

ANEJO 4.- CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO

Índice

1. Objetivo y alcance.....	3
2. Parámetros y fundamentos del cálculo.....	4
2.1 Cimentaciones superficiales.....	4
2.2 Parámetros del terreno	5
2.3 Factores de capacidad portante.....	5
3. Aplicación a la alternativa 2. Minibarreras	7
4. Aplicación a la alternativa 3. Cimentación superficial	8
5. Aplicación a la alternativa 1. Cimentación profunda	9

1. Objetivo y alcance

Este documento tiene por objetivo obtener la capacidad portante del terreno de estudio, situado en Carcaixent. En el se recogen los cálculos base de capacidad portante mediante la fórmula de Terzaghi y mediante la fórmula de capacidad portante para pilotes, utilizada en el proyecto base, con los parámetros del terreno recogido en el Anejo 3. Además, se muestra, la aplicación de dicha capacidad portante en cada una de las alternativas y soluciones del estudio.

2. Parámetros y fundamentos del cálculo

2.1 Cimentaciones superficiales

Para una cimentación superficial, la presión admisible se calcula mediante la presión última que admite el terreno antes de alcanzar el hundimiento la cual se obtiene mediante la expresión de Terzaghi:

$$q_{ult} = c' \times N_c + \gamma' \times D_f \times N_q + \frac{1}{2} \times B \times \gamma' \times N_\gamma$$

Donde:

- c' : cohesión del terreno (kPa)
- γ' : peso específico del terreno (kN/m³)
- D_f : profundidad de apoyo de cimentación (m)
- B : ancho de la cimentación (m)

Los factores de capacidad se calculan de diferente manera en función del ángulo ($^\circ$):

$\phi = 0^\circ$	$\phi > 0^\circ$
$N_c = \pi + 2$	$N_c = (N_q - 1) \cdot \cotg(\phi)$
$N_q = 1,00$	$N_q = e^{\pi \cdot \tg(\phi)} \cdot \tg^2(45 + \frac{\phi}{2})$
$N_\gamma = 0,00$	$N_\gamma = 1,5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tg(\phi)$

Figura 1. Formulación de los factores de las cimentaciones superficiales. Fuente: apuntes geotecnia.

Tabla 1. Parámetros de capacidad de las cimentaciones superficiales. Fuente: apuntes geotecnia.

ϕ (grados)	N_c	N_q	N_γ
20	6	10	3
21	7	10	3
22	8	17	4
23	9	18	5
24	10	19	6
25	11	21	7
26	12	22	8
27	13	24	9
28	15	26	11
29	16	28	13
30	18	30	16
31	21	33	18
32	23	35	21
33	26	38	24
34	29	42	28
35	33	46	34
36	38	51	40
37	43	56	47
38	49	61	56
39	56	68	67
40	64	75	80
41	74	84	96
42	86	94	114
43	99	106	137
44	115	118	166
45	135	134	201

Finalmente, la carga admisible (q_{adm}), se obtiene aplicando un factor de seguridad a la presión última, cuyo valor puede estar en 2 y 3. En este caso para quedarnos del lado de la seguridad, se utiliza 3, al ser la mas restrictiva.

$$q_{adm} = q_{ult} \times FS$$

2.2 Parámetros del terreno

Los parámetros del terreno de estudio se han obtenido del Anejo 3, de geotecnia, para el terreno nombrado como “Terraplén plataforma antigua granular (RAG)” que es la unidad identificada para el tramo de Carcaixent, pantalla R358-376, y la cual ha sido corroborada con las calicatas PN2-34 y PN2-35.

Las dos calicatas relevantes en el estudio de la pantalla, la PN2-34 y PN2-35, muestran valores parecidos. Los valores de golpeo N20 son bajos, de entre 2 y 10, en los primeros 8 metros de profundidad, luego mejoran paulatinamente. Esto indica que existe una capa superficial blanda.

Por ello, manejamos una hipótesis, según los datos que el proyecto nos ofrece para el terreno RAG típico ya que son representativos del conjunto del tramo. No obstante, en aquellos casos donde el resultado quede ajustado a la capacidad portante será necesario realizar un estudio geotécnico que aporte la cohesión y los grados de terreno para capa superficial blanda que aparece en las calicatas PN2-34 y PN2-35.

Tabla 2. Parámetros del terreno según proyecto. Fuente: proyecto base.

Hipótesis	$\gamma'(\text{Kn/m}^3)$	$\phi(^{\circ})$	$c'(\text{kPa})$
Terreno de terraplén plataforma antigua granular (RAG)	18	33	3

2.3 Factores de capacidad portante

Para el cálculo de los tres factores según la teoría de Terzaghi existen dos opciones, la primera, mediante la tabla original de Terzaghi en función de los grados, la segunda, mediante las siguientes fórmulas, ya citadas arriba, para un ángulo mayor a 0:

$$N_c = (N_q - 1) / \tan(\phi)$$

$$N_q = e^{\pi \times \tan(\phi)} \times \tan^2(45 + \frac{\phi}{2})$$

$$N_\gamma = 1,50 \times (N_q - 1) \times \tan(\phi)$$

- Terreno de terraplén plataforma antigua

$$N_q = e^{\pi \times \tan(33)} \times \tan^2(45 + \frac{33}{2})$$

$$N_q = 26,09$$

$$N_c = (26,09 - 1)/\tan(33)$$

$$N_c = 38,64$$

$$N_\gamma = 1,50 \times (26,09 - 1) \times \tan(33)$$

$$N_\gamma = 24,44$$

Tabla 3. Resultados de los parámetros de capacidad según terreno RAG. Fuente: elaboración propia.

Metodología	N_q	N_c	N_γ
Fórmulas	26,09	38,64	24,44
Tabla	26	39	24

Finalmente, se trabajará con los valores obtenidos mediante formulas al ser mas exactos:

Tabla 4. Resultados finales de los parámetros de capacidad. Fuente: elaboración propia.

Hipótesis	N_q	N_c	N_γ
Terreno de terraplén plataforma antigua granular (RAG)	26,09	38,64	24,44

3. Aplicación a la alternativa 2. Minibarreras

A diferencia de la zapata que se calcula a continuación, la plataforma de apoyo de la minibarrera es de comercial y de anchura menos. Además, al estar colada sobre la plataforma ferroviaria, se cogen los datos que el proyecto nos da para el terreno de terraplén de plataforma antigua granular.

Geometría de la minibarrera

$$B = 0,85m$$

$$D = 0,00m$$

La profundidad de la cimentación empotrada en el terreno es nula ya que la minibarrera se coloca sobre la plataforma sin cimentación.

- Terreno de terraplén plataforma antigua

Tabla 5. Resultados de los parámetros de capacidad según terreno RAG. Fuente: elaboración propia.

Metodología	N_q	N_c	N_γ
Fórmulas	26,09	38,64	24,44
Tabla	26	39	24

Con estos datos, la capacidad portante del terreno es:

$$q_{ult} = 3 \times 38,64 + 18 \times 0,00 \times 26,09 + \frac{1}{2} \times 0,85 \times 18 \times 24,44$$

$$q_{ult} = 302,58kPa$$

$$q_{adm} = 302,58/3$$

$$q_{adm} = 100,86kPa = 1,01kg/cm^2$$

4. Aplicación a la alternativa 3. Cimentación superficial

La zapata se apoya sobre una solera de hormigón existente del callejón, sin excavación. Este escenario podría aportar un reparto adicional de la carga hacia el terreno, no cuantificado en este cálculo.

Geometría de la zapata

$$B = 2,00m$$

$$D = 0,00m$$

Según la hipótesis de terreno de terraplén plataforma antigua granular:

$$q_{ult} = 3 \times 38,64 + 18 \times 0,00 \times 26,09 + \frac{1}{2} \times 2,00 \times 18 \times 24,44$$

$$q_{ult} = 555,84kPa$$

$$q_{adm} = 555,84/3$$

$$q_{adm} = 185,28kPa = 1,85kg/cm^2$$

La tensión admisible es de 1,85kg/cm², teniendo en cuenta que las probetas utilizadas para los ensayos de las calicatas se extraen de un terreno próximo a la zona donde se situaría la zapata, deberá realizar un estudio de detalle si es la solución adoptada.

5. Aplicación a la alternativa 1. Cimentación profunda

La alternativa 1, realiza una cimentación profunda mediante pilotes convencionales. Por ello, aplicamos otra formulación para el cálculo de la capacidad portante del terreno. Se ha cogido como referencia la fórmula específica para pilotes del proyecto base, la cual se utiliza en el Anejo 3:

$$Q_{adm} = \frac{Q_{punta}}{F_p} + \frac{Q_{fuste}}{F_f}$$

Donde:

- Q_{punta} : Carga de hundimiento por punta (kN).
- Q_{fuste} : Carga de hundimiento por fuste (kN).
- F_p : Coeficiente de seguridad. El valor escogido es 3,00 por recomendación del CTE.
- F_f : Coeficiente de seguridad. El valor escogido es 2,50 tanto si trabaja a compresión como a tracción por recomendación del CTE.

Dicha fórmula tiene en cuenta, que el pilote, en el fondo, empuja el terreno hacia abajo, lo que llamamos por la punta. Sin embargo, tiene otro empuje que se realiza por el fuste, es decir, el rozamiento lateral entre la superficie del pilote y el terreno que lo rodea.

Los parámetros geotécnicos de fuste y de punta que el Anejo 3 nos da para la unidad RAG son:

- $\tau_f = 18$ kPa: resistencia que da el terreno por cada m² de superficie lateral del pilote, a compresión
- $r_{ft} = 12$ kPa: resistencia que da el terreno por cada m² de superficie lateral del pilote, pero a tracción.
- $r_p = 2.875$ kPa: cuánta resistencia da el terreno por cada m² de la punta del pilote

Y teniendo en cuenta la geometría del pilote:

$$D = 0,65m$$

$$L = 6,00m$$

Se calculan, la carga admisible a compresión y a tracción del terreno:

Carga admisible a compresión

$$Q_{fuste,c} = \tau_f \times \text{área}_{fuste}$$

$$\text{área}_{fuste} = \text{perímetro} \times \text{longitud} = \pi \times D \times L$$

$$\text{área}_{fuste} = \pi \times 0,65 \times 6,00 = 12,25\text{m}^2$$

$$Q_{fuste} = 18 \times 12,25 = 220,54\text{kN}$$

$$Q_{punta,c} = r_p \times \text{área}_{punta}$$

$$\text{área}_{punta} = \pi \times \frac{D^2}{4} = \pi \times \frac{0,65^2}{4}$$

$$\text{área}_{punta} = 0,332\text{m}^2$$

$$Q_{punta,c} = 2.875 \times 0,332 = 954,5\text{kN}$$

$$Q_{adm,c} = \frac{954,5}{3,00} + \frac{200,54}{2,50} = 398,38\text{kN}$$

$$Q_{adm}(\text{compresión}) = 398,38\text{kN}$$

Carga admisible a tracción

$$Q_{fuste,t} = \tau_{ft} \times \text{área}_{fuste}$$

$$Q_{fuste,t} = 12 \times 12,25 = 147\text{kN}$$

$$Q_{adm,t} = \frac{147,00}{2,50}$$

$$Q_{adm}(\text{tracción}) = 58,8\text{kN}$$