



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE UNA ZAPATA AISLADA DE CONCRETO ARMADO CON EXCENTRICIDAD EN AMBAS DIRECCIONES CON LA NORMA ACI 318 - 2014

CARACTERISTICAS DEL TERRENO:

- Peso unitario $\gamma_s := 1680 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$
- Profundidad de desplante $D_f := 1.20 \text{ m}$
- Angulo de fricción $\varphi := 18^\circ$
- Cohesión $c := 0.21 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$
- Módulo de elasticidad $E_s := 1680000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$
- Factor de seguridad $FS := 3.0$
- Módulo de corte $G_s := 630000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$
- Modulo de Poisson $\nu := 0.32$

CARGAS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL:

Cargas de gravedad

$$P_D := 35 \text{ tonnef} + 5.52 \text{ tonnef}$$

L_x

$$P_L := 15 \text{ tonnef}$$

$$M_{Dy} := 2.20 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_{Dx} := 3 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_{Lx} := 1.8 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ly} := 1.30 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

Cargas de sismo:XX

$$P_{Sx} := 7.50 \text{ tonnef}$$

$$M_{Sx_x} := 0 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_{Sx_y} := 3.5 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

Cargas de sismo:YY

$$P_{Sy} := 5.50 \text{ tonnef}$$

$$M_{Sy_x} := 2.5 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_{Sy_y} := 0 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$\text{Sobrecarga: } SC := 500 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso especifico concreto: } \gamma_c := 2400 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$$

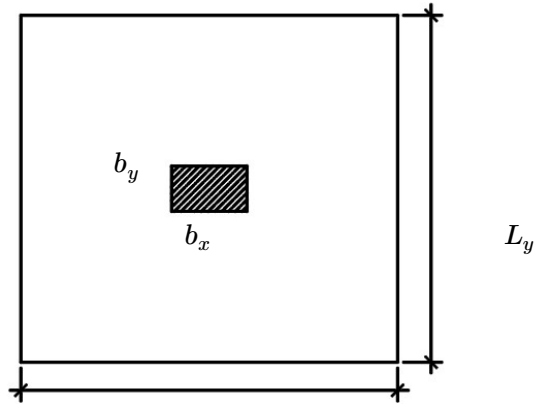
$$\text{Calidad de concreto } f'_c := 210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f_y := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Dimensiones de la columna

$$b_y := 30 \text{ cm} \quad e := 10 \text{ cm}$$

$$b_x := 50 \text{ cm}$$



Con estos datos proporcionados del estudio de mecánica de suelos se procede a realizar el cálculo de la capacidad de carga. Para dicho fin utilizaremos la ecuación general de capacidad de carga propuesta por Meyerof (1963). El cálculo se realizará para un ancho de 3m como recomiendan varios autores

$$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma_s \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i}$$

c : Cohesión

q : Esfuerzo efectivo a nivel de cimentación

γ_s : Peso específico del suelo

B : Ancho de la cimentación

$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$: Factores de forma

$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$: Factores de profundidad

$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$: Factores de inclinación de carga

N_c, N_q, N_γ : Factores de capacidad de carga

• Cálculo de factores de carga

$$N_q := \left(\tan \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \right)^2 \cdot e^{\pi \cdot \tan(\varphi)} = 5.2576$$

$$N_c := (N_q - 1) \cdot \cot(\varphi) = 13.1037$$

$$N_\gamma := 2 (N_q + 1) \tan(\varphi) = 4.0665$$

• Cálculo de forma

$$B := 3 \text{ m}$$

$$L := 3 \text{ m}$$

$$F_{cs} := 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \cdot \left(\frac{N_q}{N_c} \right) = 1.4012$$

$$F_{qs} := 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \cdot \tan(\varphi) = 1.3249$$

$$F_{\gamma s} := 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right) = 0.6$$

• Cálculo de Profundidad

Figura 1

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} F_{cd} \\ F_{qd} \\ F_{\gamma d} \end{bmatrix} &:= \text{if } \frac{D_f}{B} \leq 1 \\
 &\quad \text{if } \varphi = 0 \\
 &\quad \quad F_{cd} \leftarrow 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right) \\
 &\quad \quad F_{qd} \leftarrow 1 \\
 &\quad \quad F_{\gamma d} \leftarrow 1 \\
 &\quad \text{else} \\
 &\quad \quad F_{qd} \leftarrow 1 + 2 \tan(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \left(\frac{D_f}{B} \right) \\
 &\quad \quad F_{cd} \leftarrow F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \cdot \tan(\varphi)} \\
 &\quad \quad F_{\gamma d} \leftarrow 1 \\
 &\quad \text{else} \\
 &\quad \quad \text{if } \varphi = 0 \\
 &\quad \quad \quad F_{cd} \leftarrow 1 + 0.4 \cdot \text{atan} \left(\frac{D_f}{B} \right) \\
 &\quad \quad \quad F_{qd} \leftarrow 1 \\
 &\quad \quad \quad F_{\gamma d} \leftarrow 1 \\
 &\quad \quad \text{else} \\
 &\quad \quad \quad F_{qd} \leftarrow F_{qd} + 2 \tan((1 - \sin(\varphi))^2) \cdot \text{atan} \left(\frac{D_f}{B} \right) \\
 &\quad \quad \quad F_{cd} \leftarrow F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \cdot \tan(\varphi)} \\
 &\quad \quad \quad F_{\gamma d} \leftarrow 1 \\
 &\quad \text{return } \begin{bmatrix} F_{cd} \\ F_{qd} \\ F_{\gamma d} \end{bmatrix}
 \end{aligned}
 \end{aligned}$$

$F_{cd} = 1.1533$
 $F_{qd} = 1.1241$
 $F_{\gamma d} = 1$

• Cálculo de factores de inclinación

$$\beta := 0$$

$$F_{ci} := \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ} \right)^2 = 1$$

$$F_{qi} := \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ} \right)^2 = 1$$

$$F_{\gamma i} := \left(1 - \frac{\beta^\circ}{\varphi} \right)^2 = 1$$

β : Inclinación de la carga sobre la cimentación respecto a la vertical

Remplazando en la ecuación antes mencionada se tiene la capacidad del terreno

$$q := D_f \cdot \gamma_s = 0.2016 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$q_{adm} := \frac{1}{FS} \left(c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma_s \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i} \right)$$

$$q_{adm} = 2.2134 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Una vez determinada la capacidad admisible del terreno ahora se tiene q determinara la capacidad neta del terreno la cual viene dada por la siguiente expresión

$$q_{neta} := q_{adm} - \gamma_s \cdot D_f - \gamma_c \cdot e - SC = 1.9378 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Dimensionamiento de la Zapata

$$A_z := \frac{P_D + P_L + \gamma_c \cdot b_x \cdot b_y \cdot D_f}{q_{neta}} = 28873.5381 \text{ cm}^2$$

A esta área calculada aumentamos un 15% debido al sismo

$$A_z := 1.15 \cdot A_z = 33204.5688 \text{ cm}^2$$

Dimensiones de la zapata

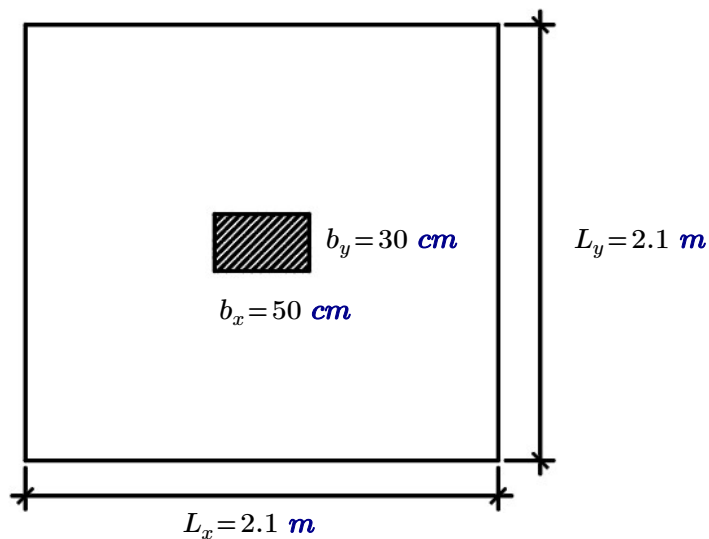
Asumimos

$$L_x := \sqrt{A_z} + \frac{b_x - b_y}{2} = 1.9222 \text{ m}$$

$$L_x := 2.10 \text{ m}$$

$$L_y := \sqrt{A_z} - \frac{b_x - b_y}{2} = 1.7222 \text{ m}$$

$$L_y := 2.10 \text{ m}$$



Verificación de presiones

Momentos de inercia y radios de giro de la zapata

$$I_x := \frac{L_x \cdot L_y^3}{12} = 162067500 \text{ cm}^4$$

$$I_y := \frac{L_y \cdot L_x^3}{12} = 162067500 \text{ cm}^4$$

$$A := L_x \cdot L_y = 44100 \text{ cm}^2$$

$$r_x := \sqrt{\frac{I_x}{A}} = 60.6218 \text{ cm}$$

$$r_y := \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 60.6218 \text{ cm}$$

- Considerando solamente las cargas de gravedad

$$P := P_D + P_L = 55.52 \text{ tonnef}$$

Calculo de las excentricidades

$$e_x := \frac{M_{Dy} + M_{Ly}}{P} = 6.304 \text{ cm}$$

$$e_y := \frac{M_{Dx} + M_{Lx}}{P} = 8.6455 \text{ cm}$$

$$c_x := 1.25 \text{ m}$$

$$c_y := 1.15 \text{ m}$$

Coordenadas de la zapata

$$\sigma_u(x, y) := \frac{P}{A} \cdot \left(1 + \frac{e_y}{r_x^2} \cdot y + \frac{e_x}{r_y^2} \cdot x \right)$$

$$\sigma_u(c_x, c_y) = 1.8695 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

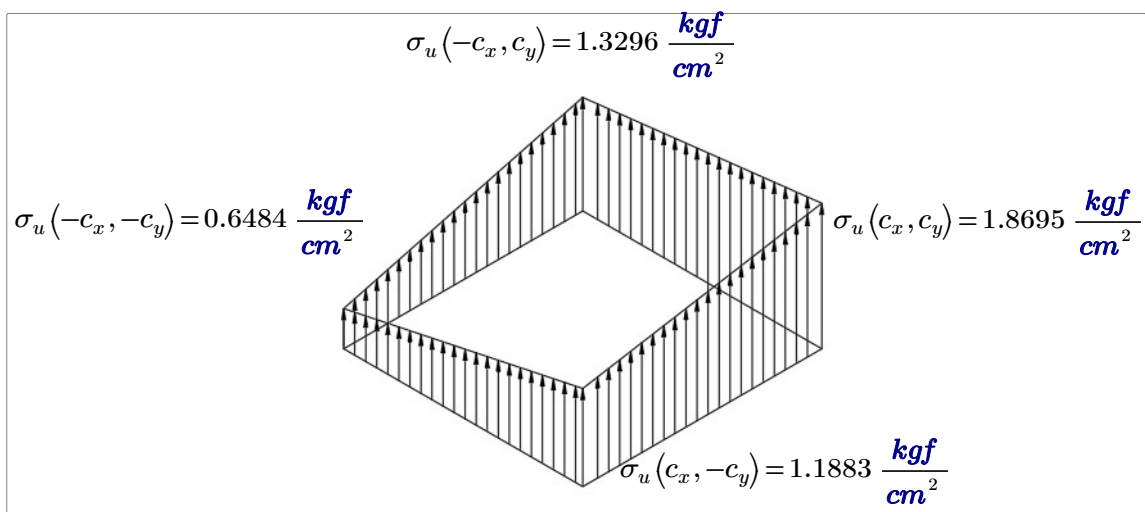
if $(\sigma_u(c_x, c_y) \leq q_{neta}, \text{"OK"}, \text{"NO"}) = \text{"OK"}$

$$\sigma_u(-c_x, -c_y) = 0.6484 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

if $(\sigma_u(c_x, c_y) \geq 0, \text{"OK"}, \text{"NO"}) = \text{"OK"}$

$$\sigma_u(-c_x, c_y) = 1.3296 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_u(c_x, -c_y) = 1.1883 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$



- Considerando solamente las cargas de gravedad mas sismo en XX

$$P := P_D + P_L + P_{Sx} = 63.02 \text{ tonnef}$$

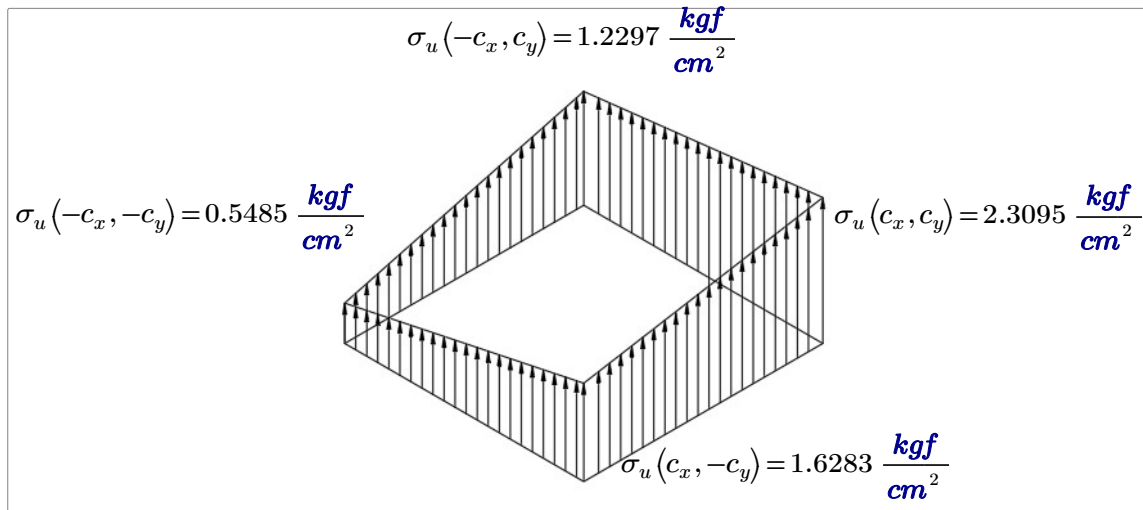
$$e_x := \frac{M_{Dy} + M_{Ly} + M_{Sx_y}}{P} = 11.1076 \text{ cm} \quad e_y := \frac{M_{Dx} + M_{Lx} + M_{Sx_x}}{P} = 7.6166 \text{ cm}$$

$$\sigma_u(x, y) := \frac{P}{A} \cdot \left(1 + \frac{e_y}{r_x^2} \cdot y + \frac{e_x}{r_y^2} \cdot x \right)$$

$$\sigma_u(c_x, c_y) = 2.3095 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{if} \left(\sigma_u(c_x, c_y) \leq \frac{4}{3} q_{neta}, \text{"OK"}, \text{"NO"} \right) = \text{"OK"}$$

$$\sigma_u(-c_x, -c_y) = 0.5485 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{if} \left(\sigma_u(c_x, c_y) \geq 0, \text{"OK"}, \text{"NO"} \right) = \text{"OK"}$$

$$\sigma_u(-c_x, c_y) = 1.2297 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \sigma_u(c_x, -c_y) = 1.6283 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$



- Considerando solamente las cargas de gravedad mas sismo en YY

$$P := P_D + P_L + P_{Sy} = 61.02 \text{ tonnef}$$

$$e_x := \frac{M_{Dy} + M_{Ly} + M_{Sy_y}}{P} = 5.7358 \text{ cm} \quad e_y := \frac{M_{Dx} + M_{Lx} + M_{Sy_x}}{P} = 11.9633 \text{ cm}$$

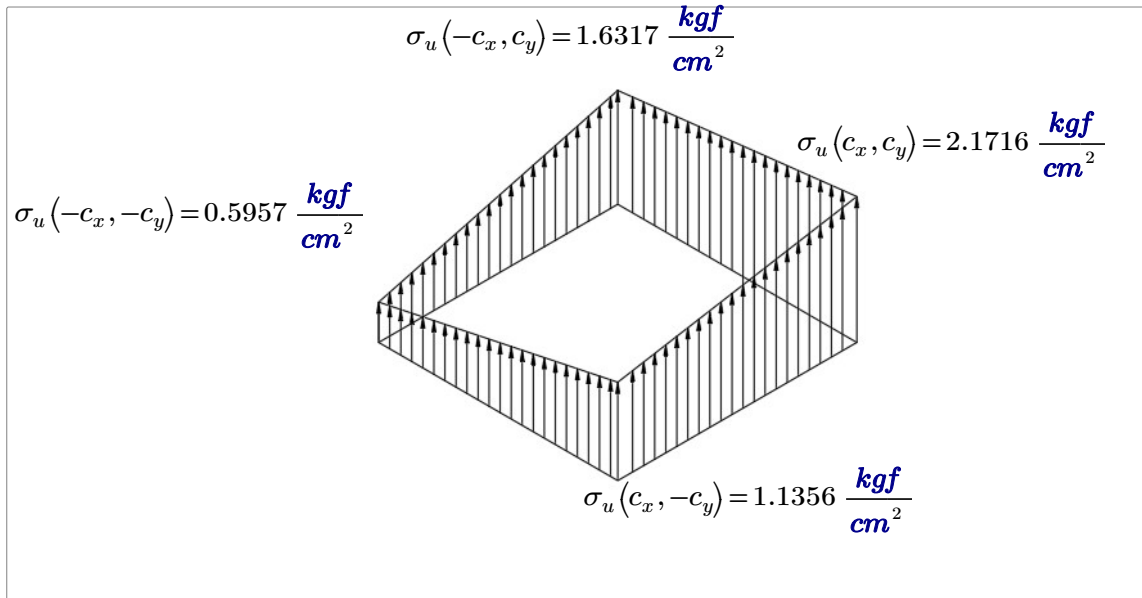
$$\sigma_u(x, y) := \frac{P}{A} \cdot \left(1 + \frac{e_y}{r_x^2} \cdot y + \frac{e_x}{r_y^2} \cdot x \right)$$

$$\sigma_u(c_x, c_y) = 2.1716 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{if} \left(\sigma_u(c_x, c_y) \leq \frac{4}{3} q_{neta}, \text{"OK"}, \text{"NO"} \right) = \text{"OK"}$$

$$\sigma_u(-c_x, -c_y) = 0.5485 \frac{\text{kaf}}{\text{cm}^2} \quad \text{if} \left(\sigma_u(c_x, c_y) \geq 0, \text{"OK"}, \text{"NO"} \right) = \text{"OK"}$$

$$\sigma_u(-c_x, -c_y) = 0.5957 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{if } (\sigma_u(c_x, c_y) \geq 0, \text{"OK"}, \text{"NO"}) = \text{"OK"}$$

$$\sigma_u(-c_x, c_y) = 1.6317 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \sigma_u(c_x, -c_y) = 1.1356 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$



Presiones amplificadas del terreno

Tipo	P (T-m)	Mx(T-m)	My(T-m)		
CM	40.52	3	2.2		
CV	15	1.8	1.3		
SX	7.5	0	3.5		
SY	5.5	2.5	0		
COMB	COMB	P (T-m)	Mx(T-m)	My(T-m)	
COMB1	1.4CM	56.728	4.2	3.08	
COMB2	1.2CM+1.6CV	72.624	6.48	4.72	
COMB3	1.2CM+CV+SX	71.124	5.4	7.44	
COMB4	1.2CM+CV-SX	56.124	5.4	0.44	
COMB5	1.2CM+CV+SY	69.124	7.9	3.94	
COMB6	1.2CM+CV-SY	58.124	2.9	3.94	
COMB7	0.9CM+SX	43.968	2.7	5.48	
COMB8	0.9CM-SX	28.968	2.7	-1.52	
COMB9	0.9CM+SY	41.968	5.2	1.98	
COMB10	0.9CM-SY	30.968	0.2	1.98	

De las combinaciones realizadas se observa que hay tres posibles que pueden ser mayores

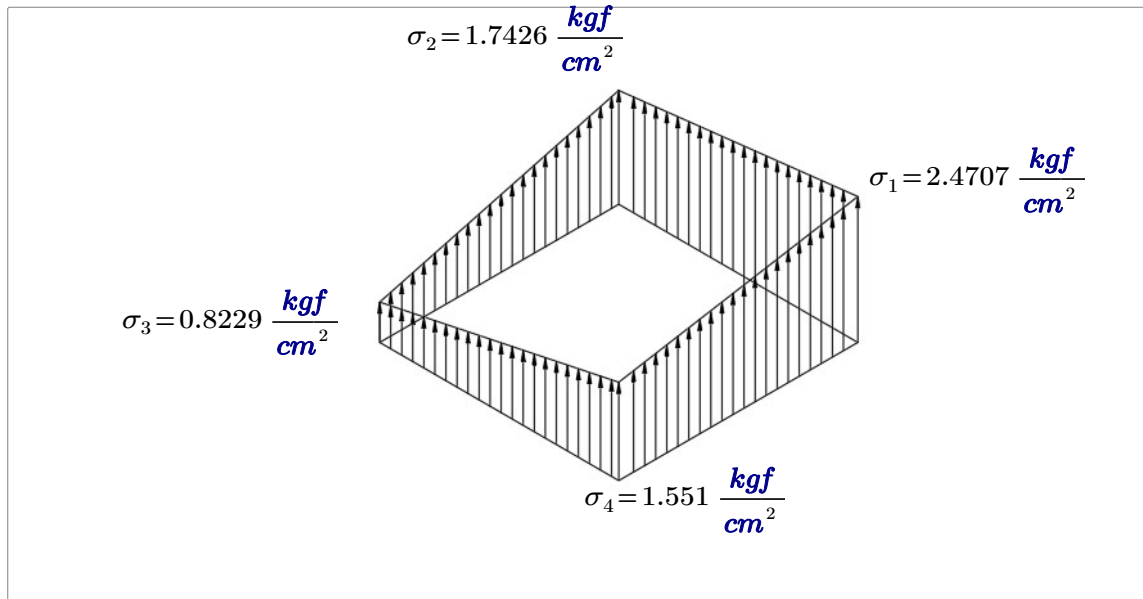
```

[σ1
σ2
σ3
σ4
i] :=
  S ← 0
  for j ∈ 1, 2..10
    P ← Puj
    Muyj
    ex ←  $\frac{M_{uy_j}}{P_{u_j}}$ 
    Muxj
    ey ←  $\frac{M_{ux_j}}{P_{u_j}}$ 
    σu(x, y) ←  $\frac{P}{A} \cdot \left( 1 + \frac{e_y}{r_x^2} \cdot y + \frac{e_x}{r_y^2} \cdot x \right)$ 
    σ1 ← σu(cx, cy)
    σ2 ← σu(-cx, cy)
    σ3 ← σu(-cx, -cy)
    σ4 ← σu(cx, -cy)
    S1 ← σ1 + σ2 + σ3 + σ4
    if S1 > S
      S ← S1
      i ← j
  P ← Pui
  Muyi
  ex ←  $\frac{M_{uy_i}}{P_{u_i}}$ 
  Muxi
  ey ←  $\frac{M_{ux_i}}{P_{u_i}}$ 
  σu(x, y) ←  $\frac{P}{A} \cdot \left( 1 + \frac{e_y}{r_x^2} \cdot y + \frac{e_x}{r_y^2} \cdot x \right)$ 
  σ1 ← σu(cx, cy)
  σ2 ← σu(-cx, cy)
  σ3 ← σu(-cx, -cy)
  σ4 ← σu(cx, -cy)
  return [σ1
σ2
σ3
σ4
i]

```

$$\begin{bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \\ \sigma_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.4707 \\ 1.7426 \\ 0.8229 \\ 1.551 \end{bmatrix} \frac{kgf}{cm^2}$$

Mayores esfuerzos se da con la combinacion $i = 2$



Dimensionamiento del peralte de zapata

$$P_{pd} := \max(P_u) = 72.624 \text{ tonnef} \quad \phi := 0.75$$

$$d := \sqrt{\left(\frac{b_x + b_y}{4} \cdot \frac{\text{in}}{2.54 \text{ cm}}\right)^2 + \frac{P_{pd} \cdot \frac{2204.6226218488 \text{ lbf}}{\text{tonnef}}}{12 \phi \cdot \sqrt{\frac{f'_c}{0.0703069626} \cdot \frac{\text{cm}^2 \cdot \text{psi}^2}{\text{kgf}}}}} - \left(\frac{b_x + b_y}{4} \cdot \frac{\text{in}}{2.54 \text{ cm}}\right)$$

$$d = 11.8112 \text{ in} \quad d = 30.0005 \text{ cm} \quad d := 30.9125 \text{ cm}$$

Por lo con esto calculamos el peralte de la zapata

$$\text{Recubrimiento} \quad r := 7.5 \text{ cm}$$

$$\text{Diametro de barilla a utilizar} \quad d_b := \frac{1}{2} \cdot \text{in}$$

$$h_z := d + r + \frac{d_b}{2} = 39.0475 \text{ cm}$$

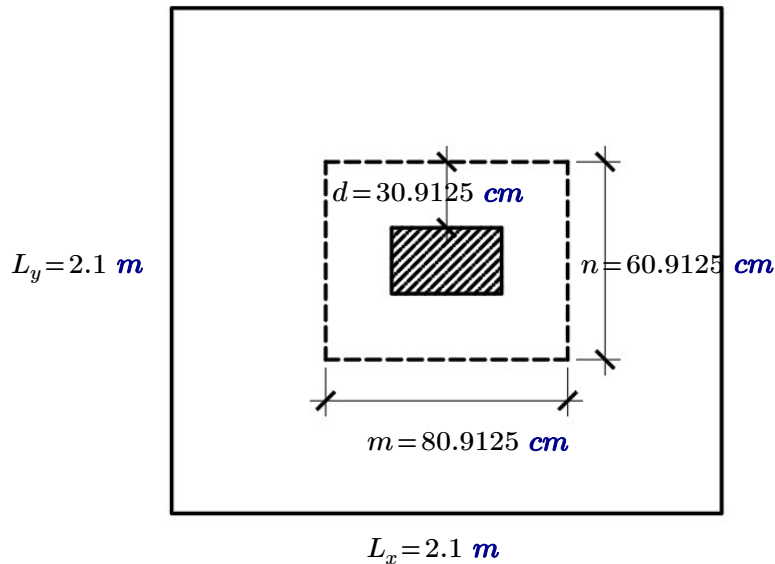
$$\therefore \quad \text{Asumimos} \quad h_z := 40 \text{ cm}$$

$$m := b_x + d = 80.9125 \text{ cm} \quad n := b_y + d = 0.6091 \text{ m}$$

$$\text{Perimetro de la sección crítica:} \quad b_0 := 2(m + n) = 283.65 \text{ cm}$$

$$\beta := \frac{\max(b_x, b_y)}{\min(b_x, b_y)} = 1.6667 \quad \lambda := 1$$

$$\text{Para columna interior:} \quad \alpha_s := 40$$



Determinación de la capacidad del concreto

$$\sigma_{1p} := 4 \cdot \phi \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c \cdot \frac{\text{psi} \cdot \text{cm}^2}{\text{kgf}}} \cdot \frac{\text{kgf}^{\frac{1}{2}}}{\text{cm}} = 11.5274 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{2p} := \left(2 + \frac{4}{\beta}\right) \cdot \phi \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c \cdot \frac{\text{psi} \cdot \text{cm}^2}{\text{kgf}}} \cdot \frac{\text{kgf}^{\frac{1}{2}}}{\text{cm}} = 12.6801 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{3p} := \left(2 + \frac{\alpha_s \cdot d}{b_0}\right) \cdot \phi \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c \cdot \frac{\text{psi} \cdot \text{cm}^2}{\text{kgf}}} \cdot \frac{\text{kgf}^{\frac{1}{2}}}{\text{cm}} = 18.3263 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_c := \min(\min(\sigma_{1p}, \sigma_{2p}), \sigma_{3p}) = 11.5274 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Calculo de cortante en la en la seccion critica

$$e := \frac{b_y}{2} + \frac{d}{2} = 30.4563 \text{ cm} \quad c := \frac{b_x}{2} + \frac{d}{2} = 40.4563 \text{ cm}$$

$$j := 2$$

$$e_x := \frac{M_{uyj}}{P_{uj}} = 6.4992 \text{ cm} \quad e_y := \frac{M_{uxj}}{P_{uj}} = 8.9227 \text{ cm}$$

$$P := P_{uj} = 72.624 \text{ tonnef}$$

$$\sigma_u(x, y) := \frac{P}{A} \cdot \left(1 + \frac{e_y}{r_x^2} \cdot y + \frac{e_x}{r_y^2} \cdot x\right) \quad A = 4.41 \text{ m}^2$$

$$V_U := \int_{-\frac{L_y}{2}}^{\frac{L_y}{2}} \int_{-\frac{L_x}{2}}^{\frac{L_x}{2}} \sigma_u(x, y) dx dy - \int_{-e}^e \int_{-c}^c \sigma_u(x, y) dx dy = 64.508 \text{ tonnef}$$

Transferencia de momentos

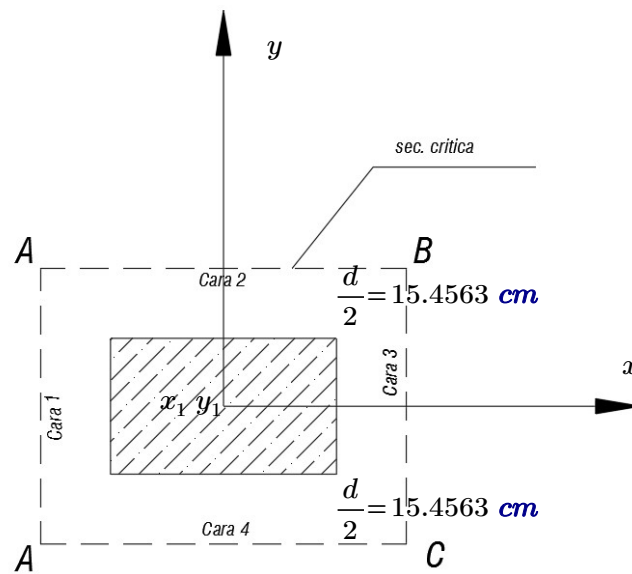
Para una columna interior

$$\gamma_{v2} := 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{n}{m}}} = 0.3665$$

$$\gamma_{v3} := 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{m}{n}}} = 0.4345$$

Origen de coordenadas de la columna

$$x_1 := 0 \text{ m} \quad y_1 := 0 \text{ m}$$



$$x_2 := \begin{cases} x_{2_1} \leftarrow -\left(\frac{b_x}{2} + \frac{d}{2}\right) \\ x_{2_2} \leftarrow 0 \text{ m} \\ x_{2_3} \leftarrow \frac{b_x}{2} + \frac{d}{2} \\ x_{2_4} \leftarrow 0 \text{ m} \\ \text{return } x_2 \end{cases} \quad y_2 := \begin{cases} y_{2_1} \leftarrow 0 \text{ m} \\ y_{2_2} \leftarrow \frac{b_y}{2} + \frac{d}{2} \\ y_{2_3} \leftarrow 0 \text{ m} \\ y_{2_4} \leftarrow -\left(\frac{b_y}{2} + \frac{d}{2}\right) \\ \text{return } y_2 \end{cases} \quad L := \begin{bmatrix} m \\ n \\ m \\ n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 80.9125 \\ 60.9125 \\ 80.9125 \\ 60.9125 \end{bmatrix} \text{ cm}$$

$$x_3 := \frac{\sum_{i=1}^4 L_i \cdot d \cdot x_{2_i}}{\sum_{i=1}^4 L_i \cdot d} = 0 \text{ m}$$

$$y_3 := \frac{\sum_{i=1}^4 L_i \cdot d \cdot y_{2_i}}{\sum_{i=1}^4 L_i \cdot d} = 0 \text{ m}$$

$$x_{2_x3} := x_2 - x_3 = \begin{bmatrix} -0.4046 \\ 0 \\ 0.4046 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ m}$$

$$y_{2_y3} := y_2 - y_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.3046 \\ 0 \\ -0.3046 \end{bmatrix} \text{ m}$$

Coordenadas de los puntos A,B,C,D

$$x_4 := \frac{1}{2} \begin{bmatrix} -(b_x + d) \\ b_x + d \\ b_x + d \\ -(b_x + d) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.4046 \\ 0.4046 \\ 0.4046 \\ -0.4046 \end{bmatrix} \text{ m}$$

$$y_4 := \frac{1}{2} \begin{bmatrix} b_y + d \\ b_y + d \\ -(b_y + d) \\ -(b_y + d) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.3046 \\ 0.3046 \\ -0.3046 \\ -0.3046 \end{bmatrix} \text{ m}$$

$$i_{xx} := \begin{bmatrix} \frac{L_1 \cdot d^3}{12} + \frac{d \cdot L_1^3}{12} + L_1 \cdot d \cdot (y_{2_y3_1})^2 \\ L_2 \cdot d \cdot (y_{2_y3_2})^2 \\ \frac{L_3 \cdot d^3}{12} + \frac{d \cdot L_3^3}{12} + L_3 \cdot d \cdot (y_{2_y3_3})^2 \\ L_4 \cdot d \cdot (y_{2_y3_4})^2 \end{bmatrix}$$

$$i_{yy} := \begin{bmatrix} \frac{L_1 \cdot d^3}{12} + \frac{d \cdot L_1^3}{12} + L_1 \cdot d \cdot (x_{2_x3_1})^2 \\ L_2 \cdot d \cdot (x_{2_x3_2})^2 \\ \frac{L_3 \cdot d^3}{12} + \frac{d \cdot L_3^3}{12} + L_3 \cdot d \cdot (x_{2_x3_3})^2 \\ L_4 \cdot d \cdot (x_{2_x3_4})^2 \end{bmatrix}$$

$$i_{xy} := \begin{bmatrix} L_1 \cdot d \cdot (x_{2_x3_1}) \cdot (y_{2_y3_1}) \\ L_2 \cdot d \cdot (x_{2_x3_2}) \cdot (y_{2_y3_2}) \\ L_3 \cdot d \cdot (x_{2_x3_3}) \cdot (y_{2_y3_3}) \\ L_4 \cdot d \cdot (x_{2_x3_4}) \cdot (y_{2_y3_4}) \end{bmatrix}$$

$$i_{xx} = \begin{bmatrix} 1563758.2183 \\ 1746599.8206 \\ 1563758.2183 \\ 1746599.8206 \end{bmatrix} \text{ cm}^4$$

$$i_{yy} = \begin{bmatrix} 4093746.991 \\ 732143.4134 \\ 4093746.991 \\ 732143.4134 \end{bmatrix} \text{ cm}^4 \quad i_{xy} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ m}^4$$

$$I_{XX} := \sum i_{xx} = 6620716.0778 \text{ cm}^4$$

$$I_{YY} := \sum i_{yy} = 9651780.8088 \text{ cm}^4$$

$$I_{XY} := \sum i_{xy} = 0 \text{ cm}^4$$

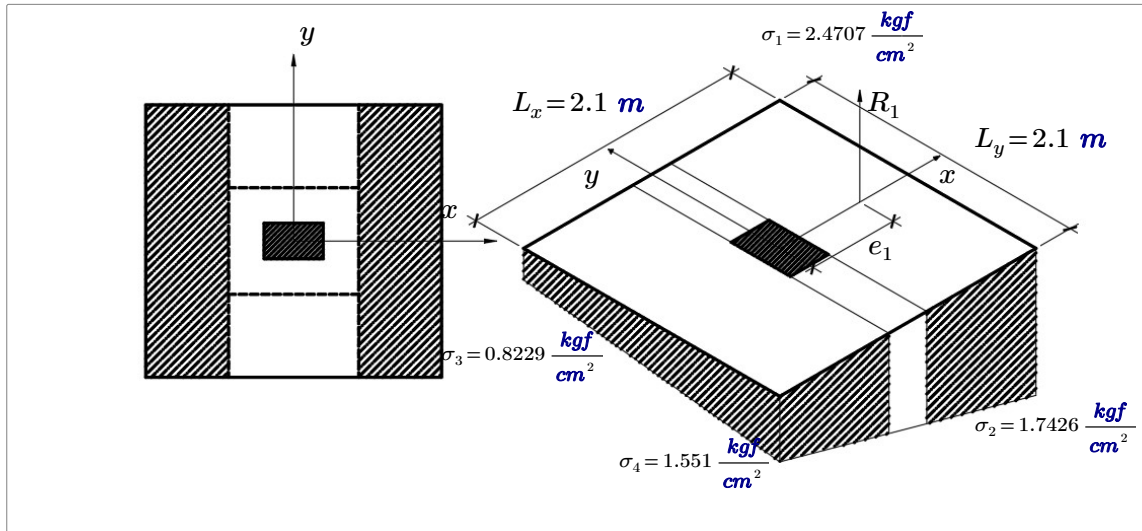
$$v_U := \begin{cases} \text{for } i \in 1, 2 \dots 4 \\ \left| \begin{aligned} & \gamma_{v2} \cdot (M_{ux_j} - V_U \cdot (y_3 - y_1)) \cdot (I_{YY} \cdot (y_{4_i} - y_3) - I_{XY} \cdot (x_{4_i} - x_3)) \\ & t_2 \leftarrow \frac{I_{XX} \cdot I_{YY} - I_{XY}^2}{\gamma_{v3} \cdot (M_{uy_j} - V_U \cdot (x_3 - x_1)) \cdot (I_{XX} \cdot (x_{4_i} - y_3) - I_{XY} \cdot (y_{4_i} - y_3))} \\ & t_3 \leftarrow \frac{I_{XX} \cdot I_{YY} - I_{XY}^2}{I_{XX} \cdot I_{YY} - I_{XY}^2} \\ & v_{U_i} \leftarrow \frac{V_U}{b_0 \cdot d} + t_2 - t_3 \end{aligned} \right. \\ \text{return } v_U \end{cases}$$

$$v_U = \begin{bmatrix} 9.3089 \\ 7.5896 \\ 5.4049 \\ 7.1241 \end{bmatrix} \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$R := \frac{\max(v_U)}{\sigma_c} = 0.8075$$

Calculo de momentos en la cara de la columna

Flexion en torno a y



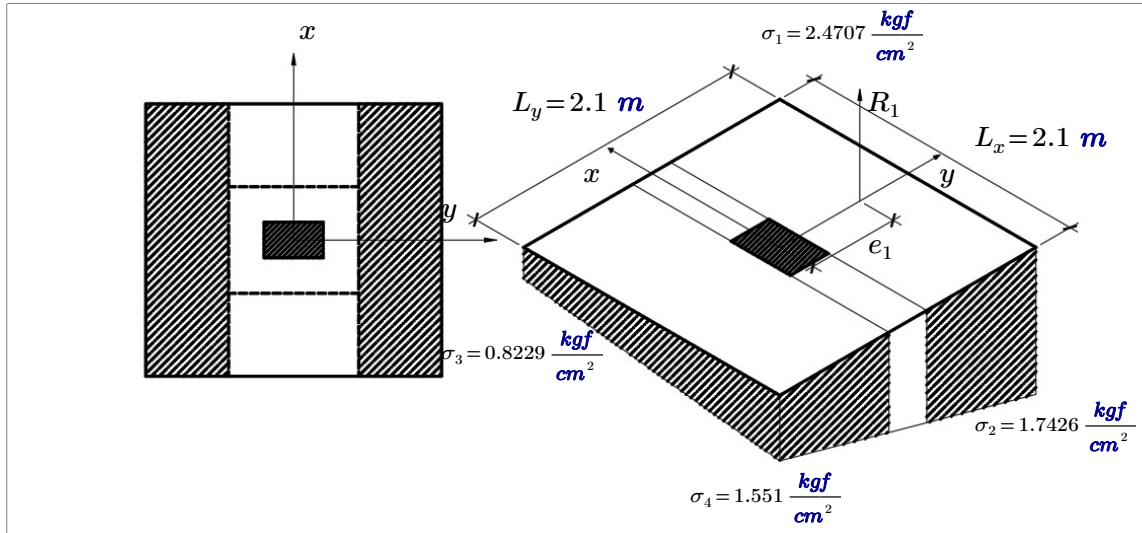
$$R_{1y} := \int_{\frac{L_y}{2}}^{\frac{L_y}{2}} \int_{\frac{b_x}{2}}^{\frac{L_x}{2}} \sigma_u(x, y) dx dy = 30846.59 \text{ kgf}$$

$$R_{2y} := \int_{\frac{L_y}{2}}^{\frac{L_y}{2}} \int_{\frac{L_x}{2}}^{\frac{-b_x}{2}} \sigma_u(x, y) dx dy = 24485.981 \text{ kgf}$$

$$e_{1y} := \frac{\int_{\frac{L_y}{2}}^{\frac{L_y}{2}} \int_{\frac{b_x}{2}}^{\frac{L_x}{2}} x \cdot \sigma_u(x, y) dx dy}{R_{1y}} = 65.846 \text{ cm}$$

$$e_{2y} := -\frac{\int_{\frac{L_y}{2}}^{\frac{L_y}{2}} \int_{\frac{L_x}{2}}^{\frac{-b_x}{2}} x \cdot \sigma_u(x, y) dx dy}{R_{2y}} = 63.9343 \text{ cm}$$

$$M_{y1} := R_{1y} \cdot \left(e_{1y} - \frac{b_x}{2} \right) = 12.6 \text{ tonnef} \cdot \text{m} \quad M_{y2} := R_{2y} \cdot \left(e_{2y} - \frac{b_x}{2} \right) = 9.533 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$



$$R_{1x} := \int_{\frac{b_y}{2}}^{\frac{L_y}{2}} \int_{\frac{L_x}{2}}^{\frac{L_x}{2}} \sigma_u(x, y) dx dy = 35658.682 \text{ kgf}$$

$$R_{2x} := \int_{\frac{b_y}{2}}^{\frac{L_y}{2}} \int_{\frac{L_x}{2}}^{\frac{L_x}{2}} y \cdot \sigma_u(x, y) dx dy = 26590.461 \text{ kgf}$$

$$e_{1x} := \frac{\int_{\frac{b_y}{2}}^{\frac{L_y}{2}} \int_{\frac{L_x}{2}}^{\frac{L_x}{2}} y \cdot \sigma_u(x, y) dx dy}{R_{1x}} = 61.4305 \text{ cm}$$

$$e_{2x} := \frac{\int_{\frac{b_y}{2}}^{\frac{L_y}{2}} \int_{\frac{L_x}{2}}^{\frac{L_x}{2}} y \cdot \sigma_u(x, y) dx dy}{R_{2x}} = 58.0817 \text{ cm}$$

$$M_{x1} := R_{1x} \cdot \left(e_{1x} - \frac{b_y}{2} \right) = 16.556 \text{ tonnef} \cdot \text{m} \quad M_{x2} := R_{2x} \cdot \left(e_{2x} - \frac{b_y}{2} \right) = 11.4556 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

Cálculo del momento para el diseño

$$M_n := \max \left(\max (M_{y1}, M_{y2}), \max (M_{x1}, M_{x2}) \right) = 16556.4945 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$b := L_x \quad Ru := \frac{M_n}{b \cdot d^2} = 8.2505 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \phi := 0.9$$

Cálculo de la cuantía

$$\rho := \frac{\phi \cdot f'c \cdot f_y - \sqrt{(\phi \cdot f'c \cdot f_y)^2 - \frac{4}{1.7} \cdot \phi \cdot f_y^2 \cdot f'c \cdot Ru}}{\frac{2}{1.7} \cdot \phi \cdot f_y^2}$$

$$\rho = 0.0022 \quad \rho_{min} := 0.002$$

El área de acero de refuerzo demandado será:

$$A_s := \rho \cdot d \cdot b = 14.5529 \text{ cm}^2$$

Cálculo de numero de varillas

La varilla a utilizar sera 5/8"

$$\text{Diametro de varilla} \quad d_b = 1.27 \text{ cm}$$

$$\text{Área de varilla} \quad A_b := \frac{\pi}{4} \cdot d_b^2 = 1.2668 \text{ cm}^2$$

$$\therefore \quad n_b := \frac{A_s}{A_b} = 11.4882 \quad n_b := \text{floor}(n_b) + 1 = 12 \quad \text{Varillas}$$

Separación de las varillas

$$\text{Recubrimiento lateral} \quad r_l := 5 \text{ cm}$$

$$S := \frac{L_x - 2 r_l - d_b}{n_b - 1} = 18.0664 \text{ cm}$$

Separación minima de las varillas (ACI 318 -14 sección 25.2.1)

Para refuerzo no preesforzado paralelo colocado en una capa horizontal, la distancia libre mínima entre barras paralelas de una capa debe ser al menos el mayor entre 1 pulg., d_b , y $4/3 d_{agg}$.

$$\text{Tamaño maximo nominal de agregado utilizado} \quad d_a := \frac{3}{4} \text{ in}$$

$$S_{min} := \max \left(2.54 \text{ cm}, \max \left(d_b, \frac{4}{3} \cdot d_a \right) \right) = 2.54 \text{ cm}$$

$$\text{if}(S > S_{min}, \text{"cumple!"}, \text{"No cumple!"}) = \text{"cumple!"}$$

Separación maxima de varillas (ACI 318 -14 sección 8.7.2.2)

Para losas macizas no preesforzadas, el espaciamiento máximo s del refuerzo longitudinal corrugado debe ser el menor de entre $2h$ y 18 pulg. en las secciones críticas, y el menor entre $3h$ y 18 pulg. en las otras secciones.

$$S_{max} := \min(18 \text{ in}, 3 \cdot h_z) = 45.72 \text{ cm}$$

$$\text{if}(S < S_{max}, \text{"cumple!"}, \text{"No cumple!"}) = \text{"cumple!"}$$

Conecciones a cimentaciones (ACI 318 -14 sección 16.3.1.1)

Las fuerzas y momentos mayorados en la base de columnas, muros o pedestales deben transmitirse a la cimentación de anillo a través del concreto por aplastamiento y mediante refuerzo espigas (dowels).

la cimentación de apoyo a través del concreto por aplastamiento y mediante refuerzo, espigos (dowels), pernos de anclaje y conectores mecánicos.

(ACI 318 -14 sección 16.3.1.2)

El refuerzo, los espigos (dowels) o los conectores mecánicos entre los miembros apoyados y la cimentación deben ser adecuados para transmitir (a) y (b):

- (a) La fuerza de compresión que exceda la menor de las resistencias al aplastamiento del concreto del miembro soportado o de la cimentación, calculadas de acuerdo con 22.8.
- (b) Cualquier fuerza de tracción calculada que se transmita a través de la interfaz.

(ACI 318 -14 sección 28.3.1)

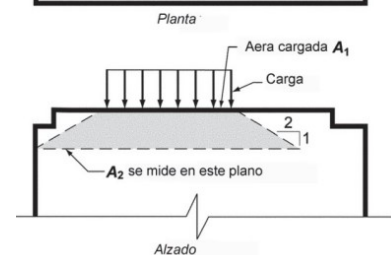
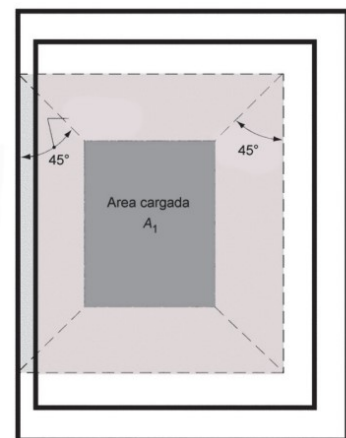
La Resistencia de diseño al aplastamiento debe cumplir con: $\phi B_n \geq B_u$ para cada combinación de mayoración de carga aplicable.

(ACI 318 -14 sección 28.3.2)

La Resistencia nominal al aplastamiento, B_n , debe calcularse de acuerdo con la Tabla 22.8.3.2, donde A_1 corresponde a la zona cargada y A_2 es el área de la base inferior de mayor tronco de pirámide, cono, o cuñas contenida totalmente dentro del apoyo y que tiene su base superior igual al área cargada. Los lados de la pirámide, cono o cuña deben tener una inclinación de 1 vertical a 2 horizontal.

Tabla 22.8.3.2 — Resistencia nominal al aplastamiento

Geometría del área de apoyo	B_n	
La superficie de apoyo es más ancha en todos los lados que el área cargada	El menor de (a) y (b)	$\sqrt{A_2/A_1} (0.85 f'_c A_g)$
		$2 (0.85 f'_c A_1)$
Otros casos		$0.85 f'_c A_1$



(ACI 318 -14 sección 16.3.4.1)

Para las conexiones entre columnas o pedestales construidos en sitio y la cimentación, A_s a través de la interfaz debe ser al menos $0.005A_g$, donde A_g es el área bruta del miembro soportado.

$$A_2 := L_x \cdot L_y = 44100 \text{ cm}^2$$

$$A_1 := b_y \cdot b_x = 1500 \text{ cm}^2$$

$$B_n := \min \left(\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \cdot 0.85 \cdot f'_c \cdot b_x \cdot b_y, 2 \cdot 0.85 \cdot f'_c \cdot A_1 \right)$$

$$B_n = 535500 \text{ kgf}$$

$$\phi := 0.6$$

$$P = 72624 \text{ kgf}$$

$$B_u := P = 72624 \text{ kgf}$$

if $(\phi \cdot B_n \geq B_u, \text{"Cumple!"}, \text{"No cumple!"}) = \text{"Cumple!"}$

$$\therefore A_{s_{min}} := 0.005 \cdot b_x \cdot b_y = 7.5 \text{ cm}^2$$

Se pondra acero de diámetro: $d_b := \frac{5}{8} \text{ in}$

$$n_{b_dowels} := \frac{A_{s_{min}}}{\frac{\pi}{4} d_b^2} = 3.7892 \quad \therefore \text{Se pondra 4 barras de } 5/8''$$

Desarrollo de barras corrugadas y alambres corrugados a compresión

(ACI 318 -14 sección 25.4.9.1)

La longitud de desarrollo para barras corrugadas y alambre a compresión, l_{dc} , debe ser la mayor de (a) y (b)

(a) la longitud calculada de acuerdo con 25.4.9.2

(b) 8 pulg.

(ACI 318 -14 sección 25.4.9.2)

l_{dc} debe determinarse como la mayor de (a) y (b), multiplicada por los factores de modificación aplicables de 25.4.9.3:

$$(a) \left(\frac{f_y \cdot \psi_r}{50 \lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \right) \cdot d_b \quad (b) \quad 0.0003 f_y \cdot \psi_r \cdot d_b$$

(ACI 318 -14 sección 25.4.9.3)

Para calcular l_{dc} , los factores de modificación deben cumplir con la Tabla 25.4.9.3, excepto que se permite tomar ψ_r igual a la unidad (1.0).

Tabla 25.4.9.3 — Factores de modificación para barras y alambres corrugados a compresión

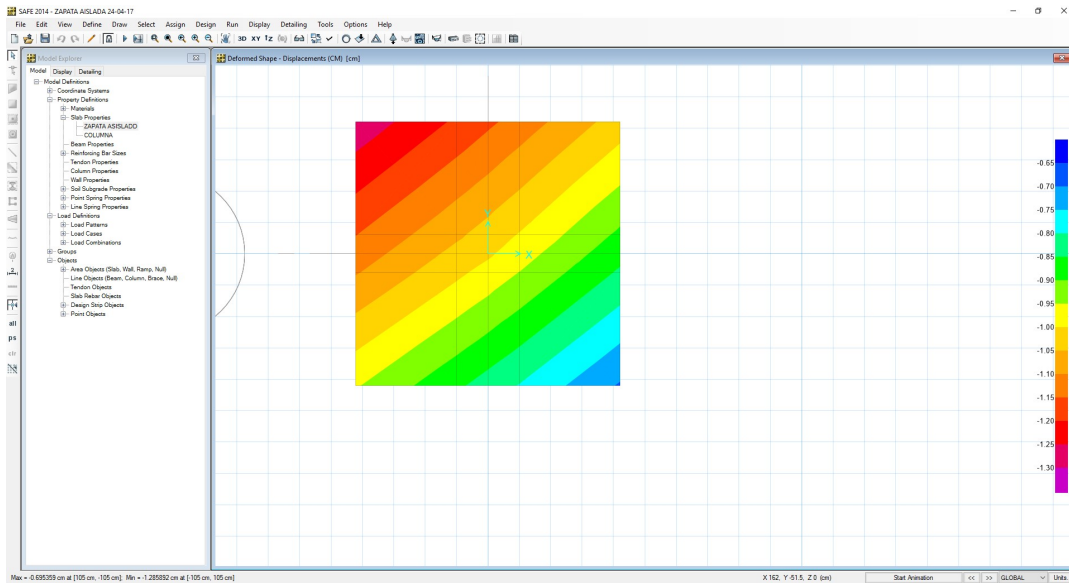
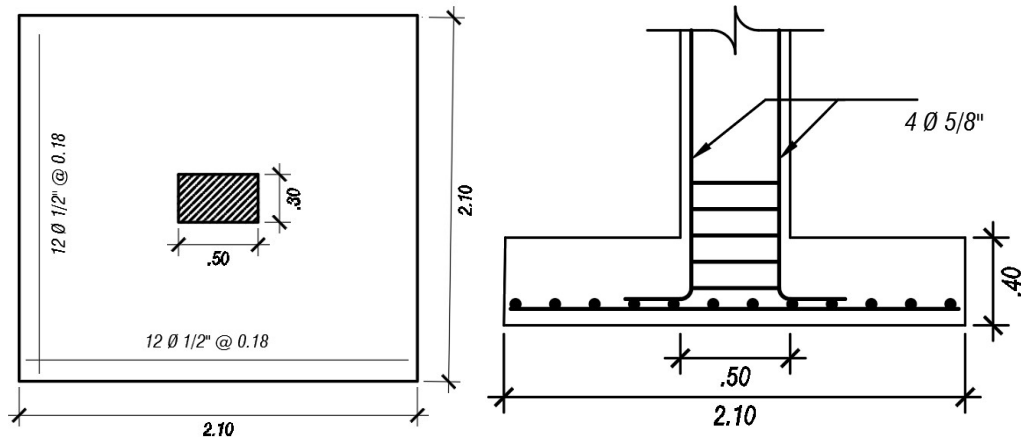
Factor de modificación	Condición	Valor del factor
Concreto liviano λ	Concreto liviano	0.75
	Concreto liviano, cuando se especifica f_{ct}	De acuerdo con 19.2.4.3
	Concreto de peso normal	1.0
Refuerzo de confinamiento ψ_r	Refuerzo encerrado dentro de (1), (2), (3) ó (4): (1) Una espiral (2) Un estribo circular continuo con $d_b \geq 1/4$ pulg. y paso 4 pulg. (3) Estribos de barra No. 4 o alambre D20 de acuerdo con 25.7.2 espaciado ≤ 4 pulg. (4) Estribos cerrados de confinamiento de acuerdo con 25.7.4 y espaciadas a distancias ≤ 4 pulg., centro a centro.	0.75
	Otra	1.0

$$\therefore \psi_r := 0.75 \quad \lambda := 1.0$$

$$l_d := \max \left(8 \text{ in}, \max \left(\left(\frac{f_y}{0.0703069626} \cdot \frac{\text{psi} \cdot \text{cm}^2}{\text{kgf}} \cdot \psi_r \right), \frac{0.0003}{\text{psi}} \left(\frac{f_y}{0.0703069626} \cdot \frac{\text{psi} \cdot \text{cm}^2}{\text{kgf}} \right) \cdot \psi_r \cdot d_b \right) \right)$$

$$l_d = 26.0283 \text{ cm}$$

$$\therefore l_d := 30 \text{ cm}$$



Modelado con CSI SAFE