
 CEU Universidad Cardenal Herrera	Cimentaciones y mecánica de suelos	Pág. 1 de 11
	Dimensionamiento de zapata con despegue	Marzo 2012
Referencias	Cálculos/ Resultados	
	<p><u>Enunciado del problema:</u></p> <p>Se quiere dimensionar la cimentación de una marquesina mediante una zapata rectangular aislada en la que las acciones transmitidas por el pilar (de sección 0,40x0,40 m²) son las siguientes:</p> <p>Acciones permanentes:</p> <p style="text-align: right;">Axil acciones permanentes, $N_g = 50kN$</p> <p style="text-align: right;">Momento acciones permanentes, $M_g = 30kNm$</p> <p style="text-align: right;">Cortante acciones permanentes, $V_g = 20kNm$</p> <p>Acciones variables:</p> <p style="text-align: right;">Axil acciones variables, $N_q = 50kN$</p> <p style="text-align: right;">Momento acciones variables, $M_q = 100kNm$</p> <p style="text-align: right;">Cortante acciones variables, $V_q = 50kNm$</p> <p>Dimensiones del pilar:</p> <p style="text-align: right;">Cuadrado, lado, $a = 0,40m$</p> <p>El estudio geotécnico indica que deberá emplearse la siguiente tensión admisible del terreno:</p> <p style="text-align: right;">Tensión admisible, $\sigma_{adm} = 170kPa$</p> <hr/> <p><u>Materiales y coeficientes de seguridad</u></p> <p>EHE/08 Art.15.3 <u>Acero B 500 S</u></p> <p style="text-align: right;">Límite elástico característico, $f_{yk} = 500MPa$</p> <p style="text-align: right;">Coeficiente minoración resistencia, $\gamma_s = 1,15$</p> <p style="text-align: right;">Límite elástico de cálculo, $f_{yd} = 435MPa$</p> <p style="text-align: right;">Módulo de deformación, $E_s = 2 \cdot 10^5 MPa$</p> <p>EHE/08 Art.15.3 Art.10.2 <u>Hormigón zapata y pilar HA-25/B/20/IIa</u></p> <p style="text-align: right;">Resistencia a compresión característica, $f_{ck} = 25MPa$</p> <p style="text-align: right;">Coeficiente minoración resistencia, $\gamma_c = 1,50$</p> <p style="text-align: right;">Resistencia a compresión de cálculo, $f_{cd} = 16,7MPa$</p> <p style="text-align: right;">Peso específico hormigón, $\rho_c = 25kN / m^3$</p>	

 CEU Universidad Cardenal Herrera	Cimentaciones y mecánica de suelos	Pág. 2 de 11
	Dimensionamiento de zapata con despegue	Marzo 2012
Referencias	Cálculos/ Resultados	
CTE SE Tabla 4.1	<p><u>Coeficiente mayoración ponderado</u></p> <p>Por economía de cálculo, para obtener los esfuerzos de diseño, en primer lugar, se obtienen los esfuerzos a partir de las acciones características (sin mayorar) y a éstas aplicarles un coeficiente de mayoración de acciones ponderado determinado como a continuación se indica.</p> <p style="text-align: right;">Coeficiente mayoración acciones permanentes, $\gamma_g = 1,35$</p> <p style="text-align: right;">Coeficiente mayoración acciones variables, $\gamma_q = 1,50$</p> <p>Coeficiente de mayoración ponderado</p> $\gamma_d = \frac{\gamma_g \cdot N_g + \gamma_q \cdot N_q}{N_g + N_q} = \frac{1,35 \cdot 50 + 1,50 \cdot 50}{100} = 1,425$	
	<p><u>Estabilidad y tensiones transmitidas al terreno</u></p> <p>Axil característico transmitido por el pilar</p> $N = N_g + N_q = 50kN + 50kN = 100kN$ <p>Momento característico transmitido por el pilar</p> $M = M_g + M_q = 30kNm + 100kNm = 130kNm$ <p>Cortante característico transmitido por el pilar</p> $V = V_g + V_q = 20kN + 50kN = 70kN$ <p>Se comienza tanteando con una zapata de las siguientes dimensiones:</p> <p style="text-align: right;">Largo, $A = 3,6m$</p> <p style="text-align: right;">Ancho, $B = 3,6m$</p> <p style="text-align: right;">Canto, $h = 0,60m$</p> <p>Peso de la zapata,</p> $W_{zapata} = (3,6 \cdot 3,6 \cdot 0,60, 6m^3) \cdot 25 \frac{kN}{m^3} = 194,4kN$ <p>Acciones transmitidas al terreno,</p> $N_t = N + W_{zapata} = 100kN + 194,4kN = 294,4kN$ $M_t = M + V \cdot h = 130kNm + 70kN \cdot 0,6m = 172kNm$ <p>Excentricidad del axil,</p> $e = \frac{M_t}{N_t} = \frac{294,4kN \cdot m}{172kN} = 0,584m$	

Excentricidad mínima que produce despegue, e_{despegue}

$$e_{\text{despegue}} = \frac{A}{6} = \frac{3,6m}{6} = 0,60m > e$$

No despega

Excentricidad mínima que produce vuelco, e_{vuelco}

Factor de seguridad al vuelco, $FS_{\text{vuelco}} = 1,50$

$$e_{\text{vuelco}} = \frac{1}{3} A = \frac{1}{3} 3,6m = 1,2m > e$$

No vuelca

Obviamente como no despega, no vuelca.

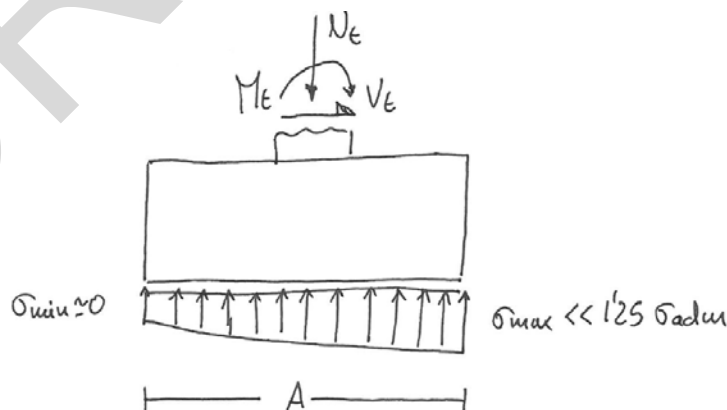
Las tensiones transmitidas al terreno

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{N_t}{A \cdot B} + \frac{e \cdot N_t}{\frac{1}{12} A^3 \cdot B} \left(\frac{1}{2} A \right) = N_t \left(\frac{1}{A \cdot B} + \frac{6e}{A^2 \cdot B} \right) = 45kPa \leq 1,25 \cdot \sigma_{\text{adm}} = 212kPa$$

$$\sigma_{\text{med}} = \frac{N_t}{A \cdot B} = 23kPa \leq \sigma_{\text{adm}}$$

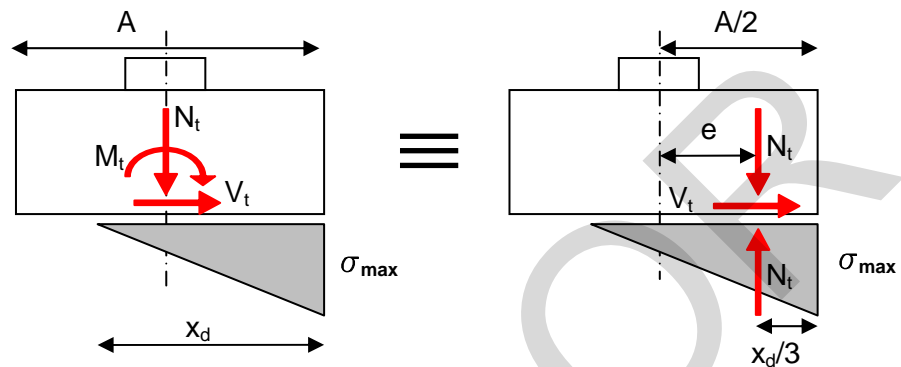
$$\sigma_{\text{min}} = N_t \left(\frac{1}{A \cdot B} - \frac{6e}{A^2 \cdot B} \right) = 1kPa \approx 0kPa$$

Cumple hundimiento y no despega



Se observa que por imponer que no despegue, debido a que el momento es importante y el axil es pequeño, las dimensiones de la zapata son muy grandes y la tensión que se transmite al terreno es cinco veces inferior a la máxima tensión que puede soportar el terreno. Por esa razón, para reducir las dimensiones de la zapata, se considera adecuado permitir que la zapata despegue sin que llegue a volcar.

En caso que se dimensione una zapata con despegue, como el terreno no puede resistir tracciones, la distribución de tensiones será la que representa la siguiente figura:



Se comienza tanteando con una zapata de las siguientes dimensiones:

Largo, $A = 2,6m$

Ancho, $B = 2,6m$

Canto, $h = 0,60m$

Peso de la zapata,

$$W_{zapata} = (2,6 \cdot 2,6 \cdot 0,6m^3) \cdot 25 \frac{kN}{m^3} = 101,4kN$$

Acciones transmitidas al terreno,

$$N_t = N + W_{zapata} = 100kN + 101,4kN = 201,4kN$$

$$M_t = M + V \cdot h = 130kNm + 70kN \cdot 0,6m = 172kNm$$

Excentricidad del axil,

$$e = \frac{M_t}{N_t} = \frac{201,4kN \cdot m}{172kN} = 0,854m$$

Excentricidad mínima que produce despegue, $e_{despegue}$

$$e_{despegue} = \frac{A}{6} = \frac{2,6m}{6} = 0,433m < e$$

Despega


Excentricidad mínima que produce vuelco, e_{vuelco}

$$\text{Factor de seguridad al vuelco, } FS_{vuelco} = 1,50$$

$$e_{vuelco} = \frac{1}{3} A = \frac{1}{3} 2,6m = 0,87m > e$$

No vuelca

La zapata despega pero no vuelca.

	Cimentaciones y mecánica de suelos	Pág. 5 de 11
	Dimensionamiento de zapata con despegue	Marzo 2012
Referencias	Cálculos/ Resultados	

Para determinar las tensiones en el terreno, a partir de la anterior figura, se obtiene la siguiente figura:

$$\frac{A}{2} = e + \frac{x_d}{3}$$

$$x_d = 3 \left(\frac{A}{2} - e \right) = 3 \left(\frac{2,6}{2} - 0,854 \right) = 1,34m$$

Como la ley de tensiones es triangular:

$$N_t = \frac{1}{2} x_d \sigma_{\max} B$$

$$\sigma_{\max} = 2 \frac{N_t}{x_d B} = 2 \frac{201,4}{1,34 \cdot 2,6} = 116kPa \leq 1,25 \cdot \sigma_{adm} = 188kPa$$

Despega pero cumple a hundimiento

Se puede observar que las dimensiones de la zapata son menores, que las tensiones transmitidas al terreno son inferiores a la admisible y que pese despegar, se tiene un factor de seguridad aceptable al vuelco.

Armado longitudinal (paralelo a dimensión A)

Vuelo máximo, v_{\max} ,

EHE/08
Art.58.2.1

$$v_{\max} = A/2 - a/2 = 2,6/2 - 0,40/2 = 1,10m$$

Como, $v_{\max} > 2h$,

Zapata rígida

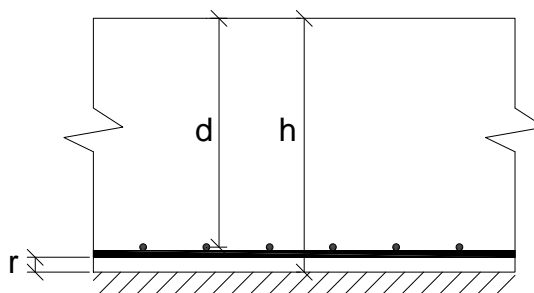
Teniendo en cuenta que se la clase de exposición es IIa, se considera que el nivel de control de ejecución no va a ser intenso y que se va a disponer hormigón de limpieza (por lo que la zapata no apoyará directamente sobre el terreno) el recubrimiento a considerar:

$$r = r_{\min} + \Delta r = 25mm + 10mm = 35mm$$

EHE/08
Art.37.2.4.1

Para determinar el canto útil, d , se utilizarán redondos $\phi = 16mm$

$$d = h - \left(r + \phi + \frac{\phi}{2} \right) = 600 - \left(35 + 16 + \frac{16}{2} \right) = 540mm = 0,54m$$



Como la zapata despega, se deberá tener en cuenta en la determinación del armado el peso de la zapata que se determina según la expresión:

$$\sigma_p = h \cdot \rho_s = 0,6m \cdot 25 \frac{kN}{m^3} = 15kPa$$

Tal y como se ve en las siguientes figuras, la distancia L_1 se calcula como:

$$L_1 = \frac{A}{2} - \frac{a}{4} = \frac{2,6m}{2} - \frac{0,40m}{4} = 1,2m$$

Para determinar R_1 y x_1 , dependiendo si $x_d > L_1$, deberemos emplear una de las siguientes expresiones.

Si $x_d > L_1$, entonces:

$$\frac{\sigma_{\max}}{x_d} = \frac{\sigma_0}{x_d - L_1}$$

$$\sigma_0 = \frac{\sigma_{\max}}{x_d} (x_d - L_1)$$

$$R_1 = L_1 \cdot (\sigma_0 - \sigma_p) + \frac{1}{2} L_1 (\sigma_{\max} - \sigma_0)$$

(Resultante R_1 por metro de sección transversal)

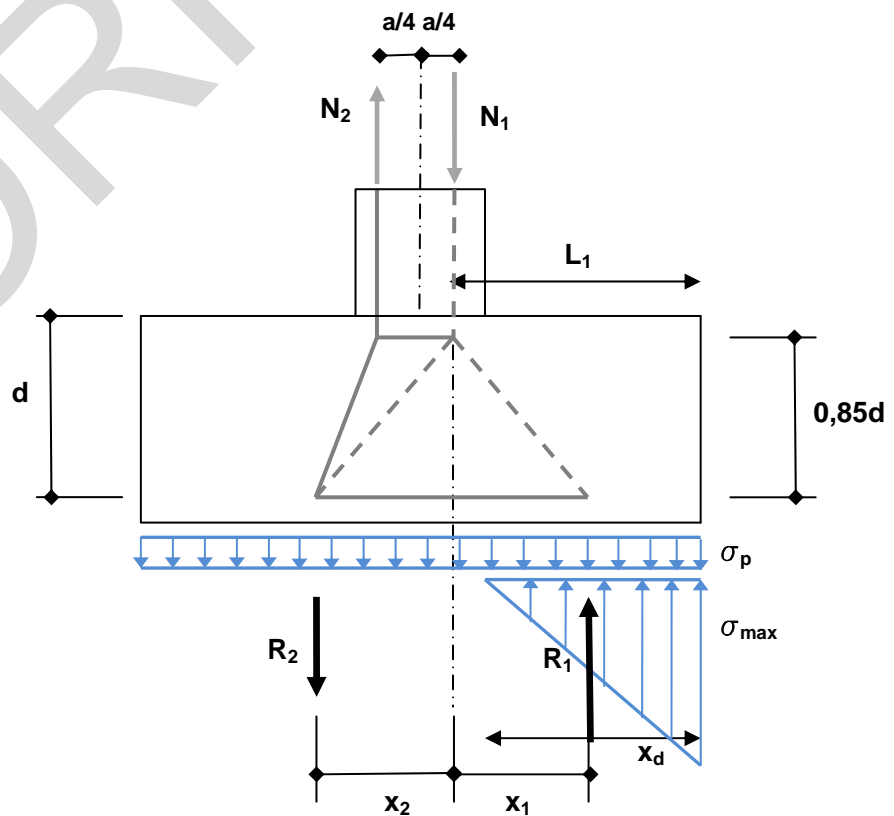
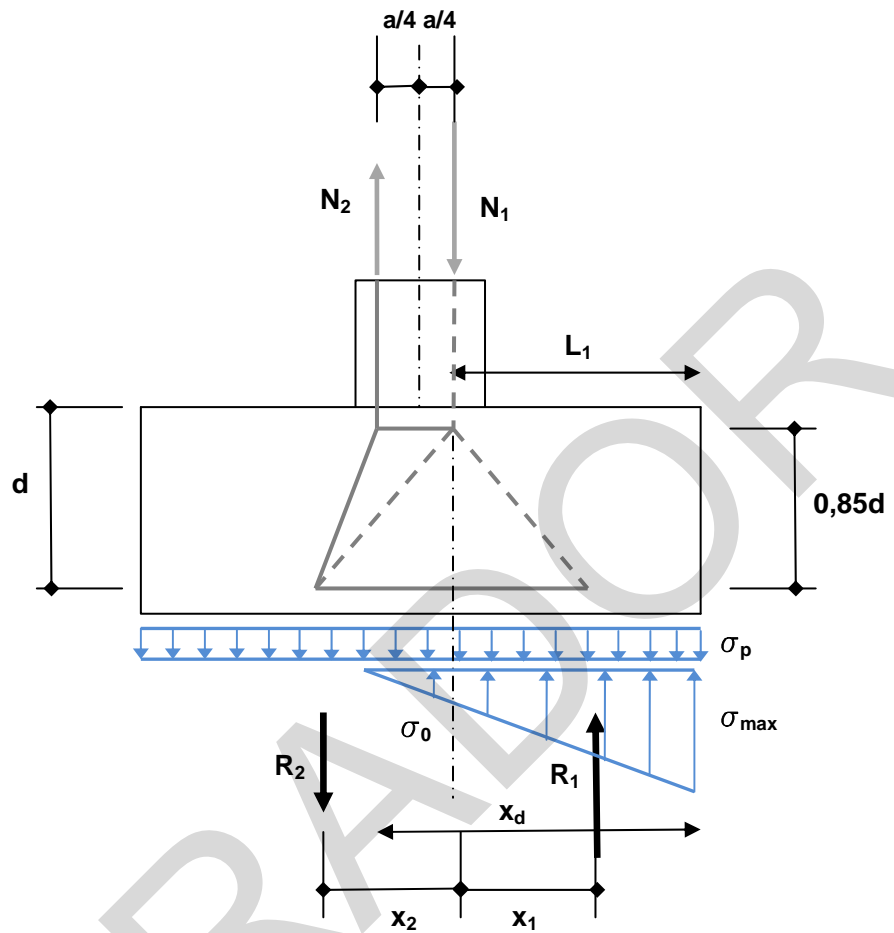
$$x_1 = \frac{\left[L_1 \cdot (\sigma_0 - \sigma_p) \right] \frac{1}{2} L_1 + \left[\frac{1}{2} L_1 (\sigma_{\max} - \sigma_0) \right] \frac{2}{3} L_1}{R_1} = \frac{\frac{1}{2} (\sigma_0 - \sigma_p) L_1^2 + \frac{1}{3} (\sigma_{\max} - \sigma_0) L_1^2}{R_1}$$


Si $x_d \leq L_1$, entonces:

$$R_1 = \frac{1}{2} x_d \sigma_{\max} - L_1 \cdot \sigma_p$$

(Resultante R_1 por metro de sección transversal)

$$x_1 = \frac{\left[\frac{1}{2} x_d \sigma_{\max} \right] \frac{2}{3} x_d - \left[L_1 \cdot \sigma_p \right] \frac{1}{2} L_1}{R_1} = \frac{\frac{1}{3} \sigma_{\max} x_d^2 - \frac{1}{2} \sigma_p L_1^2}{R_1}$$



	Cimentaciones y mecánica de suelos	Pág. 8 de 11
	Dimensionamiento de zapata con despegue	Marzo 2012
Referencias	Cálculos/ Resultados	

En este caso como $x_d > L_1$, entonces:

$$\sigma_0 = \frac{\sigma_{\max}}{x_d} (x_d - L_1) = 12 \text{ kPa}$$

$$R_1 = L_1 \cdot (\sigma_0 - \sigma_p) + \frac{1}{2} L_1 (\sigma_{\max} - \sigma_0) = 58,6 \text{ kN}$$

(Resultante R_1 por metro de sección transversal)

$$x_1 = \frac{\frac{1}{2} (\sigma_0 - \sigma_p) L_1^2 + \frac{1}{3} (\sigma_{\max} - \sigma_0) L_1^2}{R_1} = 0,813 \text{ m}$$

El tirante estará sometido a una tracción T , que tal y como se observa en las siguientes figuras su valor se obtiene a partir de la siguiente expresión:

EHE/08
Art.58.4.1.1

$$T = \frac{R_1}{0,85d} x_1 = 103,6 \text{ kN / m}$$

Para determinar el armado, se deberá mayorar la tracción T para obtener el valor de diseño T_d

$$T_d = \gamma_d \cdot T = 1,425 \cdot 103,6 = 147,6 \text{ kN / m}$$

Por lo que la armadura longitudinal necesaria por metro de sección transversal será:

EHE/08
Art.58.4.1.1

$$T_d = A_s \cdot f_{yd}$$

$$f_{yd} \leq 400 \text{ MPa}$$

$$A_s = \frac{T_d}{f_{yd}} = \frac{147,6}{400 \cdot 10^3} = 0,369 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^2}{\text{m}} = 3,69 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Para dimensionar el tirante, la norma limita el límite elástico (f_{yd}) a 400 MPa.

Cuantía mínima geométrica, $A_{s, \text{min geo}}$

La actual EHE/08 permite que la cuantía geométrica mínima sea de $0,9 \cdot 10^{-3} \cdot A_c$, sin embargo a juicio de los autores de este ejercicio para zapatas aisladas es más adecuado mantener la limitación anterior, es decir $1,8 \cdot 10^{-3} \cdot A_c$, siendo A_c el área bruta sección hormigón,

EHE/08 Tabla
42.3.5

$$A_c = 1 \text{ m} \cdot 0,6 \text{ m} = 0,6 \text{ m}^2 = 6000 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_{s, \text{min geo}} = 1,8 \cdot 10^{-3} \cdot A_c = 1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \cdot 60 = 10,8 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

EHE/08
Art.42.3.2

Cuantía mínima mecánica, $A_{s, \min \text{ mec}}$

$$A_{s, \min \text{ mec}} = 0,04 \cdot A_c \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,04 \cdot 100 \cdot 60 \frac{16,67}{443,48} = 9,20 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Como $A_s < A_{s, \min \text{ geo}}$ y $A_s < A_{s, \min \text{ mec}}$ se adopta $A_{s, \min \text{ geo}}$ como armado.

$$A_s = 10,8 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

El armado longitudinal se resolverá con $\varnothing 16$, por lo que el número de redondos a emplear será:

$$n = \frac{A_s}{\frac{\pi \cdot \phi^2}{4}} = \frac{10,8 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}}{\frac{\pi \cdot 1,6^2 \text{ cm}^2}{4 \text{ barra}}} = 5,37 \frac{\text{barras}}{\text{m}}$$

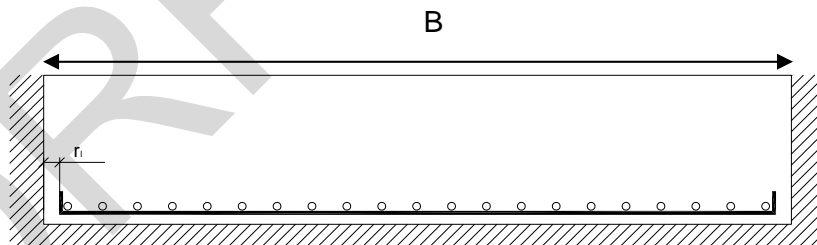
Por lo que se tendrán que espaciar las barras

$$e_{\text{barras}} = 100 / 5,37 = 18,5 \text{ cm}$$

Para determinar el número de los redondos en la sección, se ha de tener en cuenta que como las paredes de la zapata se hormigonan contra el terreno, el recubrimiento, r_1 , a considerar es,

EHE/08
Art.37.2.4.1

$$r_1 = 70 \text{ mm}$$



Por lo que la distancia en la que hay que repartir las barras del armado será:

$$B - 2 \cdot r_1 - 3\phi = 2,6 - 2 \cdot 0,07 - 3 \cdot 0,016 = 2,412 \text{ m}$$

Redondeando al entero inmediatamente superior, el número de barras necesario será:

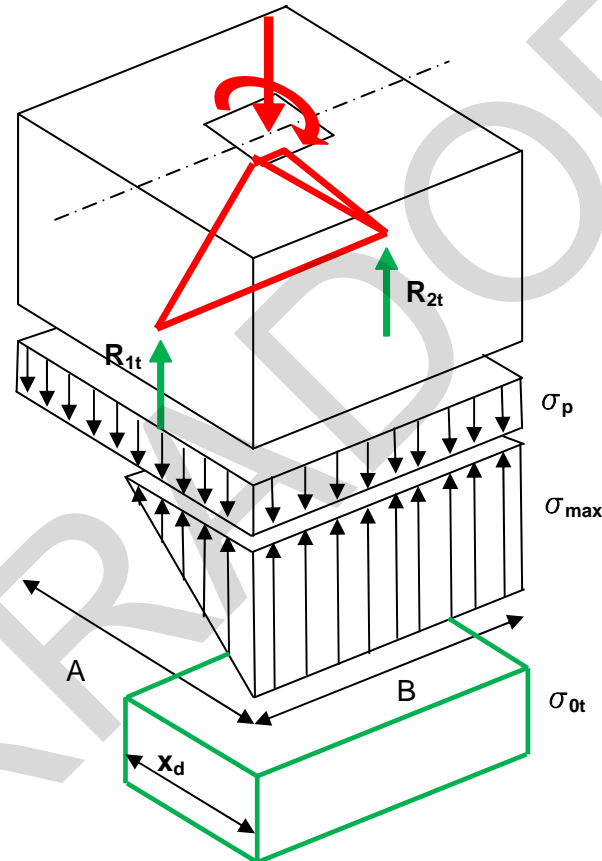
$$n_{\text{barras}} = 2,412 \text{ m} \cdot 5,37 \frac{\text{barras}}{\text{m}} = 13 \text{ barras}$$

Por lo tanto:

ARMADO LONGITUDINAL: $\varnothing 16$ cada 18,5 cm
(13 $\varnothing 16$)

Armado transversal (paralelo a dimensión B)

A efectos de calcular el armado transversal, consideraremos que la carga se reparte uniformemente con una tensión media σ_{0r} sobre el área de apoyo de la zapata, tal y como se indica en la siguiente figura:



El valor medio se determinará a partir de la siguiente expresión:

$$\sigma_{0r} \cdot 1m = \frac{1}{2} (\sigma_{\max} - \sigma_p) \cdot x_d$$

$$\sigma_{0r} = \frac{1}{2} (116 - 15) \cdot 1,34 = 68kPa$$

De manera análoga al caso longitudinal, la distancia L_{1t} se calcula como:


$$L_{1t} = \frac{B}{2} - \frac{a}{4} = \frac{2,6m}{2} - \frac{0,40m}{4} = 1,2m$$

Por lo que la resultante R_{1t} por metro de sección transversal:

$$R_{1t} = L_{1t} \cdot \sigma_{0r} = 1,20 \cdot 68 = 81,2kN / m$$

Por lo que el punto de aplicación de R_{1t} será:

$$x_{1t} = \frac{1}{2} L_{1t} = 0,6m$$

	Cimentaciones y mecánica de suelos	Pág. 11 de 11
	Dimensionamiento de zapata con despegue	Marzo 2012
Referencias	Cálculos/ Resultados	

Por lo que el tirante estará sometido a una tracción T_t , se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$T_t = \frac{R_{tt}}{0,85d} x_{tt} = \frac{81,2}{0,85 \cdot 0,541} \cdot 0,6 = 106 \text{ kN / m}$$

Para determinar el armado, se deberá mayorar la tracción T_t para obtener el valor de diseño T_{td}

$$T_{td} = \gamma_d \cdot T_t = 1,425 \cdot 60,7 = 151 \text{ kN / m}$$

Como el esfuerzo del tirante transversal es ligeramente superior al longitudinal, la sección transversal se armará por mínimos por lo que:

ARMADO TRANSVERSAL: Ø16 cada 18,5 cm
(13Ø16)