

## Análisis de Capacidad portante vertical y asentamiento de un grupo de pilotes

Programa: Grupo de Pilotes

Archivo: Demo\_manual\_17.gpi

El objetivo de este capítulo es explicar el uso del programa Grupo de Pilotes de GEO5

### Introducción

Los análisis en el programa de grupo de pilotes se pueden dividir en dos grupos:

\_ Método Spring

\_ Soluciones analíticas

El **Método Spring** hace posible el cálculo de la deformación de toda la cimentación y la determinación de las fuerzas internas a lo largo de las longitudes de pilotes simples. La carga se define como una combinación general en funciones de  $N, M_x, M_y, M_z, H_x, H_y$ . Un resultado importante es la rotación y el desplazamiento de la cabeza rígida del pilote y aún más el dimensionamiento de la jaula de refuerzo para pilotes simples. El método Spring se tratará en el capítulo 18. *Análisis de la deformación y el dimensionamiento de un grupo de pilotes.*

La **solución analítica** se destina para el análisis de la capacidad portante vertical de un grupo de pilotes cargado únicamente por una fuerza normal vertical. El resultado del análisis comprende la capacidad portante vertical de la cimentación y del asentamiento promedio del pilote.

La solución analítica se divide adicionalmente según el tipo de suelo:

\_ Para suelos cohesivos,

\_ Para suelos no cohesivos.

La capacidad portante vertical de un grupo de pilotes en **suelo cohesivo** se considera que está en condiciones no drenadas. Se determinó como la capacidad portante de un cuerpo de tierra en la forma de un prisma dibujado alrededor del grupo de pilotes según la FHWA. Sólo se especifica la cohesión total del suelo  $c_u$  (resistencia al corte sin drenar) con el propósito de análisis.

El asentamiento de un grupo de pilotes en suelo cohesivo (en condiciones no drenadas) se basa en el cálculo del asentamiento de una base de propagación sustituta (*la denominada asentamiento de consolidación de grupo de pilotes o, abreviado, el método 2:1*).

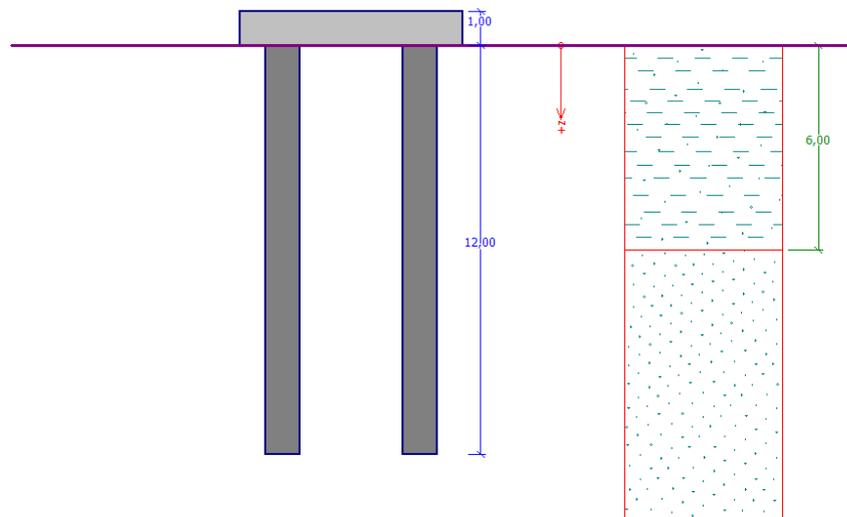
A los efectos de la evaluación del asentamiento de un grupo de pilotes el análisis incorpora la influencia de la profundidad de la base y del espesor de la zona de deformación según la metodología de evaluación de asentamiento de cimentación. En República Checa y Eslovaquia es posible aplicar el procedimiento según la norma CSN 73 1001 – *Suelos bajo cimentación para análisis de asentamiento de grupo de pilotes*.

La evaluación de un grupo de pilotes en **suelos sin cohesión** se basa en procedimientos idénticos a los utilizados para el análisis de un pilote simple en el **suelo granular** (Capítulo 13. *Análisis de la capacidad portante vertical de un pilote simple*). Se agrega la llamada eficiencia de grupo de pilotes reduciendo la capacidad portante vertical total del pilote de cimentación.

La curva de carga para un grupo de pilotes en suelos no cohesivos se construyó de la misma manera que la curva para un pilote simple (capítulo 14. *Análisis de asentamiento para pilote simple*) según el Prof. HG Poulos, con la excepción del asentamiento total del grupo de pilotes, que se incrementa por el llamado factor de asentamiento del grupo  $g_f$ , lo que permite el efecto grupal de pilotes simples. La medida de este parámetro depende de la disposición geométrica del grupo de pilotes.

### Especificación del problema:

En normas generales el problema se describe en el capítulo anterior (12- *Pilotes de cimentación - Introducción*). Llevaremos a cabo todos los cálculos de la capacidad portante vertical de un grupo de pilotes conforme a la norma EN 1997-1 (DA 2) en relación con el problema 13. *Análisis de la capacidad portante vertical de un pilote simple*. La resultante de la carga total que comprendida en  $N, M_y, H_x$  actúa en la base superior de la tapa del pilote, justo en el centro.



Esquema Especificación del problema – Grupo de pilotes

**Solución:**

Vamos a utilizar para este análisis, el programa de GEO5 Grupo de pilotes -. Para la simplificación del problema y la aceleración de la configuración de los parámetros del problema (el diseño, el suelo, la asignación y el perfil) usaremos la posibilidad de importar los datos del problema 13. *Análisis de la capacidad portante vertical de un pilote simple.*

En este análisis vamos a evaluar el grupo de pilotes según los métodos de cálculo analíticos idénticos a los que se aplican a un pilote simple (NAVFAC 7,2 DM, TENSION EFECTIVA, CSN 73 1002). Vamos a centrarnos en otros parámetros de entrada que afectan los resultados generales

**Especificación del procedimiento:**

En el cuadro "Configuración" haremos clic en el botón "Seleccionar configuraciones" y luego vamos a elegir el "Estándar - EN 1997 - DA2". Vamos a mantener el sistema de cálculo utilizando la *solución analítica*. En nuestro caso particular vamos a considerar el tipo de **suelo granular**, porque vamos a evaluar los pilotes en *condiciones drenadas*.

Número	Nombre	Valido para
1	Estándar - Factor de seguridad	Todo
2	Estándar - Estados límite	Todo
3	Estándar - EN 1997 - DA1	Todo
4	<b>Estándar - EN 1997 - DA2</b>	<b>Todo</b>
5	Estándar - EN 1997 - DA3	Todo
6	Estándar - LRFD 2003	Todo
7	Estándar - sin reducción de parámetros	Todo
8	República Checa - antiguos estándares CSN (73 1001, 73 1002, 73 0037)	Todo
14	Alemania - EN 1997	Todo
15	Austria - EN 1997	Todo
22	Italia - EN 1997, DA1	Todo
23	Italia - EN 1997 - DA2	Todo
24	Finlandia - EN 1997	Todo
25	Reino Unido - EN 1997	Todo
27	Dinamarca - EN 1997	Todo

Cuadro „Lista de configuraciones”

Configuración de análisis : Estándar - EN 1997 - DA2

Estructuras de hormigón : EN 1992-1-1 (EC2)  
 Coeficientes EN 1992-1-1 : Estándar  
 Análisis en subsuelo con drenaje : NAVFAC DM 7.2  
 Eficiencia del grupo de pilotes : La Barré (CSN 73 1002)  
 Metodología de verificación : según EN 1997  
 Enfoque de diseño : 2 - reducción de acciones y resistencias

Tipo de análisis : Solución analítica  
 Tipo de suelo : suelo granular

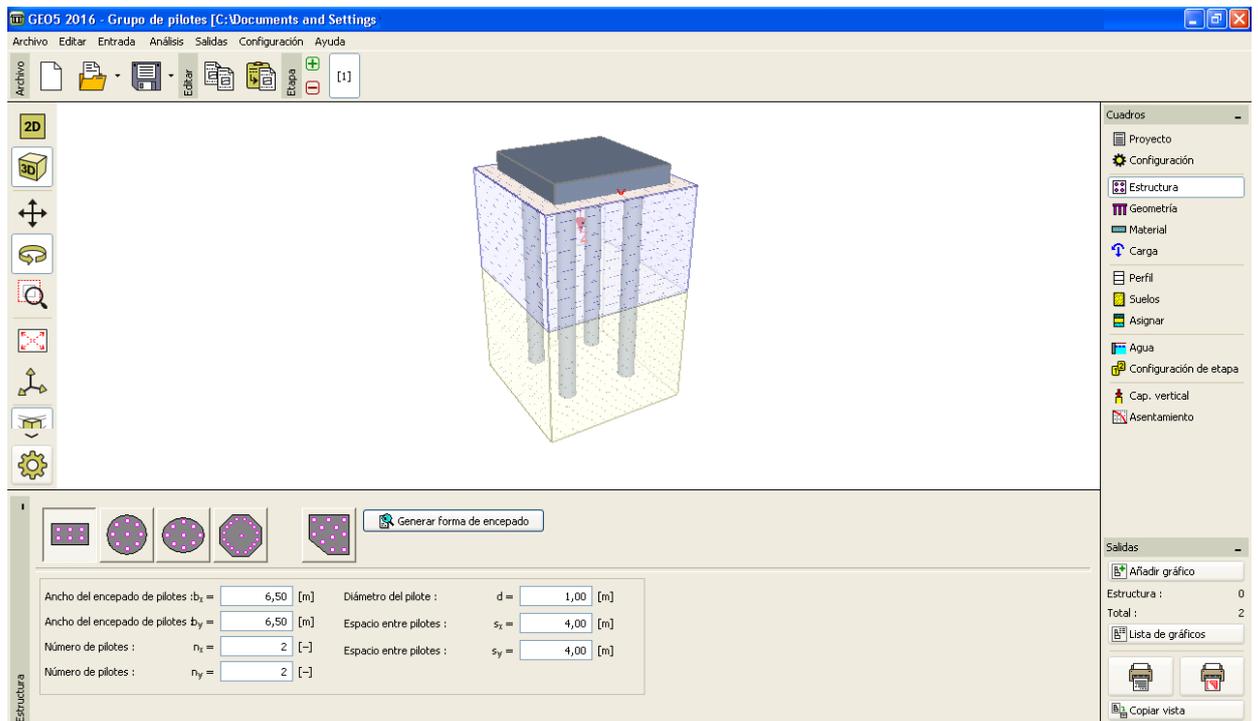
Cuadro „Configuración”

Vamos a utilizar la opción de importar los datos, evitando la necesidad de establecer nuevamente todos los datos de entrada. Vamos al problema del capítulo 13. *Análisis de la capacidad portante vertical de un pilote simple* en GEO5 - Programa Pilote, en la barra de herramientas horizontal superior haremos clic en el botón "Editar" y luego vamos a seleccionar la opción "Copiar de datos". Posteriormente, en el programa de GEO 5 - Grupo de pilotes, seleccionamos el botón "Editar" en la barra de herramientas horizontal superior y seleccionamos la opción "Pegar datos". A través de este paso los datos necesarios para el análisis se transferirán y una parte significativa del trabajo de ingresar los datos de entrada se verá facilitada.



Cuadro „Insertar datos“

Ahora vamos a pasar el cuadro "Estructura". Vamos a especificar las dimensiones del plano terrestre de la losa de base (la tapa del pilote), el número de pilotes en el grupo, diámetro y el espaciamiento de los centros (entre los pilotes en la dirección, x o y).



Cuadro „Estructura“

Luego, en el cuadro de "Geometría", vamos a definir la profundidad de la superficie del suelo, la cabeza del pilote, el espesor de la tapa del pilote y las longitudes de todos los pilotes en el grupo. Los pilotes simples dentro del grupo tienen los mismos diámetros y longitudes.

En el cuadro "Material" vamos a especificar la unidad de peso de la estructura  $\gamma = 23.0 \text{ kN/m}^3$ . A continuación vamos a definir la carga. La capacidad portante vertical de grupo de pilotes se analizó utilizando cargas de diseño, mientras que la carga de servicio se utiliza para el análisis de asentamiento.

**Editar carga**

Nombre: Load No. 1 - design

Fuerza vertical : N = 5680,00 [kN]

Momento flector :  $M_x = 0,00$  [kNm]  
 $M_y = 480,00$  [kNm]

Fuerza horizontal :  $H_x = 310,00$  [kN]  
 $H_y = 0,00$  [kN]

Momento de torsión :  $M_z = 0,00$  [kNm]

diseño       servicio

OK + ▲    OK + ▼    OK    Cancelar

Cuadro „Nueva carga“ – Diseño Estado Último (cálculo)

**Editar carga**

Nombre: Load No. 2 - service

Fuerza vertical : N = 4000,00 [kN]

Momento flector :  $M_x = 0,00$  [kNm]  
 $M_y = 320,00$  [kNm]

Fuerza horizontal :  $H_x = 240,00$  [kN]  
 $H_y = 0,00$  [kN]

Momento de torsión :  $M_z = 0,00$  [kNm]

diseño       servicio

OK + ▲    OK + ▼    OK    Cancelar

Cuadro „Nueva carga“ – Diseño de Estado de Servicio (impuesto)

Vamos a llevar a cabo el asentamiento del grupo de pilotes en el cuadro "Capacidad Vertical". Para cumplir con la condición de seguridad, el valor de  $R_g$  debe ser mayor que la magnitud de la carga de diseño  $V_d$  que actúa (para más información, visite la Ayuda - F1). Para el método de análisis **NAVFAC DM 7,2** y la eficiencia del grupo de pilote *La Barre* (CSN 73 1002) según los ajustes iniciales del análisis, los resultados de la capacidad portante vertical del grupo de pilotes son:

– **La Barré** (CSN 73 1002): =  $\eta_g = 0.84$

$R_g = 7491.90 \text{ kN} > V_d = 6991.86 \text{ kN}$  **ACEPTABLE.**

The screenshot shows the GEO5 2016 software interface. The main window displays a 2D cross-section of two piles with a diameter of 1.00 and a length of 12.00. The analysis results are shown in the bottom panel:

**Análisis:** Selección automática de la carga más crítica  
 NAVFAC DM 7.2  
 Factor determinante de profundidad crítica:  $k_g = 1,00$  [-]  
 Coeficiente de la capacidad portante: Entrada  
 Coeficiente de la capacidad portante:  $N_q = 10,00$  [-]

**Resultados**  
**Análisis de capacidad portante del grupo de pilotes en suelos granulares**  
 Máx. fuerza vertical incluyendo el propio peso del encepado de pilotes

Capacidad portante superficial del pilote	$R_s = 676,82 \text{ kN}$
Capacidad portante del bulbo del pilote	$R_b = 1542,24 \text{ kN}$
Capacidad portante vertical de un solo pilote	$R_z = 2219,06 \text{ kN}$
Eficiencia de un grupo de pilotes	$\eta_g = 0,84$
Capacidad portante vertical de un grupo de pilotes	$R_g = 7491,90 \text{ kN}$
Máxima fuerza vertical	$V_d = 6991,86 \text{ kN}$
	$R_g = 7491,90 \text{ kN} > 6991,86 \text{ kN} = V_d$

Capacidad portante vertical de grupo de pilotes **ES ACEPTABLE**

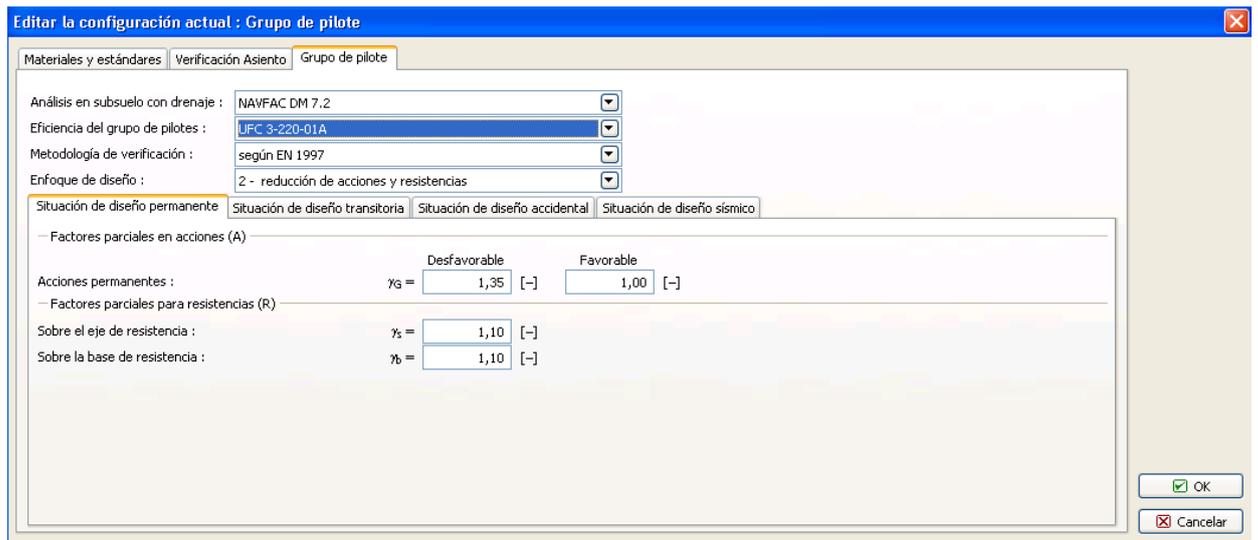
Cuadro "Capacidad portante vertical"

*Nota: La capacidad portante vertical, calculada de un grupo de pilotes en suelos sin cohesión debe reducirse porque los pilotes individuales se afectan estáticamente entre sí. La evaluación en el programa contiene varios métodos para determinar la eficiencia de grupo de pilotes  $\eta_g$ . Esta figura adimensional (por lo general dentro del rango de 0,5 a 1,0) reduce la capacidad portante vertical total del grupo de pilotes  $R_g$  con respecto a:*

- El número de pilotes en el grupo  $n_x, n_y$
- El espacio entre los pilotes del grupo con centro  $s_x, s_y$  ;
- El diámetro de los pilotes del grupo  $d$ .

La eficiencia de grupo de pilotes  $\eta_g$  depende únicamente de la geometría el grupo de pilotes, no del método de análisis.

Además podemos comprobar la capacidad portante vertical, incluso para otros métodos que determinan la eficiencia de grupo de pilotes  $\eta_g$ . Volvemos al cuadro "Configuración". Seleccionamos el botón "Editar" en la parte inferior izquierda de la pantalla y elegimos "UFC 3- 220-01A", o "Seiler-Keeney" en el submenú "Grupo de pilotes".



Cuadro „Editar la configuración actual“

Para los demás métodos de análisis, el procedimiento es análogo con la solución del problema del capítulo 13. *Análisis de la capacidad portante vertical de un pilote simple.*

Los resultados del análisis de la capacidad portante vertical de un grupo de pilotes en suelo no cohesivo (es decir, en condiciones drenadas) en relación con el método utilizado y la eficiencia grupo de pilotes  $\eta_g$  se presentan en la tabla siguiente:

- **La Barré** (CSN 73 1002):  $\eta_g = 0.84$
- **UFC 3-220-01A**:  $\eta_g = 0.80$
- **Seiler-Keeney**:  $\eta_g = 0.99$

EN 1997-1, DA2 (suelo granular) Métodos de análisis	Eficiencia del grupo de Pilotes $\eta_g$ [-]	Capacidad portante de un pilote simple $R_c$ [kN]	Capacidad portante de un grupo de pilotes $R_g$ [kN]

NAVFAC DM 7.2	0.84	2219.06	7491.90
	0.80		7100.98
	0.99		8829.18
EFFECTIVE STRESS	0.84	6172.80	20 840.41
	0.80		19 572.96
	0.99		24 560.34
CSN 73 1002	0.84	5776.18	19 501.36
	0.80		18 483.79
	0.99		22 982.28

Cuadro de resultados – Capacidad portante vertical del grupo de pilotes en condiciones drenadas

### Conclusión (capacidad vertical de grupo de pilotes) :

La capacidad portante vertical de un grupo de pilotes  $R_g$  en el suelo sin cohesión debe ser reducida (utilizando la llamada eficiencia grupo de pilotes  $\eta_g$ ) porque los pilotes simples se afectan estáticamente entre sí. Se aplica, en general, que los pilotes individuales de un grupo se afectan entre sí más con el espacio en centros de disminución.

El diseñador debe considerar cuidadosamente si debe utilizar el cálculo en condiciones drenadas y no drenadas con solución analítica para la capacidad portante vertical del grupo de pilotes. Los dos tipos de cálculo son significativamente diferentes.

### Análisis de asentamiento de un grupo de pilotes

El análisis de asentamiento del grupo de pilotes es completamente idéntico a la que se aplica a un pilote simple, el asentamiento calculado se multiplica por el factor de asentamiento del grupo  $g_f$ .

*Nota: La medida del factor de asentamiento del grupo  $g_f$  depende de la disposición geométrica del grupo de pilotes, es decir, del diámetro de los pilotes en el grupo y del ancho de la cabeza de pilote.*

Los resultados del análisis se presentan en la tabla siguiente:

Método de análisis de la capacidad portante vertical del grupo de pilotes	Carga al inicio de la movilización del rozamiento $R_{yu}$ [kN]	Asentamiento del grupo de pilotes $s$ [mm] para fuerza $V = 4000$ kN
NAVFAC DM 7.2	3184,47	34,8
EFFECTIVE STRESS	7274,43	15,3
CSN 73 1002	8057,77	15,3

Cuadro de resultados – Asentamiento del grupo de pilotes según Poulos

### **Conclusión (Asentamiento del grupo de pilotes) :**

Se desprende de los resultados del análisis que la capacidad portante vertical de un grupo de pilotes es diferente en lo que se refiere a la solución total. El análisis de asentamiento de un grupo de pilotes en el suelo no cohesivo (condiciones drenadas) se basa en la teoría de asentamiento lineal, para el cual los datos de entrada básicos necesarios para el cálculo de asentamiento comprende los valores de rozamiento  $R_s$  y la resistencia en la base del pilote  $R_b$ .

En contraste, el asentamiento de un grupo de pilotes en suelo cohesivo (condiciones no drenadas) se basa en el cálculo para una cimentación extendida sustituta. En el mundo, este método de cálculo se titula la llamada *solución de consolidación de un grupo de pilotes o, abreviado, el método 2:1*. Para esta evaluación de asentamiento de un grupo de pilotes, el efecto de la profundidad de la superficie del suelo y la profundidad de la zona de deformación según la metodología de evaluación de asentamiento de cimentación extendida se introduce en el cálculo.

Los dos métodos de cálculo difieren significativamente y proporcionan resultados absolutamente diferentes. Los autores del programa GEO5 recomiendan que la capacidad portante vertical y el asentamiento de un grupo de pilotes deben ser calculados según las costumbres locales.