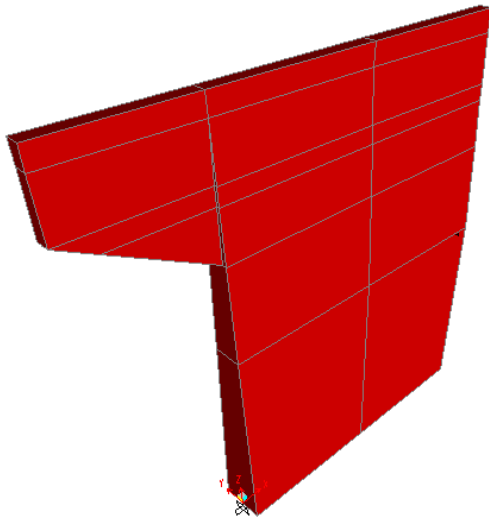


PUENTE IPAL

Diseño del Muro Lateral ED (a.abajo)

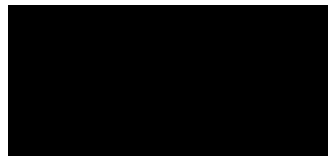


$$h := 9.7845\text{m}$$

$$\gamma_s := 19 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$h_{eq} = 0.6\text{m}$$

$$sc = 11.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



ángulo de fricción interna

$$\phi := 32\text{deg}$$

ángulo del relleno con la horizontal

$$\beta := 0\text{deg}$$

ángulo de fricción entre relleno y muro

$$\delta := 30\text{deg}$$

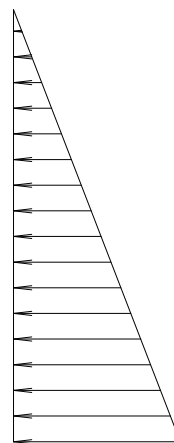
ángulo que forma el respaldo del muro respecto a la horizontal

$$\theta := 85.43\text{deg}$$

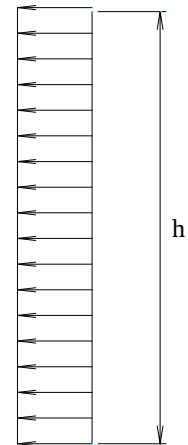
coeficiente de empuje de reposo

$$k_o := 1 - \sin(\phi)$$

$$k_o = 0.470$$



$$\gamma_s \cdot k_o \cdot h$$



$$sc \cdot k_o$$

Coeficiente de empuje activo

$$k_a := \frac{(\sin(\theta + \phi))^2}{(\sin(\theta))^2 \cdot \sin(\theta - \delta) \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\sin(\theta - \delta) \cdot \sin(\theta + \beta)}}\right)^2}$$

$$k_a = 0.313$$

presión inferior

$$p_{inferior} := \gamma_s \times k_o \times h + sc \times k_o$$

$$p_{inferior} = 92.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{superior} := sc \times k_o$$

$$p_{superior} = 5.359 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

para el ingreso de cargas en el SAP2000

$$\text{Value} = Ax + By + Cz + D$$

el valor de la presión es independiente de x e y

$$\text{Value} = C \cdot z + D$$

cuando $z := 0$

$$\text{Value} := p_{inferior}$$

$$D := \text{Value}$$

$$D = 92.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$z := h$

$$\text{Value} := p_{superior}$$

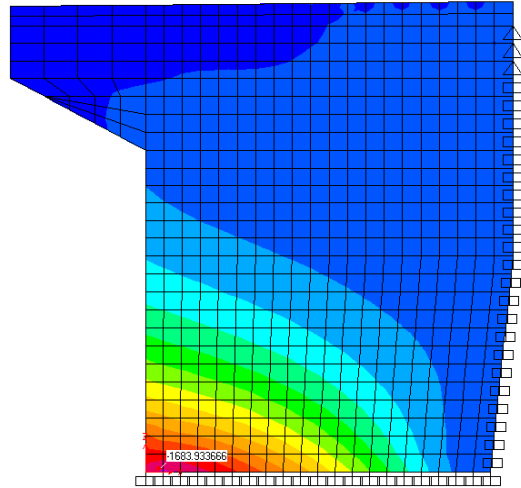
$$C := \frac{(\text{Value} - D)}{z}$$

$$C = -8.932 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

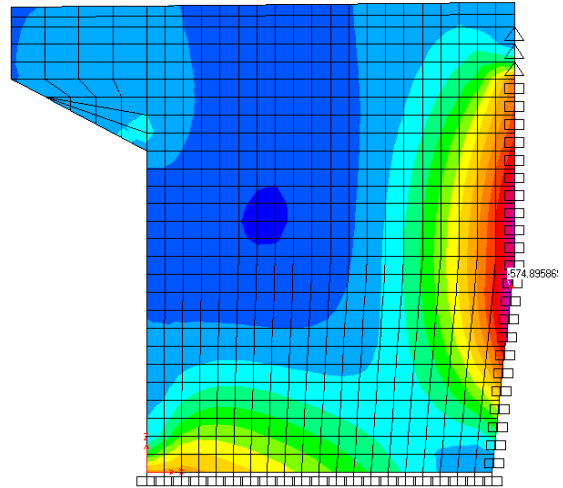
coeficiente de mayoraciòn

$$\gamma_Q := 1.35 \rightarrow 1.35$$

Superficie de Momento vertical



Superficie de Momento horizontal



$$f_y := 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_s := 1.0$$

$$f_c := 21 \text{ MPa} \quad \gamma_c := 1.0$$

$$c := 0.05 \text{ m} \quad (\text{recubrimiento})$$

Refuerzo Vertical Negativo (trasdos) en la base $z=0\text{m}$

canto al pie del muro

$$h := 1.04 \text{ m}$$

$$M_{d_{neg1}} := 1683.9 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$d := h - c - \frac{5}{8} \text{ in} - 0.5 \cdot \phi_1$$

$$d = 0.961 \text{ m} \quad b := 100 \text{ cm}$$

$$\phi := 0.9$$

$$a_1 := d - \sqrt{d^2 - 2 \cdot \frac{M_{d_{neg1}}}{0.85 \cdot f_c \cdot \phi \cdot b}} \quad a_1 = 11.602 \text{ cm}$$

$$A_{s_{neg1}} := \frac{M_{d_{neg1}}}{\phi \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_1}{2}\right)} \quad A_{s_{neg1}} = 49.3 \text{ cm}^2$$

Refuerzo mínimo

$$A_{s_{min}} = 17.6 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{neg1}} := \max\left(A_{s_{neg1}}, \min\left(A_{s_{min}}, \frac{4}{3} A_{s_{neg1}}\right)\right)$$

$$A_{s_{neg1}} = 49.31 \text{ cm}^2$$

$$\phi_1 = 1 \text{ in}$$

$$\text{esp} := \frac{0.25\pi \phi_1^2 \cdot 1\text{m}}{A_{s_neg1}}$$

$$s_{tr} := 10\text{cm}$$



Refuerzo Vertical Positivo (intrados)

$$A_{s_suministrado} = 50.671 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_pos} := 0.25 A_{s_suministrado}$$

$$A_{s_pos} = 12.67 \text{ cm}^2$$

$$\phi_3 := \frac{5}{8} \text{ in}$$

$$\text{esp} := \frac{0.25\pi \phi_3^2 \cdot 1\text{m}}{A_{s_pos}}$$

USE $\phi 5/8@15$



Estado Límite de Fisuración

Datos

$$\phi_1 = 1 \text{ in}$$

$$s_{tr} = 10 \text{ cm}$$

(diámetro barra traccionada y paso)

$$M := \frac{M_{d_neg1}}{\gamma_Q}$$

$$M = 1247.3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

(momento actuante no factorado)

$$h = 1.04 \text{ m}$$

Esfuerzo actuante en el acero

$$f_{s_act} = 280.293 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 0.6$$

$$\beta_s = 1.092$$

$$s = 0.116 \text{ m}$$

$$\text{sep} := \min(300\text{mm}, s)$$

$$\text{sep} = 0.12 \text{ m}$$

Refuerzo Vertical Negativo (trasdos)

para $z=1.80\text{m}$

canto del muro

$$h := 0.90\text{m}$$

$$M_{d_{\text{neg2}}} := 842\text{kN}\cdot\text{m}$$

$$d := h - c - \frac{5}{8}\text{in} - 0.5\cdot\phi_2 \quad d = 0.825\text{ m}$$

$$b := 100\text{cm}$$

Refuerzo mínimo

$$A_{s_{\text{min}}} = 15.3\text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\text{neg2}}} = 28.143\text{ cm}^2$$

USE

$$A_{s_{\text{neg2}}} = 28.14\text{ cm}^2$$

$$\phi_2 = \frac{3}{4}\text{ in}$$

$$\text{esp} := \frac{0.25\pi \phi_2^2 \cdot 1\text{m}}{A_{s_{\text{neg2}}}}$$

$$s_{\text{tr}} := 10\text{cm}$$

(asumimos el mismo espaciamiento para darle continuidad al refuerzo inferior)

Estado Límite de Fisuración

$$M_2 := \frac{M_{d_{\text{neg2}}}}{\gamma_Q} \quad M_2 = 623.7\text{ kN}\cdot\text{m} \quad (\text{momento actuante no factorado})$$

Esfuerzo actuante en el acero

$$f_{s_{\text{act}}} = 285.988\text{ MPa}$$

$$\beta_s = 1.101$$

$$s = 115.293$$

$$\text{sep} := \min(300, s) \quad \text{sep} = 115 \quad \text{mm}$$

Lo que indica que la separación suministrada es adecuada

Refuerzo Horizontal Negativo (trasdos)

$$M_{d_{hz_neg}} := 574.90 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$h := 0.65 \text{ m}$$



$$A_{s_neg} = 27.2 \text{ cm}^2 \quad A_{s_min} = 9.316 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_neg} := \max(A_{s_neg}, A_{s_min})$$

$$A_{s_neg} = 27.235 \text{ cm}^2$$

$$\phi_3 := \frac{3}{4} \text{ in}$$

$$esp := \frac{0.25\pi \phi_3^2 \cdot 1 \text{ m}}{A_{s_neg}}$$

$$s_{tr} := 10 \text{ cm}$$

$$A_{s_suministrado2} := \frac{0.25\pi \phi_3^2}{s_{tr}}$$

$$A_{s_suministrado2} = 28.502 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Estado Límite de Fisuración

$$M := \frac{M_{d_{hz_neg}}}{\gamma_Q} \quad M = 425.9 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad (\text{momento actuante no factorado})$$



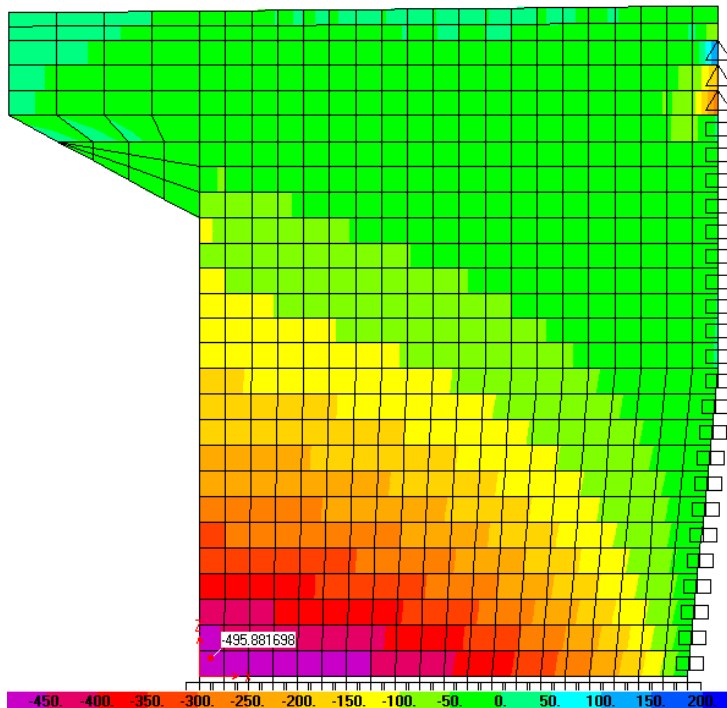
Esfuerzo actuante en el acero

$$f_{s_act} = 276.037 \text{ MPa} \quad dc = 0.06 \text{ m}$$

$$\beta_s = 1.144 \quad sep = 0.11 \text{ m}$$

luego observamos que la separación suministrada es adecuada

Verificación por Corte



$$V_u := 495.9 \text{ kN}$$

$$h = 1.04 \text{ m}$$

$$d := h - c - \phi_3 - 0.5 \cdot \phi_1$$

$$d = 0.958 \text{ m}$$

$$d_v := \max(0.9 \cdot d, 0.72 \cdot h, d - a_1)$$

$$d_v = 862.425 \text{ mm}$$

$$b_v := 1000 \text{ mm}$$

$$\phi_f := 0.9$$

$$\phi_c := 0.9$$



$$\varepsilon_x = 2.108 \times 10^{-3} \quad s_{xe} = 729.103 \text{ mm}$$

$$\beta := 1.10$$

$$\theta := 59.0 \text{ deg}$$

Valores obtenidos de la tabla 5.8.3.4.2-2

$$V_c := 0.083 \cdot \beta \cdot b_v \cdot \frac{d_v \cdot N}{\text{mm}^2} \sqrt{f_c} \quad V_c = 360.829 \text{ kN}$$

Nota = "Requiere refuerzo por corte"



$$V_s := V_n - V_c$$

$$V_s = 190.171 \text{ kN}$$

$$V_n := \frac{V_u}{\phi_c}$$

$$V_n = 551 \text{ kN}$$

$$\phi_v := \frac{1}{2} \text{ in} \quad A_v := 3 \left(0.25 \cdot \pi \cdot \phi_v^2 \right)$$

$$A_v = 3.8 \text{ cm}^2$$

$$\alpha := 90 \text{ deg}$$

$$\text{espac} := \frac{A_v \cdot f_y \cdot d_v \cdot (\cot(\theta) + \cot(\alpha)) \cdot \sin(\alpha)}{V_s}$$

$$\text{espac} = 43.493 \text{ cm}$$

USE

$$\text{espac} := 30 \text{ cm}$$

$$V_s := \frac{A_v \cdot f_y \cdot d_v \cdot (\cot(\theta) + \cot(\alpha)) \cdot \sin(\alpha)}{\text{espac}}$$

$$V_s = 190.171 \text{ kN}$$



Segun AASHTO 5.8.3.5 se debe verificar la demanda adicional de en el refuerzo longitudinal causado por la fuerza de corte.

$$\text{Demanda} := \frac{M_{d_{neg1}}}{d_v \cdot \phi_f} + \left(\frac{V_u}{\phi_c} - 0.5 \cdot V_s \right) \cdot \cot(\theta)$$

$$A_{sn} := \frac{\text{Demanda}}{f_y} \quad A_{sn} = 58 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_sumministrado} = 50.67 \text{ cm}^2 \quad (\text{refuerzo suministrado por flexión})$$

Para cumplir con las condiciones de interacción, flexión cortante, disminuiremos el espesor del refuerzo vertical en el extremo del muro lateral.