

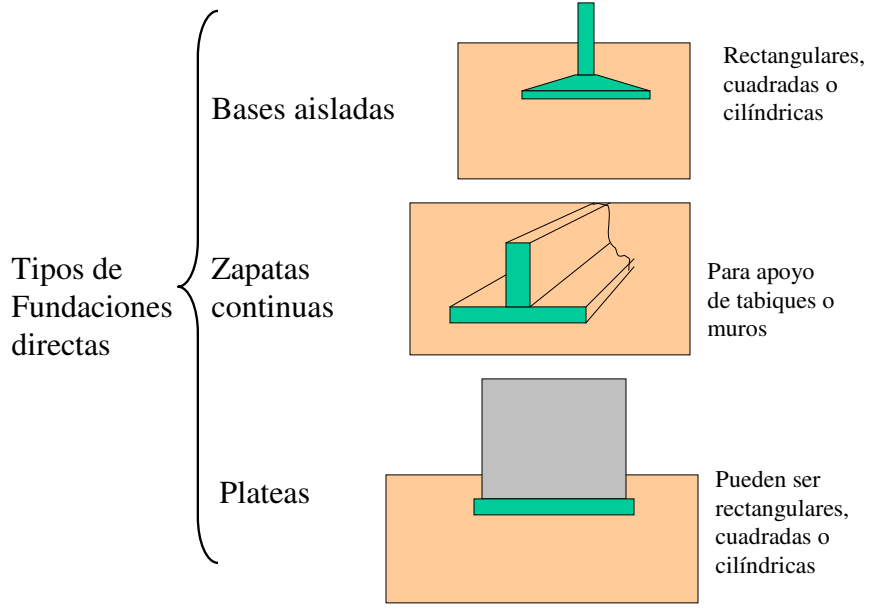
GEOTECNIA I

“Transferencia de cargas al terreno” 1ª Parte

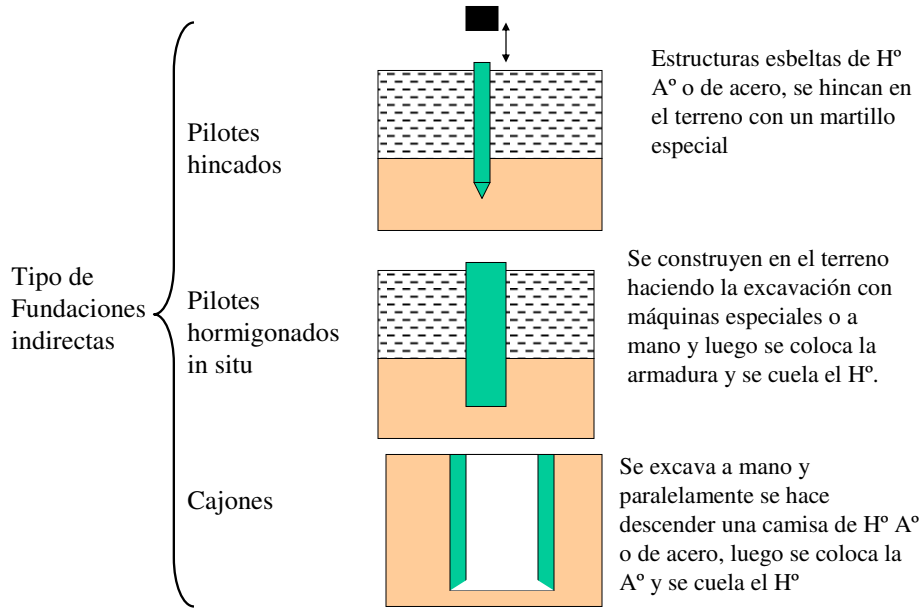


Profesor: Ing. Augusto José Leoni

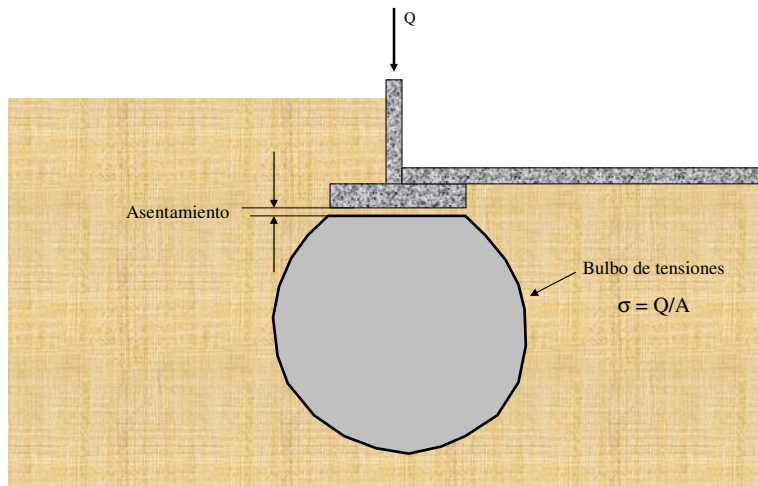
Fundaciones Directas o superficiales



Fundaciones Indirectas o profundas

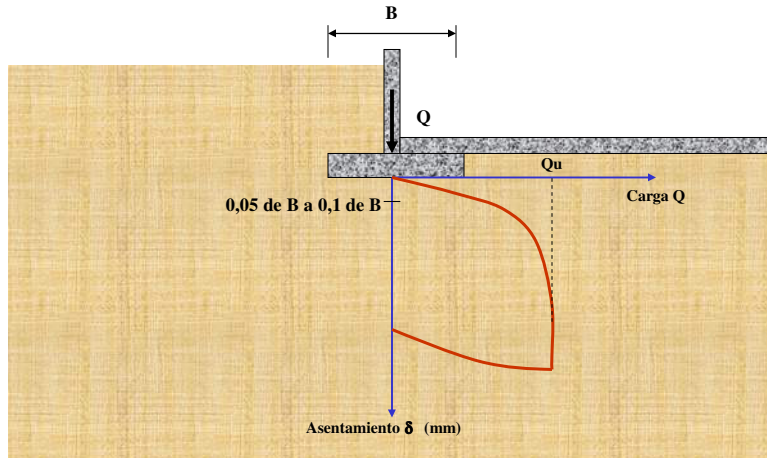


Fundaciones Directas



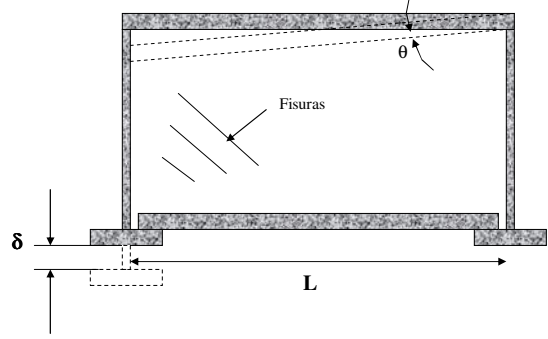
Incrementos de tensiones \rightarrow Asentamientos = $f(E, Cc, \nu)$

Fundaciones Directas



Fundaciones Directas

Asentamientos Diferenciales y distorsión angular

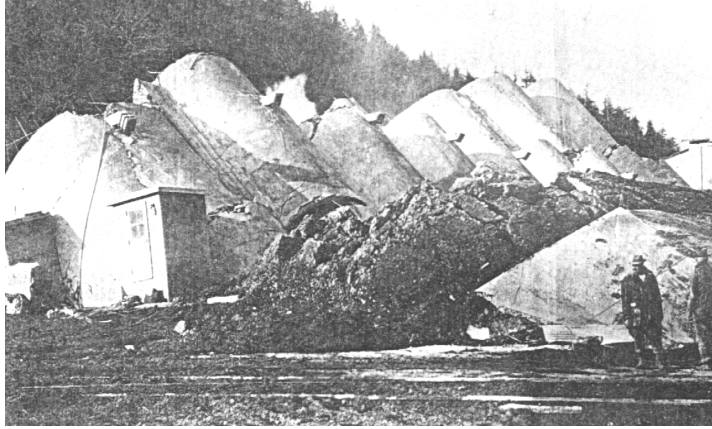


Distorsión angular

$$\theta = \frac{\delta}{L}$$

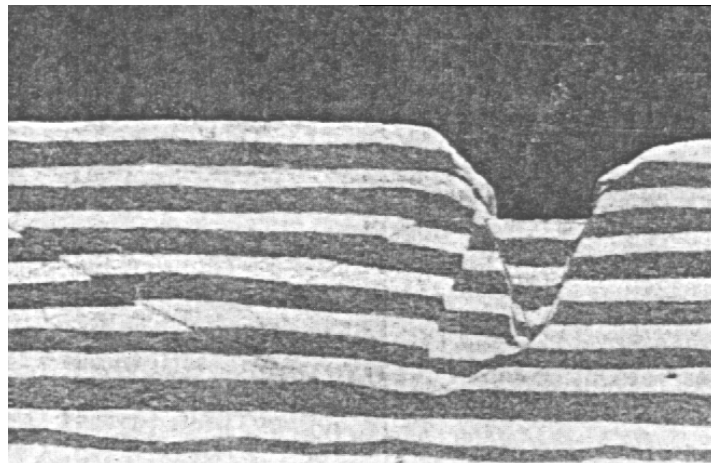
- Peligro para máquinas sensibles a los asentamientos $\theta = 1/750$
- Peligro para pórticos con elementos diagonales $\theta = 1/600$
- Límite seguro para NO TENER agrietamiento de edificios $\theta = 1/500$
- Agrietamiento de muros sin cargas y de ladrillos $\theta = 1/300$
- Agrietamiento considerable de muros sin cargas y de ladrillos $\theta = 1/150$

Mecanismo de falla en fundaciones directas



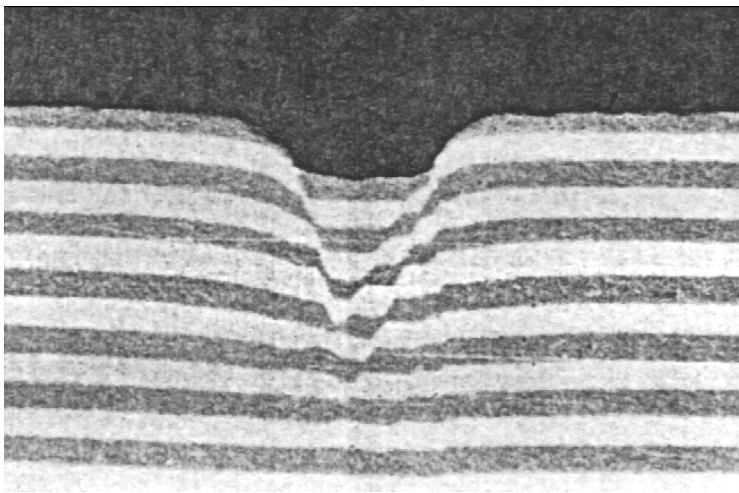
Falla de la fundación de un grupo de silos (Tschebotarioff 1951)

Mecanismo de falla en fundaciones directas



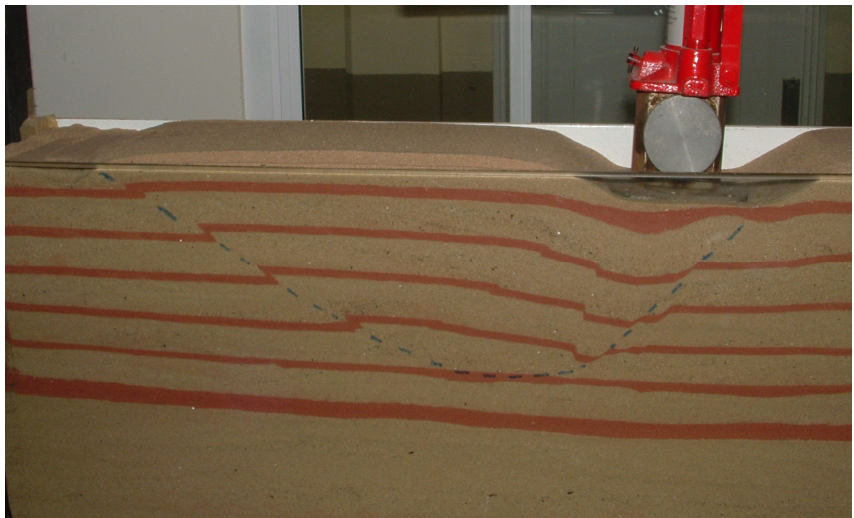
Arena Densa ($D_r = 100\%$) (De Beer y Vesic 1958)

Mecanismo de falla en fundaciones directas



Arena suelta ($D_r = 15\%$) (De Beer y Vesic 1958)

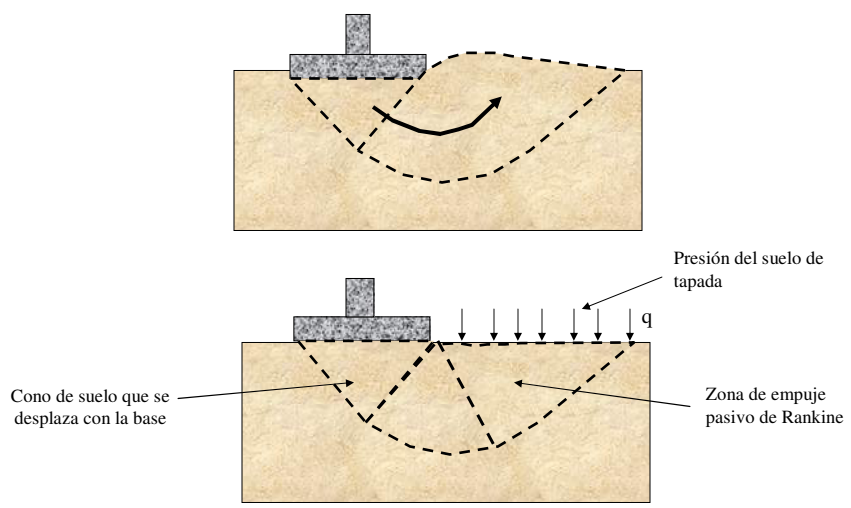
Mecanismo de falla en fundaciones directas



Laboratorio de Mecánica de Suelos Facultad de Ingeniería U.N.L.P. (2005)

Mecanismo de falla en fundaciones directas

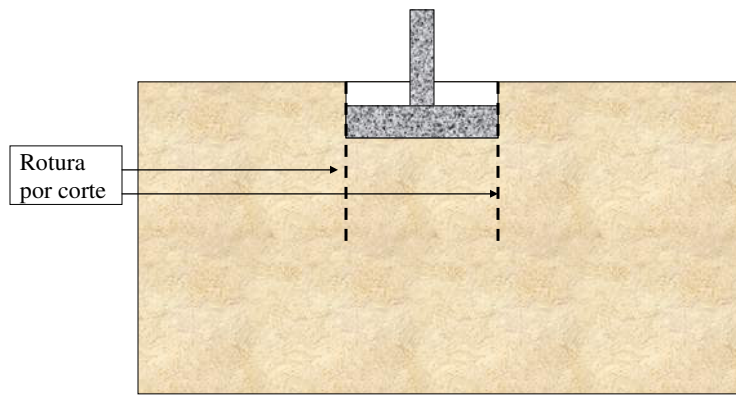
Corte general: Se produce en los suelos compactos o en las arenas densas



Mecanismo de falla en fundaciones directas

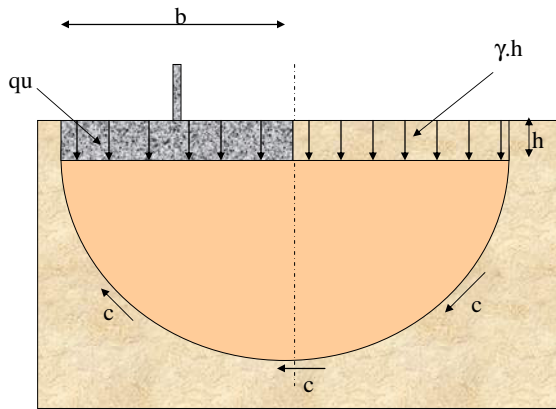
Corte localizado:

Este mecanismo de falla se produce en los suelos arcillosos blandos o en las arenas sueltas



Mecanismo de falla de una zapata continua

Apoyada sobre **suelos cohesivos sin fricción $c \neq 0$ y $\phi = 0$**



$$q_u \cdot b \cdot \frac{b}{2} = c \cdot \pi \cdot \frac{2 \cdot b}{2} \cdot b + \gamma \cdot h \cdot b \cdot \frac{b}{2}$$

$$q_u = c \cdot 2 \cdot \pi + \gamma \cdot h$$

$$q_u = 6,28 \cdot c + \gamma \cdot h$$

Para zapatas en superficie $h = 0$

$$q_u = 6,28 \cdot c$$

Fórmula de capacidad de carga

Habiendo analizado los mecanismos de falla en fundaciones directas en escala real y con modelos de laboratorio, se vio que las fórmulas de capacidad de carga dependían de diversos factores que tenían que ver con los parámetros de corte del suelo, con la forma de la base, con la profundidad de apoyo y con la inclinación de la carga

a) Factores de resistencia (capacidad de carga) $N(c; q; \gamma)$ { Fricción " ϕ "

b) Factores de forma o geométricos $S(c; q; \gamma)$ (Shape) { Ancho de "B" de la base
Largo "L" de la fundación
Forma de la base

c) Factores de profundidad $d(c; q; \gamma)$ (depth) { Profundidad de apoyo de la base "Df"
Densidad del terreno de fundación " γ "
Características resistentes de suelo sobre la base "D"

d) Factores de inclinación de la carga $i(c; q; \gamma)$ (inclination) { H
V

Diversos autores han estudiado este tema y cada uno de ellos ha elaborado una fórmula propia con distintos coeficientes.

En este curso serán analizadas las fórmulas de capacidad de carga dadas por **Terzaghi** en primer término y por **Brinch Hansen** en segundo término.

Fórmula de capacidad de carga de Terzaghi:
(Utiliza solamente factores de resistencia)

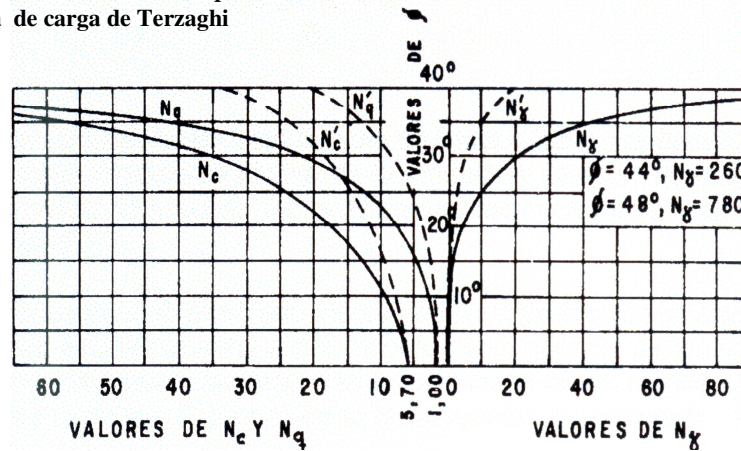
$$q_u = c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad \text{Para zapatas continuas}$$

$$q_u = 1,3 \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad \text{Para zapatas cuadradas}$$

$$q_u = 1,3 \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,3 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad \text{Para zapatas circulares}$$

- Donde: q_u = Tensión última o de rotura
 c = Cohesión del suelo
 q = Presión efectiva de la tapada
 γ = Densidad efectiva del suelo
 B = Lado menor o diámetro de la fundación

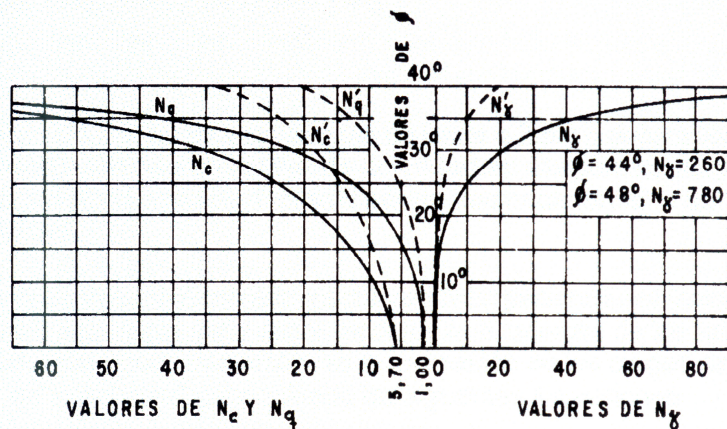
Gráficos de coeficientes de capacidad de carga de Terzaghi



$N(c; q; \gamma) =$ Coeficientes de capacidad de carga = $f(\phi)$

Terzaghi da dos familias de curvas de los coeficientes de capacidad de carga "N" en un gráfico en función de ϕ , donde los de la línea llena son para los suelos cohesivos mixtos (arenas limos y arcillas) y los de las líneas de trazo, corresponden a los **suelos arcillosos blandos o arenas sueltas**. En éste último caso la cohesión que pudiera existir también se reduce haciendo $c' = 2.c/3$

Fórmulas de capacidad de carga Terzaghi: **Suelos compactos y arenas densas**

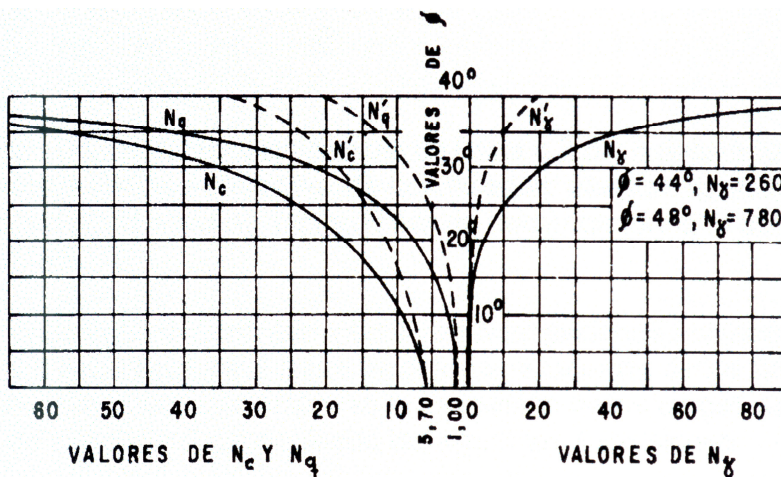


$$q_u = c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad \text{Para zapatas continuas}$$

$$q_u = 1,3 \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad \text{Para zapatas cuadradas}$$

$$q_u = 1,3 \cdot c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,3 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad \text{Para zapatas circulares}$$

Fórmula de capacidad de carga Terzaghi: **Arcillas blandas o arenas sueltas**



$$q_u = \frac{2}{3} \cdot c \cdot N'_c + q \cdot N'_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N'_\gamma \quad \text{Para zapatas continuas}$$

$$q_u = 1,3 \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot c\right) \cdot N'_c + q \cdot N'_q + 0,4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N'_\gamma \quad \text{Para zapatas cuadradas}$$

$$q_u = 1,3 \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot c\right) \cdot N'_c + q \cdot N'_q + 0,3 \cdot \gamma \cdot B \cdot N'_\gamma \quad \text{Para zapatas circulares}$$

Fórmula de capacidad de carga de Brinch Hansen

Introduce los factores de "forma", de "profundidad" y de "inclinación" a la fórmula de Terzaghi quedando finalmente:

$$q_r = c \cdot N_c \cdot S_c \cdot d_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot S_q \cdot d_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma$$

q_r = Tensión de rotura

c = Cohesión del suelo

q = Presión efectiva de la tapada del suelo

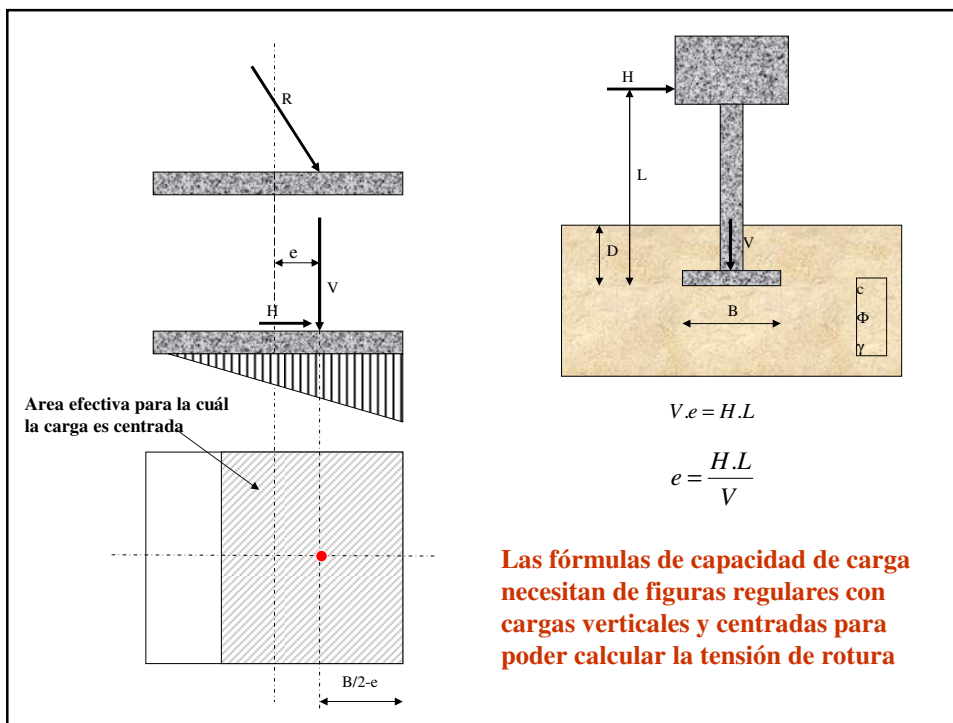
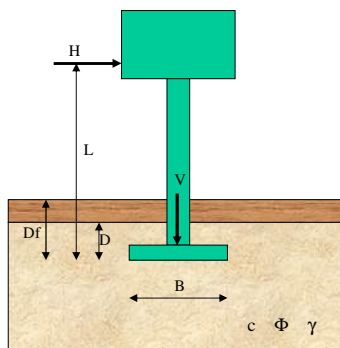
$N(c; q; \gamma)$ = Factores de capacidad de carga = $f(\phi)$

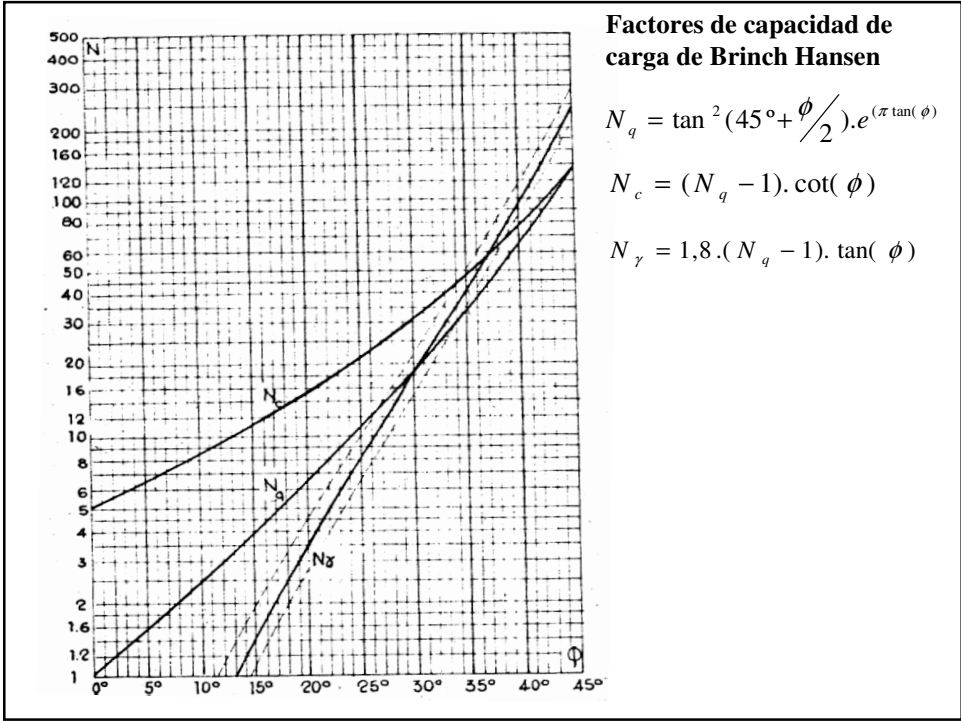
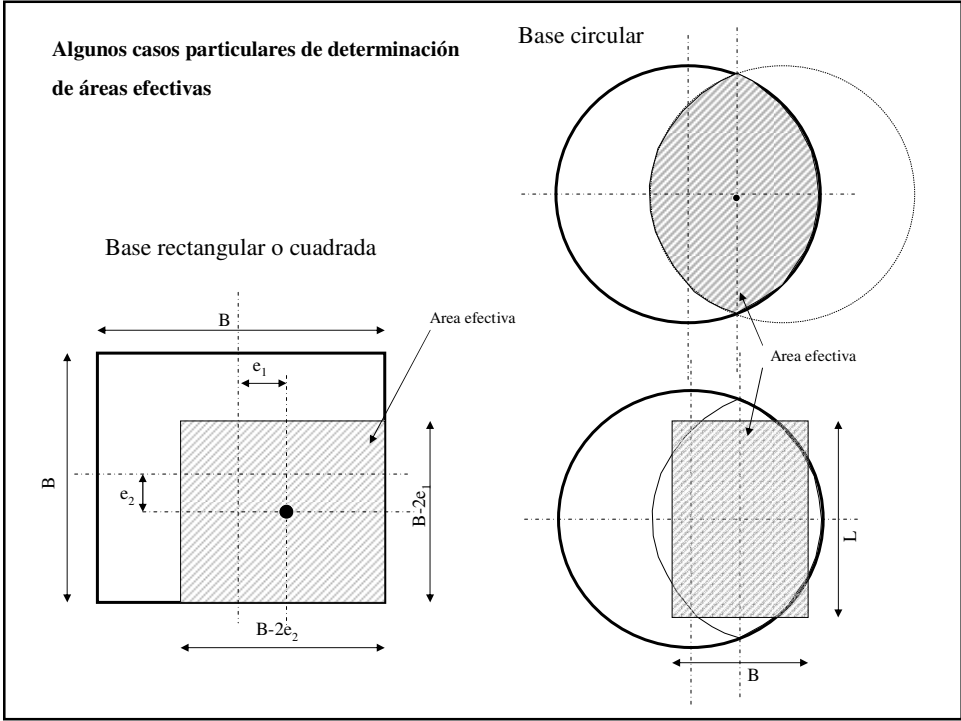
$S(c; q; \gamma)$ = Factores de forma (Shape)

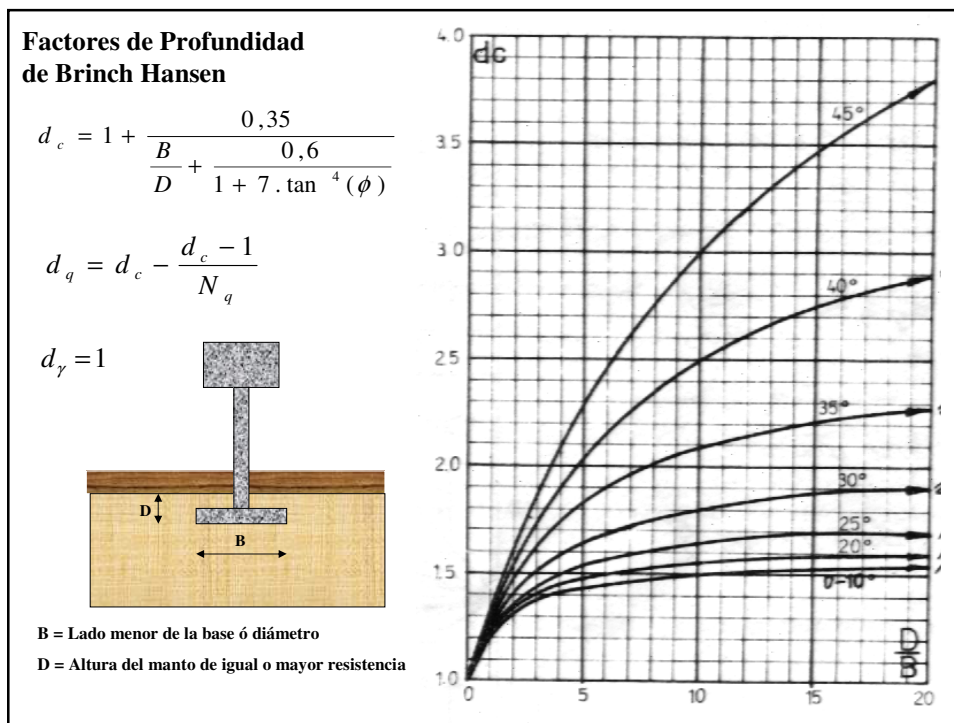
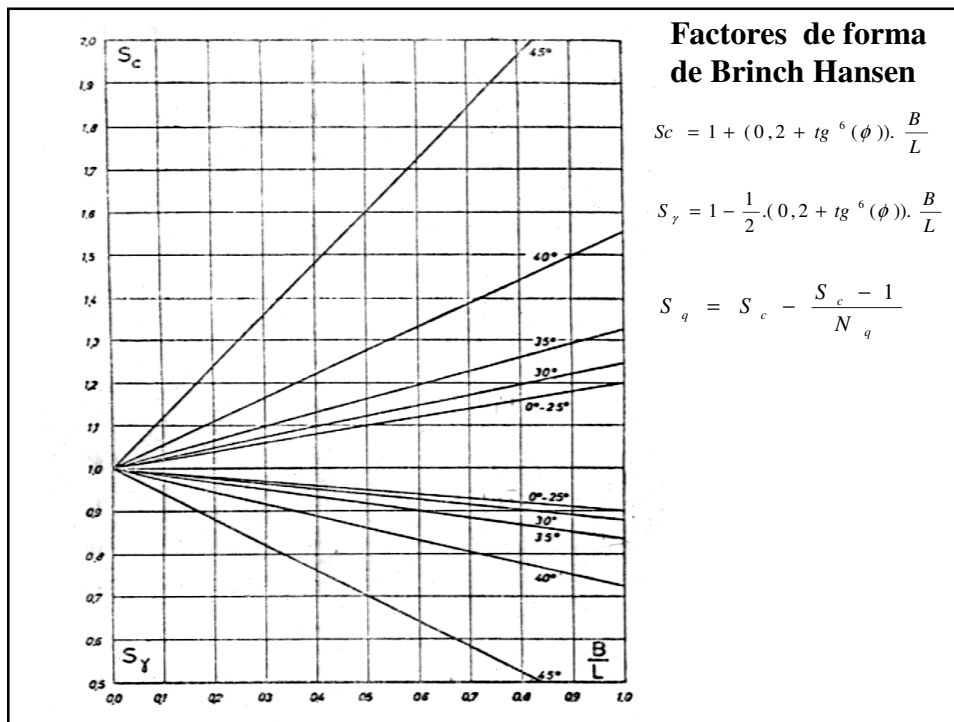
$d(c; q; \gamma)$ = Factores de profundidad (depth)

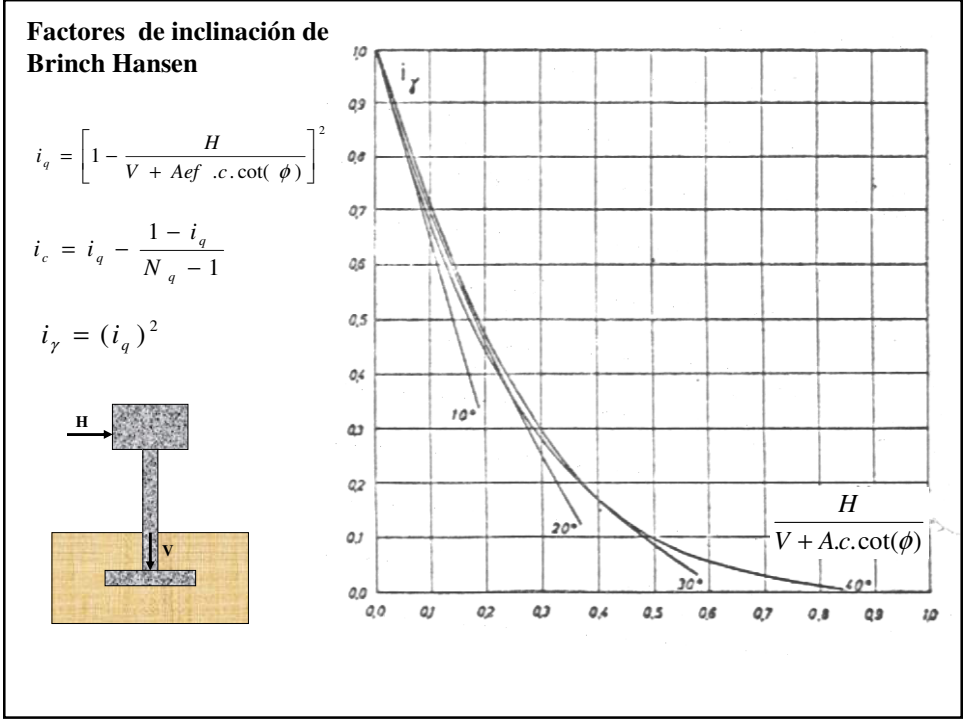
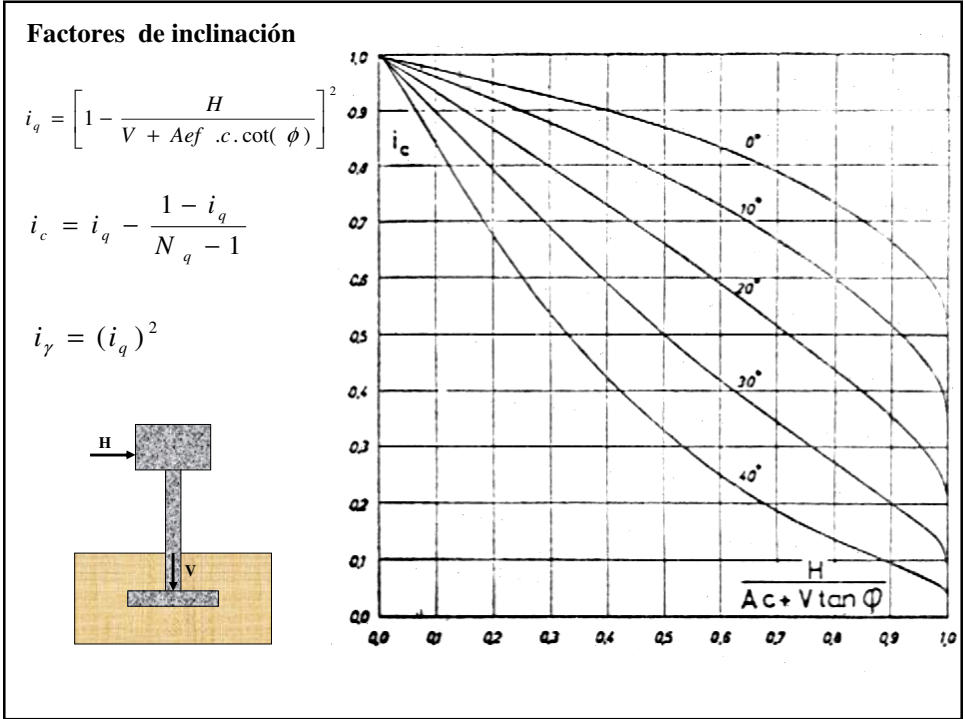
$i(c; q; \gamma)$ = Factores de inclinación (inclination)

En todos los casos, estas fórmulas dan tensiones de rotura para bases de carga vertical y centrada







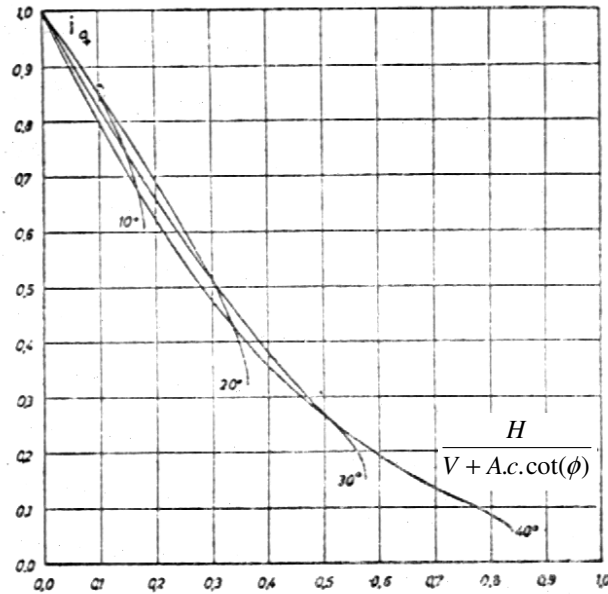
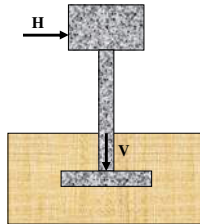


Factores de inclinación de Brinch Hansen

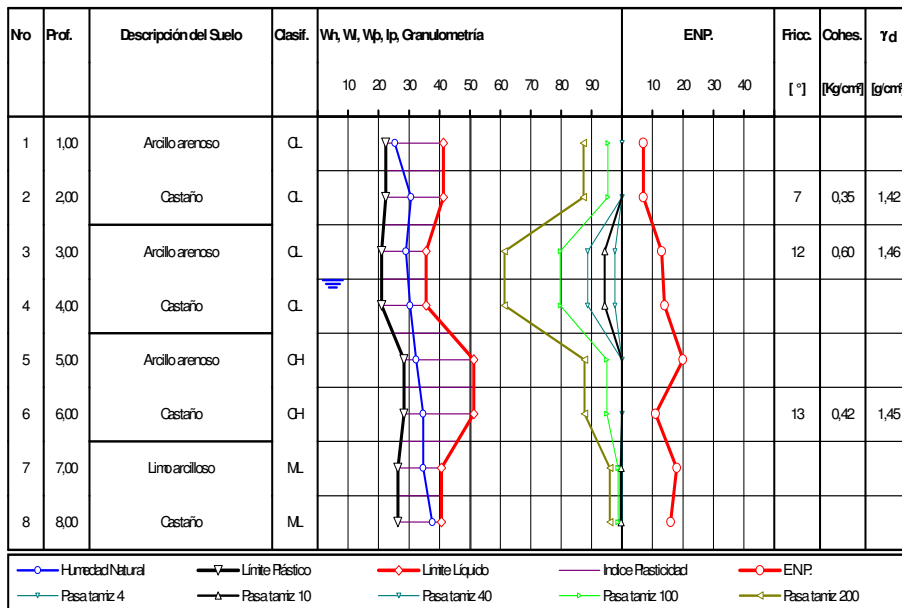
$$i_q = \left[1 - \frac{H}{V + A \cdot c \cdot \cot(\phi)} \right]^2$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

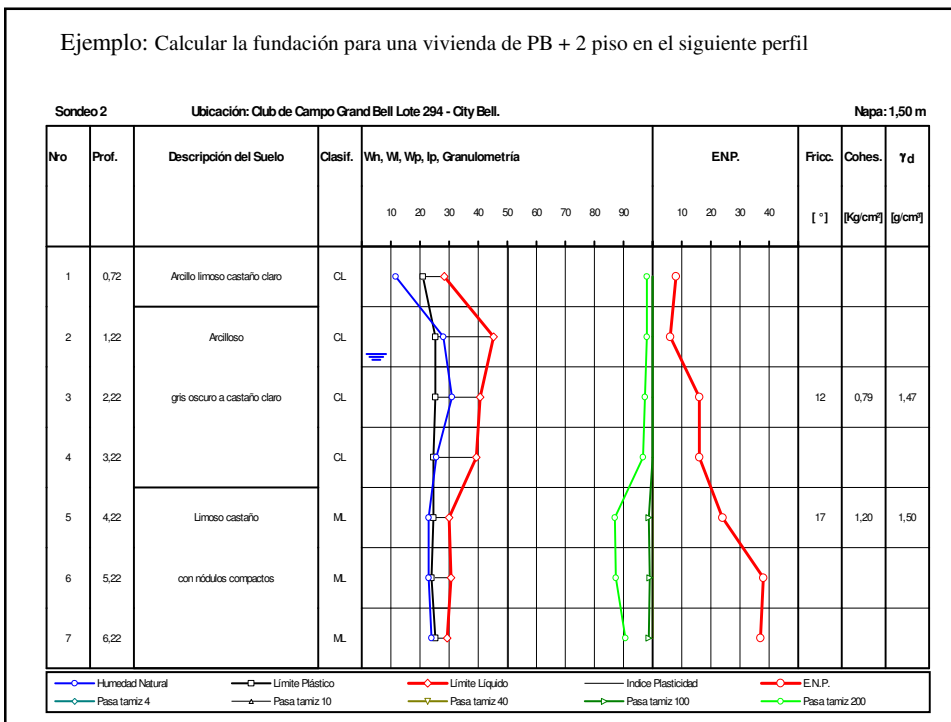
$$i_\gamma = (i_q)^2$$



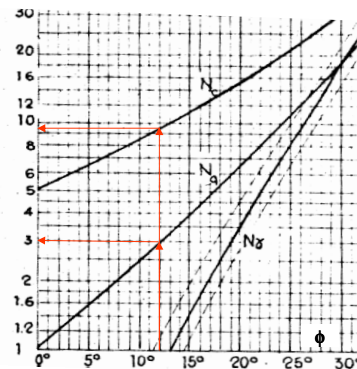
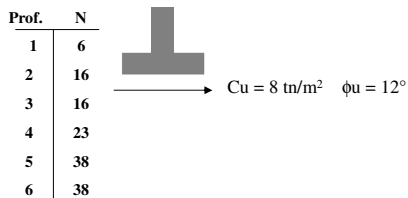
Ejemplo: Calcular la fundación para una vivienda de PB + 1 piso en el siguiente perfil



Ejemplo: Calcular la fundación para una vivienda de PB + 2 piso en el siguiente perfil



Fundación directa a -2,00 m de profundidad:



Base cuadrada con carga centrada a -2,00 m

$q_r = c \cdot N_c \cdot S_c \cdot d_c + q \cdot N_q \cdot S_q \cdot d_q$

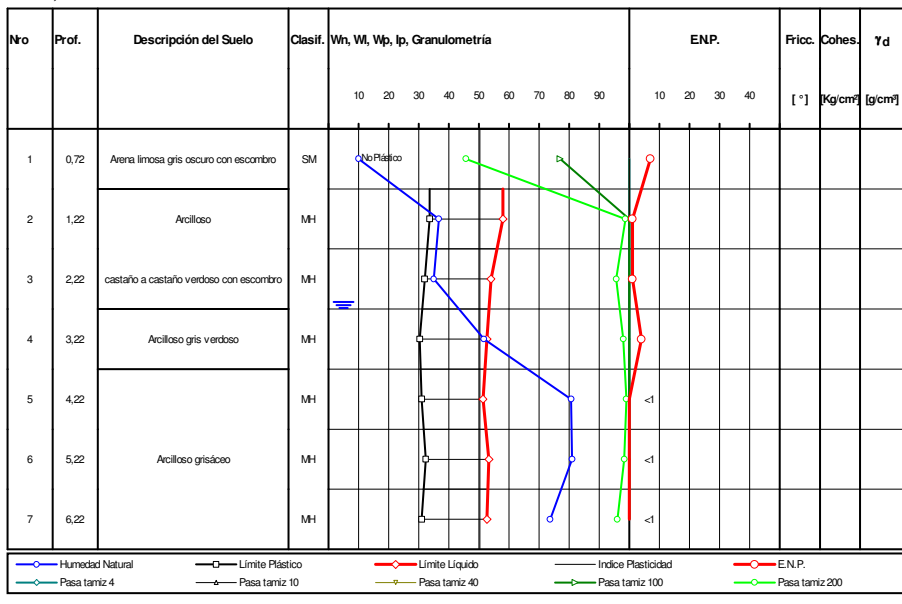
$$\phi = 8^\circ \begin{cases} N_c = 9,5 & d_c = 1 \\ N_q = 3,0 & d_q = 1 \\ S_c = 1,2 \\ S_q = 1,1 \end{cases} \quad q' = (1,85 \text{ tn/m}^3 \cdot 1,5 \text{ m} + 0,85 \text{ tn/m}^3 \cdot 0,50 \text{ m})$$

$q_r = 8 \text{ tn/m}^2 \cdot 9,5 \cdot 1,2 + (1,85 \text{ tn/m}^3 \cdot 1,5 \text{ m} + 0,85 \text{ tn/m}^3 \cdot 0,50 \text{ m}) \cdot 3,0 \cdot 1,1 = 103,4 \text{ tn/m}^2$

$q_{adm} = 103,4 \text{ tn/m}^2 / (Fs = 3) = 34,5 \text{ tn/m}^2$

Ejemplo: Calcular la fundación para una vivienda de PB + 1 piso en el siguiente perfil

Sondeo 2 Ubicación: Calle Necochea entre Galdes y Blanes - La Boca. Napa: 2,60 m
Cota: 1,30 m



Fundación directa:

Prof.	N	
1	2	$c_u = N/15 = 2/15 = 0,15 \text{ kg/cm}^2$
2	2	$\phi_u = 2^\circ + 0,66 \cdot N = 4^\circ$
3	4	
4	<1	
5	<1	
6	<1	

Adoptamos como sistema de fundación una platea superficial:

$N_c = 6,2$

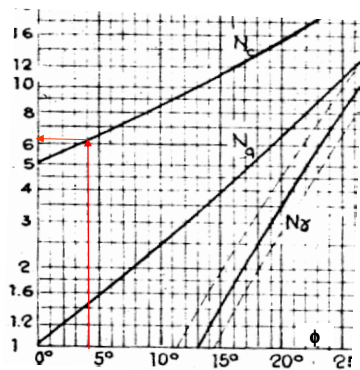
Si suponemos que la platea es rectangular donde $B/L = 0,5$

Tendremos $S_c = 1,1$

$q_r = c \cdot N_c \cdot S_c + q \cdot N_q \cdot S_q \cdot dq$

$q = 1,5 \text{ tn/m}^2 \cdot 6,2 \cdot 1,1 = 10,23 \text{ tn/m}^2$

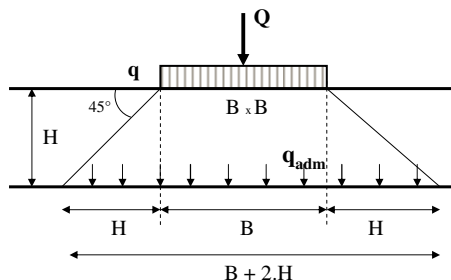
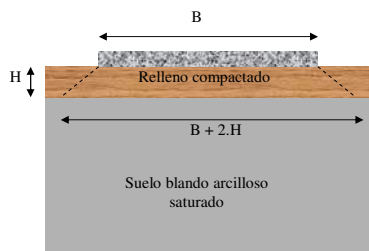
$q_{adm} = 10,23 \text{ tn/m}^2 / (F_s = 3) = 3,4 \text{ tn/m}^2$



Fundación directa:

En éstos perfiles siempre es conveniente aprovechar la pequeña preconsolidación del manto superficial, que por lo general tiene una humedad menor y con ello una mayor resistencia al corte.

De no existir este manto es conveniente fabricarlo mediante un relleno compactado de suelo seleccionado construido retirando el suelo del lugar y luego sobre él apoyar la platea con una tensión "q".



Si $B = L$

$$(B^2 \cdot q = q_{adm} \cdot (B + 2.H)^2$$

$$q = q_{adm} \cdot [B^2 + 4.H.B + 4.H^2] / B^2$$

$$q = q_{adm} \cdot [1 + 4.H/B + 4.(H/B)^2]$$

Ejemplo:

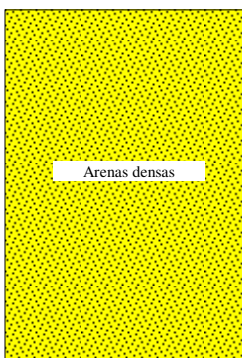
Si hacemos $B = L = 10 \text{ m}$ y $H = 1 \text{ m}$

$$q = 3,4 \text{ tn/m}^2 \cdot [1 + 4/10 + 4/100] = 4,90 \text{ tn/m}^2$$

Es de suma importancia hacer notar que a este valor de la tensión admisible, habrá que descontarle la tensión que transmite el relleno compactado.

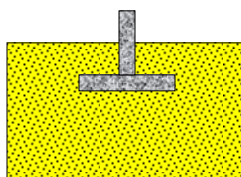
Selección del tipo de fundación:

Condición estratigráfica



Arenas densas hasta una profundidad importante

Solución adoptada



La profundidad de fundación depende de los problemas erosivos

Fundación directa mediante bases aisladas o zapatas continuas o plateas de fundación

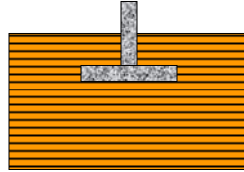
Selección del tipo de fundación:

Condición estratigráfica



Arcillas y limos compactos hasta una profundidad importante

Solución adoptada

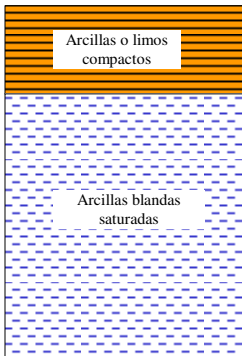


La profundidad de fundación depende del intercambio de humedades entre el aire y el terreno

Fundación directa mediante bases aisladas o zapatas continuas o plateas de fundación

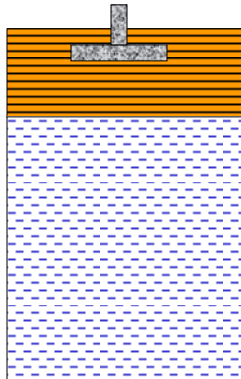
Selección del tipo de fundación:

Condición estratigráfica



Arcillas o limos compactos en la parte superior y luego arcillas blandas saturadas hasta una profundidad importante

Solución adoptada

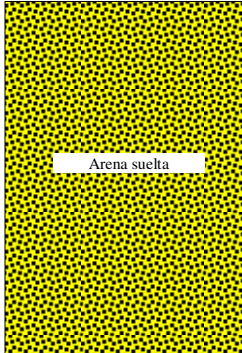


La profundidad de fundación depende del intercambio de humedades entre el aire y el terreno

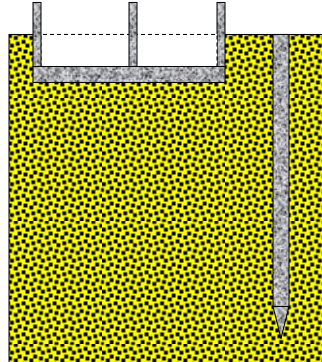
Fundación directa mediante bases aisladas o zapatas continuas o plateas de fundación, dependiendo del tipo de estructura, siempre y cuando transmitan una tensión baja al terreno donde se apoyan

Selección del tipo de fundación:

Condición estratigráfica



Solución adoptada

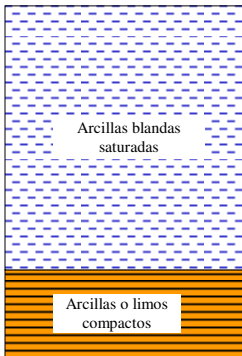


↑ La profundidad de fundación depende de los problemas erosivos ↓

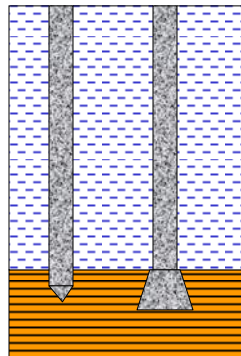
Fundación directa mediante platea de fundación que transmiten una tensión muy baja al terreno natural, o mediante pilotes hincados que densifican la arena y aumentan la capacidad portante

Selección del tipo de fundación:

Condición estratigráfica



Solución adoptada (cargas importantes)



Fundación indirecta mediante pilotes hincados o cilindros de fundación con o sin la punta ensanchada

Selección del tipo de fundación:

Condición estratigráfica



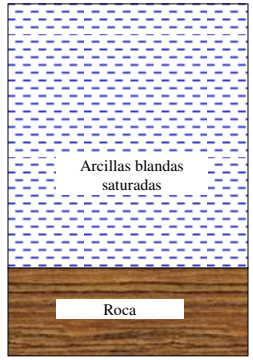
Solución adoptada (cargas pequeñas)



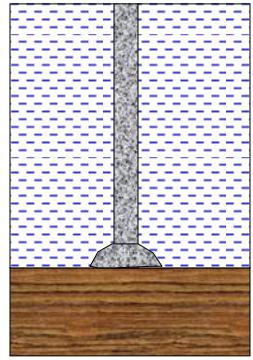
Relleno compactado con suelo seleccionado y fundación mediante platea apoyado sobre el mismo

Selección del tipo de fundación:

Condición estratigráfica



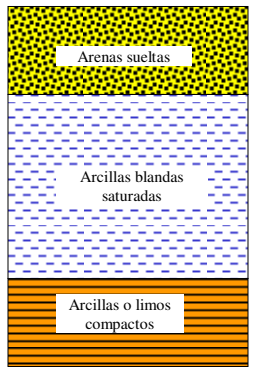
Solución adoptada



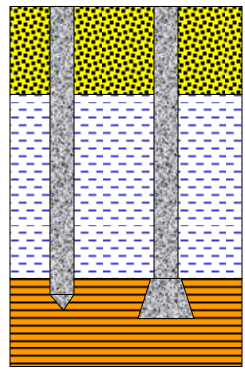
Fundación indirecta mediante cilindros de fundación con la punta apoyada en la roca

Selección del tipo de fundación:

Condición estratigráfica



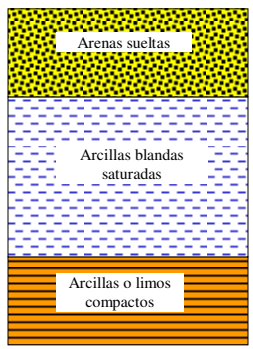
Solución adoptada (para cargas importantes)



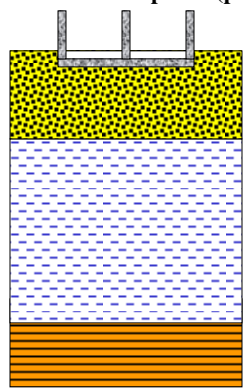
Fundación indirecta mediante pilotes hincados o cilindros de fundación con o sin la punta ensanchada

Selección del tipo de fundación:

Condición estratigráfica



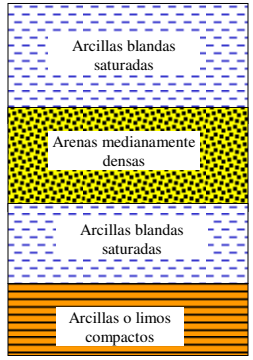
Solución adoptada (para cargas menores)



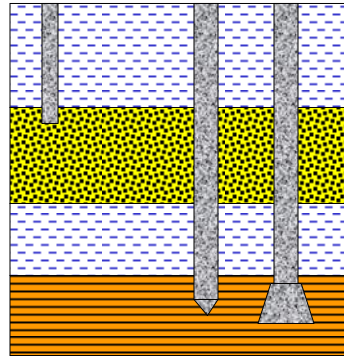
Fundación directa mediante plateas en superficie

Selección del tipo de fundación

Condición estratigráfica



Solución adoptada
Cargas pequeñas Cargas Importantes



Fundación con pilotines

Fundación indirecta mediante pilotes hincados o cilindros de fundación con o sin la punta ensanchada