 0 | 0 | -10 |
| 2º | 20 | 20 | 220 | 220 | 200 |
| 3º | 120 | 120 | 320 | 320 | 200 |
| 4º | 450 | 170 | 600 | 320 | 150 |

(1 kg/cm2 = 100kPa)

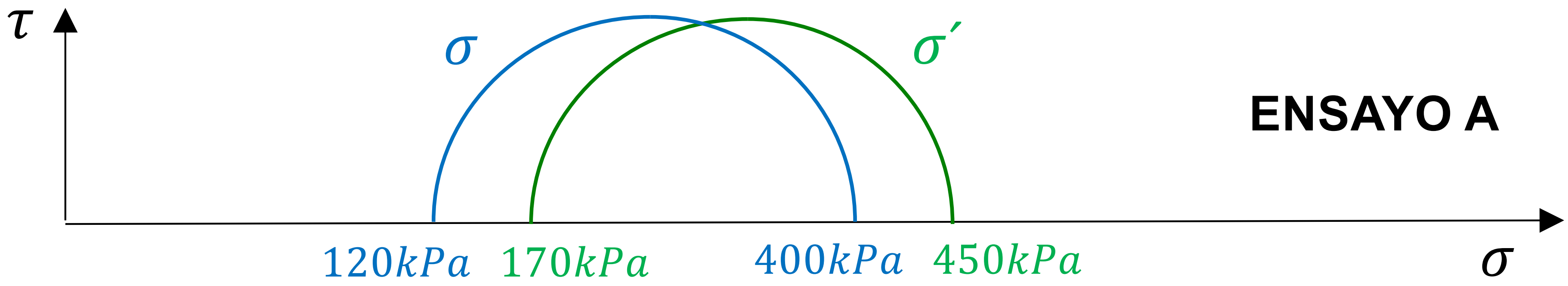


# Solución ejercicio 5 (ejercicio 3.7 M2)

- Círculos de Mohr (considerando $u = 200kPa$ de la etapa de saturación y $u_f = 200 - 50 = 150kPa$ )




- Círculos de Mohr (considerando $u = 0kPa$ en la etapa de saturación y $u_f = 0 - 50 = -50kPa$ )



# Solución ejercicio 5 (ejercicio 3.7 M2)

Ensayo D:

(1 kg/cm2 = 100kPa)

| | $\sigma'_1$ | $\sigma'_3$ | $\sigma_1$ | $\sigma_3$ | $u$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1º | 10 | 10 | 0 | 0 | -10 |
| 2º | 20 | 20 | 220 | 220 | 200 |
| 3º | 850 | 850 | 1050 | 1050 | 200 |
| 4º | 870 | 340 | 1580 | 1050 | 710 |

¿ Puedo determinar $c'$ y $\phi'$ ?

Si, utilizando la expresión $\sigma'_{1f} = \sigma'_{3f} N_\phi + 2c'\sqrt{N_\phi}$ para cada uno de los ensayos triaxiales efectuados

# Ejercicio 6 (ejercicio 3.9 M2)

Sobre una muestra de arcilla normalmente consolidada (OCR=1.0) se efectuó un ensayo triaxial Q (no consolidado – no drenado). A continuación se presenta en la Figura 3-3 los resultados obtenidos durante la ejecución del ensayo. Se pide:

- Graficar la curva tensión – deformación de la muestra ensayada.
- Calcular el valor del esfuerzo desviador al momento de alcanzar la falla ($\sigma_{df}$).
- Calcular el valor de resistencia al corte no drenada ($s_u$).
- Estimar los valores del módulo de Young inicial $E_i$ y relación de falla $R_f$ en base a un ajuste de los valores experimentales obtenidos con el modelo hiperbólico de Kondner:

$$\sigma_d = \frac{\epsilon}{\frac{1}{E_i} + R_f \frac{\epsilon}{\sigma_{df}}} \qquad \text{modelo hip. Kondner}$$

- Calcular el valor del módulo secante para un valor de tensión igual al 50% de la carga que produce la falla ($E_{50}$).

# Ejercicio 6 (ejercicio 3.9 M2)

Ensayo:

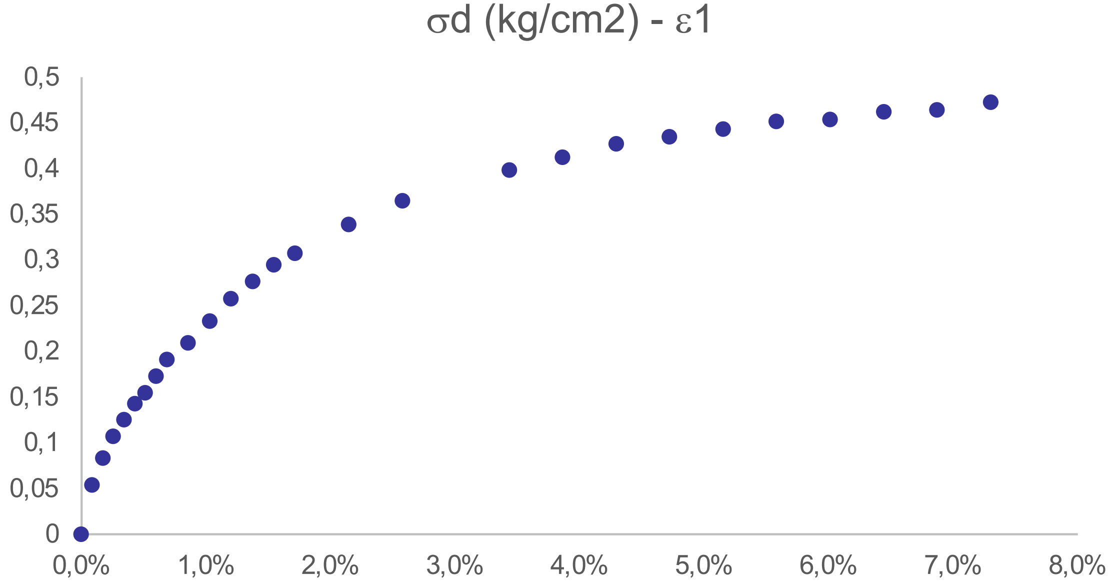
- 1º montaje
- 2º saturación
- 3º ruptura

| DATOS INICIALES | | |
|---|---|---|
| $\omega$ | 51.4 | % |
| $\gamma$ | 17.4 | $KN/m^3$ |
| $\gamma_s$ | 27.0 | $KN/m^3$ |
| $\gamma_d$ | 11.5 | $KN/m^3$ |
| $e_{inicial}$ | 1.39 | |
| Sr | 100 | % |
| LL | 61 | % |
| LP | 29 | % |
| USCS | CH | |
| Pasa #200 | 100 | % |
| vel. def. | 0.80 | mm/min |
| $K_{flexím.}$ | 0.01 | mm/div |
| $H_{inicial}$ | 116.4 | mm |
| $\Phi_{inicial}$ | 46.4 | mm |

| VALORES MEDIDOS | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $\sigma_3$ (kPa) | def. (div) | carga (kg) | $\sigma_3$ (kPa) | def. (div) | carga (kg) |
| 100 | 0 | 0.0 | 100 | 200 | 5.1 |
| 100 | 10 | 0.9 | 100 | 250 | 5.6 |
| 100 | 20 | 1.4 | 100 | 300 | 6.0 |
| 100 | 30 | 1.8 | 100 | 400 | 6.5 |
| 100 | 40 | 2.1 | 100 | 450 | 6.7 |
| 100 | 50 | 2.4 | 100 | 500 | 6.9 |
| 100 | 60 | 2.6 | 100 | 550 | 7.0 |
| 100 | 70 | 2.9 | 100 | 600 | 7.1 |
| 100 | 80 | 3.2 | 100 | 650 | 7.2 |
| 100 | 100 | 3.5 | 100 | 700 | 7.2 |
| 100 | 120 | 3.9 | 100 | 750 | 7.3 |
| 100 | 140 | 4.3 | 100 | 800 | 7.3 |
| 100 | 160 | 4.6 | 100 | 850 | 7.4 |
| 100 | 180 | 4.9 | - | - | - |

# Solución ejercicio 6 (ejercicio 3.9 M2)

- Deformación axial $\epsilon_1 = \frac{\Delta h_i}{H_0} = \frac{k_{flex} \cdot div}{H_0}$
- Tensión desviadora $\sigma_d = \frac{P_i}{A_i} = \frac{P_i}{A_0 / (1-\epsilon_1)}$
- Tensión axial en falla $\sigma_{1_f} = \sigma_{d_f} + \sigma_3$



# Solución ejercicio 6 (ejercicio 3.9 M2)

- Resist. no drenada $$s_u = \frac{\sigma_{d_f}}{2}$$
- Módulo secante $$E_{50} = \frac{\sigma_{d_{f_{máx}}}}{2} \cdot \frac{1}{\epsilon_{1_{50}}}$$
- Módelo Kondner: ajuste analítico de valores experimentales