

Verificación de cimentación de Micropilotes

Programa: Grupo de pilotes
Archivo: Demo_manual_en_36.gsp

El objetivo de este manual de ingeniería es explicar la aplicación del programa GO5 - Grupo de pilotes para la verificación de cimentaciones de micropilotes.

Asignación:

Analizar una base de micropilotes bajo una grúa torre según *EN 1997 - DA2*. En el esquema de la Figura 1, se muestra la cimentación de micropilotes. Las coordenadas y la inclinación de los micropilotes individuales se muestran en la Tabla 1. Los micropilotes están hechos de acero (S355) y se usa el perfil TK 108 x 20. La longitud total de los micropilotes es de 7.0 m y se dividen en tres partes. La parte inferior es la raíz con un diámetro de 0.3 m y una longitud de 3.0 m. La siguiente parte es la longitud libre del micropile con una longitud de 3.0 m y la última parte es la conexión de micropilote con una tapa de pilote de longitud 1.0 m. El perfil geológico de esta tarea se muestra en la Tabla 2. El agua subterránea no se considera.

Para calcular los spring verticales a lo largo de la raíz de un micropile, el "Módulo de corte de la reacción es $k_v = 45.00 \text{ MN/m}^3$, que será constante a lo largo de la raíz de micropile, y se utiliza la rigidez del Spring en la base $k_p = 5.00 \text{ MN/m}$. El "promedio límite de rozamiento" para la verificación de la raíz de los micropilotes se determinó mediante un estudio geológico $q_{sav} = 350.00 \text{ kPa}$.

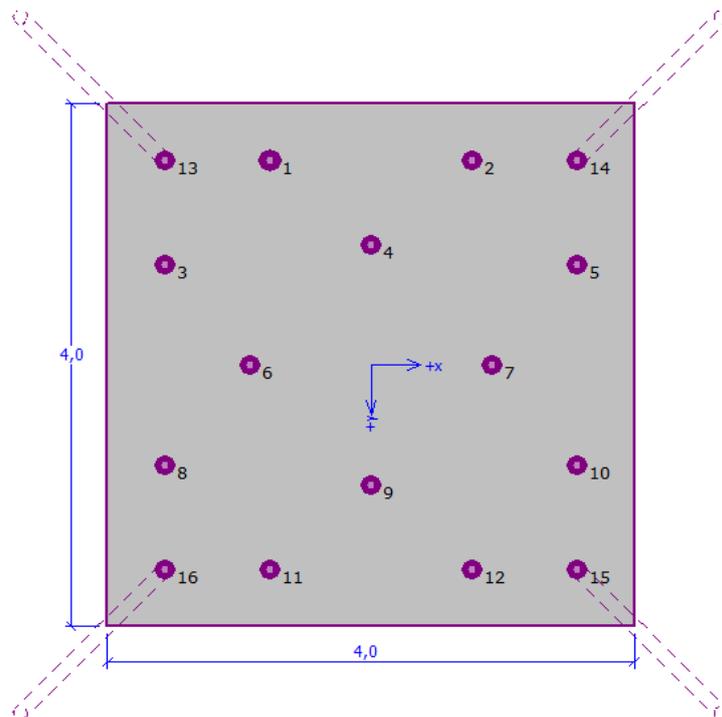


Figura 1 "Esquema de la cimentación del micropilote"

Micropilote Nro.	X	Y	Inclinación
	[m]	[m]	[°]
1	-0.77	-1.57	0.00
2	0.77	-1.57	0.00
3	-1.57	-0.77	0.00
4	0.00	-0.92	0.00
5	1.57	-0.77	0.00
6	-0.92	0.00	0.00
7	0.92	0.00	0.00
8	-1.57	0.77	0.00
9	0.00	0.92	0.00
10	1.57	0.77	0.00
11	-0.77	1.57	0.00
12	0.77	1.57	0.00
13	-1.57	-1.57	15.00
14	1.57	-1.57	15.00
15	1.57	1.57	15.00
16	-1.57	1.57	15.00

Tabla 1 "Coordenadas e inclinación de los micropilotes"

Suelo	Perfil [m]	γ [kN/m ³]	ϕ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	ν [-]	E_{def} [MPa]	k [MN/m ³]	β [°]
Suelo1 (CL, CI)	0.00 – 1.90	21.00	19.00	30.00	0.40	10.00	150.00	9.50
Suelo2 (ML, MI)	1.90 – 3.10	20.00	21.00	12.00	0.40	4.00	200.00	10.50
Suelo3 (G-F)	3.10 – 4.90	19.00	35.50	0.00	0.25	95.00	250.00	12.75
Suelo4 (GP)	4.90 – 6.50	20.00	38.50	0.00	0.20	210.00	320.00	19.25
Suelo5 (CH, CV, CE)	> 6.50	20.50	15.00	5.00	0.42	3.00	60.00	7.50

Tabla 2 "Propiedades del suelo – Valores efectivos característicos"

La carga de servicio utilizada para calcular la rotación y el asentamiento de la tapa del pilote se muestra en la Tabla 3. La carga de diseño se muestra en la Tabla 4. Las cargas se consideran en el medio de la parte superior de la tapa del pilote. La carga de diseño desde el peso propio de la tapa del pilote con dimensiones 4.0 m x 4.0 m x 1.2 m se calcula automáticamente.

Carga	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]
Valor	609.00	2111.00	2111.00	47.00	47.00

Tabla 3 "Carga de servicio"

Carga	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]
Valor	822.00	2850.00	2850.00	63.00	63.00

Tabla 4 "Carga de diseño"

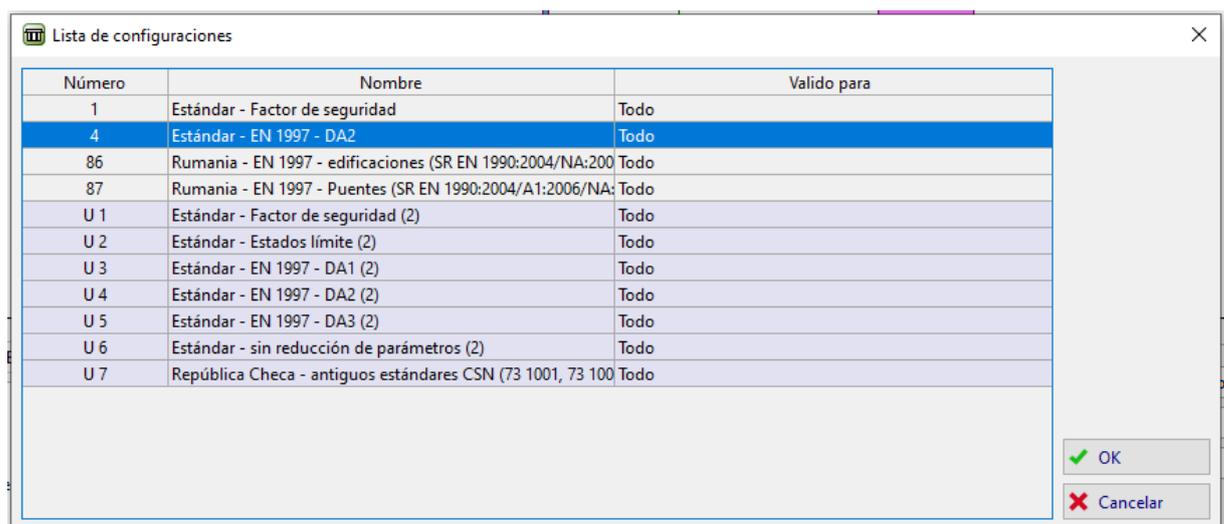
Solución:

Para resolver este problema vamos a utilizar el programa GEO5 – *Grupo de Pilotes*. Vamos a analizar el efecto de la carga en cada micropilote en el grupo y luego vamos a evaluar el micropilote más cargado.

En el texto debajo se describe la solución para esta tarea paso a paso.

Analizaremos el grupo de micropilotes utilizando el denominado método Spring, que modela micropilotes individuales como vigas en un lecho elástico. Cada micropile está dividido internamente en diez secciones, para las cuales se calculan los valores de los resortes horizontales y verticales. La tapa del pilote (Losa base) se considera infinitamente tiesa. La solución en sí misma se lleva a cabo utilizando la variante de deformación del Método de Elementos Finitos.

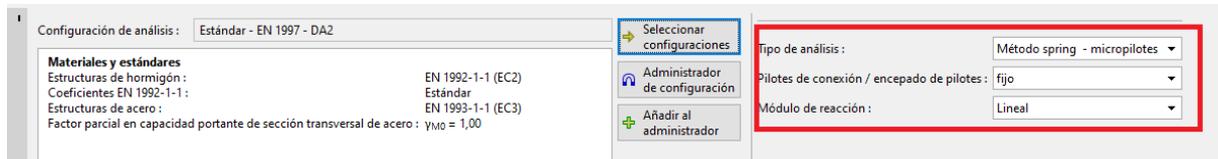
En el cuadro "Configuración" seleccionamos el botón "Lista de configuraciones" y luego el "Estándar – EN 1997 – DA2".



Cuadro de diálogo "Lista de configuraciones"

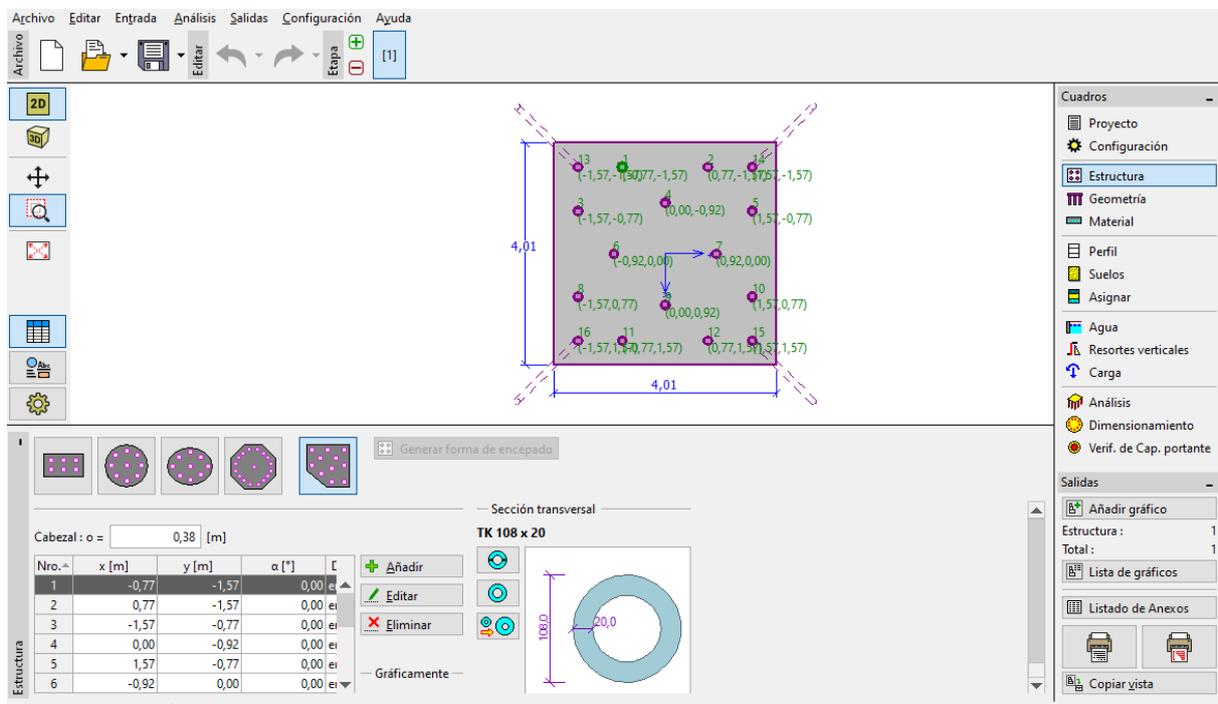
El siguiente paso es cambiar el tipo de análisis a "Método Spring - micropilotes".

Consideraremos la conexión de los micropilotes a la tapa del pilote como "fija". El último paso en este cuadro es establecer el "Módulo de reacción del subsuelo", que describe el comportamiento de los micropilotes en la dirección horizontal. En este caso, se considera el módulo de reacción del subsuelo "lineal" (se calculará según el método de Bowles). Para obtener más información, visite La Ayuda (tecla F1).



Cuadro "Configuración"

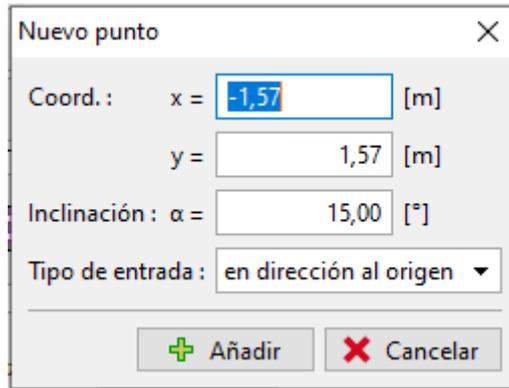
En el cuadro "Estructura" seleccionamos la opción "Forma general" para la vista superior de la tapa del pilote. Se configura la "tapa de encepado" con valor „o = 0.38 m“. Ahora, podemos agregar los micropilotes según la Tabla 1 presionando el botón "Añadir".



Cuadro "Estructura"

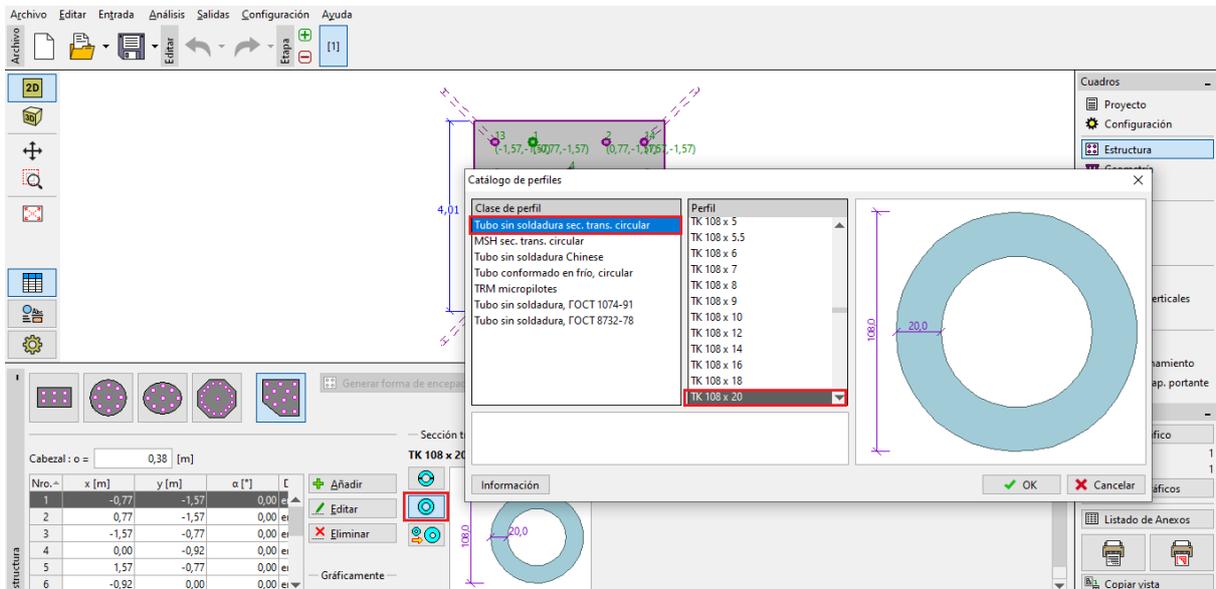
Nota: La tapa de enclado "o" es la distancia desde el borde exterior del micropilote hasta el borde de la tapa del pilote.

Después de hacer clic en el botón "Añadir", aparecerá el cuadro de diálogo "Nuevo punto". En esta ventana ingresamos las coordenadas x e y, y la inclinación del micropile. Las coordenadas y la inclinación de cada micropile se muestran en la Tabla 1. Un nuevo micropile se agrega haciendo clic en el botón "Añadir".



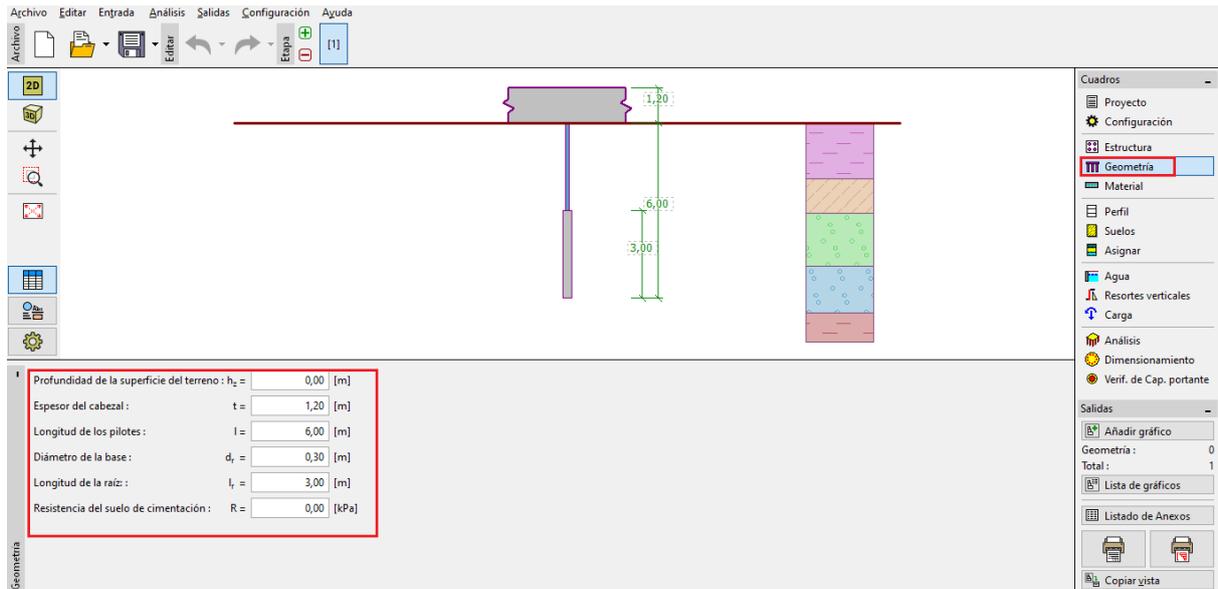
Cuadro de diálogo "Nuevo punto" (micropilote no. 16)

El perfil del micropile se definirá en el "Catálogo de perfiles". En la sección "Clase de perfil" se seleccionamos "tubo sin soldadura de sección transversal circular" y luego en la sección "Perfil" se elige el perfil TK 108x20.



Cuadro de diálogo "Catálogo de Perfiles"

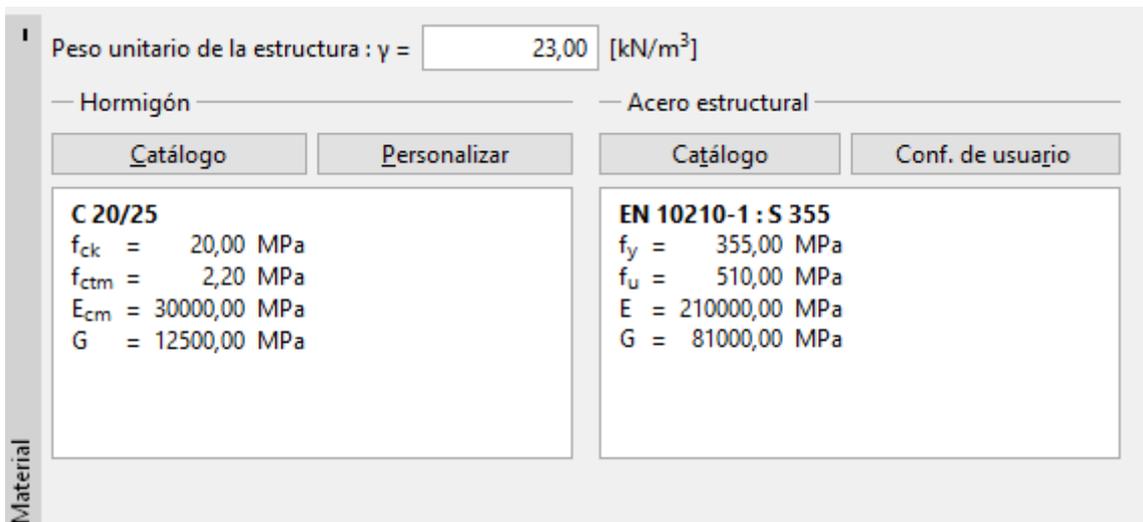
En el cuadro "Geometría" definimos la "Profundidad de la superficie del terreno = 0.00 m" el "Espesor de la tapa del pilote $t = 1.20 \text{ m}$ ", "Longitud de pilotes $l = 6.00 \text{ m}$ ", "Diámetro de la raíz $d_r = 0.30 \text{ m}$ ", "Longitud de raíz $l_r = 3.00 \text{ m}$ " y finalmente es posible definir la "Resistencia del suelo de cimentación" pero en este caso no se considera. Por lo tanto la "Resistencia del suelo de cimentación es $R = 0.00 \text{ kPa}$ ".



Cuadro "Geometría"

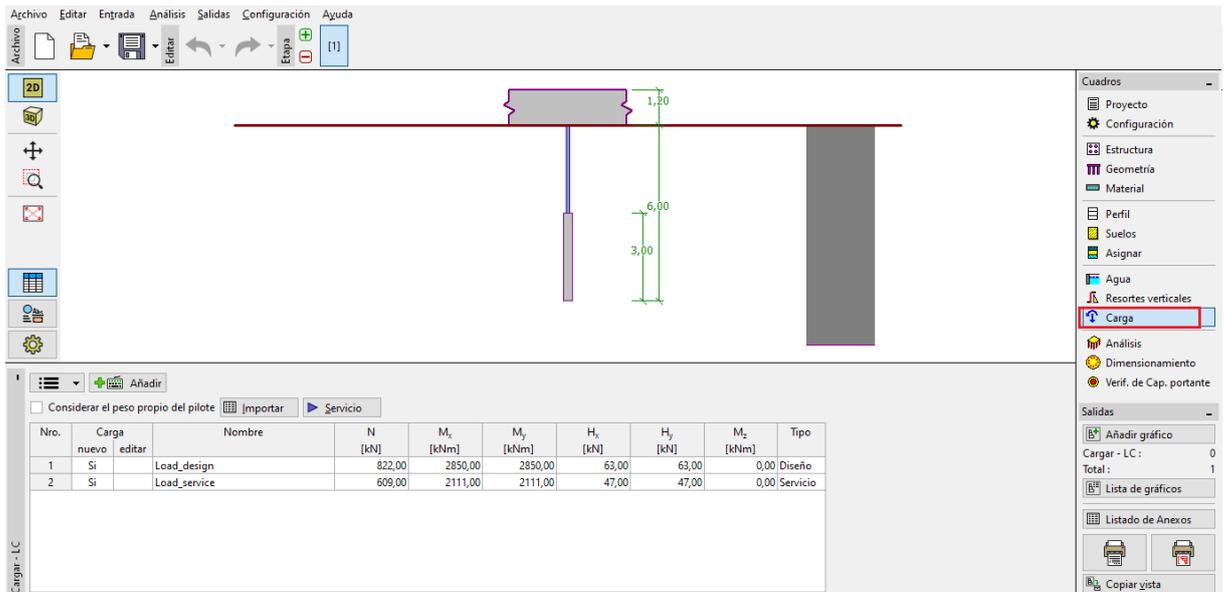
Nota: La resistencia del suelo de cimentación es muy importante y tiene una gran influencia en los resultados del análisis. La magnitud de la resistencia del subsuelo de cimentación depende del tipo de subsuelo, del proceso de construcción de la estructura (nueva estructura, reconstrucción) y de la historia de la carga. La fuerza $N_R = A \cdot R$ se resta de la carga ingresada en todos los casos.

En el cuadro "Material" se definen las propiedades del material de la estructura. Para la tapa del pilote, se configura la unidad de peso definida ($\gamma = 23.00 \text{ kN/m}^3$) y el tipo de hormigón C20/25 (para dimensionamiento) y para los micropilotes se determina la clase de acero de la estructura como EN 10210 – 1: S355. Las clases de materiales para el hormigón y el acero estructural están disponibles haciendo clic en el botón "Catálogo".



Cuadro "Material"

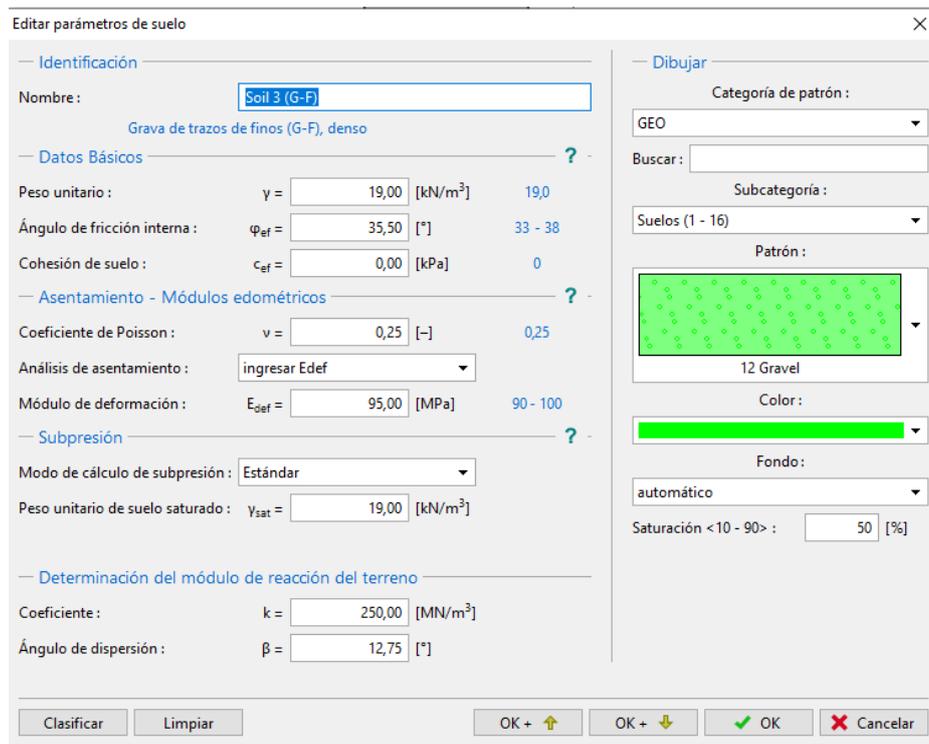
En el cuadro "Carga" debemos añadir las cargas. Los valores de la carga de servicio se muestran en la Tabla 3 y los valores de las cargas de diseño se muestran en la Tabla 4.



Cuadro "Carga"

El perfil geológico se define en los cuadros "Perfil", "Suelos" y "Asignar". En el cuadro "Perfil", se establece el rango de capas del perfil geológico. En el cuadro "Suelos" se definen los suelos y el último paso se realiza en el cuadro "Asignar", donde los suelos se asignan a las distintas capas del perfil geológico. El perfil geológico con las propiedades de cada suelo se muestra en la Tabla 2.

En el cuadro "Añadir suelos" es necesario ingresar los valores de "Determinación módulo de reacción de subsuelo". El rango representativo de los valores del "Coeficiente k" y la fórmula para determinar el "ángulo de dispersión β " se muestran en la AYUDA (tecla F1), en el capítulo "Módulo Lineal de Reacción del Subsuelo".



Cuadro de diálogo "Añadir suelos"

Asignación por click-izquierdo :
Soil 1 (CL, CI)

Nro.	Espesor [m]	Terreno asignado
1	1,90	Soil 1 (CL, CI)
2	1,20	Soil 2 (ML, MI)
3	1,80	Soil 3 (G-F)
4	1,60	Soil 4 (GP)
5		Soil 5 (CH, CV, CE)

Cuadro "Asignar"

En el cuadro "Resortes verticales" se define el comportamiento de un micropilote en dirección vertical. La carga desde un micropilote es transmitida al suelo a través de la base y la piel de la raíz.

Resorte en la base: $k_p = 5,00$ [MN/m]

Nro.	Profundidad h [m]	Módulo de reacción de corte k_v [MN/m ³]
1	0,00	0,00
2	3,00	0,00
3	3,01	45,00
4	6,00	45,00

Cuadro "Resortes verticales"

En el cuadro "Análisis", se realiza el cálculo de la tarea. Los resultados (fuerzas internas, desplazamientos, etc.) se muestran para uno o para todos los micropilotes. En el lado derecho de la ventana se muestran los resultados de las fuerzas internas máximas (de todos los casos de carga) y los resultados de los desplazamientos máximos (sólo de los casos de carga de servicio) de toda la estructura. En la siguiente figura se puede ver los resultados del micropile n° 16.

Resultados

Fuerzas internas máximas (todos los casos de carga)

- Máxima fuerza compresiva = -437,27 kN
- Máxima fuerza de tensión = 253,13 kN
- Max. momento de flexión = 14,80 kNm
- Corte = 19,04 kN

Máximo desplazamiento (solo para servicio de casos de carga)

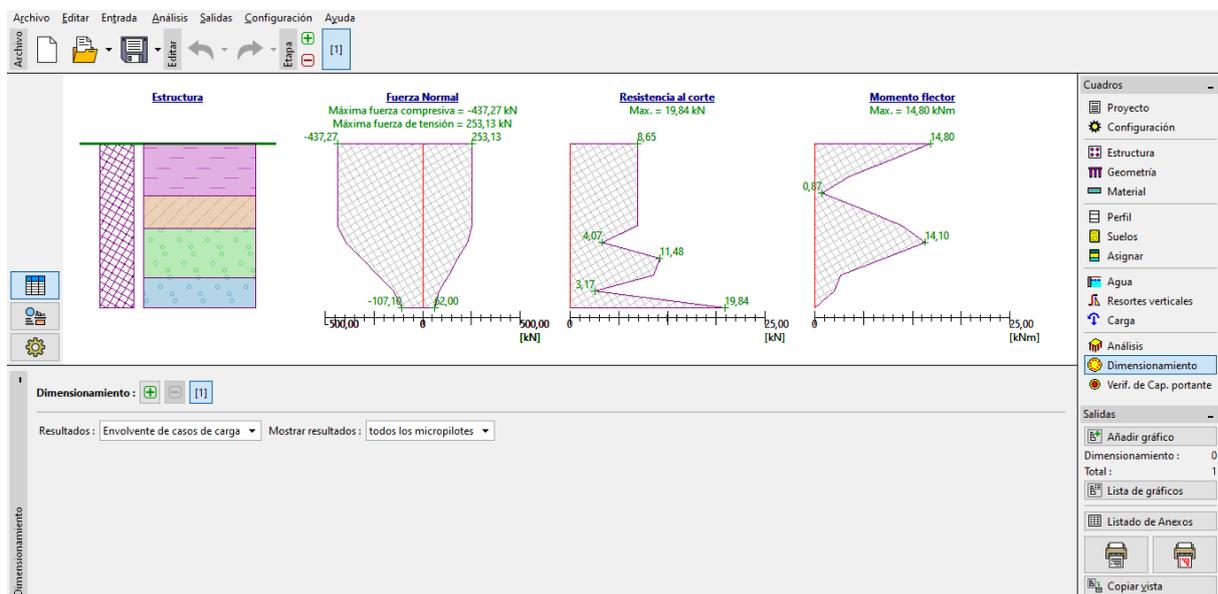
- Max. asentamiento = 7,9 mm
- Desplazamiento máximo horizontal del cabezal del pilote = 10,0 mm
- Max. rotación del encajado de pilotes = 1,4E-01 °

Cuadro "Análisis"

Los resultados del análisis para los ajustes iniciales (para la deformación máxima) son los siguientes:

- *Máximo asentamiento* 7.9 mm
- *Desplazamiento horizontal máximo de una tapa de pilote* 10 mm
- *Máxima rotación de una tapa de pilote* $1.4E - 01^\circ$

En el cuadro “**Dimensionamiento**” se muestran las fuerzas internas del caso de carga seleccionado o la envolvente de los casos de carga. Los resultados pueden ser visualizados para cualquier pilote. El total de las fuerzas internas es igual al resultado de las fuerzas calculadas desde las componentes X e Y. La siguiente figura muestra las fuerzas internas desde la envolvente para los casos de carga para todos los micropilotes.



Cuadro “Dimensionamiento”

Para analizar la sección transversal del micropilote y su raíz, es necesario abrir el programa *GEO5 - Micropilote* haciendo clic en el cuadro "Capacidad Portante". Todos los resultados y datos se importan automáticamente a este programa.

La verificación de la sección transversal de acero de un micropilote se encuentra en el cuadro "Verificación de Sección". Los resultados para el micropilote más cargado se calculan automáticamente. La corrosión no se considera en este caso porque nuestro micropilote de cimentación no es una estructura permanente.

Las condiciones de contorno se consideran como: “**articulado- fijo**”.

Verificación de estabilidad interna:

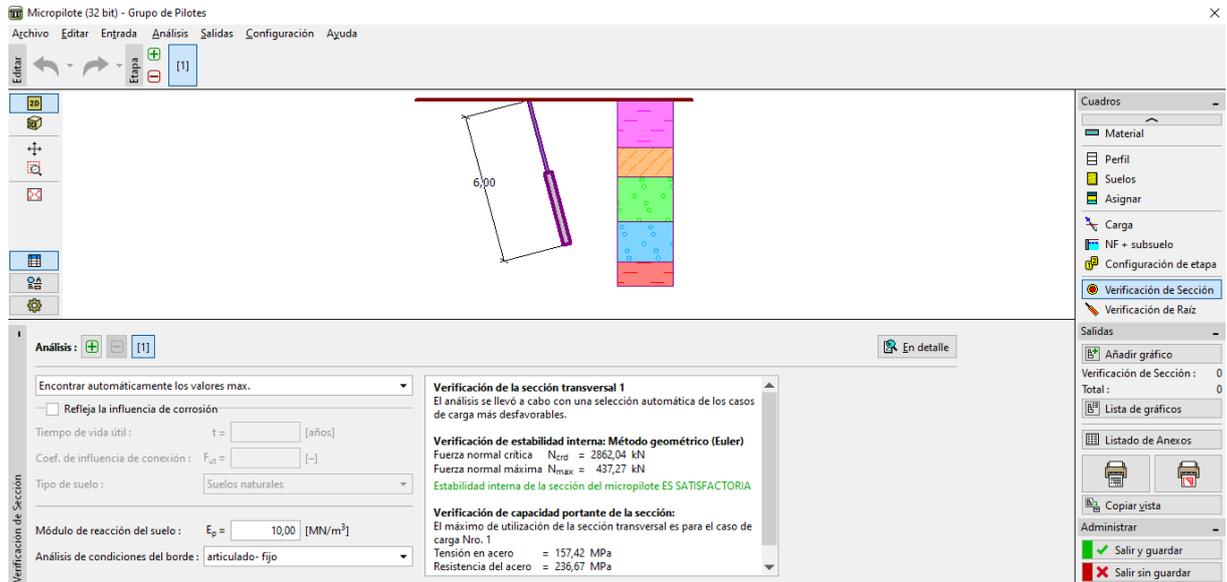
$$N_{crd} = 2862.04 \text{ kN} \geq N_{max} = 437.27 \text{ kN}$$

La estabilidad interna de la sección de micropilotes es SATISFACTORIA

Verificación de la capacidad portante de la sección acoplada:

$$f_{y,d} = 236.67 \text{ MPa} \geq \sigma_s = 157.42 \text{ MPa}$$

La sección acoplada del micropile es SATISFATORIA



Cuadro "Verificación de Sección"

La verificación de la capacidad portante de la raíz del micropilote se realiza en el cuadro "Verificación de raíz". La verificación se realiza según la teoría de Lizzi y el promedio del rozamiento se determina como: $q_{sav} = 350 \text{ kPa}$.

Nota: El método de análisis para la verificación de la capacidad portante de la raíz se puede cambiar en el cuadro "Configuración" editando los ajustes para "Micropilote".

Verificación de un micropile compresivo:

$$R_s = 791.68 \text{ kN} \quad \text{- Resistencia del eje}$$

$$R_d = 527.79 \text{ kN} \geq N_{max} = 437.27 \text{ kN} \quad \text{- Capacidad portante de la raíz del micropilote}$$

La capacidad portante del micropile compresivo es SATISFATORIA

Verificación del micropilote de tracción:

$$R_s = 791.68 \text{ kN} \quad \text{- Resistencia del eje}$$

$$R_d = 527.79 \text{ kN} \geq N_{max} = 253.13 \text{ kN} \quad \text{- Bearing capacity of the micropile root}$$

La capacidad portante del micropile de tracción es SATISFACTORIA

El último paso es guardar los resultados haciendo clic en el botón "Salir y guardar" como se muestra en la figura anterior.

Conclusión:

Los valores para el asentamiento máximo, los desplazamientos horizontales máximos y la rotación de la tapa del pilote están dentro de los límites permitidos.
El diseño de un micropilote *TK 108/20* de acero estructural *EN 10210-1: S355* y su raíz son satisfactorios según *EN 1997 - DA2*.