Golder Associates

Prof. Ricardo Moffat
Aux: Viviana González.

Auxiliar N° 5: Geotécnia - Primavera 2011

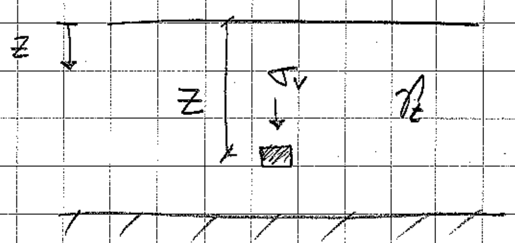
Tensiones en una masa de suelo

→ Caso Geostático:

Se asume un medio infinito, donde las deformaciones horizontales son nulas. ($\varepsilon_H = 0$)

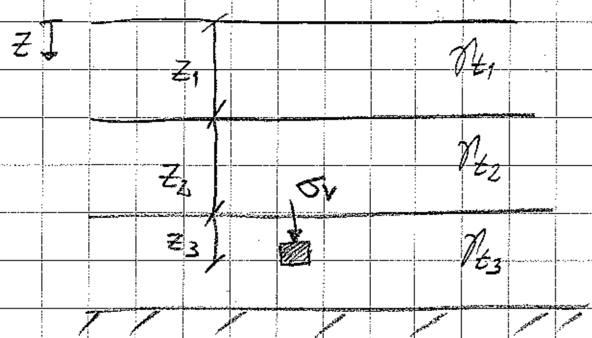
① Sin nivel freático:

→ Para un estrato



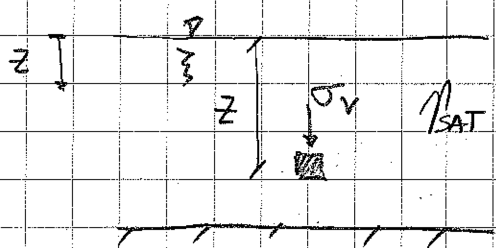
$$\sigma_v = \gamma_t \cdot Z$$

→ Para varios estratos



$$\sigma_v = z_1 \gamma_{t1} + z_2 \gamma_{t2} + z_3 \gamma_{t3}$$

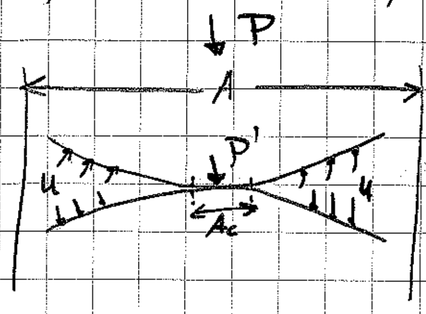
② Suelo Saturado (con nivel freático)



$$\sigma_v = \gamma_{SAT} \cdot Z$$

En este momento, el suelo siente la "columna de suelo" + "columna de agua"

"Principio de tensiones efectivas"



A: Area

$$P = P' + u(A - A_c) \qquad / \cdot 1/A$$

$$\frac{P}{A} = \frac{P'}{A} + u\left(1 - \cancelto{0}{A_c/A}\right)$$

$$\boxed{\sigma = \sigma' + u}$$

σ: tension total — σ': tension efectiva — u: presión neutra

Se tiene:

- Tensión vertical total: $\sigma_v = \gamma_{SAT} \cdot Z$
- Presión de poros: $u = \gamma_w \cdot Z$
- Tensión vertical efectiva: $\sigma_v' = \sigma_v - u$

Notar que la tensión efectiva del suelo se escribe como:

$$\sigma_v' = \sigma_v - u$$
$$\sigma_v' = \gamma_{SAT} \cdot Z - \gamma_w \cdot Z$$
$$\sigma_v' = (\gamma_{SAT} - \gamma_w) \cdot Z \qquad (\gamma_{SAT} - \gamma_w) = \gamma_b$$
$$\boxed{\sigma_v' = \gamma_b \cdot Z}$$

Tension horizontal en un suelo.

k_o: Coeficiente de transmisión lateral de tensiones.

$$\boxed{\sigma_h' = k_o \cdot \sigma_v'}$$

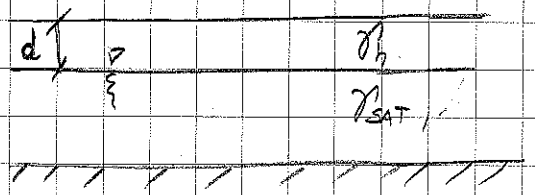
¡IMPORTANTE!: Relaciona tensiones EFECTIVAS verticales con tensiones EFECTIVAS horizontales.

Valores para k_o:

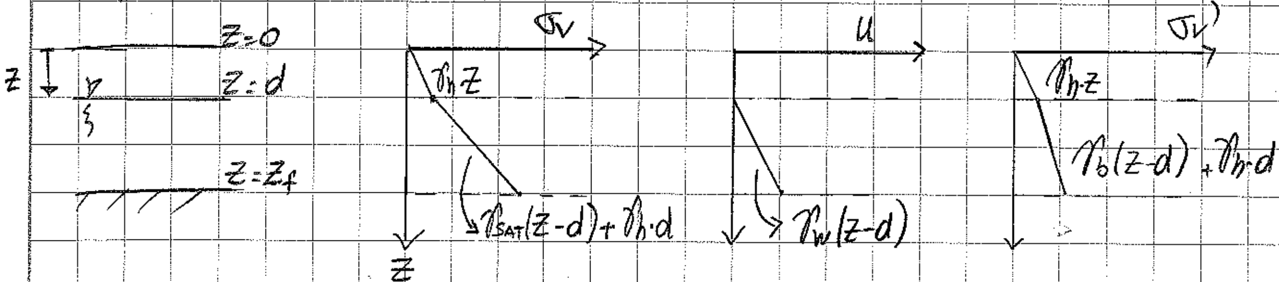
arenas	densas	0,3 - 0,4
arenas	sueltas	0,5 - 0,6
	arcillas	0,6 - 0,8

Golder Associates

P1) Determine el perfil de tensiones totales y efectivas verticales y horizontales, de la configuración de la figura.



Tensiones verticales

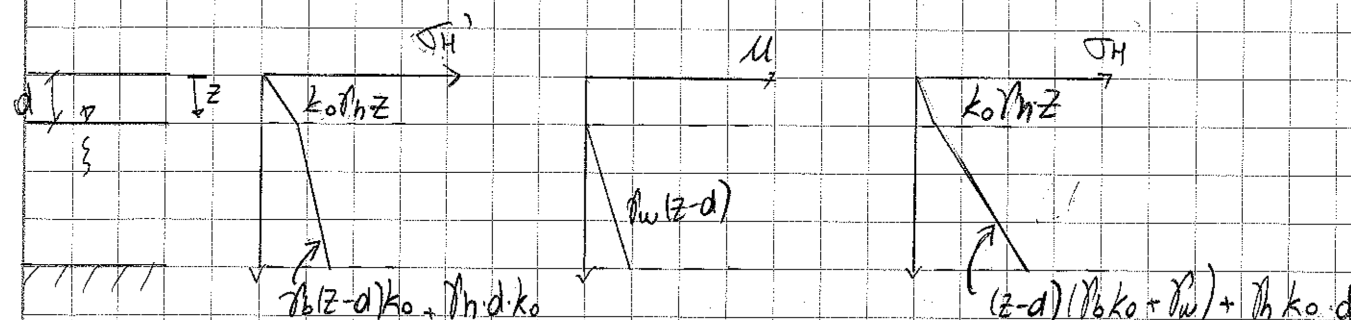


Recordar que:

$$u = \gamma_w \cdot z$$
$$\sigma_v' = \sigma_v - u$$

Para la tensión efectiva (σ_v'), se puede llegar directamente con γ_b.

tensiones horizontales $\quad (\sigma_H' = k_o \sigma_v')$



Acá comenzamos al revés, partimos de $\sigma_v' \rightarrow \sigma_H' \rightarrow \sigma_{H_{TOTALES}}$.
ya que k_o relaciona tensiones EFECTIVAS.

$$\sigma_H = \sigma_H' + u \quad \Rightarrow \quad \sigma_H' = \sigma_H - u.$$

Cargas sobre una masa de suelo.

Boussinesq

- Suelo pertenece a espacio semi-infinito
- Suelo homogeneo e isotropo
- Comport. elástico
- Se asumen deformaciones horizontales

Westergard

- Suelo pertenece espacio semi-inf.
- Suelo homogeneo y anisotropo. (suelos sedimentarios)
- Comport. elástico
- NO hay deformaciones horizontales.

Carga puntual.

Boussinesq

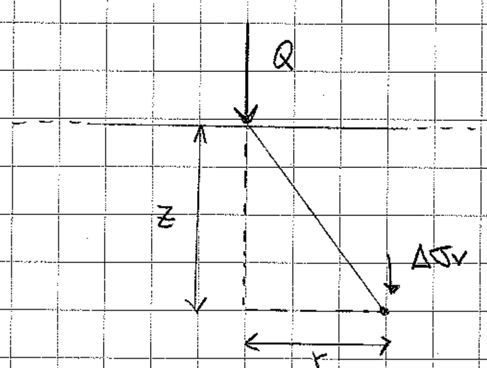
$$\Delta\sigma_v = \frac{Q}{z^2} N_B$$

$$N_B = \frac{3/2\pi}{\left[1 + (r/z)^2\right]^{5/2}}$$

Westergard

$$\Delta\sigma_v = \frac{Q}{z^2} N_W$$

$$N_W = \frac{1/\pi}{\left[1 + 2\,(r/z)^2\right]^{3/2}}$$

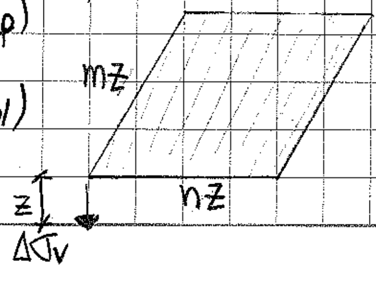


Carga sobre un área rectangular
(Tensión bajo una esquina del rectangulo)

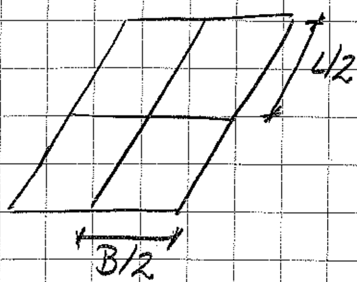
q : carga por unidad de área

$$\Delta\sigma_v = q \cdot I_B \quad \text{(Boussinesq)}$$

$$\Delta\sigma_v = q \cdot I_W \quad \text{(Westergard)}$$

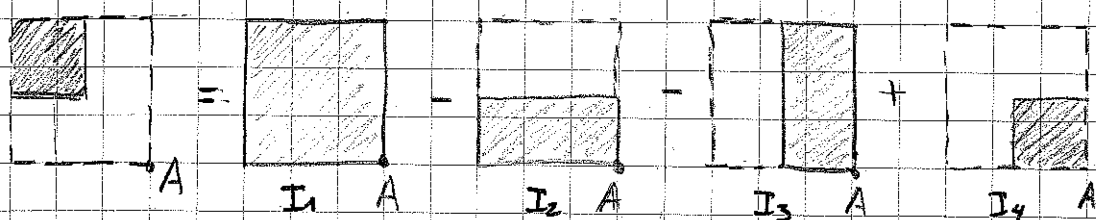


Para evaluar en el centro de una sección rectangular, se toman 4 áreas rectangulares con lados L/2 y B/2.



$$\Delta\sigma = 4 \cdot q \cdot I(L/2, B/2)$$

Para un punto fuera de la sección rectangular, se calcula con rectángulos "virtuales".

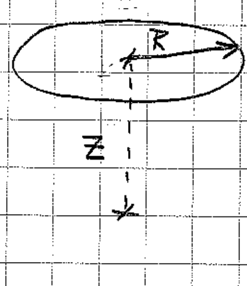


$$\Rightarrow \quad \Delta\sigma_A = q\,(I_1 - I_2 - I_3 + I_4)$$

Carga sobre un área circular (q: carga por unidad de área)

$$\Delta\sigma_v = q \cdot I \qquad I = 1 - \left(\frac{1}{1+(R/z)^2}\right)^{3/2}$$

(Bajo el centro de la sección circular)



Pz

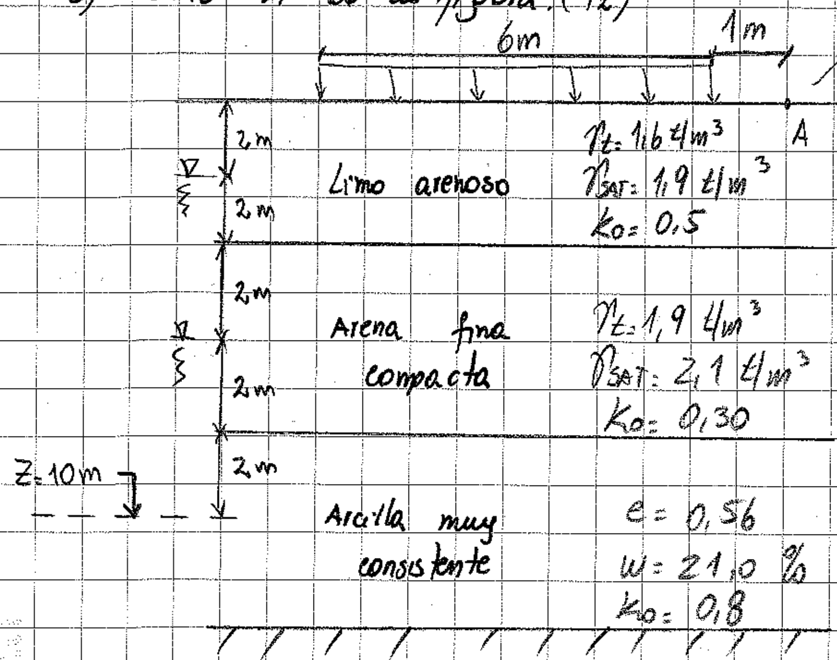
(i) Defina hasta una prof. de 10 m :

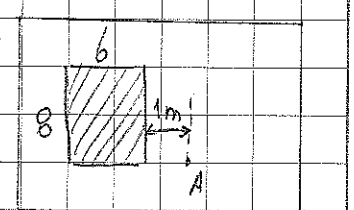
a) Tensiones totales, neutras y efectivas, verticales y horizontales. para el caso de la napa ubicada a -2,0 m.

b) Tensiones totales, neutras y efectivas, sólo verticales. Cuando la napa se ubica a -6,0 m.

(ii) Calcule las cargas en la superficie q_1 y q_2 de una fundación rectangular de 6 × 8 m^2, tales que dupliquen las tensiones efectivas geostáticas en la condición descrita en (i)(a) para dos puntos ubicados a 6 m de prof. bajo los sgtes puntos.

a) Centro de la fundación (q_1)
b) Punto A de la figura (q_2)





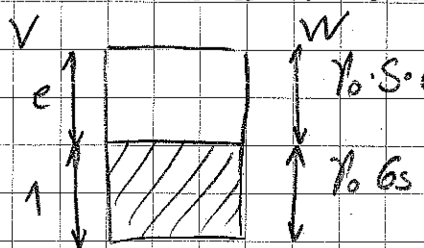
VISTA PLANTA

Golder Associates

Sol:

(ii) Para tener el perfil de tensiones completo, se debe calcular la γ_{SAT} de la arcilla muy consistente.

Recordamos de las clases pasadas



$\Rightarrow S \cdot e = w \cdot G_s$.

$\Rightarrow G_s = \dfrac{e}{w}$ $(S = 100\%)$

$$\gamma_{SAT} = \frac{W_w + W_s}{1+e} = \frac{\gamma_0 \cdot e + \gamma_0 \cdot e/w}{1+e} = 2,1 \ t/m^3$$

a) Tensiones verticales. (nivel freático a -2m)

T. totales.

$z = 0\,m$ $\quad \sigma_v = 0 \ t/m^2$

$z = 2\,m$ $\quad \sigma_v = 1,6 \ t/m^3 \cdot 2\,m = 3,2 \ t/m^2$

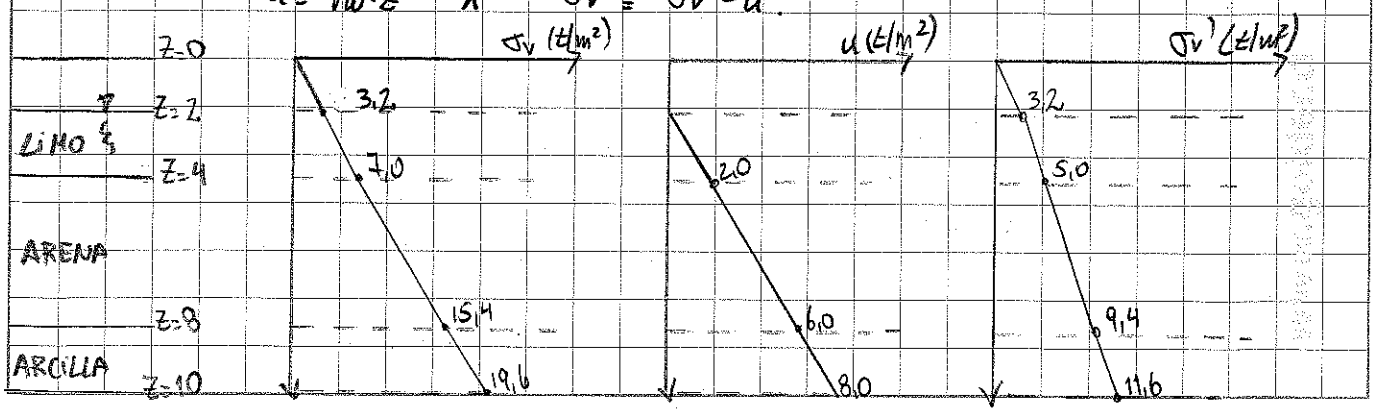
$z = 4\,m$ $\quad \sigma_v = 3,2 \ t/m + 1,9 \ t/m^3 \cdot 2\,m = 7,0 \ t/m^2$

$z = 8\,m$ $\quad \sigma_v = 7,0 \ t/m^2 + 2,1 \ t/m^3 \cdot 4\,m = 15,4 \ t/m^2$

$z = 10\,m$ $\quad \sigma_v = 15,4 \ t/m^2 + 2,1 \ t/m^3 \cdot 2\,m = 19,6 \ t/m^2$

Ahora para armar el gráfico de tensiones totales, neutras y efectivas recurrimos a:

$$u = \gamma_w \cdot z \quad \wedge \quad \sigma_v' = \sigma_v - u.$$



Tensiones horizontales. $\sigma_H' = k_0\, \sigma_v'$

ojo: la relación para k_0 es en tensiones EFECTIVAS!

$z = 0$ m $\quad \sigma_H' = 0$

$z = 2$ m $\quad \sigma_H' = k_{01} \cdot 3{,}2\ t/m^2 = 0{,}5 \cdot 3{,}2 = 1{,}6\ t/m^2$

$z = 4$ m $(-)$ $\quad \sigma_H' = k_{01} \cdot 5{,}0\ t/m^2 = 0{,}5 \cdot 5{,}0 = 2{,}5\ t/m^2$

$z = 4$ m $(+)$ $\quad \sigma_H' = k_{02} \cdot 5{,}0\ t/m^2 = 0{,}30 \cdot 5{,}0 = 1{,}5\ t/m^2$

$z = 8$ m $(-)$ $\quad \sigma_H' = k_{02} \cdot 9{,}4\ t/m^2 = 0{,}30 \cdot 9{,}4 = 2{,}82\ t/m^2$

$z = 8$ m $(+)$ $\quad \sigma_H' = k_{03} \cdot 9{,}4\ t/m^2 = 0{,}80 \cdot 9{,}4 = 7{,}52\ t/m^2$

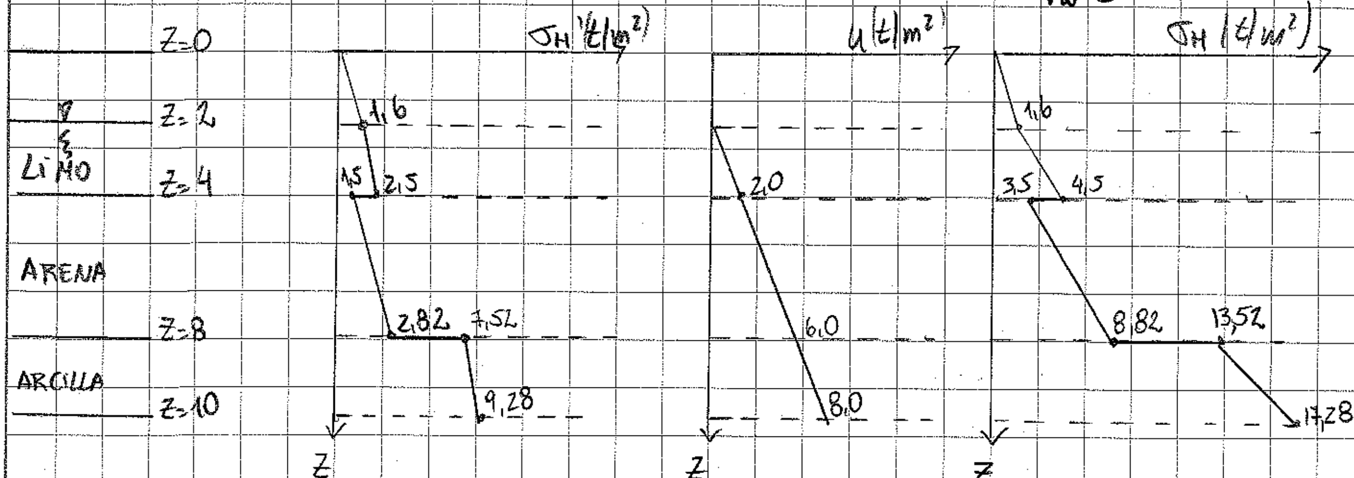
$z = 10$ m $\quad \sigma_H' = k_{03} \cdot 11{,}6\ t/m^2 = 0{,}80 \cdot 11{,}6 = 9{,}28\ t/m^2$

Ahora se parte de las tensiones horizontales EFECTIVAS y se calcula $\sigma_{H\,TOTAL}$.

$\sigma_H' \longrightarrow u \longrightarrow \sigma_H$ (TOTALES)

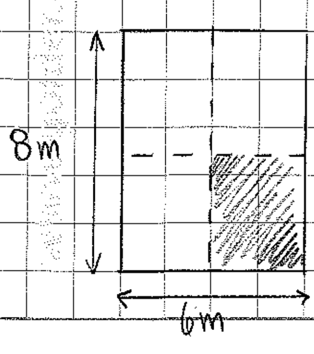
$\sigma_v = \sigma_v' + u$

$u = \gamma_w \cdot z$



b) Propuesto.

(ii) a) Centro de fundación (q_1)



Boussinesq: Se debe calcular la tensión bajo una esquina de la zapata achurada y se pondera por 4 el resultado.

$m z = 3(m) \Rightarrow m = 3/6 = 0{,}5$
$n z = 4(m) \Rightarrow n = 4/6 = 0{,}67$
$\Big\}\ I = 0{,}102$

Nos piden que a 6(m) de prof. las tensiones en el suelo dupliquen las tensiones en condiciones geostáticas. Por lo tanto la carga debe aportar con un q_1 equivalente en magnitud a σ_v' geostático.

$\sigma_v'(z = 6m) = 2 \cdot 1{,}6 + 2{,}0{,}9 + 2 \cdot 1{,}1 = 7{,}2$ (t/m²)

$\Rightarrow \sigma_{q_1} = 4 \cdot I \cdot q_1 = 4 \cdot 0{,}102 \cdot q_1 = 7{,}2 \Rightarrow q_1 = \dfrac{7{,}2}{4 \cdot 0{,}102} = 17{,}7$ t/m² //

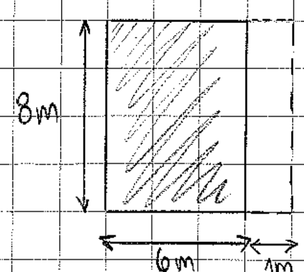
Ahora por <u>Westergard</u> ($\varepsilon_H = 0$)

$\left.\begin{array}{l} m = B/z = 3/6 = 0{,}5 \\ n = L/z = 4/6 = 0{,}67 \end{array}\right\} I = 0{,}068 \Rightarrow \Delta\sigma_{q_1} = 4 \cdot I \cdot q_1 = 7{,}2$

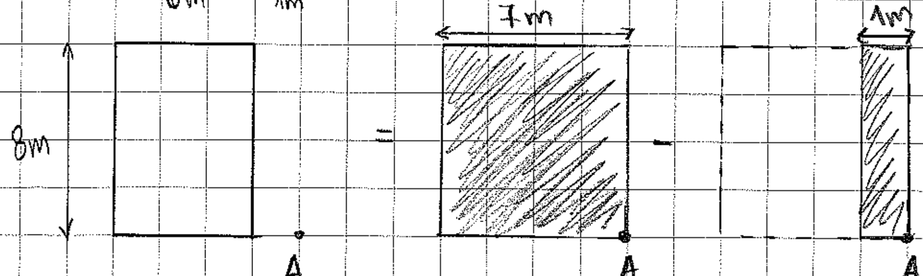
$\Rightarrow q_1 = \dfrac{7{,}2}{4 \cdot 0{,}068} = 26{,}47$ (t/m²)

Westergard es bastante mayor que Boussinesq. $\dfrac{q_{Bouss}}{q_{West}} = \dfrac{17{,}7}{26{,}47} \approx 65\,\%$ de la tensión que propone Boussinesq.

b) Bajo el punto A:



Se genera una zapata equivalente, donde se debe restar la zapata extendida a la virtual.



Zapata 7×8

$\left.\begin{array}{l} m = 7/6 = 1{,}16 \\ n = 8/6 = 1{,}33 \end{array}\right\} I_1 = 0{,}204$

Zapata 1×8

$\left.\begin{array}{l} m = 1/6 = 0{,}17 \\ n = 8/6 = 1{,}33 \end{array}\right\} I = 0{,}05$

Golder Associates

$\therefore \ \Delta\sigma_{f_2} = (I_1 - I_2) \cdot q_2 = 7,2 \ t/m^2$

$\Rightarrow \boxed{q_2 = 46,8 \ t/m^2}$

No es necesario calcular Westerguard pues se sabe que la carga necesaria f_2 será mayor

$\Rightarrow$ Bousinesq es más conservador //