

# Implementación para un ensayo drenado

A continuación se dan los pasos para la implementación del modelo Cam Clay en un programa computacional o en una hoja de calculo.

1. Determinar los parámetros del modelo  $\lambda$ ,  $\kappa$ ,  $G$  y  $M$ . También establecer las condiciones iniciales del ensayo esfuerzo de preconsolidación  $p'_0$ , volumen específico inicial  $v_{ini}$  y el esfuerzo efectivo promedio inicial  $p'_{ini}$ .
2. Cuando se desea modelar un ensayo sobreconsolidado calcular las coordenadas del punto  $B$ , figura 1. Si es un ensayo normalmente consolidado las coordenadas del punto  $B$  son iguales a las coordenadas del esfuerzo de preconsolidación  $p'_0$ .

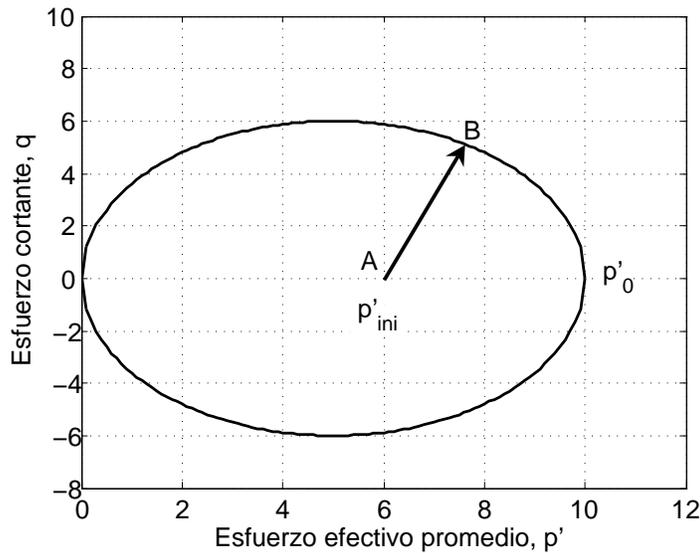


Figura 1: Coordenadas del punto B

$$q_B = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a} \quad (1)$$

$$p_B = p_{ini} + \frac{q_B}{3} \quad (2)$$

$$a = 1 + \frac{M^2}{9}$$

$$b = \frac{M^2(2p_{ini} - p'_0)}{3}$$

$$c = M^2 p_{ini} (p_{ini} - p'_0)$$

3. Calcular el volumen específico en el punto  $B$ , ecuación (3).

$$v_B = v_{ini} - \kappa \ln \left( \frac{p_B}{p_{ini}} \right) \quad (3)$$

4. Calcular el incremento de deformación cortante elástica, ecuación (4).

$$\delta \varepsilon_q^e = \frac{q_B}{3G} \quad (4)$$

5. Calcular las coordenadas del punto final  $D$ , este punto es la intersección de la línea del estado crítico ( $LEC$ ) con la trayectoria de esfuerzos.

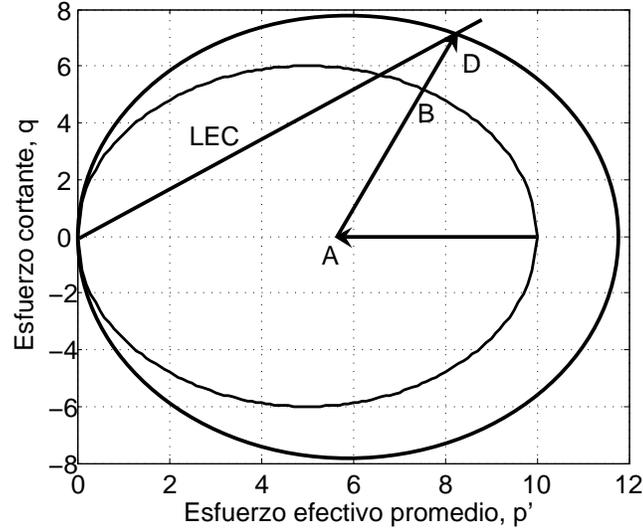


Figura 2: Coordenadas del punto D

$$q_D = \left( \frac{3M}{3 - M} \right) p_{ini} \quad (5)$$

$$p_D = p_{ini} + \frac{q_D}{3} \quad (6)$$

6. Divida el intervalo del punto  $B$  al punto  $D$  de acuerdo con el incremento que quiera para  $\delta q$ .

$$\delta q = \frac{q_D - q_B}{1000} \quad (7)$$

7. Calcule el volumen en el plano  $v$  vs.  $\ln(p')$  correspondiente a  $p'_0$ , ecuación (8).

$$v_{p'_0} = v_{ini} - \kappa \ln \left( \frac{p'_0}{p_{ini}} \right) \quad (8)$$

8. A partir de este punto comienza el proceso iterativo para cada incremento de  $\delta q$ . Calcule las coordenadas del pun-

to  $C$  el cual corresponde al primer incremento de  $\delta q$ .

$$q_C = q_B + \delta q \quad (9)$$

$$p'_C = p_B + \frac{\delta q}{3} \quad (10)$$

9. Calcular el nuevo  $p'_0$  de la nueva superficie de fluencia dada por las coordenadas de  $q_C$  y  $p'_C$ .

$$p'_{0C} = \frac{q_C^2 + M^2 p_C'^2}{M^2 p'_C} \quad (11)$$

10. Calcule el volumen específico correspondiente al punto  $C$ .

$$v_{p'_{0C}} = v_{p'_0} - \lambda \ln \left( \frac{p'_{0C}}{p'_0} \right) \quad (12)$$

$$v_C = v_{p'_{0C}} + \kappa \ln \left( \frac{p'_{0C}}{p_C} \right) \quad (13)$$

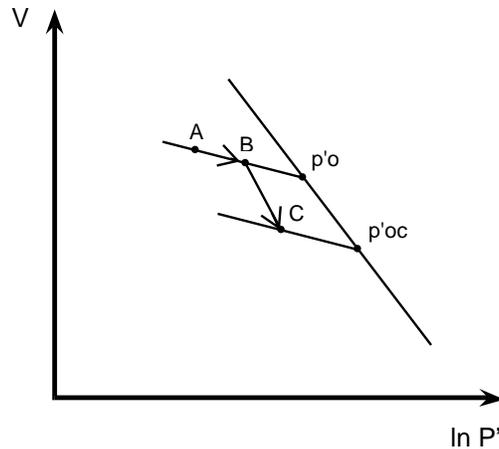


Figura 3: Coordenadas del punto C

11. Calcular el incremento de deformación elástica volumétrica ( $\delta \varepsilon_p^e$ ) y el incremento de deformación elástica cortante

$(\delta\varepsilon_q^e)$ .

$$\delta\varepsilon_p^e = \frac{\kappa(p'_C - p'_B)}{v_B p'_B} \quad (14)$$

$$\delta\varepsilon_q^e = \frac{\delta q}{3G} \quad (15)$$

12. Calcular el incremento de deformación volumétrica total.

$$\delta\varepsilon_p = \frac{v_B - v_C}{v_B} \quad (16)$$

13. Calcular el incremento de deformación volumétrica plástica  $(\delta\varepsilon_p^p)$ .

$$\delta\varepsilon_p^p = \delta\varepsilon_p - \delta\varepsilon_p^e \quad (17)$$

14. Calcular el incremento de deformación cortante plástica  $(\delta\varepsilon_q^p)$

$$\delta\varepsilon_q^p = \frac{2q_C}{M^2(2p'_C - p'_{0C})} \delta\varepsilon_p^p \quad (18)$$

15. Calcular el incremento de deformación cortante total  $(\delta\varepsilon_q)$ .

$$\delta\varepsilon_q = \delta\varepsilon_q^e + \delta\varepsilon_q^p \quad (19)$$

16. Finalmente, graficar  $q$  vs.  $p'$ ,  $q$  vs.  $\varepsilon_q$ ,  $v$  vs.  $\ln(p')$  y  $v$  vs.  $\varepsilon_q$ .

En la figura 4 se presentan los resultados de una modelación con el modelo elastoplástico Cam Clay modificado de una muestra sobreconsolidada, los parámetros utilizados se listan a continuación:

$$\lambda = 0,22$$

$$\kappa = 0,011$$

$$G = 1000kPa$$

$$M = 1,2$$

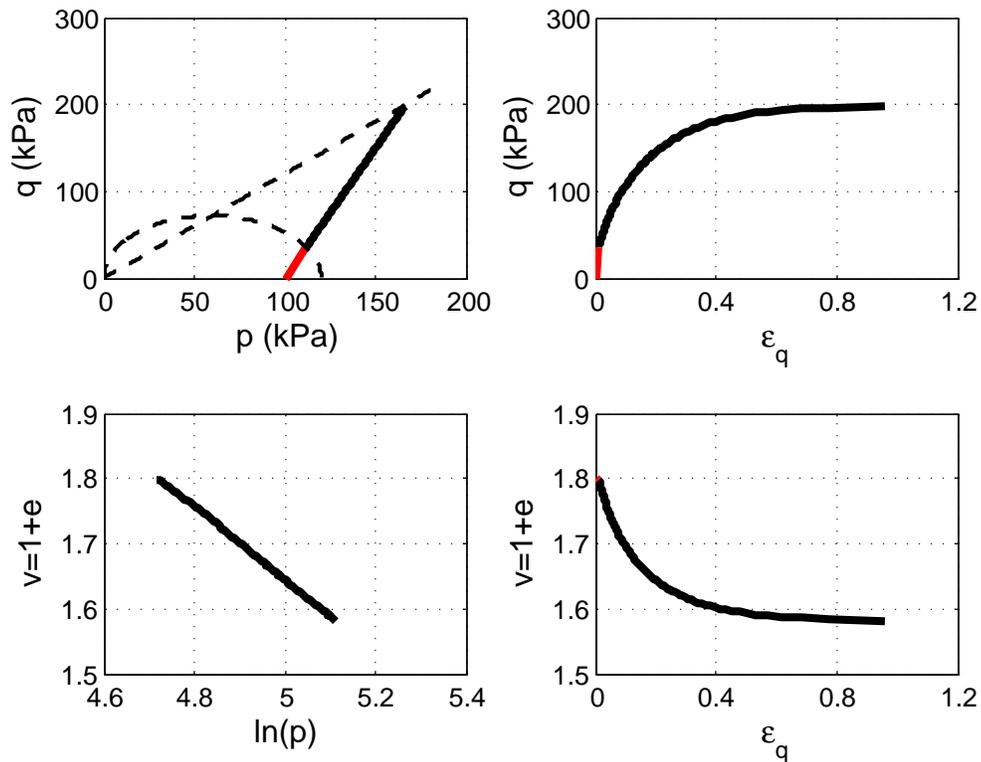


Figura 4: Resultados Cam Clay en una muestra sobreconsolidada

En la figura 5 se presentan los resultados de una modelación sobre una muestra normalmente consolidada.

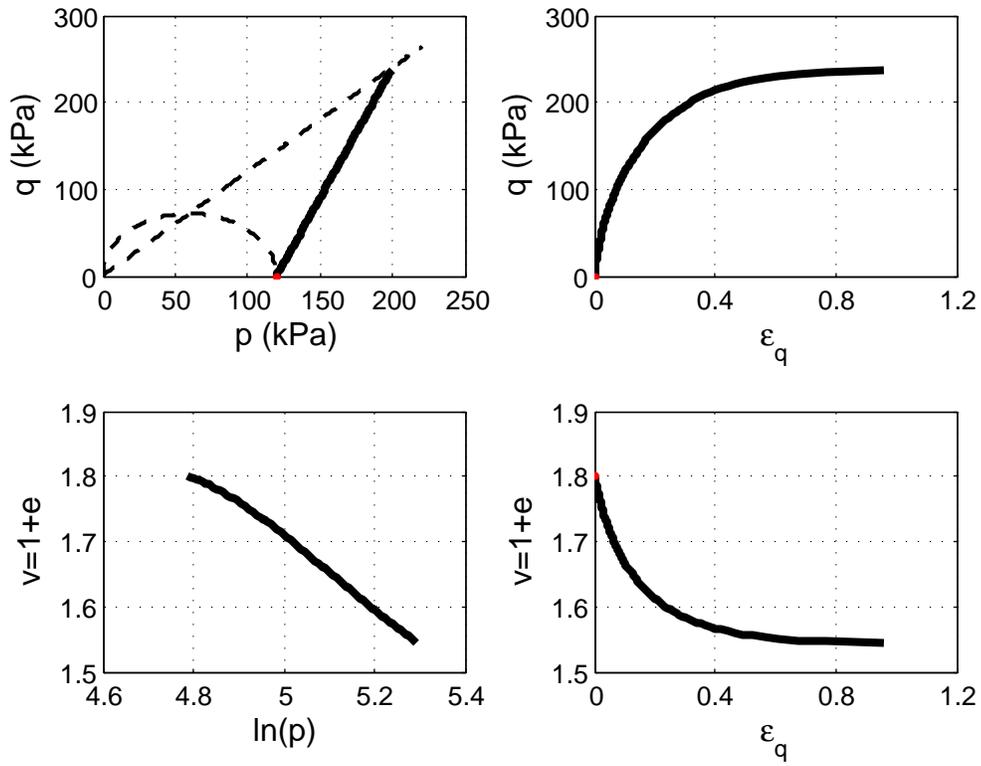


Figura 5: Resultados Cam Clay en una muestra normalmente consolidada

L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

Andrés Nieto Leal