MEMORIA DE CÁLCULOS

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA Y ASIENTOS

DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES

GEOATLANTICO S.A.S.
Cra. 62 No. 72-133, Cel.: 300 782 0367
proyectos@geoatlantico.com.co

CIMENTACIONES SUPERFICIALES
PROYECTO: PTAP "EL CURVAL", UBICADA EN SANTA MARTA – MAGDALENA

CARGA ÚLTIMA DE CIMENTACIONES SOBRE EL TERRENO

La carga última de una cimentación superficial se puede definir como el valor máximo de la carga con el cual en ningún punto del subsuelo se alcanza la condición de rotura (método de Frolich), o también como aquel valor de carga, mayor que el anterior, con el cual el fenómeno de rotura se extiende a un amplio volumen del suelo (método de Prandtl y sucesivos).

Prandtl ha estudiado el problema de la rotura de un semiespacio elástico por efecto de una carga aplicada sobre su superficie con referencia al acero, caracterizando la resistencia a la rotura con una ley del tipo:

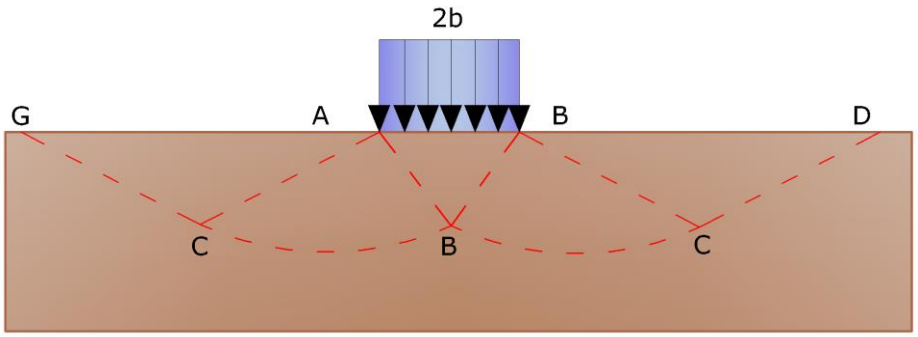
$$\tau = c + \sigma \times tg\ \varphi \quad \textit{válida también para suelos.}$$

Las hipótesis y las condiciones dictadas por Prandtl son las siguientes:

- Material carente de peso y por lo tanto $\gamma=0$
- Comportamiento rígido - plástico
- Resistencia a la rotura del material expresada con la relación $\tau=c + \sigma \times tg\varphi$
- Carga uniforme, vertical y aplicada en una franja de longitud infinita y de ancho 2b (estado de deformación plana)
- Tensiones tangenciales nulas al contacto entre la franja de carga y la superficie límite del semiespacio.

En el acto de la rotura se verifica la plasticidad del material contenido entre la superficie límite del semiespacio y la superficie *GFBCD.*

En el triángulo *AEB* la rotura se da según dos familias de segmentos rectilíneos e inclinados en $45°+\varphi/2$ con respecto al horizontal.
En las zonas *ABF y EBC* la rotura se produce a lo largo de dos familias de líneas, una constituida por segmentos rectilíneos que pasan respectivamente por los puntos *A* y *E* y la otra por arcos de familias de espirales logarítmicas.
Los polos de éstas son los puntos *A* y *E*. En los triángulos *AFG y ECD* la rotura se da en segmentos inclinados en $\pm(45°+ \varphi/2)$ con respecto a la vertical.



Mecanismo de rotura de Prandtl

Identificado así el volumen de terreno que experimenta rotura con la carga última, ésta se puede calcular escribiendo la condición de equilibrio entre las fuerzas que actúan en cualquier volumen de terreno delimitado bajo cualquiera de las superficies de deslizamiento.

Se llega por lo tanto a una ecuación q =B × c, donde el coeficiente B depende solo del ángulo de rozamiento φ del terreno.

$$B = \cot g\varphi\left[e^{\pi tg\varphi}\, tg^2(45° + \varphi/2) - 1\right]$$

Para φ =0 el coeficiente B es igual a 5.14, por lo tanto q=5.14 × c.

En el otro caso particular de terreno sin cohesión (c=0, γ≠0) resulta q=0. Según la teoría de **Prandtl**, no sería entonces posible aplicar ninguna carga en la superficie límite de un terreno incoherente.

Si bien no se puede aplicar prácticamente, en esta teoría se han basado todas las investigaciones y los métodos de cálculo sucesivos.

En efecto ***Caquot*** se puso en las mismas condiciones de Prandtl, a excepción del hecho que la franja de carga no se aplica sobre la superficie límite del semiespacio, sino a una profundidad h, con h ≤ 2b; el terreno comprendido entre la superficie y la profundidad h tiene las siguientes características*: γ≠0, φ=0, c=0* es decir un medio dotado de peso pero sin resistencia.

Resolviendo las ecuaciones de equilibrio se llega a la expresión:

$$q = A \times \gamma_1 + B \times c$$

que de seguro es un paso adelante con respecto a Prandtl, pero que aún no refleja la realidad.

Método de Terzaghi (1955)
Terzaghi, prosiguiendo el estudio de Caquot, ha aportado algunos cambios para tener en cuenta las características efectivas de toda la obra de cimentación - terreno.

Bajo la acción de la carga transmitida por la cimentación, el terreno que se encuentra en contacto con la cimentación misma tiende a irse lateralmente, pero resulta impedido por las resistencias tangenciales que se desarrollan entre la cimentación y el terreno.
Esto comporta un cambio del estado tensional en el terreno puesto directamente por debajo de la cimentación; para tenerlo en cuenta, ***Terzaghi*** asigna a los lados AB y EB de la cuña de Prandtl una

inclinación ψ respecto a la horizontal, seleccionando el valor de ψ en función de las características mecánicas del terreno al contacto terreno-obra de cimentación.
De esta manera se supera la hipótesis $\gamma_2 = 0$ para el terreno por debajo de la cimentación admitiendo que las superficies de rotura quedan inalteradas, la expresión de la carga última entonces es:

$$q = A \times \gamma \times h + B \times c + C \times \gamma \times b$$

Donde C es un coeficiente que resulta función del ángulo de rozamiento interno φ del terreno puesto por debajo del nivel de cimentación y del ángulo φ antes definido; b es la semianchura de la franja.
Además, basándose en datos experimentales, *Terzaghi* pasa del problema plano al problema espacial introduciendo algunos factores de forma.

Una sucesiva contribución sobre el efectivo comportamiento del terreno ha sido aportada por *Terzaghi*.
En el método de Prandtl se da la hipótesis de un comportamiento del terreno rígido-plástico, en cambio *Terzaghi* admite este comportamiento en los terrenos muy compactos.
En éstos, de hecho, la curva cargas-asentamientos presenta un primer tracto rectilíneo, seguido por un breve tracto curvilíneo (comportamiento elástico-plástico); la rotura es instantánea y el valor de la carga límite resulta claramente individuado (rotura general).

En un terreno muy suelto en cambio la relación cargas-asentamientos presenta un tramo curvilíneo acentuado desde las cargas más bajas por efecto de una rotura progresiva del terreno (rotura local). Como consecuencia la individualización de la carga límite no es tan clara y evidente como en el caso de los terrenos compactos.

Para los terrenos muy sueltos, Terzaghi aconseja tener en consideración la carga última; el valor que se calcula con la fórmula anterior pero introduciendo valores reducidos de las características mecánicas del terreno y precisamente:

$$tg\varphi_{rid} = 2/3 \times tg\varphi \text{ e } c_{rid} = 2/3 \times c$$

Haciendo explícitos los coeficientes de la fórmula anterior, la fórmula de Terzaghi se puede escribir así:

$$q_{ult} = c \times N_c \times s_c + \gamma \times D \times N_q + 0.5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \times s_\gamma$$

Donde:

$$Nq = \frac{a^2}{2\cos^2(45 + \varphi/2)}$$

$$a = e^{(0.75\pi - \varphi/2)\tan\varphi}$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot\varphi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan\varphi}{2}\left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2\varphi} - 1\right)$$

Fórmula de Meyerhof (1963)
Meyerhof propuso una fórmula para calcular la carga última parecida a la de *Terzaghi*. Las diferencias consisten en la introducción de nuevos coeficientes de forma.

Introdujo un coeficiente s_q que multiplica el factor N_q, factores de profundidad d_i y de pendencia i_i para el caso en que la carga trasmitida a la cimentación sea inclinada en la vertical.

Los valores de los coeficientes N se obtuvieron de Meyerhof suponiendo varios arcos de prueba BF (v. mecanismo Prandtl), mientras que el corte a lo largo de los planos AF tenía valores aproximados.
A continuación se presentan los factores de forma tomados de Meyerhof, junto con la expresión de la fórmula.

Carga vertical $q_{ult} = c \times N_c \times s_c \times d_c + \gamma \times D \times N_q \times s_q \times d_q + 0.5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \times s_\gamma \times d_\gamma$

Carga inclinada $q_{ul\,t} = c \times N_c \times i_c \times d_c + \gamma \times D \times N_q \times i_q \times d_q + 0.5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \times i_\gamma \times d_\gamma$

$$N_q = e^{\pi \tan\varphi} \tan^2(45 + \varphi/2)$$
$$N_c = (N_q - 1)\cot\varphi$$
$$N_\gamma = (N_q - 1)\tan(1.4\varphi)$$

Factor de forma:

$$s_c = 1 + 0.2 k_p \frac{B}{L} \qquad para\ \varphi > 10$$
$$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1 k_p \frac{B}{L} \qquad para\ \varphi = 0$$

Factor de profundidad:

$$d_c = 1 + 0.2\sqrt{k_p}\,\frac{D}{B}$$
$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1\sqrt{k_p}\,\frac{D}{B} \qquad para\ \varphi > 10$$
$$d_q = d_\gamma = 1 \qquad para\ \varphi = 0$$

inclinación:

$$i_c = i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta}{90}\right)^2$$
$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta}{\varphi}\right)^2 \qquad para\ \varphi > 0$$
$$i_\gamma = 0 \qquad para\ \varphi = 0$$

Donde:

K_p = $tan^2(45°+\varphi/2)$

θ = *Inclinación de la resultante en la vertical.*

Fórmula de Hansen (1970)

Es una extensión ulterior de la fórmula de *Meyerhof*; las extensiones consisten en la introducción de b_i que tiene en cuenta la eventual inclinación en la horizontal del nivel de cimentación y un factor g_i para terreno en pendencia.

La fórmula de Hansen vale para cualquier relación *D/B*, ya sean cimentaciones superficiales o profundas; sin embargo el mismo autor introdujo algunos coeficientes para poder interpretar mejor el comportamiento real de la cimentación; sin éstos, de hecho, se tendría un aumento demasiado fuerte de la carga última con la profundidad.

Para valores de D/B <1

$$d_c = 1 + 0.4\frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2\tan\varphi(1-\sin\varphi)^2\frac{D}{B}$$

Para valores D/B>1:

$$d_c = 1 + 0.4\tan^{-1}\frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2\tan\varphi(1-\sin\varphi)^2\tan^{-1}\frac{D}{B}$$

En el caso $\varphi = 0$

D/B	*0*	*1*	*1.1*	*2*	*5*	*10*	*20*	*100*
d'_c	*0*	*0.40*	*0.33*	*0.44*	*0.55*	*0.59*	*0.61*	*0.62*

En los factores siguientes las expresiones con ápices (') valen cuando $\varphi=0$.
Factor de forma:

$$s'_c = 0.2\frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c}\frac{B}{L}$$

$s_c = 1$ *para cimentaciones continuas*

$$s_q = 1 + \frac{B}{L}tan\varphi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4\frac{B}{L}$$

Factores de inclinación de la carga

$$i_c' = 0.5 - 0.5\sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$$

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

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot\varphi}\right)^5$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot\varphi}\right)^5 \quad (\eta = 0)$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta/450)H}{V + A_f c_a \cot\varphi}\right)^5 \quad (\eta > 0)$$

Factores de inclinación del terreno (cimentación sobre talud):

$$g_c' = \frac{\beta}{147}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5\tan\beta)^5$$

Factores de inclinación del nivel de cimentación (base inclinada)

$$b_c' = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_q = exp(-2\eta\tan\varphi)$$

$$b_q = exp(-2.7\eta\tan\varphi)$$

Fórmula de Vesic (1975)

La fórmula de Vesic es análoga a la fórmula de Hansen, con Nq y Nc como en la fórmula de Meyerhof y Nγ como se indica a continuación:

$$N\gamma = 2(Nq+1) \times \tan(\varphi)$$

Los factores de forma y de profundidad que aparecen en las fórmulas del cálculo de la capacidad portante son iguales a los propuestos por Hansen; en cambio se dan algunas diferencias en los factores de inclinación de la carga, del terreno (cimentación en talud) y del plano de cimentación (base inclinada).

Fórmula Brinch-Hansen (EC 7 - EC 8)

Para que una cimentación pueda resistir la carga de proyecto en seguridad con respecto a la rotura general, para todas las combinaciones de carga relativas al ELU (Estado límite último), se debe dar la siguiente desigualdad:

donde: Vd es la carga de proyecto al ELU, normal en la base de la cimentación, que incluye también el peso de la cimentación misma; mientras Rd es la carga última de proyecto de la cimentación con respecto a las cargas normales, teniendo en cuenta también el efecto de cargas inclinadas o excéntricas.

En la evaluación analítica de la carga última de proyecto Rd se deben considerar las situaciones a corto y a largo plazo en los terrenos de grano fino.

La carga última de proyecto en condiciones no drenadas se calcula como:

$$R/A' = (2 + \pi)\, c_u\, s_c\, i_c + q$$

Donde:

$A' = B'\, L'$ área de la cimentación efectiva de proyecto, entendida, en caso de carga excéntrica, como el área reducida en cuyo centro se aplica la resultante de la carga.

c_u cohesión no drenada.

q presión litostática total en el plano de cimentación.

s_c Factor de forma

$s_c = 1 + 0{,}2\,(B'/L')$ para cimentaciones rectangulares

$s_c = 1{,}2$ para cimentaciones cuadradas o circulares.

i_c factor de corrección de la inclinación de la carga debida a una carga H.

$$i_c = 0{,}5\left(1 + \sqrt{1 - H/A'c_u}\right)$$

En condiciones drenadas la carga última de proyecto se calcula como sigue:

$$R/A' = c'\, N_C\, s_C\, i_C + q'\, N_q\, s_q\, i_q + 0{,}5\,\gamma'\, B'\, N_\gamma\, s_\gamma\, i_\gamma$$

Donde:

$$N_q = e^{\pi \tan\varphi'} \tan^2\left(45 + \phi'/2\right)$$
$$N_c = \left(N_q - 1\right)\cot\phi'$$
$$N_\gamma = 2\left(N_q - 1\right)\tan\phi'$$

Factores de forma

$s_q = 1 + \left(B'/L'\right)\operatorname{sen}\phi'$ para forma rectangular

$s_q = 1 + \operatorname{sen}\phi'$ para forma cuadrada o circular

$s_\gamma = 1 - 0{,}3\left(B'/L'\right)$ para forma rectangular

$s_\gamma = 0{,}7$ para forma cuadrada o circular

$s_c = (s_q \cdot N_q - 1)/(N_q - 1)$ para forma rectangular, cuadrada o circular.

Factores inclinación resultante debido a una carga horizontal H

$$i_q = \left[1 - H/(V + A' \cdot c' \cdot \cot\phi')\right]^m$$

$$i_\gamma = \left[1 - H/(V + A' \cdot c' \cdot \cot\phi')\right]^{m+1}$$

$$i_c = (i_q \cdot N_q - 1)/(N_q - 1)$$

Donde:

$$m = m_B = \frac{\left[2 + \left(\frac{B'}{L'}\right)\right]}{\left[1 + \left(\frac{B'}{L'}\right)\right]} \quad con \quad H//B'$$

$$m = m_L = \frac{\left[2 + \left(\frac{L'}{B'}\right)\right]}{\left[1 + \left(\frac{L'}{B'}\right)\right]} \quad con \quad H//L'$$

Además de los factores correctivos de la tabla anterior, se consideran los complementarios de la profundidad del plano de cimentación y de la inclinación y de la inclinación del plano de cimentación y del plano terreno (Hansen).

Método de et. Al.

Richards, Helm y Budhu (1993) desarrollaron un procedimiento que permite, en condiciones sísmicas, calcular ya sea la carga última que los asientos derivados y por ende verificar ambos estados límite (último y de daño). El cálculo de la carga última se obtiene mediante una simple extensión del problema de la carga última al caso de la presencia de fuerzas de inercia en el terreno de cimentación debidas al sismo, mientras la estimación de los asientos se obtiene haciendo referencia a Newmark (Apéndice H de *"Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica"–Associazione Geotecnica Italiana/*"Aspectos geotécnicos del proyecto en zona sísmica"-Asociación Geotécnica Italiana). Los autores han alargado el trinomio de la fórmula de la carga última:

$$q_L = N_q \cdot q + N_c \cdot c + 0.5 N_\gamma \cdot \gamma \cdot B$$

Donde los factores de capacidad de carga se calculan con las siguientes fórmulas:

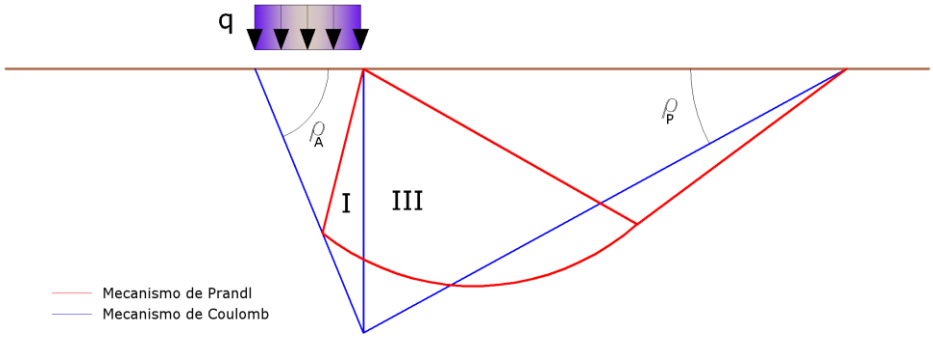
$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot(\phi)$$

$$N_q = \frac{K_{pE}}{K_{AE}}$$

$$N_\gamma = \left(\frac{K_{pE}}{K_{AE}} - 1\right) \cdot \tan(\rho_{AE})$$

Examinando con el enfoque de equilibrio límite un mecanismo a la Coulomb y teniendo en cuenta las fuerzas de inercia agentes en el volumen de terreno a rotura. De hecho, en campo estático, el clásico mecanismo de Prandtl se puede aproximar, como se muestra en la siguiente

figura, eliminando la zona de transición (abanico de Prandtl) y reduciéndola a la línea AC, que viene vista como una pared ideal en equilibrio bajo la acción del empuje activo y del empuje pasivo que recibe de las cuñas I y III:



Esquema de cálculo de la carga última (qL)

Los autores han extraído las expresiones de los ángulos ρ_A y ρ_P que definen las zonas de empuje activo y pasivo y de los coeficientes de empuje activo y pasivo K_A y K_P en función del ángulo de rozamiento interno φ del terreno y del ángulo de rozamiento d terreno – pared ideal:

$$\rho_A = \varphi + tan^{-1}\cdot\left\{\frac{\sqrt{tan(\varphi)\cdot(tan(\varphi)\cdot cot(\varphi))\cdot(1+tan(\delta)\cdot cot(\varphi))} - tan(\varphi)}{1+tan(\delta)\cdot(tan(\varphi)+cot(\varphi))}\right\}$$

$$\rho_P = -\varphi + tan^{-1}\cdot\left\{\frac{\sqrt{tan(\varphi)\cdot(tan(\varphi)\cdot cot(\varphi))\cdot(1+tan(\delta)\cdot cot(\varphi))} + tan(\varphi)}{1+tan(\delta)\cdot(tan(\varphi)+cot(\varphi))}\right\}$$

$$K_A = \frac{cos^2(\varphi)}{cos(\delta)\left\{1+\sqrt{\frac{sin(\varphi+\delta)\cdot sin(\varphi)}{cos(\delta)}}\right\}^2}$$

$$K_P = \frac{cos^2(\varphi)}{cos(\delta)\left\{1-\sqrt{\frac{sin(\varphi+\delta)\cdot sin(\varphi)}{cos(\delta)}}\right\}^2}$$

Es de observar que el empleo de las fórmulas anteriores asumiendo $\phi=0.5\delta$, conduce a valores de coeficientes de carga última muy cercanos a los basados en un análisis a la Prandtl. Por lo tanto Richards et. Al. extendieron la aplicación del mecanismo de Coulomb al caso sísmico, teniendo en cuenta las fuerzas de inercia agentes en el volumen de terreno a rotura. Tales fuerzas de masa, debidas a aceleraciones k_h g y k_v g, agentes respectivamente en dirección horizontal y vertical, son a su vez iguales a k_h γ e k_v γ. Se obtienen así las extensiones de las expresiones de ρa y ρp, además de K_A y K_P, respectivamente indicadas como ρ_{AE} y r_{PE} y como K_{AE} y K_{PE} para denotar las condiciones sísmicas:

$$\rho_{AE} = (\varphi - \vartheta) + tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{(1 + tan^2(\varphi - \vartheta)) \cdot [1 + tan(\delta + \vartheta) \cdot cot(\varphi - \vartheta)]} - tan(\varphi - \vartheta)}{1 + tan(\delta + \vartheta) \cdot (tan(\varphi - \vartheta) + cot(\varphi - \vartheta))} \right\}$$

$$\rho_{PE} = -(\varphi - \vartheta) + tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{(1 + tan^2(\varphi - \vartheta)) \cdot [1 + tan(\delta + \vartheta) \cdot cot(\varphi - \vartheta)]} - tan(\varphi - \vartheta)}{1 + tan(\delta + \vartheta) \cdot (tan(\varphi - \vartheta) + cot(\varphi - \vartheta))} \right\}$$

$$K_{AE} = \frac{cos^2(\varphi - \vartheta)}{cos(\vartheta) \cdot cos(\delta + \vartheta) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{sin(\varphi + \delta) \cdot sin(\varphi - \vartheta)}{cos(\delta + \vartheta)}} \right\}^2}$$

$$K_{PE} = \frac{cos^2(\varphi - \vartheta)}{cos(\vartheta) \cdot cos(\delta + \vartheta) \left\{ 1 - \sqrt{\frac{sin(\varphi + \delta) \cdot sin(\varphi - \vartheta)}{cos(\delta + \vartheta)}} \right\}^2}$$

Los valores de Nq y Nγ se determinan también valiéndose de las fórmulas precedentes, empleando obviamente las expresiones de los ángulos ρ_{AE} y ρ_{PE} y de los coeficientes K_{AE} y K_{PE} relativas al caso sísmico. En tales expresiones aparece el ángulo θ definido como:

$$tan(\theta) = \frac{k_h}{1 - k_v}$$

En la siguiente tabla se muestran los factores de capacidad de carga calculados para los siguientes valores de los parámetros:

- ϕ = 30° δ = 15°

Para diferentes valores de los coeficientes de empuje sísmico:

kh/(1-kv)	Nq	Nγ	Nc
0	16.51037	23.75643	26.86476
0.087	13.11944	15.88906	20.9915
0.176	9.851541	9.465466	15.33132
0.268	7.297657	5.357472	10.90786
0.364	5.122904	2.604404	7.141079
0.466	3.216145	0.879102	3.838476
0.577	1.066982	1.103E-03	0.1160159

Tabla de los Factores de capacidad de carga para ϕ=30°

Verificación del deslizamiento

De acuerdo con los criterios de cálculo en ELU, se debe comprobar la estabilidad de una zapata aislada con respecto al colapso por deslizamiento y al colapso por rotura general. Con el primero, la resistencia se estima como la suma de un componente debido a la adhesión más otro

debido al rozamiento cimentación-terreno; la resistencia lateral derivada del empuje pasivo del terreno se puede tener en cuenta como un porcentaje cuyo valor será indicado por el usuario.
La resistencia de cálculo por rozamiento y adhesión se calcula mediante la expresión:

$$F_{Rd} = N_{sd} \tan\delta + c_a A'$$

Donde:

N_{sd} = valor de cálculo de la fuerza vertical;
δ = ángulo de resistencia al corte en la base de la cimentación;
c_a = adhesión zapata -terreno;
A' = área de la cimentación efectiva, entendida, en caso de cargas excéntricas, como área reducida al centro de la cual se aplica el resultado.

CARGA LÍMITE DE CIMENTACIÓN EN ROCA

Para valorar la capacidad de carga admisible de las rocas se deben tener en cuenta algunos parámetros significativos como las características geológicas, el tipo y calidad de roca, medida con RQD. En la capacidad portante de las rocas se utilizan normalmente factores de seguridad muy altos y legados de todas maneras al valor del coeficiente RQD: por ejemplo, para una roca con RQD igual al máximo de 0.75 el factor de seguridad varía entre 6 y 10. Para determinar la capacidad de carga de una roca se pueden usar las fórmulas de Terzaghi, usando ángulo de rozamiento y cohesión de la roca, o las propuestas por Stagg y **Zienkiewicz** (1968) donde los coeficientes de la fórmula de la capacidad portante valen:

$$N_q = tan^6\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

$$N_c = 5tan^4\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

$$N_\gamma = N_q + 1$$

Con tales coeficientes se usan los factores de forma utilizados en la fórmula de Terzaghi.
La capacidad de carga última calculada es de todas formas función del coeficiente RQD según la siguiente expresión:

$$q' = q_{ult}(RQD)^2$$

Si el sondeo en roca no suministra piezas intactas (RQD tiende a 0), la roca se trata como un terreno, estimando mejor los parámetros c y ϕ.

FACTORES DE CORRECCIÓN SÍSMICA: PAOLUCCI & PECKER

Para tener en cuenta los efectos inerciales del sisma en la determinación del q_{lim} se introducen los factores de corrección z:

$$z_q = \left(1 - \frac{k_h}{tg\phi}\right)^{0,35}$$

$$z_c = 1 - 0,32 \cdot k_h$$

$$z_\gamma = z_q$$

Donde k_h es el coeficiente sísmico horizontal

ASIENTOS ELÁSTICOS

Los asentamientos de una cimentación rectangular de dimensiones B×L puesta en la superficie de un semiespacio elástico se pueden calcular con base en una ecuación basada en la teoría de la elasticidad (Timoshenko e Goodier (1951)):

$$\Delta H = q_0 B' \frac{1-\mu^2}{E_S}\left(I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} I_2\right) I_F \qquad (1)$$

Donde:

q_0 = *Intensidad de la presión de contacto*

B' = *Mínima dimensión del área reactiva,*

E e μ = *Parámetros elásticos del terreno.*

I_i = *Coeficientes de influencia dependientes de: L'/B', espesor del estrato H, coeficiente de Poisson μ, profundidad del nivel de cimentación D;*

Los coeficientes I_1 y I_2 se pueden calcular utilizando las ecuaciones de *Steinbrenner (1934)* (V. Bowles), en función de la relación *L'/B'* y H/B, utilizando *B'=B/2* y *L'=L/2* para los coeficientes relativos al centro y *B'=B* y *L'=L* para los coeficientes relativos al borde.

El coeficiente de influencia I_F deriva de las ecuaciones de *Fox* (1948), que indican el asiento se reduce con la profundidad en función del coeficiente de *Poisson y de la relación L/B.*

Para simplificar la ecuación (1) se introduce el coeficiente I_S:

$$I_S = I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} I_2$$

El asentamiento del estrato de espesor H vale:

$$\Delta H = q_0 B' \frac{1-\mu^2}{E_S} I_S I_F$$

Para aproximar mejor los asientos se subdivide la base de apoyo de manera que el punto se encuentre en correspondencia con un ángulo externo común a varios rectángulos. En práctica se multiplica por un factor igual a 4 para el cálculo de los asentamientos en el centro y por un factor igual a 1 para los asentamientos en el borde.

En el cálculo de los asientos se considera una profundidad del bulbo tensiones igual a 5B, si el substrato rocoso se encuentra a una profundidad mayor.
A tal propósito se considera substrato rocoso el estrato que tiene un valor de E igual a 10 veces el del estrato que está por encima.
El módulo elástico para terrenos estratificados se calcula como promedio ponderado de los módulos elásticos de los estratos interesados en el asiento inmediato.

ASIENTOS EDOMÉTRICOS

El cálculo de los asientos con el método edométrico permite valorar un asiento de consolidación de tipo unidimensional, producto de las tensiones inducidas por una carga aplicada en condiciones de expansión lateral impedida. Por lo tanto la estimación efectuada con este método se debe considerar como empírica, en vez de teórica.

Sin embargo la simplicidad de uso y la facilidad de controlar la influencia de los varios parámetros que intervienen en el cálculo, lo hacen un método muy difuso.

El procedimiento edométrico en el cálculo de los asientos pasa esencialmente a través de dos fases:

a) El cálculo de las tensiones verticales inducidas a las diferentes profundidades con la aplicación de la teoría de la elasticidad;

b) La valoración de los parámetros de compresibilidad con la prueba edométrica.

En referencia a los resultados de la prueba edométrica, el asentamiento se valora como:

$$\Delta H = H_0 \cdot RR \cdot log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v}{\sigma'_{v0}}$$

Si se trata de un terreno súper consolidado (OCR>1), o sea si el incremento de tensión debido a la aplicación de la carga no hace superar la presión de preconsolidación σ'_p ($\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v < \sigma'_p$).

Si en cambio el terreno es consolidado normal ($\sigma'_{v0} = \sigma'_p$) las deformaciones se dan en el tracto de compresión y el asiento se valora como:

$$\Delta H = H_0 \cdot CR \cdot log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v}{\sigma'_{v0}}$$

Donde:

RR Relación de recompresión;

CR Relación de compresión;

H_0 espesor inicial del estrato;

σ'_{v0} tensión vertical eficaz antes de la aplicación de la carga;

$\Delta\sigma_v$ incremento de tensión vertical debido a la aplicación de la carga.

Como alternativa a los parámetros *RR* y *CR* se hace referencia al módulo edométrico M; pero en tal caso se debe seleccionar oportunamente el valor del módulo a utilizar, teniendo en cuenta el intervalo tensional ($\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v$) significativo para el problema en examen.

Para la aplicación correcta de este tipo de método es necesario:

- la subdivisión de los estratos compresibles en una serie de pequeños estratos de modesto espesor (< 2.00 m);
- la estimación del módulo edométrico en el ámbito de cada estrato;
- el cálculo del asiento como suma de las contribuciones para cada pequeño estrato

Muchos usan las expresiones antes indicadas para el cálculo del asentamiento de consolidación tanto para las arcillas como para las arenas de granulometría de fina a media, porque el módulo de elasticidad usado viene tomado directamente de pruebas de consolidación. Sin embargo, para terrenos con grano más grueso las dimensiones de las pruebas edométricas son poco significativas del comportamiento global del estrato y, para las arenas, es preferible utilizar pruebas penetrométricas estáticas y dinámicas.

Asiento secundario

El asiento secundario se calcula con referencia a la relación:

$$\Delta H_S = H_C \cdot C_\alpha \cdot log \frac{T}{T_{100}}$$

Donde:
H_C es la altura del estrato en fase de consolidación;
C_α es el coeficiente de consolidación secundaria como pendencia en el tracto secundario de la curva *asiento-logaritmo tiempo*;
T tiempo en que se desea el asiento secundario;
T_{100} tiempo necesario para terminar el proceso de consolidación primaria.

LOSA DE CIMENTACIÓN SUPERFICIAL TANQUES: RECIRCULACIÓN, ACONDICIONADOR Y CLORO. LOTE PTAP "EL CURVAL".

DATOS GENERALES

==========

Acción sísmica	NSR-2010
Anchura cimentación, B	**1,0 m**
Longitud cimentación, L	**1,0 m**
Profundidad de cimentación, Df	**0,5 m**
Altura de empotramiento	0,5 m

==========

ESTRATIGRAFÍA TERRENO

Espesor del estrato [m]	Peso específico [kN/m³]	Peso específico saturado [kN/m³]	Ángulo de rozamiento interno [°]	Cohesión [kN/m²]	Cohesión sin drenaje [kN/m²]	Módulo elástico [kN/m²]	Módulo edométrico [kN/m²]	Poisson	Coef. consolidac. primaria [cmq/s]	Coef. consolidación secundaria	Descripción
2,0	18,1	18,6	30,0	0,0	0,0	12270,0	0,0	0,3	0,0	0,0	Arena limosa media
5,0	19,1	19,6	40,0	0,0	0,0	22160,0	0,0	0,3	0,0	0,0	Arena limosa densa a muy densa
1,0	19,5	20,2	45,0	0,0	0,0	40000,0	0,0	0,3	0,0	0,0	Grava muy densa

Cargas de proyecto actuantes en cimentación

Nr.	Nombre combinació	Presión normal de	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo

	n	proyecto [kN/m²]						
1	Carga última	101,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Proyecto

CARGA ÚLTIMA CIMENTACIÓN COMBINACIÓN…Carga última
Autor: Meyerhof and Hanna (1978)

Carga última [Qult]	304,72 kN/m²
Resistencia de proyecto[Rd]	101,57 kN/m²
Tensión [Ed]	101,57 kN/m²
Factor de seguridad [Fs=Qult/Ed]	3,0
Condición de comprobación [Ed<=Rd]	Comprobado

Carga última

Autor: HANSEN (1970) (Condición drenada)

Factor [Nq]	18,4
Factor [Nc]	30,14
Factor [Ng]	15,07
Factor forma [Sc]	1,61
Factor profundidad [Dc]	1,2
Factor inclinación cargas [Ic]	1,0
Factor inclinación talud [Gc]	1,0
Factor inclinación base [Bc]	1,0
Factor forma [Sq]	1,58
Factor profundidad [Dq]	1,14
Factor inclinación cargas [Iq]	1,0
Factor inclinación talud [Gq]	1,0
Factor inclinación base [Bq]	1,0
Factor forma [Sg]	0,6
Factor profundidad [Dg]	1,0
Factor inclinación cargas [Ig]	1,0
Factor inclinación talud [Gg]	1,0
Factor inclinación base [Bg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0
Carga última	382,42 kN/m²
Resistencia de proyecto	127,47 kN/m²
Condición de comprobación [Ed<=Rd]	Comprobado

Autor: TERZAGHI (1955) (Condición drenada)

Factor [Nq]	22,46
Factor [Nc]	37,16
Factor [Ng]	19,73
Factor forma [Sc]	1,0
Factor forma [Sg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0
Carga última	381,75 kN/m²
Resistencia de proyecto	127,25 kN/m²

Condición de comprobación [Ed<=Rd] Comprobado

Autor: MEYERHOF (1963) (Condición drenada)

Factor [Nq]	18,4
Factor [Nc]	30,14
Factor [Ng]	15,67
Factor forma [Sc]	1,6
Factor profundidad [Dc]	1,17
Factor inclinación cargas [Ic]	1,0
Factor forma [Sq]	1,3
Factor profundidad [Dq]	1,09
Factor inclinación cargas [Iq]	1,0
Factor forma [Sg]	1,3
Factor profundidad [Dg]	1,09
Factor inclinación cargas [Ig]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0
Carga última	435,54 kN/m²
Resistencia de proyecto	145,18 kN/m²

Condición de comprobación [Ed<=Rd] Comprobado

Autor: VESIC (1975) (Condición drenada)

Factor [Nq]	18,4
Factor [Nc]	30,14
Factor [Ng]	22,4
Factor forma [Sc]	1,61
Factor profundidad [Dc]	1,15
Factor inclinación cargas [Ic]	1,0
Factor inclinación talud [Gc]	1,0

Factor inclinación base [Bc]	1,0
Factor forma [Sq]	1,58
Factor profundidad [Dq]	1,14
Factor inclinación cargas [Iq]	1,0
Factor inclinación talud [Gq]	1,0
Factor inclinación base [Bq]	1,0
Factor forma [Sg]	0,6
Factor profundidad [Dg]	1,0
Factor inclinación cargas [Ig]	1,0
Factor inclinación talud [Gg]	1,0
Factor inclinación base [Bg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0

Carga última	422,24 kN/m²
Resistencia de proyecto	140,75 kN/m²

Condición de comprobación [Ed<=Rd] Comprobado

Autor: Brinch - Hansen 1970 (Condición drenada)

Factor [Nq]	18,4
Factor [Nc]	30,14
Factor [Ng]	20,09
Factor forma [Sc]	1,53
Factor profundidad [Dc]	1,15
Factor inclinación cargas [Ic]	1,0
Factor inclinación talud [Gc]	1,0
Factor inclinación base [Bc]	1,0
Factor forma [Sq]	1,5
Factor profundidad [Dq]	1,14
Factor inclinación cargas [Iq]	1,0
Factor inclinación talud [Gq]	1,0
Factor inclinación base [Bq]	1,0
Factor forma [Sg]	0,7
Factor profundidad [Dg]	1,0
Factor inclinación cargas [Ig]	1,0
Factor inclinación talud [Gg]	1,0
Factor inclinación base [Bg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1,0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1,0

Carga última	413,14 kN/m²
Resistencia de proyecto	137,71 kN/m²

Condición de comprobación [Ed<=Rd] Comprobado

==========

Autor: Meyerhof and Hanna (1978) (Condición drenada)
==========
Estrato 1 arriba, estrato 2 abajo

Factores de capacidad de carga estrato 1	
Factor [Nq]	18,4
Factor [Nc]	30,14
Factor [Ng]	4,66
Fattori di capacità portante strato 2	
Factor [Nq]	64,2
Factor [Nc]	75,31
Factor [Ng]	23,0
Carga última estrato 2 (qb)	3713,27 kN/m²
Carga última estrato 1 (qt)	304,72 kN/m²
Incremento carga última estrato 1	213,96 kN/m²
Coeficiente de punzonamiento (ks)	5,46
Razon (q1/q2)	5,21

==========

Carga última	304,72 kN/m²
Resistencia de proyecto	101,57 kN/m²

Condición de comprobación [Ed<=Rd] Comprobado
==========

ASIENTOS ELÁSTICOS

Tanque Bonda
==========

Presión normal de proyecto	100,0 kN/m²
Espesor del estrato	8,0 m
Profundidad substrato rocoso	10,0 m
Módulo elástico	20450,0 kN/m²
Coeficiente de Poisson	0,3

==========

Coeficiente de influencia I1	0,05
Coeficiente de influencia I2	0,07
Coeficiente de influencia Is	0,09

==========

Asiento al centro de la cimentación	**18,25 mm**

==========

Coeficiente de influencia I1	0,01
Coeficiente de influencia I2	0,05
Coeficiente de influencia Is	0,04
Asiento al borde	**4,16 mm**

Tanque recirculación

Presión normal de proyecto	100,0	kN/m²
Espesor del estrato	8,0	m
Profundidad substrato rocoso	10,0	m
Módulo elástico	20450,0	kN/m²
Coeficiente de Poisson	0,3	
Coeficiente de influencia I1	0,22	
Coeficiente de influencia I2	0,08	
Coeficiente de influencia Is	0,26	
Asiento al centro de la cimentación	**18,04**	**mm**
Coeficiente de influencia I1	0,09	
Coeficiente de influencia I2	0,08	
Coeficiente de influencia Is	0,14	
Asiento al borde	**4,75**	**mm**

Tanque acondicionador

Presión normal de proyecto	100,0	kN/m²
Espesor del estrato	8,0	m
Profundidad substrato rocoso	10,0	m
Módulo elástico	20450,0	kN/m²
Coeficiente de Poisson	0,3	
Coeficiente de influencia I1	0,44	
Coeficiente de influencia I2	0,03	
Coeficiente de influencia Is	0,46	
Asiento al centro de la cimentación	**8,69**	**mm**
Coeficiente de influencia I1	0,34	
Coeficiente de influencia I2	0,05	
Coeficiente de influencia Is	0,37	
Asiento al borde	**3,5**	**mm**

Tanque cloro

Presión normal de proyecto	100,0	kN/m²
Espesor del estrato	8,0	m
Profundidad substrato rocoso	10,0	m
Módulo elástico	20450,0	kN/m²
Coeficiente de Poisson	0,3	

Coeficiente de influencia I1	0,37
Coeficiente de influencia I2	0,05
Coeficiente de influencia Is	0,4
Asiento al centro de la cimentación	**12,56 mm**
Coeficiente de influencia I1	0,24
Coeficiente de influencia I2	0,07
Coeficiente de influencia Is	0,28
Asiento al borde	**4,38 mm**

RESUMEN

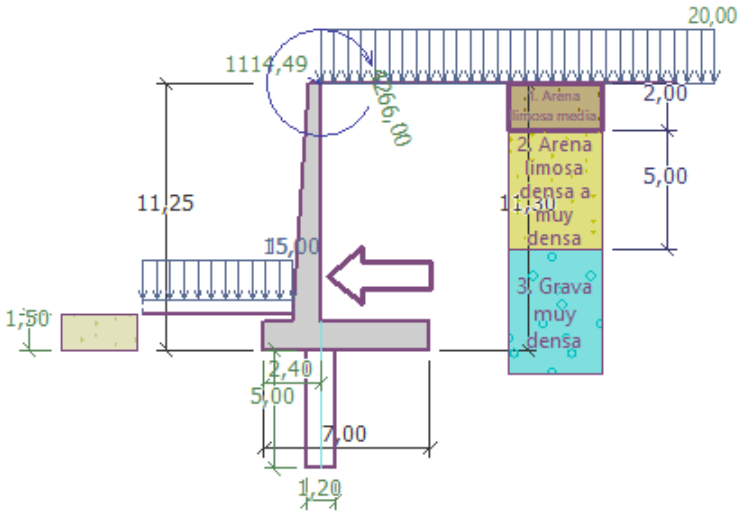
- Profundidad de desplante: Df= 0,5 m, medidos por debajo del nivel a conformar.
- Capacidad admisible: qa= 10t/m^2.
- Asentamientos elásticos permisibles.
- El suelo de apoyo de las cimentaciones corresponde a: Arena limosa color habano oscuro, humedad alta, compacidad media.

CÁLCULO DE FACTORES DE SEGURIDAD PARA VOLCAMIENTO Y DESLIZAMIENTO DE MURO EN CANTILEVER

Wall analysis

Active earth pressure calculation :	Coulomb
Passive earth pressure calculation :	Caquot-Kerisel
Earthquake analysis :	Mononobe-Okabe
Shape of earth wedge :	Calculate as skew
Allowable eccentricity :	0,333

Soil parameters



Arena limosa media
γ = 18,10 kN/m³
effective
φ_{ef} = 30,00 °
c_{ef} = 0,00 kPa
δ = 13,50 °
γ_{sat} = 18,60 kN/m³

Arena limosa densa a muy densa
γ = 19,10 kN/m³
effective
φ_{ef} = 40,00 °
c_{ef} = 0,00 kPa
δ = 18,00 °
γ_{sat} = 19,60 kN/m³

Grava muy densa
γ = 19,50 kN/m³
effective
φ_{ef} = 45,00 °
c_{ef} = 0,00 kPa
δ = 20,00 °
γ_{sat} = 20,20 kN/m³

Action	F_x [kN/m]	F_z [kN/m]	M [kNm/m]
permanent	1045,40	386,30	4266,00

Verification of complete wall

No.	Force	F_x [kN/m]	F_z [kN/m]	Applic. point x [m]	Applic. point z [m]	Coeff. [–]
1	Weight - wall	0,00	398,79	2,70	-3,12	1,000
2	Earthq.- constr.	-59,82	0,00	2,70	-3,12	1,000
3	FF resistance	7,67	0,09	1,15	-0,50	1,000
4	Resistance on front face	8,00	0,36	1,20	-0,75	1,000
5	Weight - earth wedge	0,00	431,98	3,94	-4,37	1,000
6	Earthquake - soil wedge	-64,80	0,00	3,94	-4,37	1,000
7	Active pressure	-225,37	466,98	5,47	-4,14	1,000
8	Earthq.- act.pressure	-120,85	228,10	4,21	-7,69	1,000
9	Surch.1 - surface	-48,87	94,16	4,72	-6,34	1,000
10	Force No. 1	1045,40	386,30	2,40	-11,25	1,000
11	Base anchorage	0,00	125,00	2,40	0,00	1,000

Check for overturning stability

Resisting moment M_{res} = 23987,64 kNm/m
Overturning moment M_{ovr} = 2632,29 kNm/m

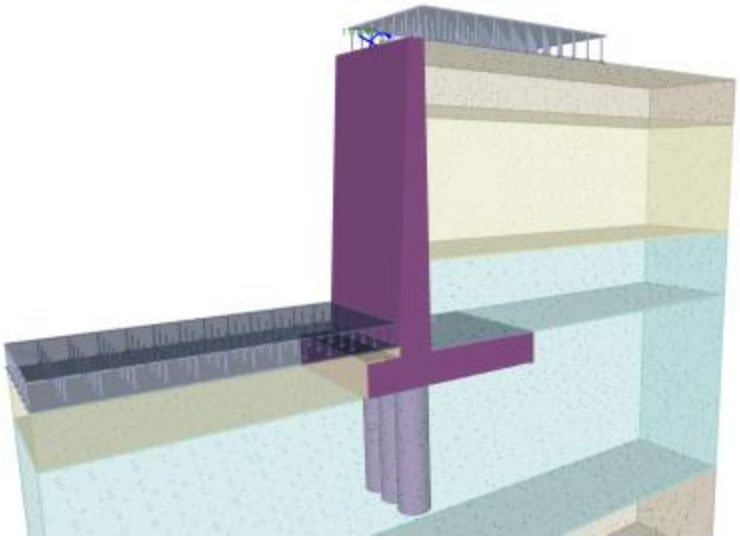
Safety factor = 9,11 > 3,00
Wall for overturning is SATISFACTORY

Check for slip

Resisting horizontal force H_{res} = 2127,83 kN/m
Active horizontal force H_{act} = -556,59 kN/m

Safety factor = 1000,00 > 1,60
Wall for slip is SATISFACTORY

Overall check - WALL is SATISFACTORY



CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA INDIVIDUAL DE PILOTES Y MINI CAISSONS O PILAS

PILOTES Y PILAS DE CIMENTACIÓN

Carga Última vertical

La carga límite vertical ha sido calculada con fórmulas estadísticas que expresan la misma en función de la geometría del pilote, de las características del terreno y de la conexión pilote-terreno. Al respecto, y ya que la realización de un pilote (sea este hincado o barrenado) modifica siempre las características del terreno alrededor del mismo, se propone asumir ángulo de resistencia al corte igual a:

$$\phi' = \frac{3}{4}\phi + 10 \quad \text{en pilotes hincados}$$
$$\phi' = \phi - 3° \quad \text{en pilotes barrenados}$$

donde ϕ es el ángulo de resistencia al corte antes de realizar el pilote. A continuación indicaremos con ϕ el parámetro de resistencia seleccionado
Para fines de cálculo, la carga última Q_{lim} se subdivide convencionalmente en dos alícuotas, la resistencia en la punta Q_p e la resistencia lateral Q_l.

Resistencia unitaria en la punta

Fórmula de Terzaghi

La solución propuesta por Terzaghi asume que el terreno existente por encima de la profundidad alcanzada desde la punta del pilote puede ser sustituida por una sobrecarga equivalente igual a la tensión vertical eficaz (sin tener en cuenta el hecho que la interacción entre pilote y terreno de cimentación pueda modificar tal valor) y reconduce el análisis al problema de capacidad de carga de una cimentación superficial.

La fórmula de Terzaghi se puede escribir:

$$Q_p = c \cdot N_c \cdot s_c + \cdot L \cdot N_q + 0.5 \cdot \cdot D \cdot N_{\phi} \cdot s_{\phi}$$

donde:

$$N_q = \frac{a^2}{2\cos^2(45 + \phi/2)}$$

$$a = e^{(0.75\pi - \phi/2)\tan\phi}$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot\phi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan\phi}{2}\left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2\phi} - 1\right)$$

Método de Berezantzev

Berezantzev hace referencia a una superficie de deslizamiento “tipo Terzaghi" que se detiene en el plano de cimentación (punta del pilote). Considera que el cilindro de terreno coaxial al pilote y con diámetro igual a la extensión en sección de la superficie de deslizamiento, está en parte “sostenido” por acción tangencial del terreno que queda a lo largo de la superficie lateral. Consigue un valor de la presión en la base inferior a □*D*, y entre más pequeño es, más marcado es el “efecto silo”, o sea más grande la relación D/B. Esto lo toma en cuenta el coeficiente Nq, que por lo tanto es función decreciente de D/B.

La resistencia unitaria Qp en la punta, en el caso de terreno con rozamiento (□) y cohesión (c), se da la expresión:

$$Q_p = c \cdot N_c + \square \cdot L \cdot N_q$$

Donde:

□ peso específico del terreno;

L largo del pilote;

Nc y Nq son los factores de capacidad de carga incluyendo el efecto forma (circular);

Método de Vesic

Vesic ha asimilado el problema de la rotura entorno a la punta del pilote al de la expansión de una cavidad cilíndrica en un medio elástico-plástico. De tal manera toma en cuenta también la compresión del medio.

Según Vesic los coeficientes de capacidad portante Nq e Nc se pueden calcular como sigue:

$$N_q = \frac{3}{3-\sin\phi}\left\{\exp\left[\left(\frac{\pi}{2}-\phi\right)\tan\phi\right]\tan^2\left(45+\frac{\phi}{2}\right)I_{rr}^{(4\sin\phi)/[3(1+\sin\phi)]}\right\}$$

El índice de rigidez reducido Irr en la expresión anterior se calcula a partir de la deformación volumétrica □$_v$.

El índice de rigidez I_r se calcula utilizando el módulo de elasticidad tangencial G’ y la resistencia al corte *s* del terreno.

Cuando hay condiciones sin drenaje o el suelo se encuentra en estado denso, el término □$_v$ se puede asumir igual a cero y se obtiene I_{rr}=I_r

Se puede estimar I_r con los siguientes valores:

TERRENO	Ir
Arena	75-150
Limo	50-75
Arcilla	150-250

El término N_C de la capacidad portante se calcula:

$$N_c = (N_q - 1)\cot\phi \quad (a)$$

Cuando □ *=0* (condiciones sin drenaje)

$$N_c = \frac{4}{3}(1nI_{rr} + 1) + \frac{\pi}{2} + 1$$

Método de Janbu

Janbu calcula N_q (con el ángulo □ expresado en radiantes) como sigue:

$$N_q = \left(\tan\phi + \sqrt{1 + \tan^2\phi}\right)^2 \exp(2\psi\tan\phi)$$

N_C se puede recavar de la (a) cuando □ *> 0.*

Para □□= 0 se usa N_C = 5.74

Fórmula de Hansen

La fórmula de Hansen vale para cualquier relación D/B, o sea tanto para cimentaciones superficiales como profundas; pero el mismo autor introduce coeficientes para interpretar mejor el comportamiento real de la cimentación. De hecho sin los mismos habría un aumento demasiado fuerte de la carga última con la profundidad.

.

Para valores L/D>1:

$$d_c = 1 + 0.4\tan^{-1}\frac{L}{D}$$

$$d_q = 1 + 2\tan\phi(1 - \sin\phi)^2\tan^{-1}\frac{L}{D}$$

En el caso □ = 0

D/B	*0*	*1*	*1.1*	*2*	*5*	*10*	*20*	*100*

d'_c	0	0.40	0.33	0.44	0.55	0.59	0.61	0.62

En los factores siguientes las expresiones con ápices (') valen cuando ??=0.

Factor de forma:

$$s'_c = 0.2\frac{D}{L}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c}\frac{D}{L}$$

$$s_q = 1 + \frac{D}{L}\tan\phi$$

$$s_q = 1 + \frac{D}{L}\tan\phi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4\frac{D}{L}$$

Factor de profundidad:

$$d'_c = 0.4k$$

$$d_c = 1 + 0.4k$$

$$d_q = 1 + 2\tan\phi(1-\sin\phi)k$$

$$d_\gamma = 1 \quad \text{per qualsiasi } \kappa$$

$$k = \tan^{-1}\frac{L}{D} \quad \text{se } \frac{L}{D} > 1$$

Resistencia del fuste

El método utilizado para calcular la capacidad de carga lateral es el método ???propuesto por Tomlinson (1971). La resistencia lateral se calcula de la siguiente manera:

$$Q_l = (\alpha c + \sigma K \tan\delta)\cdot Al \cdot f_w$$

Al = superficie lateral del pilote;

f_w = factor de corrección ligado a la tronco-conicidad del pilote, o sea la disminución porcentual del diámetro del pilote con

c = valor medio de la cohesión (o de la resistencia al corte en condiciones no drenadas);

□ = presión vertical eficaz del terreno;

K = coeficiente de empuje horizontal, dependiente de la tecnología de ejecución del pilote y de anterior estado de densidad, se calcula como sigue:

Para pilotes hincados

$$K = 1 - \tan^2 □$$

o, en el caso específico, es posible asignar los siguientes valores propuestos en la tabla:

Pilote	K	
	Terreno suelto	Terreno denso
Acero	0.5	1
Hormigón Pref.	1	2
Madera	1	3

Para pilotes barrenados

$$K = 1 - \text{sen} □$$

□ = ejecución del pilote y de anterior estado de densidad, se calcula como sigue:

Para pilotes hincados

$$□ = 3/4\tan □$$

Para pilotes barrenados

$$□ = \tan □$$

□ = coeficiente de adherencia que se obtiene como a continuación:

Pilotes barrenados:

Caquot – Kerisel

$$\alpha = \frac{100 + c^2}{100 + 7c^2}$$

Meyerhof – Murdock (1963)

$\alpha = 1 - 0.1 \cdot c$ para c<5 t/m^2

$\alpha = 0.525 - 0.005 \cdot c$ para c□ 5 t/m^2

Whitaker – Cooke (1966)

□ = 0.9 para c < 2.5 t/m^2

□ = 0.8 para 2.5 ≤ c < 5 t/m^2

□ = 0.6 para 5 ≤ c ≤ 7.5 t/m^2

□ = 0.9 para c > 7.5 t/m^2

Woodward (1961)

□ = 0.9 para c < 4 t/m^2
□ = 0.6 para 4 ≤ c < 8 t/m^2
□ = 0.5 para 8 ≤ c <12 t/m^2
□ = 0.4 para 12 ≤ c ≤ 20 t/m^2
□ = 0.20 para c > 20 t/m^2

Pilotes hincados

Coeficiente □ para pilotes hincados	
2.5 ≤ c < 5 t/m^2	□ = 1.00
5 ≤ c < 10	□ = 0.70
10 ≤ c < 15	□ = 0.50
15 ≤ c < 20	□ = 0.40
c □ 20	□ = 0.30

Rozamiento negativo

Cuando se hinca un Pilote o pasa a través de un estrato de material comprimible antes de terminar el proceso de consolidación, el terreno se moverá con respecto al pilote produciendo esfuerzos de roce entre pilote y terreno que inducen al llamado fenómeno de rozamiento negativo.
El rozamiento aumenta la carga axial en el pilote, con la consecuencia del aumento del asiento debido al acortamiento elástico del mismo como efecto del aumento de la carga. La fuerza que nace como efecto del rozamiento negativo se estima igual al componente de roce de la resistencia lateral (ver Resistencia del fuste) a lo largo de la superficie lateral en contacto con el estrato donde se genera tal fenómeno, pero del lado opuesto al rozamiento positivo. El resultado así determinado no se detrae de la carga límite, sino de la de ejercicio.

Factor de corrección sísmica

Criterio de Vesic

Según este autor, para tener en cruenta el fenómeno de la dilatación en el cálculo de la capacidad de carga es suficiente disminuir en 2° el ángulo de rozamiento de los estratos de cimentación. La limitación de esta sugerencia está en el hecho que no toma en cruenta la intensidad de la solicitación sísmica (expresada por medio del parámetro de la aceleración sísmica horizontal máxima). Sin embargo este criterio parece confirmarse en las observaciones hechas con ocasión de diferentes eventos sísmicos.

Criterio de Sano

El autor propone disminuir el ángulo de rozamiento de los estratos portantes en una cantidad dada por la relación:

$$D_p = arctg\left(\frac{A_{\max}}{\sqrt{2}}\right)$$

donde A_{max} es la aceleración sísmica horizontal máxima.

Este criterio, con respecto al de Vesic, tiene la ventaja de considerar la intensidad de la solicitación sísmica. No obstante la experiencia demuestra que la aplicación acrítica de esta relación puede conducir a valores excesivamente cautelosos de Qlim.

Las correcciones de Sano y de Vesic se aplican exclusivamente a terrenos incoherentes muy densos. Es errado aplicarlas a terrenos sueltos medianamente densos, donde las vibraciones sísmicas producen el fenómeno opuesto al de la dilatación, con aumento del grado de densidad y del ángulo de rozamiento

ASIENTOS

El asentamiento vertical ha sido calculado con el método de Davis-Poulos, según el cual el pilote se considera rígido (indeformable) inmerso en un medio elástico, semiespacio o estrato de espesor finito.

Se hace la hipótesis de que la interacción pilote-terreno sea constante en tractos en n superficies cilíndricas en las que se divide la superficie lateral del pilote.

El asiento de la superficie genérica i por efecto de la carga transmitida del pilote al terreno en la superficie j-ésima se puede expresar:

$$W_{i,j} = (\sigma_j / E) \cdot B \cdot I_{i,j}$$

donde:

σ_j = Incremento de tensión relativo al punto medio de la franja

E = Módulo elástico del terreno

B = Diámetro del pilote

$I_{i,j}$ = Coeficiente de influencia

El asiento se obtiene sumando Wi,j para todas las j áreas.

CARGA ÚLTIMA HORIZONTAL

La carga última horizontal se calcula según la teoría de Broms, el cual asume que el comportamiento de la conexión pilote-terreno sea de tipo rígido perfectamente plástico, y que por lo tanto la resistencia del terreno se moviliza enteramente para un valor cualquiera nulo del movimiento y permanece constante cuando crece el movimiento.

Se asume que el comportamiento flexional del pilote sea de tipo rígido-perfectamente plástico, vale a decir que las rotaciones elásticas del pilote se pueden obviar hasta que el momento de flexión no alcance el valor M_y de plastificación.

Para los terrenos cohesivos Broms propone adoptar una reacción del terreno constante con la profundidad igual a:

$$p = 9 \cdot c_u \cdot B$$

con reacción nula hasta la profundidad de 1.5 d; indicando con:
c_u = Cohesión non drenada,
B = Diámetro del pilote,
p = Reacción del terreno por unidad de longitud del pilote.

Para los terrenos incoherentes se asume que la resistencia varíe linealmente con la profundidad según la ley:

$$p = 3K_p \gamma z B$$

donde:

p = Reacción del terreno por unidad de longitud del pilote;
K_p = Coeficiente de empuje pasivo;
γ = Peso por unidad de volumen del terreno;
z = Profundidad;
B = Diámetro del pilote.

Pilote en condiciones de ejercicio

Análisis del pilote en condiciones de ejercicio: **Método de los elementos finitos**.
El método de los elementos finitos modela el micropilote / pilote de cimentación, sujeto a cargas trasversales, en modo real ya que usa tanto los movimientos como las rotaciones de los nudos para definir la línea elástica del micropilote, por lo tanto representa el método más razonable y eficaz actualmente disponible para analizar este tipo de estructuras.
A continuación se hace mención de los fundamentos teóricos del método indicando con **P** la matriz de las fuerzas externas de los nudos, con **F** la de las fuerzas internas y con **A** la matriz de los coeficientes de influencia que, para el equilibrio entre fuerzas externas e internas, une las primeras dos según la forma:

$$\mathbf{P} = \mathbf{AF}$$

Los movimientos internos **e** (translaciones y rotaciones) del elemento en el nudo genérico están relacionados a los movimientos externos **X** (translaciones y rotaciones) aplicados a nudos, en la siguiente relación:

$$\mathbf{e} = \mathbf{BX}$$

donde la matriz **B** ha demostrado ser la traspuesta de la matriz **A**.
Por otra parte, las fuerzas internas **F** están ligadas a los movimientos internos e en la siguiente expresión:

$$\mathbf{F} = \mathbf{Se}$$

Aplicando las habituales sustituciones, se obtiene:

$$\mathbf{F} = \mathbf{SA^T X}$$

Y por lo tanto

$$\mathbf{P} = \mathbf{AF} = \mathbf{A\,SA^T X}$$

Por consiguiente, calculando el inverso de la **matriz A SAT** se obtiene la expresión de los movimientos externos X:

$$\mathbf{X} = (\mathbf{A\ SA}^{\mathbf{T}})^{-1}\mathbf{P}$$

Conocidos los movimientos **X** es posible recavar las fuerzas internas **F** necesarias para el proyecto de la estructura.
La matriz **A SAT** es conocida como matriz de rigidez global en cuanto caracteriza él legaren entre movimientos y fuerzas externas húndales.
El método de elementos finitos tiene, entre otras, la ventaja de permitir tomar en cuenta, como condiciones del contorno, rotaciones y movimientos conocidos.
Las reacciones húndales de los muelles que esquematizan el terreno se consideran como fuerzas globales ligadas al módulo de reacción y al área de influencia del nudo. En la solución de elementos finitos para micropilotes / pilotes sujetos a cargas trasversales, el módulo de reacción se considera e la siguiente fórmula:

$$k_S = A_S + B_S Z^n$$

o, no queriendo hacer crecer ilimitadamente el ks con la profundidad, en la fórmula:

$$k_S = A_S + B_S \tan^{-1}(Z/B)$$

en la cual Z es la profundidad y B es el diámetro del pilote / micropilote.
Los valores de As y BsZn se obtienen de la expresión de la capacidad portante (Bowles) con factores correctivos si, di, y ii igual a 1:

$$k_S = q_{ult}/\Delta H = C(cN_c + 0.5\Delta BN_\Delta)$$

$$BsZn = C(\Delta N_q Z^1)$$

Donde C = 40 se obtiene en correspondencia de un asentamiento máximo de 25 mm.

PILOTES

FILTROS

PILOTE PREEXCAVADO. D= 0,4 m; L= 10m, medidos a partir del nivel a conformar

Datos generales

Descripción	PILOTES-PREXCAVADOS	
Diámetro punta, D	0,40	m
Longitud, L	10,00	m
Tipo	Barrenados	
Saliente del terreno	0,20	m
Densidad relativa estrato punta pilote	80,00	
Capacidad portante por la punta calculada con:	Janbu	

Estratigrafía

Nr.: Número del estrato Hs: Espesor del estrato. Fi: Angulo de rozamiento. c: Cohesión Alfa: Coeficiente de adhesión del rozamiento lateral en el fuste. Vs: Velocidad ondas de corte.

Strat. Nr. 1

Nr.	Hs	Peso específico [kN/m³]	Peso específico saturado [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Rozamiento negativo	Alfa	Módulo elástico [MN/m²]	Vs [m/s]	Descripción litológica
1	2,00	18,10	18,60	0,00	30,00	Sí	0,96	12,27	300	Arena limosa media
2	5,00	19,10	19,60	0,00	40,00	No	0,85	22,16	300	Arena limosa densa a muy densa
3	4,00	19,50	20,20	0,00	45,00	No	0,58	40,00	300	Grava muy densa

Carga última

Estratigrafía	Nq	Nc	Fi/C estrato punta Pilote (°)/[kN/m²]	Peso pilote [kN]	Carga última por punta [kN]	Carga última lateral [kN]	Carga última [kN]	Rozamiento negativo [kN]	Carga última horizontal [kN]
A1+M1+R3	76,52	90,01	40/0,00	31,42	1828,96	236,06	2024,69	8,92	--

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia característica cargas axiales. Nombres combinación: A1+M1+R3

Número de verticales examinadas	1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1,00
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1,00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	1828,96	1828,96	1828,96
Lateral	236,06	236,06	236,06
Total	2024,69	2024,69	2024,69

Coeficiente parcial resistencia característica	R3	
Base	3,00	
Lateral	2,00	
Resistencia de proyecto base	609,65	kN
Resistencia de proyecto lateral	118,03	kN
Resistencia de proyecto, Pw	**696,27**	**kN ≈ 50t**

Asiento (Poulos e Davis 1968)

==========

Carga aplicada	**500kN ≈ 50t**
Coeficiente influencia	0,10
Asiento	**0,32cm**

PILOTE PREEXCAVADO. D= 0,5 m; L= 10m, medidos a partir del nivel a conformar

Datos generales

Descripción	PILOTES-PREXCAVADOS	
Diámetro punta, D	0,50	m
Longitud, L	10,00	m
Tipo	Barrenados	
Saliente del terreno	0,20	m
Densidad relativa estrato punta pilote	80,00	
Capacidad portante por la punta calculada con:	Janbu	

Estratigrafía

Nr.: Número del estrato Hs: Espesor del estrato. Fi: Angulo de rozamiento. c: Cohesión Alfa: Coeficiente de adhesión del rozamiento lateral en el fuste. Vs: Velocidad ondas de corte.

Strat. Nr. 1

Nr.	Hs	Peso específico [kN/m³]	Peso específico saturado [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Rozamiento negativo	Alfa	Módulo elástico [MN/m²]	Vs [m/s]	Descripción litológica
1	2,00	18,10	18,60	0,00	30,00	Sí	0,96	12,27	300	Arena limosa media
2	5,00	19,10	19,60	0,00	40,00	No	0,85	22,16	300	Arena limosa densa a muy densa
3	4,00	19,50	20,20	0,00	45,00	No	0,58	40,00	300	Grava muy densa

Carga última

Estratigrafía	Nq	Nc	Fi/C estrato punta Pilote (°)/[kN/m²]	Peso pilote [kN]	Carga última por punta [kN]	Carga última lateral [kN]	Carga última [kN]	Rozamiento negativo [kN]	Carga última horizontal [kN]
A1+M1+R3	76,52	90,01	40/0,00	49,09	2857,75	295,08	3092,59	11,14	--

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia característica cargas axiales. Nombres combinación: A1+M1+R3

Número de verticales examinadas	1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1,00
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1,00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	2857,75	2857,75	2857,75
Lateral	295,08	295,08	295,08
Total	3092,59	3092,59	3092,59

Coeficiente parcial resistencia característica	R3	
Base	3,00	
Lateral	2,00	
Resistencia de proyecto base	952,58	kN

Resistencia de proyecto lateral	147,54 kN
Resistencia de proyecto, Pw	**1051,03 kN ≈ 70t**

Asiento (Poulos e Davis 1968)

==========

Carga aplicada	**700kN ≈ 70t**
Coeficiente influencia	0,16
Asiento	**0,55cm**

SEDIMENTADORES Y FLOCULADORES

PILOTE PREEXCAVADO. D= 0,4 m; L= 5m, medidos a partir del nivel a conformar

Datos generales

==========

Descripción	PILOTES-PREXCAVADOS	
Diámetro punta, D	0,40	m
Longitud, L	5,00	m
Tipo	Barrenados	
Saliente del terreno	0,20	m
Densidad relativa estrato punta pilote	80,00	
Capacidad portante por la punta calculada con:	Janbu	

Estratigrafía

Nr.: Número del estrato Hs: Espesor del estrato. Fi: Angulo de rozamiento. c: Cohesión Alfa: Coeficiente de adhesión del rozamiento lateral en el fuste. Vs: Velocidad ondas de corte.

Strat. Nr. 1

Nr.	Hs	Peso específico [kN/m³]	Peso específico saturado [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Rozamiento negativo	Alfa	Módulo elástico [MN/m²]	Vs [m/s]	Descripción litológica
1	2,00	18,10	18,60	0,00	30,00	No	0,40	12,27	300	Arena limosa media
2	5,00	19,10	19,60	0,00	40,00	No	0,40	22,16	300	Arena limosa densa a muy densa
3	2,00	19,50	20,20	0,00	45,00	No	0,40	40,00	300	Grava muy densa

Carga última

Estratigrafía	Nq	Nc	Fi/C estrato punta Pilote (°)/[kN/m²]	Peso pilote [kN]	Carga última por punta [kN]	Carga última lateral [kN]	Carga última [kN]	Rozamiento negativo [kN]	Carga última horizontal [kN]
A1+M1+R3	38,55	53,63	35/0,00	15,71	452,97	60,33	497,59	--	--

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

==========

Resistencia característica cargas axiales. Nombres combinación: A1+M1+R3

==========

Número de verticales examinadas	1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1,00
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1,00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	452,97	452,97	452,97
Lateral	60,33	60,33	60,33
Total	497,59	497,59	497,59

Coeficiente parcial resistencia característica R3

Base	3,00	
Lateral	2,00	
Resistencia de proyecto base	150,99	kN
Resistencia de proyecto lateral	30,16	kN
Resistencia de proyecto, Pw	**165,45**	**kN ≈ 15t**

Asiento (Poulos e Davis 1968)

==========

Carga aplicada	**150,00kN ≈ 15t**
Coeficiente influencia	0,15
Asiento	**0,25cm**

PILOTE PREEXCAVADO. D= 0,4 m; L= 6m, medidos a partir del nivel a conformar

Datos generales

Descripción	PILOTES-PREXCAVADOS	
Diámetro punta, D	0,40	m
Longitud, L	6,00	m
Tipo	Barrenados	
Saliente del terreno	0,20	m
Densidad relativa estrato punta pilote	80,00	
Capacidad portante por la punta calculada con:	Janbu	

Estratigrafía

Nr.: Número del estrato Hs: Espesor del estrato. Fi: Angulo de rozamiento. c: Cohesión Alfa: Coeficiente de adhesión del rozamiento lateral en el fuste. Vs: Velocidad ondas de corte.

Strat. Nr. 1

Nr.	Hs	Peso específico [kN/m³]	Peso específico saturado [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Rozamiento negativo	Alfa	Módulo elástico [MN/m²]	Vs [m/s]	Descripción litológica
1	2,00	18,10	18,60	0,00	30,00	No	0,40	12,27	300	Arena limosa media
2	5,00	19,10	19,60	0,00	40,00	No	0,40	22,16	300	Arena limosa densa a muy densa
3	2,00	19,50	20,20	0,00	45,00	No	0,40	40,00	300	Grava muy densa

Carga última

Estratigrafía	Nq	Nc	Fi/C estrato punta Pilote (°)/[kN/m²]	Peso pilote [kN]	Carga última por punta [kN]	Carga última lateral [kN]	Carga última [kN]	Rozamiento negativo [kN]	Carga última horizontal [kN]
A1+M1+R3	38,55	53,63	35/0,00	18,85	545,50	87,56	614,21	--	--

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia característica cargas axiales. Nombres combinación: A1+M1+R3

Número de verticales examinadas	1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1,00
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1,00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	545,50	545,50	545,50
Lateral	87,56	87,56	87,56
Total	614,21	614,21	614,21

Coeficiente parcial resistencia característica	R3	
Base	3,00	
Lateral	2,00	
Resistencia de proyecto base	181,83	kN

Resistencia de proyecto lateral	43,78 kN
Resistencia de proyecto, Pw	**206,76 kN ≈ 20t**

Asiento (Poulos e Davis 1968)

==========

Carga aplicada	**200,00kN ≈ 20t**
Coeficiente influencia	0,15
Asiento	**0,33cm**

PILOTE PREEXCAVADO. D= 0,4 m; L= 7m, medidos a partir del nivel a conformar

Datos generales

Descripción	PILOTES-PREXCAVADOS	
Diámetro punta, D	0,40	m
Longitud, L	7,00	m
Tipo	Barrenados	
Saliente del terreno	0,20	m
Densidad relativa estrato punta pilote	80,00	
Capacidad portante por la punta calculada con:	Janbu	

Estratigrafía

Nr.: Número del estrato Hs: Espesor del estrato. Fi: Angulo de rozamiento. c: Cohesión Alfa: Coeficiente de adhesión del rozamiento lateral en el fuste. Vs: Velocidad ondas de corte.

Strat. Nr. 1

Nr.	Hs	Peso específico [kN/m³]	Peso específico saturado [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Rozamiento negativo	Alfa	Módulo elástico [MN/m²]	Vs [m/s]	Descripción litológica
1	2,00	18,10	18,60	0,00	30,00	No	0,40	12,27	300	Arena limosa media
2	5,00	19,10	19,60	0,00	40,00	No	0,40	22,16	300	Arena limosa densa a muy densa
3	2,00	19,50	20,20	0,00	45,00	No	0,40	40,00	300	Grava muy densa

Carga última

Estratigrafía	Nq	Nc	Fi/C estrato punta Pilote (°)/[kN/m²]	Peso pilote [kN]	Carga última por punta [kN]	Carga última lateral [kN]	Carga última [kN]	Rozamiento negativo [kN]	Carga última horizontal [kN]
A1+M1+R3	38,55	53,63	35/0,00	21,99	638,04	119,84	735,88	--	--

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia característica cargas axiales. Nombres combinación: A1+M1+R3

Número de verticales examinadas	1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1,00
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1,00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	638,04	638,04	638,04
Lateral	119,84	119,84	119,84
Total	735,88	735,88	735,88

Coeficiente parcial resistencia característica	R3	
Base	3,00	
Lateral	2,00	
Resistencia de proyecto base	212,68	kN

Resistencia de proyecto lateral	59,92 kN
Resistencia de proyecto	**250,61 kN ≈ 25t**

Asiento (Poulos e Davis 1968)

==========

Carga aplicada	**250,00kN ≈ 25t**
Coeficiente influencia	0,16
Asiento	**0,24cm**

PILOTE PREEXCAVADO. D= 0,4 m; L= 8m, medidos a partir del nivel a conformar

Datos generales

Descripción	PILOTES-PREXCAVADOS	
Diámetro punta, D	0,40	m
Longitud, L	8,00	m
Tipo	Barrenados	
Saliente del terreno	0,20	m
Densidad relativa estrato punta pilote	80,00	
Capacidad portante por la punta calculada con:	Janbu	

Estratigrafía

Nr.: Número del estrato Hs: Espesor del estrato. Fi: Angulo de rozamiento. c: Cohesión Alfa: Coeficiente de adhesión del rozamiento lateral en el fuste. Vs: Velocidad ondas de corte.

Strat. Nr. 1

Nr.	Hs	Peso específico [kN/m³]	Peso específico saturado [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Rozamiento negativo	Alfa	Módulo elástico [MN/m²]	Vs [m/s]	Descripción litológica
1	2,00	18,10	18,60	0,00	30,00	No	0,40	12,27	300	Arena limosa media
2	5,00	19,10	19,60	0,00	40,00	No	0,40	22,16	300	Arena limosa densa a muy densa
3	2,00	19,50	20,20	0,00	45,00	No	0,40	40,00	300	Grava muy densa

Carga última

Estratigrafía	Nq	Nc	Fi/C estrato punta Pilote (°)/[kN/m²]	Peso pilote [kN]	Carga última por punta [kN]	Carga última lateral [kN]	Carga última [kN]	Rozamiento negativo [kN]	Carga última horizontal [kN]
A1+M1+R3	76,52	90,01	40/0,00	25,13	1453,94	156,50	1585,30	--	--

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia característica cargas axiales. Nombres combinación: A1+M1+R3

Número de verticales examinadas	1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1,00
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1,00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	1453,94	1453,94	1453,94
Lateral	156,50	156,50	156,50
Total	1585,30	1585,30	1585,30

Coeficiente parcial resistencia característica	R3	
Base	3,00	
Lateral	2,00	
Resistencia de proyecto base	484,65	kN

Resistencia de proyecto lateral	78,25	kN
Resistencia de proyecto	537,76	kN

Asiento (Poulos e Davis 1968)

Carga aplicada	**480,00**	**kN**
Coeficiente influencia	0,16	
Asiento	**0,47**	**cm**

PILOTE PREEXCAVADO. D= 0,5 m; L= 5m, medidos a partir del nivel a conformar

Datos generales

Descripción	PILOTES-PREXCAVADOS	
Diámetro punta, D	0,50	m
Longitud, L	5,00	m
Tipo	Barrenados	
Saliente del terreno	0,20	m
Densidad relativa estrato punta pilote	80,00	

Estratigrafía

Nr.: Número del estrato Hs: Espesor del estrato. Fi: Angulo de rozamiento. c: Cohesión Alfa: Coeficiente de adhesión del rozamiento lateral en el fuste. Vs: Velocidad ondas de corte.

Strat. Nr. 1

Nr.	Hs	Peso específico [kN/m³]	Peso específico saturado [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Rozamiento negativo	Alfa	Módulo elástico [MN/m²]	Vs [m/s]	Descripción litológica
1	2,00	18,10	18,60	0,00	30,00	No	0,40	12,27	300	Arena limosa media
2	5,00	19,10	19,60	0,00	40,00	No	0,40	22,16	300	Arena limosa densa a muy densa
3	2,00	19,50	20,20	0,00	45,00	No	0,40	40,00	300	Grava muy densa

Carga última

Estratigrafía	Nq	Nc	Fi/C estrato punta Pilote (°)/[kN/m²]	Peso pilote [kN]	Carga última por punta [kN]	Carga última lateral [kN]	Carga última [kN]	Rozamiento negativo [kN]	Carga última horizontal [kN]
A1+M1+R3	38,55	53,63	35/0,00	24,54	707,77	75,41	758,63	--	--

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia característica cargas axiales. Nombres combinación: A1+M1+R3

Número de verticales examinadas	1	
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1,00	
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1,00	

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	707,77	707,77	707,77
Lateral	75,41	75,41	75,41
Total	758,63	758,63	758,63

Coeficiente parcial resistencia característica	R3	
Base	3,00	
Lateral	2,00	
Resistencia de proyecto base	235,92	kN
Resistencia de proyecto lateral	37,70	kN

Resistencia de proyecto, Pw	**249,08 kN ≈ 24t**

Asiento (Poulos e Davis 1968)

==========

Carga aplicada	**240,00kN ≈ 24t**
Coeficiente influencia	0,15
Asiento	**0,32cm**

PILOTE PREEXCAVADO. D= 0,5 m; L= 6m, medidos a partir del nivel a conformar

Datos generales

Descripción	PILOTES-PREXCAVADOS	
Diámetro punta, D	0,50	m
Longitud, L	6,00	m
Tipo	Barrenados	
Saliente del terreno	0,20	m
Densidad relativa estrato punta pilote	80,00	
Capacidad portante por la punta calculada con:	Janbu	

Estratigrafía

Nr.: Número del estrato Hs: Espesor del estrato. Fi: Angulo de rozamiento. c: Cohesión Alfa: Coeficiente de adhesión del rozamiento lateral en el fuste. Vs: Velocidad ondas de corte.

Strat. Nr. 1

Nr.	Hs	Peso específico [kN/m³]	Peso específico saturado [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Rozamiento negativo	Alfa	Módulo elástico [MN/m²]	Vs [m/s]	Descripción litológica
1	2,00	18,10	18,60	0,00	30,00	No	0,40	12,27	300	Arena limosa media
2	5,00	19,10	19,60	0,00	40,00	No	0,40	22,16	300	Arena limosa densa a muy densa
3	2,00	19,50	20,20	0,00	45,00	No	0,40	40,00	300	Grava muy densa

Carga última

Estratigrafía	Nq	Nc	Fi/C estrato punta Pilote (°)/[kN/m²]	Peso pilote [kN]	Carga última por punta [kN]	Carga última lateral [kN]	Carga última [kN]	Rozamiento negativo [kN]	Carga última horizontal [kN]
A1+M1+R3	38,55	53,63	35/0,00	29,45	852,35	109,45	932,35	--	--

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia característica cargas axiales. Nombres combinación: A1+M1+R3

Número de verticales examinadas	1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1,00
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1,00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	852,35	852,35	852,35
Lateral	109,45	109,45	109,45
Total	932,35	932,35	932,35

Coeficiente parcial resistencia característica	R3	
Base	3,00	
Lateral	2,00	
Resistencia de proyecto base	284,12	kN

Resistencia de proyecto lateral	54,72 kN
Resistencia de proyecto, Pw	**309,39 kN ≈ 30t**

Asiento (Poulos e Davis 1968)

==========

Carga aplicada	**300,00Kn ≈ 30t**
Coeficiente influencia	0,15
Asiento	**0,40cm**

PILOTE PREEXCAVADO. D= 0,5 m; L= 7m, medidos a partir del nivel a conformar

Datos generales

Descripción	PILOTES-PREXCAVADOS	
Diámetro punta, D	0,50	m
Longitud, L	7,00	m
Tipo	Barrenados	
Saliente del terreno	0,20	m
Densidad relativa estrato punta pilote	80,00	
Capacidad portante por la punta calculada con:	Janbu	

Estratigrafía

Nr.: Número del estrato Hs: Espesor del estrato. Fi: Angulo de rozamiento. c: Cohesión Alfa: Coeficiente de adhesión del rozamiento lateral en el fuste. Vs: Velocidad ondas de corte.

Strat. Nr. 1

Nr.	Hs	Peso específico [kN/m³]	Peso específico saturado [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Rozamiento negativo	Alfa	Módulo elástico [MN/m²]	Vs [m/s]	Descripción litológica
1	2,00	18,10	18,60	0,00	30,00	No	0,40	12,27	300	Arena limosa media
2	5,00	19,10	19,60	0,00	40,00	No	0,40	22,16	300	Arena limosa densa a muy densa
3	2,00	19,50	20,20	0,00	45,00	No	0,40	40,00	300	Grava muy densa

Carga última

Estratigrafía	Nq	Nc	Fi/C estrato punta Pilote (°)/[kN/m²]	Peso pilote [kN]	Carga última por punta [kN]	Carga última lateral [kN]	Carga última [kN]	Rozamiento negativo [kN]	Carga última horizontal [kN]
A1+M1+R3	38,55	53,63	35/0,00	34,36	996,93	149,80	1112,37	--	--

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia característica cargas axiales. Nombres combinación: A1+M1+R3

Número de verticales examinadas	1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1,00
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1,00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	996,93	996,93	996,93
Lateral	149,80	149,80	149,80
Total	1112,37	1112,37	1112,37

Coeficiente parcial resistencia característica	R3	
Base	3,00	
Lateral	2,00	
Resistencia de proyecto base	332,31	kN

Resistencia de proyecto lateral	74,90 kN
Resistencia de proyecto, Pw	**372,85 kN ≈ 35t**

Asiento (Poulos e Davis 1968)

==========

Carga aplicada	**350,00kN ≈ 35t**
Coeficiente influencia	0,16
Asiento	**0,27cm**

PILOTE PREEXCAVADO. D= 0,5 m; L= 8m, medidos a partir del nivel a conformar

Datos generales

Descripción	PILOTES-PREXCAVADOS	
Diámetro punta, D	0,50	m
Longitud, L	8,00	m
Tipo	Barrenados	
Saliente del terreno	0,20	m
Densidad relativa estrato punta pilote	80,00	
Capacidad portante por la punta calculada con:	Janbu	

Estratigrafía

Nr.: Número del estrato Hs: Espesor del estrato. Fi: Angulo de rozamiento. c: Cohesión Alfa: Coeficiente de adhesión del rozamiento lateral en el fuste. Vs: Velocidad ondas de corte.

Strat. Nr. 1

Nr.	Hs	Peso específico [kN/m³]	Peso específico saturado [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Rozamiento negativo	Alfa	Módulo elástico [MN/m²]	Vs [m/s]	Descripción litológica
1	2,00	18,10	18,60	0,00	30,00	No	0,40	12,27	300	Arena limosa media
2	5,00	19,10	19,60	0,00	40,00	No	0,40	22,16	300	Arena limosa densa a muy densa
3	2,00	19,50	20,20	0,00	45,00	No	0,40	40,00	300	Grava muy densa

Carga última

Estratigrafía	Nq	Nc	Fi/C estrato punta Pilote (°)/[kN/m²]	Peso pilote [kN]	Carga última por punta [kN]	Carga última lateral [kN]	Carga última [kN]	Rozamiento negativo [kN]	Carga última horizontal [kN]
A1+M1+R3	76,52	90,01	40/0,00	39,27	2271,77	195,62	2428,13	--	--

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia característica cargas axiales. Nombres combinación: A1+M1+R3

Número de verticales examinadas	1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1,00
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1,00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	2271,77	2271,77	2271,77
Lateral	195,62	195,62	195,62
Total	2428,13	2428,13	2428,13

Coeficiente parcial resistencia característica	R3	
Base	3,00	
Lateral	2,00	
Resistencia de proyecto base	757,26	kN

Resistencia de proyecto lateral	97,81 kN
Resistencia de proyecto	**815,80 kN ≈ 70t**

Asiento (Poulos e Davis 1968)

==========

Carga aplicada	**700,00Kn ≈ 70t**
Coeficiente influencia	0,16
Asiento	**0,55cm**

PILAS O MINI CAISSONS

MURO EN CANTILEVER

MINI CAISSON EXCAVADOS MANUALMENTE. D= 1,2 m; L= 5m, medidos a partir del nivel de desplante (Df= 1,5m) (Ver tabla 13)

Datos generales

Descripción	PILAS EXCAVADAS MANUALMENTE	
Diámetro punta, D	1,20	m
Longitud, L	5,00	m
Saliente del terreno	0,20	m
Densidad relativa estrato punta pilote	80,00	
Capacidad portante por la punta calculada con:	Berezantzev	

Estratigrafía

Nr.: Número del estrato Hs: Espesor del estrato. Fi: Angulo de rozamiento. c: Cohesión Alfa: Coeficiente de adhesión del rozamiento lateral en el fuste. Vs: Velocidad ondas de corte.

Strat. Nr. 1

Nr.	Hs	Peso específico [kN/m³]	Peso específico saturado [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Rozamiento negativo	Alfa	Módulo elástico [MN/m²]	Vs [m/s]	Descripción litológica
1	0,50	18,10	18,60	0,00	30,00	No	0,96	12,27	300	Arena limosa media
2	5,00	19,10	19,60	0,00	40,00	No	0,75	22,16	300	Arena limosa densa a muy densa
3	2,00	19,50	20,20	0,00	45,00	No	0,48	40,00	300	Grava muy densa

Carga última

Estratigrafía	Nq	Nc	Fi/C estrato punta Pilote (°)/[kN/m²]	Peso pilote [kN]	Carga última por punta [kN]	Carga última lateral [kN]	Carga última [kN]	Rozamiento negativo [kN]	Carga última horizontal [kN]
A1+M1+R3	31,53	43,60	35/0,00	141,37	3387,30	0,00	3245,93	--	--

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia característica cargas axiales. Nombres combinación: A1+M1+R3

Número de verticales examinadas	1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1,00
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1,00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	3387,30	3387,30	3387,30

Lateral	--	--	--
Total	3245,93	3245,93	3245,93

Coeficiente parcial resistencia característica	R3	
Base	3,00	
Lateral	2,00	
Resistencia de proyecto base	1129,10	kN
Resistencia de proyecto lateral	0,00	kN
Resistencia de proyecto, Pw	**987,73**	**kN ≈ 50t**

Asiento (Poulos e Davis 1968)

==========

Carga aplicada	**500,00kN ≈ 50t**
Coeficiente influencia	0,35
Asiento	**0,66cm**

MINI CAISSON EXCAVADOS MANUALMENTE. D= 1,4 m; L= 5m, medidos a partir del nivel de desplante (Df= 1,5m) (Ver tabla 13)

Datos generales

Descripción	PILAS EXCAVADAS MANUALMENTE	
Diámetro punta, D	1,40	m
Longitud, L	5,00	m
Saliente del terreno	0,20	m
Densidad relativa estrato punta pilote	80,00	
Capacidad portante por la punta calculada con:	Berezantzev	

Estratigrafía

Nr.: Número del estrato Hs: Espesor del estrato. Fi: Angulo de rozamiento. c: Cohesión Alfa: Coeficiente de adhesión del rozamiento lateral en el fuste. Vs: Velocidad ondas de corte.

Strat. Nr. 1

Nr.	Hs	Peso específico [kN/m³]	Peso específico saturado [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Rozamiento negativo	Alfa	Módulo elástico [MN/m²]	Vs [m/s]	Descripción litológica
1	0,50	18,10	18,60	0,00	30,00	No	0,96	12,27	300	Arena limosa media
2	5,00	19,10	19,60	0,00	40,00	No	0,75	22,16	300	Arena limosa densa a muy densa
3	2,00	19,50	20,20	0,00	45,00	No	0,48	40,00	300	Grava muy densa

Carga última

Estratigrafía	Nq	Nc	Fi/C estrato punta Pilote (°)/[kN/m²]	Peso pilote [kN]	Carga última por punta [kN]	Carga última lateral [kN]	Carga última [kN]	Rozamiento negativo [kN]	Carga última horizontal [kN]
A1+M1+R3	31,62	43,73	35/0,00	192,42	4623,92	0,00	4431,50	--	--

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia característica cargas axiales. Nombres combinación: A1+M1+R3

Número de verticales examinadas	1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1,00
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1,00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	4623,92	4623,92	4623,92
Lateral	--	--	--
Total	4431,50	4431,50	4431,50

Coeficiente parcial resistencia característica	R3
Base	3,00
Lateral	2,00

Resistencia de proyecto base	1541,31 kN
Resistencia de proyecto lateral	0,00 kN
Resistencia de proyecto, Pw	**1348,89 kN ≈ 100t**

Asiento (Poulos e Davis 1968)

==========

Carga aplicada	**1000,00kN ≈ 100t**
Coeficiente influencia	0,35
Asiento	**1,14cm**

MINI CAISSON EXCAVADOS MANUALMENTE. D= 1,6 m; L= 5m, medidos a partir del nivel de desplante (Df= 1,5m) (Ver tabla 13)

Datos generales

Descripción	PILAS EXCAVADAS MANUALMENTE	
Diámetro punta, D	1,60	m
Longitud, L	5,00	m
Saliente del terreno	0,20	m
Densidad relativa estrato punta pilote	80,00	
Capacidad portante por la punta calculada con:	Berezantzev	

Estratigrafía

Nr.: Número del estrato Hs: Espesor del estrato. Fi: Angulo de rozamiento. c: Cohesión Alfa: Coeficiente de adhesión del rozamiento lateral en el fuste. Vs: Velocidad ondas de corte.

Strat. Nr. 1

Nr.	Hs	Peso específico [kN/m³]	Peso específico saturado [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Rozamiento negativo	Alfa	Módulo elástico [MN/m²]	Vs [m/s]	Descripción litológica
1	0,50	18,10	18,60	0,00	30,00	No	0,96	12,27	300	Arena limosa media
2	5,00	19,10	19,60	0,00	40,00	No	0,75	22,16	300	Arena limosa densa a muy densa
3	2,00	19,50	20,20	0,00	45,00	No	0,48	40,00	300	Grava muy densa

Carga última

Estratigrafía	Nq	Nc	Fi/C estrato punta Pilote (°)/[kN/m²]	Peso pilote [kN]	Carga última por punta [kN]	Carga última lateral [kN]	Carga última [kN]	Rozamiento negativo [kN]	Carga última horizontal [kN]
A1+M1+R3	31,69	43,83	35/0,00	251,33	6052,57	0,00	5801,24	--	--

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia característica cargas axiales. Nombres combinación: A1+M1+R3

Número de verticales examinadas	1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1,00
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1,00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	6052,57	6052,57	6052,57
Lateral	--	--	--
Total	5801,24	5801,24	5801,24

Coeficiente parcial resistencia característica	R3
Base	3,00
Lateral	2,00

Resistencia de proyecto base	2017,52 kN
Resistencia de proyecto lateral	0,00 kN
Resistencia de proyecto	**1766,20 kN ≈ 130t**

Asiento (Poulos e Davis 1968)

==========

Carga aplicada	**1300,00kN ≈ 130t**
Coeficiente influencia	0,35
Asiento	**1,29cm**

MINI CAISSON EXCAVADOS MANUALMENTE. D= 1,8 m; L= 5m, medidos a partir del nivel de desplante (Df= 1,5m) (Ver tabla 13)

Datos generales

Descripción	PILAS EXCAVADAS MANUALMENTE	
Diámetro punta, D	1,80	m
Longitud, L	5,00	m
Saliente del terreno	0,20	m
Densidad relativa estrato punta pilote	80,00	
Capacidad portante por la punta calculada con:	Berezantzev	

Estratigrafía

Nr.: Número del estrato Hs: Espesor del estrato. Fi: Angulo de rozamiento. c: Cohesión Alfa: Coeficiente de adhesión del rozamiento lateral en el fuste. Vs: Velocidad ondas de corte.

Strat. Nr. 1

Nr.	Hs	Peso específico [kN/m³]	Peso específico saturado [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Rozamiento negativo	Alfa	Módulo elástico [MN/m²]	Vs [m/s]	Descripción litológica
1	0,50	18,10	18,60	0,00	30,00	No	0,96	12,27	300	Arena limosa media
2	5,00	19,10	19,60	0,00	40,00	No	0,75	22,16	300	Arena limosa densa a muy densa
3	2,00	19,50	20,20	0,00	45,00	No	0,48	40,00	300	Grava muy densa

Carga última

Estratigrafía	Nq	Nc	Fi/C estrato punta Pilote (°)/[kN/m²]	Peso pilote [kN]	Carga última por punta [kN]	Carga última lateral [kN]	Carga última [kN]	Rozamiento negativo [kN]	Carga última horizontal [kN]
A1+M1+R3	31,74	43,90	35/0,00	318,09	7673,23	0,00	7355,15	--	--

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia característica cargas axiales. Nombres combinación: A1+M1+R3

Número de verticales examinadas	1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1,00
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1,00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	7673,23	7673,23	7673,23
Lateral	--	--	--
Total	7355,15	7355,15	7355,15

Coeficiente parcial resistencia característica	R3
Base	3,00
Lateral	2,00

Resistencia de proyecto base	2557,74 kN
Resistencia de proyecto lateral	0,00 kN
Resistencia de proyecto, Pw	**2239,66 kN ≈ 180t**

Asiento (Poulos e Davis 1968)

==========

Carga aplicada	**1800,00kN ≈ 180t**
Coeficiente influencia	0,35
Asiento	**1,59cm**

MINI CAISSON EXCAVADOS MANUALMENTE. D= 2,0 m; L= 5m, medidos a partir del nivel de desplante (Df= 1,5m) (Ver tabla 13)

Datos generales

Descripción	PILAS EXCAVADAS MANUALMENTE	
Diámetro punta, D	2,00	m
Longitud, L	5,00	m
Saliente del terreno	0,20	m
Densidad relativa estrato punta pilote	80,00	
Capacidad portante por la punta calculada con:	Berezantzev	

Estratigrafía

Nr.: Número del estrato Hs: Espesor del estrato. Fi: Angulo de rozamiento. c: Cohesión Alfa: Coeficiente de adhesión del rozamiento lateral en el fuste. Vs: Velocidad ondas de corte.

Strat. Nr. 1

Nr.	Hs	Peso específico [kN/m³]	Peso específico saturado [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Rozamiento negativo	Alfa	Módulo elástico [MN/m²]	Vs [m/s]	Descripción litológica
1	0,50	18,10	18,60	0,00	30,00	No	0,96	12,27	300	Arena limosa media
2	5,00	19,10	19,60	0,00	40,00	No	0,75	22,16	300	Arena limosa densa a muy densa
3	2,00	19,50	20,20	0,00	45,00	No	0,48	40,00	300	Grava muy densa

Carga última

Estratigrafía	Nq	Nc	Fi/C estrato punta Pilote (°)/[kN/m²]	Peso pilote [kN]	Carga última por punta [kN]	Carga última lateral [kN]	Carga última [kN]	Rozamiento negativo [kN]	Carga última horizontal [kN]
A1+M1+R3	31,78	43,96	35/0,00	392,70	9485,92	0,00	9093,22	--	--

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia característica cargas axiales. Nombres combinación: A1+M1+R3

Número de verticales examinadas	1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1,00
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1,00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	9485,92	9485,92	9485,92
Lateral	--	--	--
Total	9093,22	9093,22	9093,22

Coeficiente parcial resistencia característica	R3
Base	3,00
Lateral	2,00

Resistencia de proyecto base	3161,97 kN
Resistencia de proyecto lateral	0,00 kN
Resistencia de proyecto, Pw	**2769,27 kN ≈ 200t**

Asiento (Poulos e Davis 1968)

==========

Carga aplicada	**2000,00kN ≈ 200t**
Coeficiente influencia	0,35
Asiento	**1,59cm**

TANQUE DE PASO Y ESPESADORES

MINI CAISSON EXCAVADOS MANUALMENTE. D= 1,2 m; L= 3m, medidos a partir del nivel de desplante (Df= 1,5m) y nivel de terreno según caso (Ver tablas 13 Y 32)

Datos generales

Descripción	PILAS EXCAVADAS MANUALMENTE	
Diámetro punta, D	1,20	m
Longitud, L	3,00	m
Saliente del terreno	0,20	m
Densidad relativa estrato punta pilote	80,00	
Capacidad portante por la punta calculada con:	Janbu	

Estratigrafía

Nr.: Número del estrato Hs: Espesor del estrato. Fi: Angulo de rozamiento. c: Cohesión Alfa: Coeficiente de adhesión del rozamiento lateral en el fuste. Vs: Velocidad ondas de corte.

Strat. Nr. 1

Nr.	Hs	Peso específico [kN/m³]	Peso específico saturado [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Rozamiento negativo	Alfa	Módulo elástico [MN/m²]	Vs [m/s]	Descripción litológica
1	0,50	18,10	18,60	0,00	30,00	No	0,40	12,27	300	Arena limosa media
2	5,00	19,10	19,60	0,00	40,00	No	0,40	22,16	300	Arena limosa densa a muy densa
3	2,00	19,50	20,20	0,00	45,00	No	0,40	40,00	300	Grava muy densa

Carga última

Estratigrafía	Nq	Nc	Fi/C estrato punta Pilote (°)/[kN/m²]	Peso pilote [kN]	Carga última por punta [kN]	Carga última lateral [kN]	Carga última [kN]	Rozamiento negativo [kN]	Carga última horizontal [kN]
A1+M1+R3	38,55	53,63	35/0,00	84,82	2476,57	0,00	2391,75	--	992,11 [Mediano]

Corto se rompe el terreno sin que se plastifique la sección. Mediano se rompe la sección en h.a. antes que el terreno (una sola rótula plástica). Largo se rompe la sección en h. a. antes que el terreno (dos rótulas plásticas)

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia característica cargas axiales. Nombres combinación:	A1+M1+R3
Número de verticales examinadas	1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1,00
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1,00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	2476,57	2476,57	2476,57
Lateral	--	--	--
Total=Base+Lateral-Peso pilote	2391,75	2391,75	2391,75

Coeficiente parcial resistencia característica	R3	
Base	3,00	
Lateral	2,00	
Resistencia de proyecto base	825,52	kN
Resistencia de proyecto lateral	0,00	kN
Resistencia de proyecto	**740,70**	**Kn ≈ 45t**
Acciones de proyecto	276,30	kN
Factor de seguridad vertical	2,68	

Asiento (Poulos e Davis 1968)

==========

Carga aplicada	**450,00kN ≈ 45t**
Coeficiente influencia	0,35
Asiento	**0,60cm**

TANQUE SECTOR CURVAL 1 Y 2

MINI CAISSON EXCAVADOS MANUALMENTE. D= 1,8 m; L= 5m, medidos a partir del nivel a conformar y/o nivel del terreno natural (Ver tablas 32)

Datos generales

Descripción	PILAS EXCAVADAS MANUALMENTE	
Diámetro punta, D	1,80	m
Longitud, L	6,00	m
Saliente del terreno	5,30	m
Densidad relativa estrato punta pilote	80,00	
Capacidad portante por la punta calculada con:	Janbu	

Estratigrafía

Nr.: Número del estrato Hs: Espesor del estrato. Fi: Angulo de rozamiento. c: Cohesión Alfa: Coeficiente de adhesión del rozamiento lateral en el fuste. Vs: Velocidad ondas de corte.

Strat. Nr. 1

Nr.	Hs	Peso específico [kN/m³]	Peso específico saturado [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Rozamiento negativo	Alfa	Módulo elástico [MN/m²]	Vs [m/s]	Descripción litológica
1	2,00	18,10	18,60	0,00	30,00	No	0,96	12,27	300	Arena limosa media
2	5,00	19,10	19,60	0,00	40,00	No	0,75	22,16	300	Arena limosa densa a muy densa
3	5,00	19,50	20,20	0,00	45,00	No	0,48	40,00	300	Grava muy densa

Carga última

Estratigrafía	Nq	Nc	Fi/C estrato punta Pilote (°)/[kN/m²]	Peso pilote [kN]	Carga última por punta [kN]	Carga última lateral [kN]	Carga última [kN]	Rozamiento negativo [kN]	Carga última horizontal [kN]
A1+M1+R3	38,55	53,63	35/0,00	381,70	11046,46	0,00	10664,76	--	--

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia característica cargas axiales. Nombres combinación: A1+M1+R3

Número de verticales examinadas	1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1,00
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1,00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	11046,46	11046,46	11046,46
Lateral	--	--	--
Total	10664,76	10664,76	10664,76

Coeficiente parcial resistencia característica: R3

Base	3,00	
Lateral	2,00	
Resistencia de proyecto base	3682,15	kN
Resistencia de proyecto lateral	0,00	kN
Resistencia de proyecto	**3300,45**	**kN ≈ 200t**

Asiento (Poulos e Davis 1968)

==========

Carga aplicada	**2000,00kN ≈ 200t**
Coeficiente influencia	0,23
Asiento	**0,63cm**

EDIFICIO DE CONTROL

MINI CAISSON EXCAVADOS MANUALMENTE. D= 1,2 m; L= 5m, medidos a partir del nivel a conformar

Datos generales

==========

Descripción	PILAS EXCAVADAS MANUALMENTE	
Diámetro punta, D	1,20	m
Longitud, L	5,00	m
Saliente del terreno	0,20	m
Densidad relativa estrato punta pilote	80,00	
Capacidad portante por la punta calculada con:	Janbu	

Estratigrafía

Nr.: Número del estrato Hs: Espesor del estrato. Fi: Angulo de rozamiento. c: Cohesión Alfa: Coeficiente de adhesión del rozamiento lateral en el fuste. Vs: Velocidad ondas de corte.

Strat. Nr. 1

Nr.	Hs	Peso específico [kN/m³]	Peso específico saturado [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Rozamiento negativo	Alfa	Módulo elástico [MN/m²]	Vs [m/s]	Descripción litológica
1	2,00	18,10	18,60	0,00	30,00	No	0,96	12,27	300	Arena limosa media
2	5,00	19,10	19,60	0,00	40,00	No	0,75	22,16	300	Arena limosa densa a muy densa
3	2,00	19,50	20,20	0,00	45,00	No	0,48	40,00	300	Grava muy densa

Carga última

Estratigrafía	Nq	Nc	Fi/C estrato punta Pilote (°)/[kN/m²]	Peso pilote [kN]	Carga última por punta [kN]	Carga última lateral [kN]	Carga última [kN]	Rozamiento negativo [kN]	Carga última horizontal [kN]
A1+M1+R3	38,55	53,63	35/0,00	141,37	4076,75	0,00	3935,38	--	--

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

==========

Resistencia característica cargas axiales. Nombres combinación: A1+M1+R3

==========

Número de verticales examinadas	1	
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1,00	
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1,00	

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	4076,75	4076,75	4076,75
Lateral	--	--	--
Total	3935,38	3935,38	3935,38

Coeficiente parcial resistencia característica R3

Base	3,00	
Lateral	2,00	
Resistencia de proyecto base	1358,92	kN
Resistencia de proyecto lateral	0,00	kN
Resistencia de proyecto, Pw	**1217,55**	**kN ≈ 60t**

Asiento (Poulos e Davis 1968)

==========

Carga aplicada	**600,00kN ≈ 60t**
Coeficiente influencia	0,35
Asiento	**0,80cm**

CANAL DE ENTRADA Y CÁMARA DE AQUIETAMIENTO

MINI CAISSON EXCAVADOS MANUALMENTE. D= 1,9 m; L= 6m, medidos a partir del nivel a conformar

Datos generales

Descripción	PILAS EXCAVADAS MANUALMENTE	
Diámetro punta, D	1,90	m
Longitud, L	6,00	m
Saliente del terreno	0,20	m
Densidad relativa estrato punta pilote	80,00	
Capacidad portante por la punta calculada con:	Janbu	

Estratigrafía

Nr.: Número del estrato Hs: Espesor del estrato. Fi: Angulo de rozamiento. c: Cohesión Alfa: Coeficiente de adhesión del rozamiento lateral en el fuste. Vs: Velocidad ondas de corte.

Strat. Nr. 1

Nr.	Hs	Peso específico [kN/m³]	Peso específico saturado [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Rozamiento negativo	Alfa	Módulo elástico [MN/m²]	Vs [m/s]	Descripción litológica
1	2,00	18,10	18,60	0,00	30,00	No	0,96	12,27	300	Arena limosa media
2	5,00	19,10	19,60	0,00	40,00	No	0,75	22,16	300	Arena limosa densa a muy densa
3	2,00	19,50	20,20	0,00	45,00	No	0,48	40,00	300	Grava muy densa

Carga última

Estratigrafía	Nq	Nc	Fi/C estrato punta Pilote (°)/[kN/m²]	Peso pilote [kN]	Carga última por punta [kN]	Carga última lateral [kN]	Carga última [kN]	Rozamiento negativo [kN]	Carga última horizontal [kN]
A1+M1+R3	38,55	53,63	35/0,00	425,29	12307,94	0,00	11882,65	--	2466,54 [Corto]

Corto se rompe el terreno sin que se plastifique la sección. Mediano se rompe la sección en h.a. antes que el terreno (una sola rótula plástica). Largo se rompe la sección en h. a. antes que el terreno (dos rótulas plásticas)

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia característica cargas axiales. Nombres combinación:	A1+M1+R3
Número de verticales examinadas	1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1,00
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1,00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	12307,94	12307,94	12307,94
Lateral	--	--	--
Total=Base+Lateral-Peso pila	11882,65	11882,65	11882,65

Coeficiente parcial resistencia característica	R3	
Base	3,00	
Lateral	3,00	
Resistencia de proyecto base	4102,65	kN
Resistencia de proyecto lateral	0,00	kN
Resistencia de proyecto, Pw	**3677,35**	**kN ≈ 206t**
Acciones de proyecto	2052,00	kN
Factor de seguridad vertical	1,79	

Design strength transverse loads

==========

Characteristic strength axial loads. Combination name	A1+M1+R3

==========

Número de verticales examinadas	1	
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1,00	
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1,00	
Momento de plastificación	23200,67	kNm

Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
2466,538	2466,538	2466,538

Coeficiente parcial resistencia característica	1	
Resistencia de proyecto	2466,54	kN
Acciones de proyecto	384,80	kN
Factor de seguridad horizontal	6,41	

Asiento (Poulos e Davis 1968)

==========

Carga aplicada	**2060,00kN ≈ 206t**
Coeficiente influencia	0,35
Asiento	**1,73cm**

MINI CAISSON EXCAVADOS MANUALMENTE. D= 2,0m; L= 6m, medidos a partir del nivel a conformar

Datos generales

Descripción	PILAS EXCAVADAS MANUALMENTE	
Diámetro punta, D	2,00	m
Longitud, L	6,00	m
Saliente del terreno	0,20	m
Densidad relativa estrato punta pilote	80,00	
Capacidad portante por la punta calculada con:	Janbu	

Estratigrafía

Nr.: Número del estrato Hs: Espesor del estrato. Fi: Angulo de rozamiento. c: Cohesión Alfa: Coeficiente de adhesión del rozamiento lateral en el fuste. Vs: Velocidad ondas de corte.

Strat. Nr. 1

Nr.	Hs	Peso específico [kN/m³]	Peso específico saturado [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Rozamiento negativo	Alfa	Módulo elástico [MN/m²]	Vs [m/s]	Descripción litológica
1	2,00	18,10	18,60	0,00	30,00	No	0,96	12,27	300	Arena limosa media
2	5,00	19,10	19,60	0,00	40,00	No	0,75	22,16	300	Arena limosa densa a muy densa
3	2,00	19,50	20,20	0,00	45,00	No	0,48	40,00	300	Grava muy densa

Carga última

Estratigrafía	Nq	Nc	Fi/C estrato punta Pilote (°)/[kN/m²]	Peso pilote [kN]	Carga última por punta [kN]	Carga última lateral [kN]	Carga última [kN]	Rozamiento negativo [kN]	Carga última horizontal [kN]
A1+M1+R3	38,55	53,63	35/0,00	471,24	13637,61	0,00	13166,37	--	--

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia característica cargas axiales. Nombres combinación: A1+M1+R3

Número de verticales examinadas	1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1,00
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1,00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	13637,61	13637,61	13637,61
Lateral	--	--	--
Total	13166,37	13166,37	13166,37

Coeficiente parcial resistencia característica	R3
Base	3,00
Lateral	3,00

Resistencia de proyecto base	4545,87	kN
Resistencia de proyecto lateral	0,00	kN
Resistencia de proyecto	**4074,63**	**kN ≈ 215t**

Asiento (Poulos e Davis 1968)

==========

Carga aplicada	2150,00	kN
Coeficiente influencia	0,35	
Asiento	**1,71**	**cm**

MINI CAISSON EXCAVADOS MANUALMENTE. D= 2,1m; L= 6m, medidos a partir del nivel a conformar

Datos generales

Descripción	PILAS EXCAVADAS MANUALMENTE	
Diámetro punta, D	2,10	m
Longitud, L	6,00	m
Saliente del terreno	0,20	m
Densidad relativa estrato punta pilote	80,00	
Capacidad portante por la punta calculada con:	Janbu	

Estratigrafía

Nr.: Número del estrato Hs: Espesor del estrato. Fi: Angulo de rozamiento. c: Cohesión Alfa: Coeficiente de adhesión del rozamiento lateral en el fuste. Vs: Velocidad ondas de corte.

Strat. Nr. 1

Nr.	Hs	Peso específico [kN/m³]	Peso específico saturado [kN/m³]	c [kN/m²]	Fi (°)	Rozamiento negativo	Alfa	Módulo elástico [MN/m²]	Vs [m/s]	Descripción litológica
1	2,00	18,10	18,60	0,00	30,00	No	0,96	12,27	300	Arena limosa media
2	5,00	19,10	19,60	0,00	40,00	No	0,75	22,16	300	Arena limosa densa a muy densa
3	2,00	19,50	20,20	0,00	45,00	No	0,48	40,00	300	Grava muy densa

Carga última

Estratigrafía	Nq	Nc	Fi/C estrato punta Pilote (°)/[kN/m²]	Peso pilote [kN]	Carga última por punta [kN]	Carga última lateral [kN]	Carga última [kN]	Rozamiento negativo [kN]	Carga última horizontal [kN]
A1+M1+R3	38,55	53,63	35/0,00	519,54	15035,46	0,00	14515,92	--	2726,17 [Corto]

Corto se rompe el terreno sin que se plastifique la sección. Mediano se rompe la sección en h.a. antes que el terreno (una sola rótula plástica). Largo se rompe la sección en h. a. antes que el terreno (dos rótulas plásticas)

RESISTENCIA DE PROYECTO CARGAS AXIALES

Resistencia característica cargas axiales. Nombres combinación: A1+M1+R3

Número de verticales examinadas	1
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1,00
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1,00

	Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
Base	15035,46	15035,46	15035,46
Lateral	--	--	--

Total=Base+Lateral-Peso pilote	14515,92	14515,92	14515,92

Coeficiente parcial resistencia característica	R3	
Base	3,00	
Lateral	3,00	
Resistencia de proyecto base	5011,82	kN
Resistencia de proyecto lateral	0,00	kN
Resistencia de proyecto	**4492,28**	**kN ≈ 235t**
Acciones de proyecto	2332,10	kN
Factor de seguridad vertical	1,93	

Design strength transverse loads

==========

Characteristic strength axial loads. Combination name	A1+M1+R3

==========

Número de verticales examinadas	1	
Factor correlación vertical examinada promedio (xi3)	1,00	
Factor correlación vertical examinada mínima (xi4)	1,00	
Momento de plastificación	26251,27	kNm

Rc, Min [kN]	Rc, Media [kN]	Rc, Max [kN]
2726,173	2726,173	2726,173

Coeficiente parcial resistencia característica	1	
Resistencia de proyecto	2726,17	kN
Acciones de proyecto	162,90	kN
Factor de seguridad horizontal	16,74	

Asiento (Poulos e Davis 1968)

==========

Carga aplicada	**2350,00kN ≈ 235t**
Coeficiente influencia	0,35
Asiento	**1,78cm**