

## Capítulo 26

# Pilotes, Encepados y Vigas

## *Tricalc.11*

### Introducción

---

El programa *Tricalc.11* realiza el cálculo de la cimentación profunda de la estructura calculada previamente con el programa *Tricalc.1*, El programa permite calcular cimentaciones profundas formadas por encepados de 1, 2, 3 ó 4 pilotes unidos mediante vigas de cimentación. Dichos pilotes pueden ser hormigonados in situ o prefabricados.

El programa permite definir encepados con las siguientes características:

- Todos los pilotes de un encepado son iguales, tanto en sección, longitud y armado.
- El vuelo del encepado, definido como la distancia entre el eje de un pilote y los paramentos del encepado más próximos, es igual para todos los pilotes de un encepado.
- Los encepados de un pilote son siempre cuadrados, con el eje del pilote situado en el centro de dicho cuadrado.
- Los encepados de tres pilotes son triángulos equiláteros, con los ejes de los pilotes dispuestos también en un triángulo equilátero.
- Los encepados de cuatro pilotes son rectangulares, con los ejes de los pilotes dispuestos también en un rectángulo.

Los pilotes hormigonados in situ se construyen creando una cavidad de sección circular que posteriormente es hormigonada y armada. La cavidad puede realizarse mediante hincado de una entubación recuperable o perforación mediante cuchara, hélice, barrena, cabeza rotativa, etcétera. Para evitar el cegado de la cavidad antes del hormigonado pueden utilizarse entubaciones recuperables o lodos bentónicos. El armado puede introducirse antes del hormigonado o hincado en el hormigón fresco.

Los pilotes prefabricados se hincan en el terreno mediante máquinas especiales por golpeo. En el programa se pueden definir pilotes de hormigón armado de sección cuadrada o circular.

## Sistema de Ejes. Coordenadas

---

El módulo **Tricalc.11** utiliza el mismo sistema de ejes generales que el módulo **Tricalc.1**. Cada uno de los encepados tiene un sistema de ejes local [XI, YI, ZI], formado por un sistema de ejes paralelos al sistema de ejes generales [Xg, Yg, Zg] que pasan por el nudo.

Debido a que los encepados pueden estar girados respecto al eje YI, se define también un sistema de ejes principal, resultante de aplicar una rotación sobre los ejes locales del encepado. El sistema de ejes principal es el utilizado para expresar las dimensiones y armaduras de los encepados y pilotes. Cuando no existe ángulo de rotación entre el sistema de ejes local y principal, ambos sistema de ejes coinciden.

## Conceptos de Cálculo

---

El cálculo de una cimentación profunda mediante encepados, pilotes y vigas de cimentación engloba los siguientes aspectos:

La disposición, número, longitud y diámetro de los pilotes debe dimensionarse de forma que sean capaces de transmitir las cargas de la estructura al terreno.

Los pilotes deben ser capaces de soportar los esfuerzos a los que son sometidos. En el caso de pilotes perforados/hormigonados in situ, se calcula el armado necesario, mientras que en el caso de pilotes prefabricados se comprueba el armado del modelo escogido.

Los encepados y vigas de cimentación deben dimensionarse y armarse de forma que resistan los esfuerzos a que son sometidos.

## Carga admisible de los pilotes

---

Para calcular la carga admisible de un grupo de pilotes de un mismo encepado, se debe calcular previamente la carga de hundimiento de un pilote aislado.

### Carga de hundimiento de un pilote aislado

---

La carga de hundimiento se define como la máxima carga vertical que puede transmitir un pilote aislado de una determinadas dimensiones al terreno. La transmisión de esta carga al terreno puede hacerse por dos mecanismos:

- Por fricción o pilotes flotantes. La transmisión se realiza mediante el rozamiento entre el terreno (de resistencia media a baja) y el fuste del pilote.
- Por punta o pilotes columna. La transmisión se realiza en la punta del pilote, asentado normalmente en un estrato más resistente que el terreno superior.

Ambos mecanismos no son excluyentes. En el programa se define esta carga de hundimiento mediante la expresión

$$Q_h = A_p \cdot r_p + A_f \cdot r_f$$

siendo

- 
- A<sub>p</sub> Área de la punta
  - r<sub>p</sub> Resistencia unitaria en la punta
  - A<sub>f</sub> Área del fuste

$r_f$  Resistencia unitaria en el fuste

Para la evaluación de las resistencias unitarias de fuste y punta existen diferentes teorías y métodos en función de las características del terreno y del método de perforación o hinca utilizados. En el programa se debe introducir directamente el valor deseado de dichas resistencias.

### Resistencias unitarias de punta y fuste en terrenos granulares

La resistencia en punta límite se sitúa en:

- 8,6 Kgf/cm<sup>2</sup> (0,84 MPa) para arena floja
- 63 Kgf/cm<sup>2</sup> (6,18 MPa) para arena compacta
- 120 Kgf/cm<sup>2</sup> (11,77 MPa) para gravas limpias.

La resistencia de fuste límite puede tomarse como

- 0,1 Kgf/cm<sup>2</sup> (0,01 MPa) para pilotes perforados en arena floja
- 0,5 Kgf/cm<sup>2</sup> (0,05 MPa) para pilotes perforados en arena compacta
- 0,4 Kgf/cm<sup>2</sup> (0,04 MPa) para pilotes hincados en arena floja
- 1,0 Kgf/cm<sup>2</sup> (0,98 MPa) para pilotes hincados en arena compacta

### Resistencias unitarias de punta y fuste en terrenos cohesivos

En pilotes hincados en arcillas blandas ( $q_u < 1,5$  Kgf/cm<sup>2</sup>) no se suele considerar la resistencia en punta. La resistencia de fuste límite se sitúa en un máximo de 0,44 Kgf/cm<sup>2</sup> (0,04 MPa).

En arcillas medias a duras ( $q_u > 1,5$  Kgf/cm<sup>2</sup>) no se suelen hincar pilotes.

Para pilotes perforados, la resistencia unitaria máxima en punta se sitúa en  $3,6 \cdot c_u$ , y la resistencia unitaria máxima en fuste en  $0,4 \cdot c_u$ .

### Carga admisible de un grupo de pilotes

Para determinar la carga admisible de un grupo de pilotes, se suma la carga de hundimiento de todos los pilotes, afectados por un coeficiente de grupo y un factor de seguridad de carga admisible:

$$Q_{adm,g} = F_g \cdot F_a \cdot \sum_i Q_{hi}$$

El valor del coeficiente de grupo,  $F_g$ , varía entre la unidad (pilotes hincados en arena), 0,7 para pilotes perforados en arena y 0,6 para pilotes en arcilla. Estos valores son válidos para separaciones entre pilotes del orden de 2,5 veces su diámetro. Para menores separaciones, se deben reducir estos valores.

El valor del factor de seguridad de carga admisible,  $F_a$ , depende de muchos factores. Puede variar entre 2,5 y 4 para pilotes en terrenos granulares; entre 2,5 y 3 para pilotes en terrenos cohesivos; y puede adoptarse un valor de 3 para pilotes con la punta en roca.

### Cálculo de los esfuerzos transmitidos a cada pilote

La carga admisible de los pilotes debe ser menor que la carga transmitida por la estructura u otros elementos.

Para calcular la carga transmitida al pilote  $i$ , se utiliza la fórmula de Navier:

$$P_i = \frac{N}{n} + \frac{M_y \cdot x_i}{\sum x_i^2} + \frac{M_x \cdot y_i}{\sum y_i^2}$$

donde

- N** es la carga vertical transmitida por el encepado. Incluye las cargas verticales transmitidas por la estructura al encepado más el peso propio del encepado más pilote y el rozamiento negativo transmitido al pilote por el terreno
- n** es el número de pilotes del encepado
- M<sub>x</sub>, M<sub>y</sub>** son los momentos, en ejes principales del encepado, transmitidos por la estructura a los pilotes, más los momentos adicionales introducidos directamente en el encepado. No todos los momentos transmitidos por el pilar al encepado son transmitidos a los pilotes: una parte (definida por el usuario) es absorbida por las vigas de cimentación unidas al encepado
- x<sub>i</sub>, y<sub>i</sub>** son las distancias al centro de gravedad del encepado del pilote **i** en ejes principales del encepado

### Rozamiento negativo (NBE's)

#### Nota



Para otras normativas consultar el anexo correspondiente del manual de normativas.

Este fenómeno se produce debido a asentos ó consolidaciones del terreno, que queda parcialmente colgado de los pilotes, a los que transmite por tanto una tensión tangencial.

La carga transmitida al pilote por este fenómeno se calcula mediante la expresión

$$R = 0,25 \cdot p \cdot L \cdot (q_0 + 0,5 \cdot \gamma \cdot L) \cdot \beta$$

donde

- p** es el perímetro de la sección del pilote
- L** es la longitud del pilote
- q<sub>0</sub>** es la sobrecarga superficial a considerar en la parte superior del terreno
- γ** es la densidad del terreno
- β** es un factor reductor (<1) que contempla el que parte del peso del terreno se transmite directamente al sustrato firme. Este valor depende de la distancia entre pilotes en el encepado (s), el diámetro del pilote (D) y su longitud (L) según la siguiente tabla

s/D	Esbeltez L/D				
	10	20	30	40	50
2,5	0,614	0,443	0,347	0,285	0,241
3,0	0,696	0,534	0,433	0,364	0,314
4,0	0,803	0,671	0,576	0,504	0,449
5,0	0,864	0,761	0,680	0,614	0,560

## Encepados y vigas de cimentación

De los momentos transmitidos por la estructura al encepado, un porcentaje definible por el usuario es transmitido a las vigas de cimentación. En el caso de encepados de un solo pilote, la totalidad de los momentos debe transmitirse a las vigas de cimentación; y si el encepado es de dos pilotes, la componente del momento paralela a la línea que une ambos pilotes debe transmitirse a las vigas de cimentación.

Esto hace que los encepados de un solo pilote deban arriostrarse con vigas de cimentación en dos direcciones y los encepados de dos pilotes, con vigas en una dirección sensiblemente perpendicular a la línea que une ambos pilotes.

El reparto del momento entre las vigas de cimentación que acometen a un encepado se realiza en función de la proyección en la dirección perpendicular del momento de la rigidez a flexión de la viga de cimentación ( $4 \cdot E \cdot I_x/L$ ). Es decir, se realiza un reparto mediante un método similar al de Cross.

## Cálculo Estructural del Cimiento (NBE's)

### Nota



Para otras normativas consultar el anexo correspondiente del manual de normativas.

## Pilotes

Los pilotes se calculan y arman esencialmente como pilares, con las siguientes salvedades:

### ■ Coeficientes adicionales de seguridad

Es posible definir los coeficientes adicionales de seguridad siguientes:

Un coeficiente reductor ( $\leq 1,0$ ) de la resistencia del hormigón por hormigonado vertical. Este coeficiente será normalmente **1,0** en pilotes prefabricados.

Un coeficiente de minoración ( $\geq 1,0$ ) de la resistencia del acero de las armaduras. En las normas en las que no existe un coeficiente parcial de seguridad para el hormigón y el acero (México ó ACI, por ejemplo), se combinan los coeficientes de hormigón y acero en uno único que afecta a los coeficientes de esfuerzos. Este coeficiente será normalmente **1,0** en pilotes prefabricados.

Un coeficiente de mayoración ( $\geq 1,0$ ) de las cargas.

Dada la inexactitud inherente a la construcción de un pilote hormigonado **in situ**, en el programa se define un coeficiente de reducción de las dimensiones de la sección del pilote a efectos resistentes.

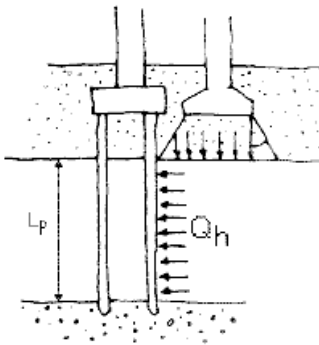
■ **Excentricidades y pandeo**

Las excentricidades mínimas y la longitud de pandeo se fijan de forma específica (ver el apartado de **Opciones de Cálculo**). Hay que tener en cuenta que las imprecisiones de replanteo e inclinación de pilotes son muy superiores a las de los pilares. Además, no es posible inspeccionar el pilote una vez ejecutado.

Por otra parte, el terreno en el que se introduce el pilote proporciona una determinada coacción lateral que reduce significativamente la longitud de pandeo respecto a la de un pilar de igual dimensión.

■ **Proximidad de otras cimentaciones**

La proximidad de otras cimentaciones provoca empujes horizontales a lo largo de parte del fuste del pilote, lo que se traduce en flexiones que se añaden a las procedentes de la estructura. Para evaluar este momento adicional, que es opcional, se utiliza la expresión



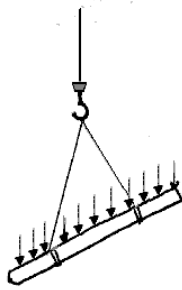
$$M_h = Q_h \cdot k \cdot L / 16$$

donde

- 
- $M_h$  es el momento adicional a considerar
  - $Q_h$  es el empuje, en Kgf/ml ó kN/ml, transmitido por la cimentación próxima al pilar
  - $L$  es la longitud total de pilote
  - $k$  es un factor menor de 1,0 que indica la parte de fuste del pilote afectada por este empuje. En general, si la parte superior del terreno tiene una cierta resistencia, debajo existe una zona de terreno blando y debajo de ella existe un estrato firme en el que se asienta el pilote, el valor  $k \cdot L = L_p$  corresponderá a la altura del estrato blando.
- 

■ **Esfuerzos debidos al transporte y colocación**

Los pilotes prefabricados pueden sufrir, debido a su peso propio y cómo se trasladan e izan hasta su posición, momentos flectores que deben ser tenidos en cuenta. Estos momentos no son adicionales, puesto que desaparecen una vez el pilote esté situado en su posición definitiva.



Este momento, que es opcional y sólo se aplica a los pilotes prefabricados, se evalúa según la expresión

$$M = p \cdot L^2 / x$$

donde

**p** es el peso propio por metro lineal del pilote

**L** es la longitud del pilote

**x** es un factor definido por el usuario

#### ■ Pilotes prefabricados

En el programa se define el modelo de pilote prefabricado a utilizar en cada caso, por lo que lo que se realiza es una comprobación del armado del pilote.

#### ■ Tope estructural

Se permite definir una opción que solo se aplica a pilotes perforados / hormigonados **in situ**. Si se activa la opción, permite definir una resistencia máxima a compresión simple del pilote en Kg/cm<sup>2</sup> (ó MPa). Se realiza entonces la siguiente comprobación para cada pilote:

$$F \leq T \cdot A_c$$

siendo

**F** El axil vertical último (es decir mayorado) que la estructura transmite al pilote; sin tener en cuenta el peso propio del pilote, el rozamiento negativo del terreno ni el factor de grupo o de carga admisible.

**T** Es el tope estructural definido en las opciones.

**A<sub>c</sub>** Es el área nominal de la sección del pilote.

Si no se cumple esta comprobación, se invalida el pilote, apareciendo en listado de errores de cálculo de encepados y pilotes el mensaje "**El pilote ha superado su tope estructural**".

## Encepados. EHE, artículo 59 (Elementos de Cimentación)

### Nota



Para otras normativas consultar el anexo correspondiente del manual de normativas.

Los encepados no están contemplados por la mayoría de las normativas. Además de los criterios específicos de encepados de la norma española de hormigón, EHE, en su artículo 59 (Elementos de Cimentación), se utilizan los de la normativa seleccionada por el usuario en lo que sea de aplicación.

Los únicos encepados calculados por el programa son los encepados rígidos de canto constante. Para que un encepado pueda considerarse rígido, debe cumplirse

$$V_{max} \leq 2h$$

siendo

---

$V_{max}$	el máximo vuelo de los pilotes del encepado; definido como la distancia entre la cara del pilar o soporte y el eje del pilote
$h$	es el canto del encepado, que no será menor de 40 cm ni del diámetro de los pilotes. También se comprueba que este canto permita el anclaje en prolongación recta y compresión de la armadura longitudinal de los pilotes

---

Además, la distancia entre la cara de los pilotes y la del encepado será no menor de 25 cm ni de 1/2 del diámetro de los pilotes.

Los encepados rígidos se calculan por el método de bielas de hormigón comprimidas y tirantes traccionados constituidos por barras de acero.

### Encepados de un pilote

---

Los encepados de un pilote deben arriostrarse al menos por dos vigas de cimentación en dos direcciones sensiblemente ortogonales. Estas vigas son las encargadas de absorber los momentos transmitidos por la estructura y los derivados por la no coincidencia entre el eje del pilar y el del pilote.

Este encepado está formado por una única biela con nudos multicomprimidos (CCC), que se comprueban de acuerdo con el apartado de "**Cargas concentradas sobre macizos**" de la normativa utilizada en cada caso. La comprobación se realiza según la expresión

$$N_d \leq A_c \cdot f_{3cd}$$

siendo

---

$N_d$	el axil transmitido al pilote
$A_c$	es el área cargada, que es la menor entre las secciones del pilar y el pilote
$f_{3cd}$	es la resistencia a compresión del nudo de hormigón. En EHE viene dada por la expresión

---

$$f_{3cd} = \sqrt{\frac{A_c}{A_{c1}}} \cdot f_{cd} \not\geq 3,3 \cdot f_{cd}$$

donde

---

$A_{c1}$	es la mayor entre el área de la sección del pilar y la del pilote
$f_{cd}$	es la resistencia a compresión del hormigón

---

Es necesario disponer una armadura horizontal en las caras superior e inferior del encepado y en ambas direcciones cuya cuantía mecánica sea al menos (en cada cara y dirección)

$$T_d = 0,25 \cdot N_d \cdot \left( \frac{a - a_1}{a} \right) = A_s \cdot f_{ytd}$$



siendo

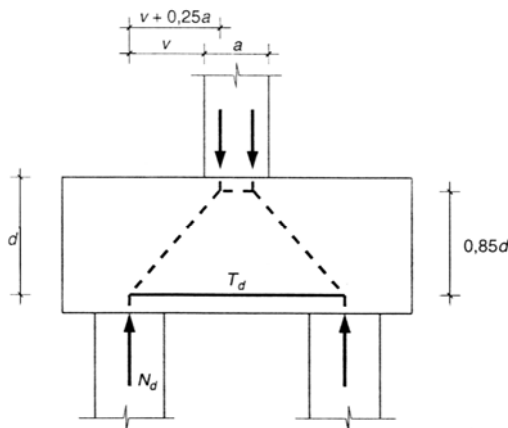
$a$	la dimensión mayor entre la de la sección del pilar y la del pilote
$a_1$	la dimensión menor entre la de la sección del pilar y la del pilote
$f_{ytd}$	la tensión de tracción del tirante, que se limita respecto a la del acero en cada normativa. En EHE, por ejemplo, se limita a 400 MPa

### Encepados de dos pilotes

Los encepados de dos pilotes deben arriostrarse al menos por una viga de cimentación en una dirección sensiblemente ortogonal a la línea que une ambos pilotes. Esta viga es la encargada de absorber los momentos según el eje paralelo a la línea que une los pilotes transmitidos por la estructura y los derivados por la no coincidencia del eje del pilar en la línea que une los pilotes. En todo caso no se permite que la proyección del eje del pilar sobre la línea que une los pilotes quede exterior a la zona delimitada por los ejes de los pilotes.

En general se forma un tirante horizontal que une los ejes de los pilotes en la zona inferior del encepado y dos bielas inclinadas que unen los pilotes al pilar. En casos extremos, en los que debido a un momento de gran magnitud, uno de los pilotes quede traccionado, el esquema de celosía formado por bielas y tirantes es algo más complejo, con un tirante en la parte superior del encepado y una biela inclinada en sentido contrario.

En todo caso, bajo el pilar se forma un nudo multicomprimido (CCC) que se comprueba de forma análoga al encepado de un pilote, y sobre los pilotes se forman sendos nudos de unión entre bielas y tirantes (CCT).



Los nudos tipo CCT se comprueban de forma que el hormigón no supere la tensión de compresión  $f_{2cd}$ , que en el caso particular de EHE es  $f_{2cd} = 0,70 \cdot f_{cd}$ .

#### ■ Armadura principal

El programa evalúa la tensión  $T_d$  a la que está sometido el tirante (o tirantes), con lo que se calcula una armadura que cumpla  $T_d < A_s \cdot f_{ytd}$ . Esta armadura se ancla a partir del eje de los pilotes. En el caso más sencillo, en el que el eje del pilar es equidistante de los ejes de los pilotes y se sitúan en un mismo plano vertical, esta tensión se calcula con la expresión

$$T_d = \frac{N_d \cdot (v + 0,25 \cdot a)}{0,85 \cdot d}$$

siendo

- 
- $N_d$  el axil del pilote más solicitado  
 $v$  el vuelo de los pilotes  
 $a$  la dimensión del pilar  
 $d$  el canto útil del encepado
- 

El o los tirantes tienen un ancho igual al ancho del pilote más dos veces la distancia entre el fondo del encepado y el eje de las armaduras del tirante.

#### ■ Armadura secundaria

Además del armado del o los tirantes, se coloca la siguiente armadura

La armadura longitudinal superior e inferior tendrá una cuantía no menor de 1/10 de la de la cara opuesta, y se extenderá a lo largo del encepado.

Una armadura horizontal y vertical dispuesta en retícula en las caras laterales. La armadura vertical, que en el programa se identifica como armadura transversal, consta de cercos cerrados que atan la armadura longitudinal. La armadura horizontal, que en el programa se identifica como armadura de piel, consiste en cercos cerrados que atan a la armadura vertical anterior. La cuantía de estas armaduras, referida al área de la sección de hormigón perpendicular a su dirección, es de al menos el 4‰. Si el ancho supera la mitad del canto, la sección de referencia se toma con un ancho igual a la mitad del canto. La capacidad mecánica total de la armadura vertical será no menor de  $N_d/4,5$ , siendo  $N_d$  el axil de cálculo del soporte.

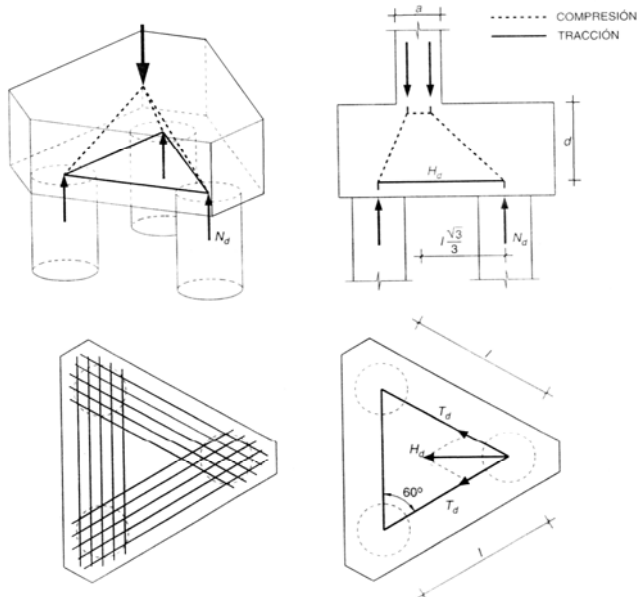
### Encepados de tres pilotes

---

En general se forman tres tirantes horizontales que unen los ejes de los pilotes en la zona inferior del encepado y tres bielas inclinadas que unen los pilotes al pilar. En casos extremos, en los que debido a un momento de gran magnitud, alguno de los pilotes quede traccionado, el esquema de celosía formado por bielas y tirantes es algo más complejo, con tirantes también en la parte superior del encepado y una biela inclinada en sentido contrario.

En todo caso, bajo el pilar se forma un nudo multicomprimido (CCC) que se comprueba de forma análoga al encepado de un pilote, y sobre los pilotes se forman nudos de unión entre bielas y tirantes (CCT).

Los nudos tipo CCT se comprueban de forma que el hormigón no supere la tensión de compresión  $f_{2cd}$ , que en el caso particular de EHE es  $f_{2cd} = 0,70 \cdot f_{cd}$ .



■ **Armadura principal**

El programa evalúa la tensión  $T_d$  a la que están sometidos los tirantes, con lo que se calcula una armadura que cumpla  $T_d < A_s \cdot f_{ytd}$ . Esta armadura se ancla a partir del eje de los pilotes. En el caso más sencillo, en el que el eje del pilar está situado en el baricentro de los pilotes, esta tensión se calcula con la expresión

$$T_d = 0,68 \cdot \frac{N_d}{d} \cdot (0,58 \cdot l - 0,25 \cdot a)$$

siendo

- 
- $N_d$  el axil del pilote más solicitado
  - $l$  la distancia entre ejes de pilotes
  - $a$  la dimensión del pilar
  - $d$  el canto útil del encepado
- 

Los tirantes conforman unas bandas o fajas situadas entre los ejes de los pilotes que tienen un ancho igual al ancho del pilote más dos veces la distancia entre el fondo del encepado y el eje de las armaduras del tirante. Se iguala la armadura de los tres tirantes ó bandas, para facilitar la ejecución del mismo.

■ **Armadura secundaria**

Además del armado de los tirantes, se coloca la siguiente armadura:

La armadura longitudinal superior e inferior de las bandas tendrá una cuantía no menor de 1/10 de la de la cara opuesta, y se extenderá a lo largo del encepado.

Una armadura vertical, que en el programa se identifica como armadura transversal, que consta de cercos cerrados que atan la armadura longitudinal de las bandas. La cuantía de estas armaduras, referida al área de la sección de hormigón de la banda perpendicular a su dirección, es de al menos el 4‰. Si el ancho supera la mitad del canto, la sección de referencia se toma con un ancho igual a la

mitad del canto. La capacidad mecánica total de esta armadura (en la dirección vertical) será no menor de  $N_d/4,5$ , siendo  $N_d$  el axil de cálculo del soporte.

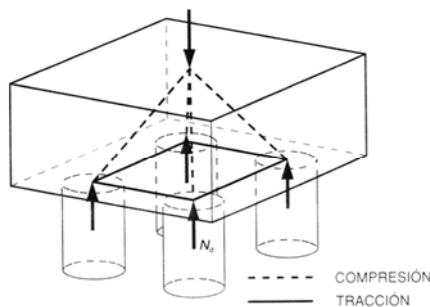
Una armadura horizontal, que en el programa se identifica como armadura de piel, consiste en cercos cerrados que recorren perimetralmente el encepado y atan a la armadura vertical anterior. La cuantía de estas armaduras, referida al área de la sección de hormigón perpendicular a su dirección, es de al menos el 4‰. Si el ancho supera la mitad del canto, la sección de referencia se toma con un ancho igual a la mitad del canto.

## Encepados de cuatro pilotes

En general se forman cuatro tirantes horizontales que unen los ejes de los pilotes en la zona inferior del encepado y cuatro bielas inclinadas que unen los pilotes al pilar. En casos extremos, en los que debido a un momento de gran magnitud, alguno de los pilotes quede traccionado, el esquema de celosía formado por bielas y tirantes es algo más complejo, con tirantes también en la parte superior del encepado y bielas inclinadas en sentido contrario.

En todo caso, bajo el pilar se forma un nudo multicomprimido (CCC) que se comprueba de forma análoga al encepado de un pilote, y sobre los pilotes se forman nudos de unión entre bielas y tirantes (CCT).

Los nudos tipo CCT se comprueban de forma que el hormigón no supere la tensión de compresión  $f_{2cd}$ , que en el caso particular de EHE es  $f_{2cd} = 0,70 \cdot f_{cd}$ .



### ■ Armadura principal

El programa evalúa la tensión  $T_d$  a la que están sometidos los tirantes, con lo que se calcula una armadura que cumpla  $T_d < A_s \cdot f_{ytd}$ . Esta armadura se ancla a partir del eje de los pilotes. En el caso más sencillo, en el que el eje del pilar está situado en el baricentro de los pilotes, y el encepado es cuadrado, esta tensión se calcula con la expresión

$$T_d = \frac{N_d}{0,85 \cdot d} \cdot (0,50 \cdot l - 0,25 \cdot a)$$

siendo

- $N_d$  el axil del pilote más solicitado
- $l$  la distancia entre ejes de pilotes
- $a$  la dimensión del pilar
- $d$  el canto útil del encepado

Los tirantes conforman unas bandas o fajas situadas entre los ejes de los pilotes que tienen un ancho igual al ancho del pilote más dos veces la distancia entre el fondo del encepado y el eje de las arma-

duras del tirante. Se iguala la armadura de los cuatro tirantes ó bandas, para facilitar la ejecución del mismo.

■ **Armadura secundaria**

Además del armado de los tirantes, se coloca la siguiente armadura:

La armadura longitudinal superior e inferior de las bandas tendrá una cuantía no menor de 1/10 de la de la cara opuesta, y se extenderá a lo largo del encepado.

Una armadura horizontal, entre las bandas, de cuantía no menor a 1/4 de la de las bandas.

Una armadura vertical, que en el programa se identifica como armadura transversal, que consta de cercos cerrados que atan la armadura longitudinal de las bandas. La cuantía de estas armaduras, referida al área de la sección de hormigón de la banda perpendicular a su dirección, es de al menos el 4‰. Si el ancho supera la mitad del canto, la sección de referencia se toma con un ancho igual a la mitad del canto. La capacidad mecánica total de esta armadura (en la dirección vertical) será no menor de  $N_d/4,5$ , siendo  $N_d$  el axil de cálculo del soporte.

Una armadura horizontal, que en el programa se identifica como armadura de piel, consiste en cercos cerrados que recorren perimetralmente el encepado y atan a la armadura vertical anterior. La cuantía de estas armaduras, referida al área de la sección de hormigón perpendicular a su dirección, es de al menos el 4‰. Si el ancho supera la mitad del canto, la sección de referencia se toma con un ancho igual a la mitad del canto.

## Vigas de cimentación

Las vigas de cimentación pueden unir zapatas aisladas, combinadas, zapatas de muros de sótano, zapatas de muros resistentes y encepados. Para su dimensionado y armado se utilizan los criterios expuestos en el Capítulo 10 – **Cimentaciones** del manual, con las precisiones que se indican a continuación en el caso de que la viga de cimentación esté unida a un encepado.

Las vigas de cimentación unidas a encepados, se consideran siempre unidas al centro de gravedad del encepado. Su armadura longitudinal es constante en toda su longitud, e igual en ambas caras. La armadura transversal es también constante en toda su longitud.

El momento de diseño es el momento transmitido por el encepado a la viga, tal como se ha indicado en el apartado **Encepados y vigas de cimentación**. El cortante de diseño es el provocado por los momentos existentes en los extremos de las vigas.

En general, se considera conveniente añadir una carga continua de 10 kN/m en las vigas de cimentación. Este consejo no es preceptivo en ninguna norma, y queda a criterio del usuario añadir esta carga o no con el programa.

## Introducción de Cargas

La forma de introducir cargas en los encepados y vigas de cimentación es la misma que la explicada en el apartado **Introducción de cargas en zapatas y vigas riostras** del capítulo 19. Todo lo comentado en este apartado es válido para los encepados, pilotes y vigas de cimentación.

## Menú Encepados y Pilotes

El menú de definición de los datos referentes a los encepados y pilotes se encuentra en **Geometría>Encepados y Pilotes**. Los encepados y pilotes se pueden introducir asociados a un nudo de la estruc-

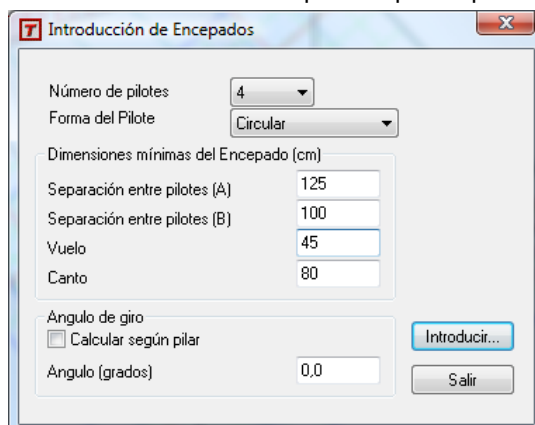
tura o directamente sobre un punto del plano. Para ello se debe proceder tal y como se explica en el apartado **Introducción** del capítulo 19 correspondiente a **Tricalc.4**.

## Introducir/modificar encepados y pilotes

Para introducir encepados y pilotes se debe de utilizar la función **Geometría>Encepados y Pilotes>Introducir...**, donde aparece un cuadro de diálogo en el que se puede modificar la siguiente información:

Cuando se introducen o modifican encepados (con las funciones **Introducir...** y **Modificar...** del menú **Geometría > Encepados y Pilotes**), las dimensiones de los encepados dadas por el usuario pasan a considerarse dimensiones mínimas, de forma que en cada cálculo y dimensionamiento, el programa siempre empieza por estas dimensiones mínimas. En versiones anteriores, el programa empezaba a dimensionar a partir de las dimensiones obtenidas en el último cálculo, lo que podía provocar que los encepados resultaran de dimensiones mayores de las necesarias.

Opción	Descripción
<b>Número de pilotes</b>	Donde se puede elegir un encepado compuesto por 1, 2, 3 o 4 pilotes, lo que producirá encepados cuadrados, rectangulares, triangulares o cuadrangulares, respectivamente.
<b>Forma del pilote</b>	Opción donde se puede optar por pilotes circulares o cuadrados; estos últimos sólo son admisibles para los pilotes prefabricados.



<b>Separación entre pilotes (A)</b>	Sirve para introducir la separación entre ejes de pilotes cuando se tienen encepados de 2, 3 y 4 pilotes.
<b>Separación entre pilotes (B)</b>	Valor de la otra distancia entre ejes de pilotes, solo para encepados de 4 pilotes.
<b>Vuelo</b>	Posibilidad de introducir un valor para el vuelo del encepado con respecto al eje del pilote.
<b>Canto</b>	Valor del canto del encepado.
<b>Angulo de giro: calcular según pilar</b>	Posibilidad de girar el encepado según el ángulo de giro del pilar.

**Angulo (grados)** Valor numérico en grados del ángulo giro del encepado, respecto a los ejes generales **Xg** y **Zg**.

Una vez introducido el encepado, el programa representa alrededor del nudo un símbolo asociado al encepado. El encepado toma automáticamente la forma del crecimiento que tenía el pilar del punto de cimentación.

Con la función **Geometría>Encepados y Pilotes>Modificar...** se puede seleccionar el encepado que se desea modificar, y se obtiene una caja de diálogo idéntica a la de introducción de encepados y pilotes donde se pueden modificar los datos correspondientes a este encepado.

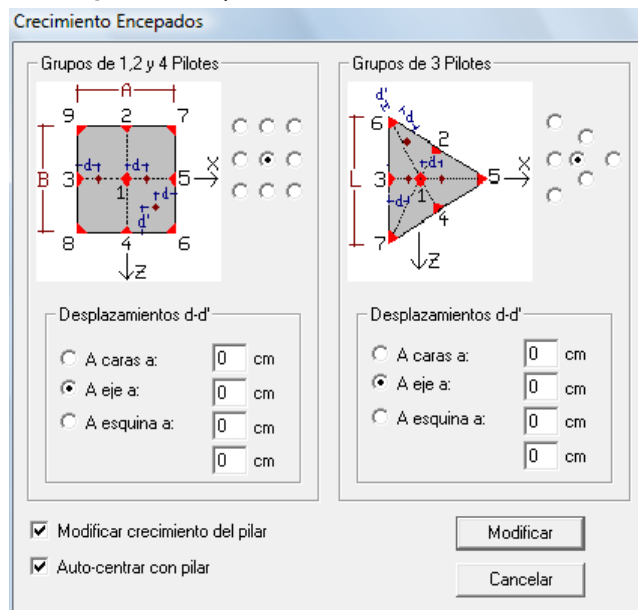
## Eliminar encepados

Existe la posibilidad de eliminar un encepado con sus pilotes. No se elimina el nudo, solamente su condición de **encepado con pilotes**. Por tanto, se pierden los resultados de los cálculos de cimentación pero no los del cálculo de la estructura.

## Crecimiento de encepados

La función **Geometría>Encepados y Pilotes>Crecimiento...** modifica el crecimiento de los encepados introducidos. Se obtiene un cuadro de diálogo en donde aparecen por separado los crecimientos de encepados de 1, 2 y 4 pilotes, y el crecimiento de los de 3 pilotes, a fin de que puedan modificarse simultáneamente los crecimientos de ambos tipos de encepados.

Todas las opciones de crecimiento para encepados son iguales a las descritas en el apartado **Crecimiento de zapatas** del capítulo 19 de este manual.



## Girar encepados

---

La función **Geometría>Encepados y Pilotes>Girar...** permite definir el ángulo de giro entre el sistema de ejes local y principal del encepado. El funcionamiento de esta opción es el mismo que el correspondiente al apartado **Girar zapata** del capítulo 19.

## Renombrar encepados

---

Mediante la función **Geometría>Encepados y Pilotes>Renombrar...** se permite asignar un conjunto de cuatro caracteres alfanuméricos a un encepado. Al introducir un encepado sobre un nudo, el programa le asigna, de forma automática, el nombre del pilar que acomete al nudo. La función **Geometría>Barra>Auto-Renombrar** renombra los encepados de pilotes existentes en la estructura.

## Opciones de representación

---

El programa permite activar y desactivar diversas opciones de dibujo que contienen información gráfica sobre encepados y pilotes. Las opciones disponibles son:

Opción	Descripción
<b>Dibujar Dimensión</b>	Se representa el valor del ancho, largo y alto.
<b>Dibujar Encepado</b>	Si el encepado y pilote está calculado, se representa el encepado con su verdadera dimensión, si no están calculados se representa mediante un símbolo.
<b>Dibujar Ejes</b>	Se representan los ejes locales y principales.
<b>Dibujar Nombre</b>	Se representa el nombre asignado al encepado.

## Vigas de Cimentación

---

Las vigas de cimentación que unen encepados entre sí o encepados y zapatas, funcionan igual que las vigas centradoras y riostras, por lo que todo lo recogido en el apartado del capítulo 19 **Vigas Centradoras y Riostras** es aplicable a las vigas de cimentación.

## Cálculo de los Encepados/Pilotes

---

En el menú **Cálculo>Encepados y pilotes** están las funciones para realizar el cálculo de los encepados, pilotes y vigas de cimentación. Si existen vigas de cimentación que unan encepados y zapatas, el programa avisa que se realizará también el cálculo de todas las zapatas (aisladas y combinadas).

Se puede realizar el cálculo de los encepados y pilotes independientemente de que se haya realizado previamente el cálculo de la estructura. Si no está calculada la estructura, el programa toma como acciones las cargas exclusivamente aplicadas sobre los encepados y vigas de cimentación.

## Opciones de cálculo

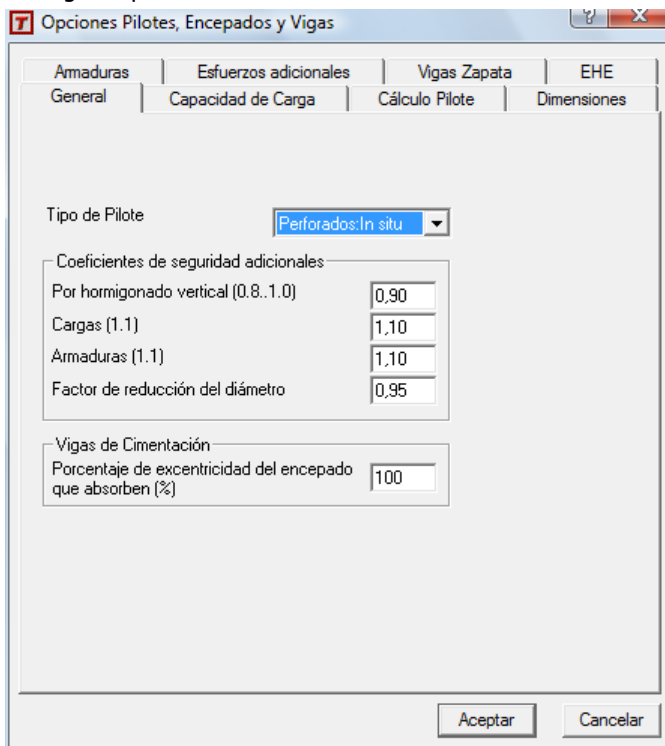
---

Mediante las funciones **Cálculo>Encepados y Pilotes>Opciones...**, se fijan las opciones para el cálculo de los encepados y pilotes. Se obtiene una caja donde se pueden modificar las distintas opciones de arma-



do de los elementos. Esta caja tiene varias solapas, en las que se pueden ir modificando las variables. Las solapas existentes son:

- General
- Capacidad de carga
- Cálculo Pilote
- Dimensiones
- Armaduras
- Esfuerzos adicionales
- Vigas zapata



En la solapa correspondiente a opciones **General** se tienen las siguientes opciones:

Opción	Descripción
<b>Tipo de pilote</b>	Perforado in situ o Hincado (prefabricado).
<b>Coeficientes de seguridad adicionales</b>	Se pueden asignar coeficientes de seguridad adicionales por <b>Hormigonado vertical, Cargas, Armaduras y Factor de reducción del diámetro</b> .
<b>Vigas de cimentación</b>	Se puede indicar el porcentaje de excentricidad del encepado que deben absorber estas vigas.

Solapa correspondiente a opciones **Capacidad de carga**:

**Opciones Pilotes, Encepados y Vigas**

Amaduras | Esfuerzos adicionales | Vigas Zapata | EHE  
 General | **Capacidad de Carga** | Cálculo Pilote | Dimensiones

Estratos de terreno

Cota sup.	Espesor (cm)	Tipo de terreno
0	50	
-50	10000	

Añadir... | Editar... | Eliminar | Gráfica

Calcular analíticamente la resistencia del terreno

Nivel Freático Profundidad del Nivel Freático  cm

Limitar el Tope Estructural del pilote  MPa

Sobrecarga sobre terreno (máxima / mínima)   kN/m<sup>2</sup>

Factor de grupo (0,7 .. 1,3)

Coefficiente seguridad al hundimiento

Coefficiente seguridad al arrancamiento (tracción)

Rozamiento negativo

Considerar Rozamiento negativo

Reducción peso del terreno(0,1...1,0)

Aceptar | Cancelar

### Capacidad de carga

Expresado por la fórmula  $C = A_p \cdot R_p + A_f \cdot R_f$ , donde  $A_p$  es el área del pilote que resiste por punta,  $R_p$  es la resistencia por punta,  $A_f$  el área del pilote que resiste por fricción y  $R_f$  la resistencia a fricción del pilote. Por tanto, en este cuadro mediante el botón Editar... se tiene la posibilidad de activar la resistencia del pilote por punta, por fricción o ambas y, además, se pueden modificar los coeficientes  $R_p$  y  $R_f$  de resistencia del pilote para cada uno de los casos.

Es posible definir hasta un total de 10 estratos diferentes de terreno, para cada uno de los cuales fijar:

- Su espesor;
- Si posee resistencia por punta o no;

- La resistencia por punta que presenta, que puede ser constante o variar linealmente entre los valores indicados en su punto superior y su punto inferior;
- Si posee resistencia por fuste (por fricción) o no;
- La resistencia por fuste que presenta, que puede ser constante o variar linealmente entre los valores indicados en su punto superior y su punto inferior;
- Su densidad aparente, con la que obtener el posible rozamiento negativo que presenta el estrato.

Dentro del epígrafe Estratos de terreno de la solapa **Capacidad de Carga** existen las siguientes opciones:

Botón	Descripción
<b>Añadir...</b>	Permite añadir un nuevo estrato de terreno. Cuando se pulsa el botón aparece un cuadro de diálogo donde indicar las características del terreno ya sea directamente o copiándolas de alguno de los terrenos existentes en la base de datos del programa, indicar la cota y profundidad del estrato y la resistencia por fuste y punta del pilote en el estrato definido.
<b>Editar...</b>	Permite editar los datos existentes en un estrato determinado de los existentes.
<b>Eliminar...</b>	Permite eliminar un estrato de terreno existente.
<b>Gráfica</b>	Permite visualizar de modo gráfico el conjunto de estratos definidos y los valores de resistencia por fuste y punta considerados en cada uno de ellos.

Aparecen las siguientes opciones dentro de la solapa **Capacidad de carga**:

Opción	Descripción
<b>Calcular analíticamente la resistencia del terreno</b>	Si se encuentra activada permite calcular la resistencia del terreno en función de formulación indicada en CTE.
<b>Nivel freático</b>	Permite indicar la existencia de nivel freático o no en el terreno y, en caso de existir, la profundidad del mismo respecto a la parte superior de los pilotes.
<b>Limitar el Tope Estructural del pilote</b>	Si se activa, permite definir una resistencia máxima a compresión simple del pilote en Kg/cm <sup>2</sup> (ó MPa).
<b>Sobrecarga sobre terreno (máxima/mínima)</b>	Permite indicar un valor máximo y mínimo en KN/m <sup>2</sup> o Kgf/cm <sup>2</sup> de sobrecarga existente sobre el terreno. El valor máximo se utiliza para evaluar el rozamiento negativo, mientras que el valor mínimo se utiliza para evaluar la carga de hundimiento del pilote (sólo para CTE).
<b>Factor de grupo.</b>	Posibilidad de modificar el coeficiente de reducción de resistencia por grupo de pilotes, mediante la fórmula: $Q_{hg} = f \sum_i Q_{hi}$ donde <b>f</b> es el factor de grupo, de valores entre <b>0,5</b> y <b>1,00</b> . <b>Q<sub>hg</sub></b> es la capacidad de carga del grupo de pilotes. <b>Q<sub>hi</sub></b> es la capacidad de carga de cada pilote aislado.

**Coefficiente de seguridad al hundimiento**

Permite indicar un coeficiente de seguridad a tener en cuenta en la comprobación de hundimiento de los pilotes.

**Coeficiente de seguridad al arrancamiento**

Permite indicar un coeficiente de seguridad a tener en cuenta en la comprobación al arrancamiento o tracción de los pilotes. Con anterioridad este valor era el mismo que en el caso de hundimiento.

**Rozamiento negativo** Sirve para simular los efectos de hundimiento del terreno por asientos o consolidaciones:

**Reducción del peso** Para modificar el factor reductor que contempla la parte del terreno que se trasmite al sustrato firme.

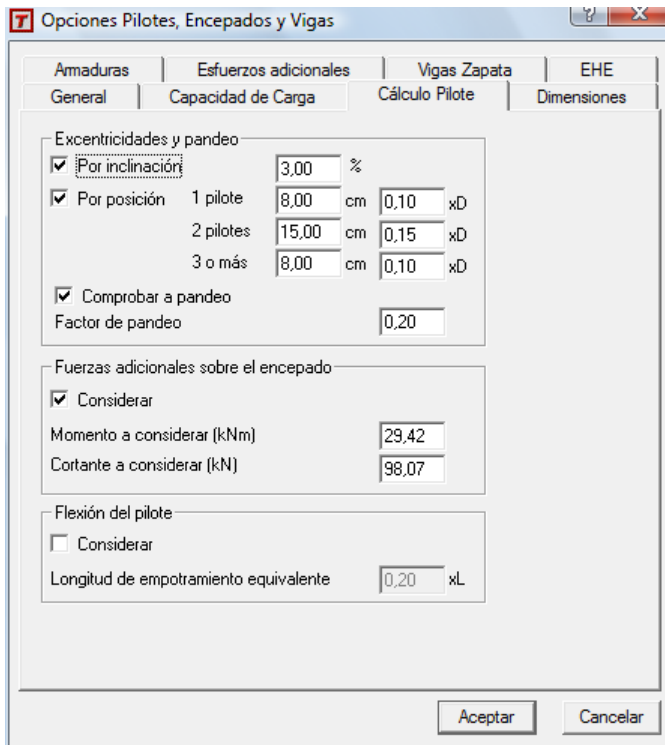
**Coeficiente de carga admisible**

Coeficiente de minoración de la resistencia de cada pilote. Para cada pilote o grupo de pilotes se utiliza la fórmula

$$Q_{adm} = \frac{Q_h}{F}, \text{ donde } F \text{ puede valer:}$$

Tipo de suelo	F
Suelos cohesivos	3,0
Suelos cohesivos c/pruebas de carga	2,5
Suelos granulares calculando $Q_h$ por modelos de capacidad de carga	2,5 a 3,0
Suelos granulares calculando $Q_h$ por datos de penetrómetros	3,0 a 4,0
Pilotes con la punta en roca	3,0

En la solapa de **Cálculo Pilote**, se pueden modificar las opciones de excentricidad y pandeo del pilote, así como las fuerzas horizontales que actúan sobre el encepado.



Opción	Descripción
<b>Por inclinación</b>	Excentricidad de cálculo del pilote calculada mediante un porcentaje sobre su longitud.
<b>Por posición</b>	Excentricidad por posición de 1, 2 y 3 ó más pilotes que se puede definir mediante un valor absoluto o en función del diámetro del pilote.
<b>Comprobación de pandeo</b>	Posibilidad de comprobar a pandeo los pilotes y de definir el factor de pandeo a utilizar en el cálculo.
<b>Fuerzas adicionales sobre el encepado</b>	Posibilidad de tener en cuenta estas fuerzas horizontales sobre el encepado y de introducir los valores del momento y del cortante a añadir a los que ya existan transmitidos por el pilar.
<b>Flexión del pilote</b>	Indica si se desea considerar la flexión del pilote producida por las acciones horizontales existentes en su extremo superior. Se permite fijar la longitud equivalente de empotramiento de los pilotes, como un factor (menor que uno) que multiplica su longitud total. Para ello se considera el pilote como un voladizo vertical de longitud equivalente la indicada sometido a una carga horizontal en su extremo superior proveniente tanto de la estructura superior como de las fuerzas adicionales sobre el encepado fijadas en esta misma pestaña. El momento así establecido se sumará a los producidos por las excentricidades de colocación y al producido por el pandeo.

En la solapa correspondiente a **Dimensiones** se pueden modificar las diversas dimensiones de los pilotes según las siguientes opciones.

Opción	Descripción
<b>Longitud mínima</b>	Mínima longitud del pilote.
<b>Longitud máxima</b>	Máxima longitud del pilote.
<b>Módulo de la longitud</b>	Valor para redondear la longitud del pilote.
<b>Separación mínima</b>	Múltiplo del diámetro del pilote que será la distancia mínima entre ejes de pilotes.
<b>Separación máxima</b>	Distancia máxima entre ejes de pilotes expresada como múltiplo del diámetro del pilote.
<b>Lado mínimo (D)</b>	Diámetro mínimo del pilote para los hormigonados in situ.
<b>Módulo del lado</b>	Múltiplo del diámetro a utilizar en el cálculo.
<b>Forma de crecimiento</b>	Posibilidad de minimizar el diámetro o la longitud del pilote a la hora de calcular el pilote.
<b>Prefabricados, hincados</b>	Mediante el botón <b>Buscar...</b> se accede a la base de datos de pilotes prefabricados para poder seleccionar una ficha.

En el grupo **Crecimiento de Encepados (cm)**, se encuentra un conjunto de opciones para definir el proceso a seguir por el programa para llegar a una solución de los encepados. Cuando alguna de estas opciones no está activada, se entiende el programa la mantiene constante. Las opciones existentes son:

Crecimiento de Encepados (cm)

Aumentar canto

Módulo

Máximo canto

Aumentar vuelo

Módulo

Máximo vuelo

Aumentar distancia entre pilotes

Módulo

Máxima distancia

Opción	Descripción
<b>Aumentar canto</b>	Posibilidad de modificar el canto del encepado fijando su módulo de crecimiento y su máximo canto admisible.
<b>Aumentar vuelo</b>	Posibilidad de modificar el vuelo del encepado fijando su módulo de crecimiento y su máximo vuelo admisible.
<b>Aumentar distancia entre pilotes</b>	Posibilidad de modificar la separación entre ejes de pilotes modificando su crecimiento e indicando su máxima separación.

En la solapa de **Armaduras** se pueden modificar las opciones correspondientes al armado de pilotes y encepados. Existen varias cajas:

En el grupo **Pilotes in situ**:

Pilotes 'In situ'

Armadura longitudinal

Ø Mínimo

Ø Máximo

Num. máximo

Minimizar no.redondos

---

Estribos

Ø Mínimo

Ø Máximo

Módulo (cm)

Sep. mínima (cm)

---

Recubrimiento (mm)

Fisura

<b>Armadura longitudinal</b>	Se puede modificar:
<b>φ Mínimo</b>	Diámetro mínimo del armado.
<b>φ Máximo</b>	Diámetro máximo del armado.
<b>Núm. máximo</b>	Número máximo de redondos por pilote.
<b>Mínimo. nº redondos</b>	Posibilidad o no de minimizar el número de redondos por pilote.
<b>Estribos</b>	Se puede modificar:
<b>φ Mínimo</b>	Diámetro mínimo de los estribos.
<b>φ Máximo</b>	Diámetro máximo de los estribos.
<b>Módulo (cm)</b>	Múltiplo de crecimiento de los estribos.
<b>Sep. Mínima (cm)</b>	Separación mínima de los estribos.
<b>Recubrimiento</b>	Valor del recubrimiento en pilotes.
<b>Fisura (0,1-0,4mm)</b>	Valor de la fisura admisible.



En el grupo **Encepados**:

<b>Encepados</b>	
Armadura longitudinal	
Ø Mínimo	12mm
Ø Máximo	25mm
Num. máximo	20
<input checked="" type="checkbox"/> Minimizar no.redondos	
Estribos	
Ø Mínimo	6mm
Ø Máximo	16mm
Módulo (cm)	5
Sep. mínima (cm)	5
Recubrimientos (mm)	
Inferior	100
Laterales y superior	50

**Armadura longitudinal.** Se puede modificar:

<b>φ Mínimo</b>	Diámetro mínimo de la armadura del encepado.
<b>φ Máximo</b>	Diámetro máximo de la armadura del encepado.
<b>Num. Máximo</b>	Número máximo de redondos por encepado.
<b>Mínimo nº redondos</b>	Posibilidad o no de minimizar el número de redondos por encepado.

**Estribos.** Se puede modificar:

<b>φ Mínimo</b>	Diámetro mínimo de los estribos.
<b>φ Máximo</b>	Diámetro máximo de los estribos.
<b>Módulo (cm)</b>	Múltiplo de crecimiento de los estribos.
<b>Sep. Mínima (cm)</b>	Separación mínima de los estribos.

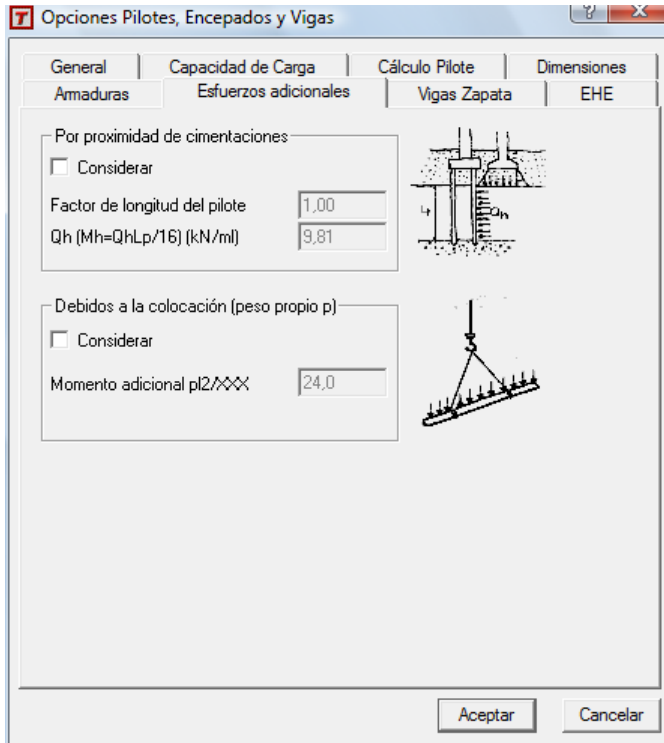
**Recubrimientos (mm).** Se puede modificar:

<b>Inferior</b>	Recubrimiento inferior del encepado.
<b>Laterales</b>	Recubrimiento lateral del encepado.

**Coefficiente de Seguridad Estructural**

Permite definir un coeficiente de seguridad que será considerado para el cálculo de las armaduras de encepados y pilotes, así como de las vigas zapatas que los unen (disponible para cualquier normativa salvo México D.F.).

En la solapa de **Esfuerzos adicionales** se tiene:



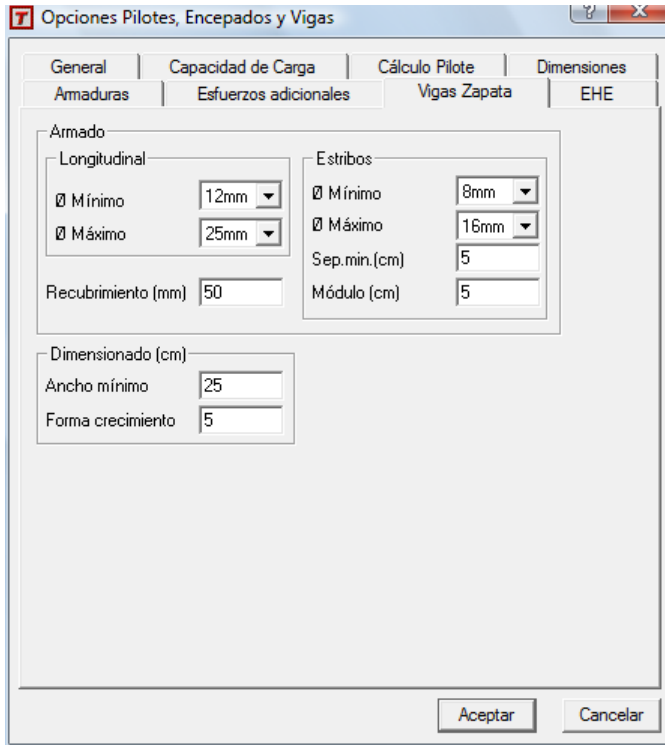
En el grupo **Por proximidad de otras cimentaciones**, se definirá un valor de  $Q_h$  que es la carga horizontal a considerar en el cálculo del pilote, y el valor  $L_p$  que es la luz entre tramos empotrados del pilote. Se considerará un momento adicional en el cálculo estructural del pilote de valor  $M_h = Q_h L_p / 16$ :

**Factor de longitud del pilote** Coeficiente de minoración que indica la parte de fuste afectada por este empuje, para obtener  $L_p$ .

$Q_h$  Valor del empuje transmitido por la cimentación próxima al pilar.

En el grupo **Debidos a la colocación**, se considera el momento flector producido en los pilotes prefabricados debido a su transporte. Se definirá el valor XXX siendo el momento adicional a considerar  $pL^2/XXX$ , siendo  $p$  el peso propio del pilote y  $L$  su longitud.

En la solapa **Vigas Zapata** se tiene:



**Armadura longitudinal**

- Ø **Mínimo**                      Diámetro mínimo del armado del encepado.
- Ø **Máximo**                     Diámetro máximo del armado del encepado.

**Estribos**

- Ø **Mínimo**                     Diámetro mínimo de los estribos.
- Ø **Máximo**                    Diámetro máximo de los estribos.
- Módulo (cm)**                Múltiplo de crecimiento de los estribos.
- Sep. Mínima (cm)**        Separación mínima de los estribos.

**Dimensionado (cm)**

- Ancho mínimo**              Tamaño mínimo del ancho de la viga zapata.
- Forma del crecimiento**    Múltiplo respeto al que se tiene en cuenta el crecimiento.

**Opciones de materiales**

La función **Cálculo>Materiales** permite definir los materiales a utilizar en el cálculo de pilotes. Es necesario seleccionar primeramente en la lista **Aplicar a** de la solapa **Hormigón Armado**, la línea **Zapatas y vigas-zap; encepados y pilotes**.

Posteriormente es posible indicar el tipo de hormigón y acero corrugado a emplear en el armado de todos los elementos indicados.

Al seleccionar un tipo de hormigón o acero (HA25, por ejemplo), a su derecha aparece su resistencia característica en el sistema de unidades fijado en **Archivo>Preferencias...** (para HA25, 25 MPa)

Además de los tipos de hormigón y acero recogidos en las distintas normativas, es posible indicar un tipo de hormigón o acero de resistencia característica cualquiera. Para ello, seleccionar como tipo de hormigón o acero **OTROS** e indicar la resistencia característica deseada.

Como excepción, los pilotes prefabricados poseen sus propios materiales, que pueden ser distintos de los del resto de la cimentación.



---

## Opciones de cálculo particulares

---

Se permite la asignación de opciones de cálculo particulares para grupos de encepados y pilotes y vigas de cimentación, de forma que se varíen los criterios de armado, o la resistencia del terreno, o su forma, etc.

El procedimiento es idéntico al utilizado para asignar opciones particulares a zapatas.

En la caja de listado de errores de cálculo, un icono permite modificar las opciones particulares de armado de encepados y vigas de cimentación correspondientes a los errores seleccionados. No es necesario que dichos encepados o vigas posean previamente unas opciones particulares.

Al pulsar el botón aparecerá una caja de diálogo con las opciones que en ese momento tuviera el encepado o viga de cimentación seleccionada. Si se seleccionan varios errores (y como consecuencia, varios encepados o vigas de cimentación) que tuvieran opciones de armado distintas, en la caja aparecerán inicialmente las opciones generales.

---

## Listado de errores

---

Una vez finalizada la función **Cálculo>Encepados y Pilotes>Calcular**, es posible solicitar los mensajes de error relativos a los encepados, pilotes y vigas de cimentación que no se han podido calcular, mediante

la función **Cálculo>Encepados y Pilotes>Listado Errores....** Es posible ordenar este listado pulsando en su cabecera con el ratón. De esta forma aparecen de forma contigua los errores del mismo tipo.

Los posibles mensajes de error son los siguientes:

### Errores correspondientes a los pilotes

<b>Mensaje</b>	<b>Máximas dimensiones del pilote alcanzadas.</b>
<b>Descripción</b>	Las dimensiones necesarias para los pilotes son mayores de las permitidas por las opciones impuestas.
<b>Mensaje</b>	<b>Carga sobre pilote mayor de la admisible.</b>
<b>Descripción</b>	La carga transmitida por los pilotes supera la carga de hundimiento del terreno.
<b>Mensaje</b>	<b>Tracción sobre pilote mayor de la admisible.</b>
<b>Descripción</b>	La tracción que sufre el pilote es superior a la que puede resistir ó provoca fisuraciones mayores de las admisibles.
<b>Mensaje</b>	<b>Ningún armado válido para el pilote.</b>
<b>Descripción</b>	Con las opciones impuestas no es posible encontrar un armado longitudinal del pilote que cumpla las cuantías mínimas y máximas de normativa o las separaciones mínimas y máximas entre redondos.
<b>Mensaje</b>	<b>Esbeltez excesiva del pilote.</b>
<b>Descripción</b>	El pilote posee una esbeltez mayor de la admisible.
<b>Mensaje</b>	<b>Resistencia del pilote a flexión/axil.</b>
<b>Descripción</b>	No es posible encontrar un armado que resista los esfuerzos de flexo - compresión a los que está sometido el pilote.
<b>Mensaje</b>	<b>Resistencia del pilote a cortante.</b>
<b>Descripción</b>	El cortante al que está sometido el pilote supera su resistencia.
<b>Mensaje</b>	<b>Cuantía máxima del pilote.</b>
<b>Descripción</b>	La armadura necesaria para resistir los esfuerzos supera la máxima admisible por normativa.
<b>Mensaje</b>	<b>El pilote prefabricado no existe.</b>
<b>Descripción</b>	El pilote prefabricado asignado no existe en la biblioteca de pilotes prefabricados.
<b>Mensaje</b>	<b>El pilote tiene armadura longitudinal insuficiente.</b>
<b>Descripción</b>	La armadura dispuesta no es capaz de resistir los esfuerzos existentes. Es necesario modificar las opciones para permitir un mayor armado longitudinal.

### Errores correspondientes a los encepados

<b>Mensaje</b>	<b>Canto del encepado insuficiente.</b>
<b>Descripción</b>	El canto del encepado es insuficiente para considerarlo rígido o para permitir anclar las armaduras de los pilotes.
<b>Mensaje</b>	<b>Resistencia a flexión del encepado.</b>
<b>Descripción</b>	No es posible armar los tirantes del encepado con las opciones impuestas.
<b>Mensaje</b>	<b>Agotamiento del hormigón del encepado.</b>

<b>Descripción</b>	Falla la comprobación de los nudos por compresión de las bielas de hormigón.
<b>Mensaje</b>	<b>Imposible colocar estribos en el encepado.</b>
<b>Descripción</b>	No es posible colocar la armadura transversal necesaria con las opciones impuestas.
<b>Mensaje</b>	<b>Arriostramiento insuficiente del encepado.</b>
<b>Descripción</b>	El encepado es de 1 pilote y no está arriostrado en dos direcciones ó es de 2 pilotes y no está arriostrado en la dirección perpendicular a la línea que une sus pilotes.
<b>Mensaje</b>	<b>Imposible calcular el encepado y la viga.</b>
<b>Descripción</b>	No es posible calcular el conjunto encepado – viga de cimentación.
<b>Mensaje</b>	<b>El eje del pilar es exterior a los pilotes.</b>
<b>Descripción</b>	En encepados de 3 o 4 pilotes, no se permite que el eje del pilar sobresalga del polígono formado por los ejes de los pilotes. En encepados de 2 pilotes no se permite que el eje del pilar y los ejes de los pilotes formen un triángulo cuyos ángulos en los pilotes sean mayores de 90°.

---

## Resultados

---

Se permite obtener un listado de errores mediante la función **Cálculo>Encepados y Pilotes>Listado Errores...** con lo que se obtiene un cuadro de diálogo donde aparecen los posibles errores de cálculo.

---

## Capas de las salidas a formato DXF/DWG

---

Las capas de salida de resultados gráficos de armado de encepados y pilotes (armado de vigas de cimentación, cuadro de encepados y pilotes y planos de croquis de la cimentación) aparecen estructurados por capas cuando se obtienen en formato DXF y DWG, de la siguiente manera:

---

<b>Capa 0:</b>	Recuadro – Cabecera
<b>Capa 1:</b>	Dibujo de elementos
<b>Capa 2:</b>	Armaduras encepados
<b>Capa 3:</b>	Textos armaduras encepados
<b>Capa 4:</b>	Textos de secciones y números
<b>Capa 5:</b>	Líneas de cotas
<b>Capa 6:</b>	Textos de cotas

---

---

## Introducción/Modificación de Pilotes Prefabricados

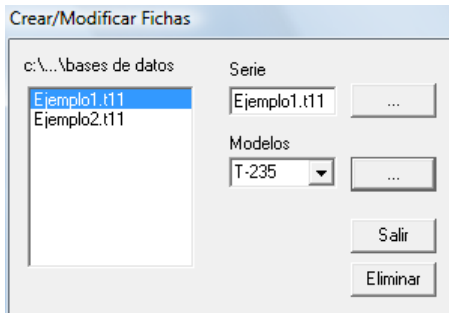
---

Con *Tricalc.11* se suministran diferentes bases de datos de pilotes prefabricados. El usuario puede modificar las series y fichas de pilotes prefabricados de la base de datos, según lo necesite.

Para introducir o modificar una serie de pilotes prefabricados, se ha de acceder al menú **Secciones>Pilotes prefabricados>Fichas....**

## Introducción de una nueva serie

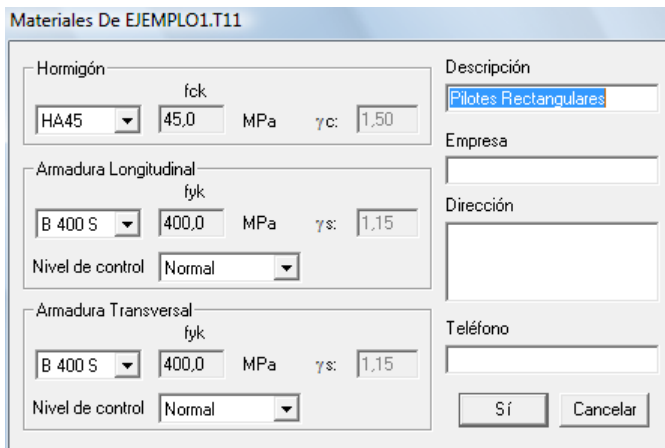
En la caja de diálogo de la función **Fichas...** se introduce el nombre de una nueva serie en la casilla **Serie** y se pulsa al botón... El programa nos preguntará si se trata de una nueva serie. Al elegir la opción **Aceptar** se crea esta serie nueva.



Es posible eliminar archivos de fichas de pilotes ya existentes mediante el botón **Eliminar**.

## Características de la serie

Una vez seleccionada una serie, al pulsar el botón... se accede a las características de la serie. Estas son:



Opción	Descripción
<b>Hormigón</b>	Se puede modificar el tipo de hormigón del pilote prefabricado y su resistencia característica en kg/cm <sup>2</sup> .
<b>Armadura longitudinal</b>	Posibilidad de modificar el tipo de acero de la armadura, su resistencia característica y su nivel de control (normal o reducido).
<b>Armadura Transversal</b>	Posibilidad de modificar el tipo de acero para la armadura transversal, su resistencia característica y el nivel de control (normal o reducido).
<b>Descripción</b>	Se puede asignar un texto de descripción a cada serie.
<b>Empresa</b>	Nombre de la empresa fabricante del forjado.
<b>Dirección</b>	Dirección de la empresa fabricante del forjado.

**Teléfono** Número telefónico de la empresa fabricante del forjado.

## Introducción de pilotes prefabricados

Para definir la geometría y el armado de cada pilote, se debe introducir un nombre en la casilla correspondiente a **Modelos** y pulsar el botón . Aparecen los siguientes campos:

**Características Pilote**

Modelo:

Descripción:

Forma:

Lado/Diámetro(cm):

Recubrimiento(mm):

Guardar  
Eliminar  
Anterior  
Siguiente  
Cancelar

**Longitudinal**

Montaje

Diámetro:

Número:

Refuerzos Yp.

Diámetro:

Número:

Refuerzos Zp.

Diámetro:

Número:

**Estribos**

Diámetro:

Núm. Yp.

Núm. Zp.

Sep (cm)

<b>Modelo</b>	Nombre del modelo que se ha introducido en la casilla.
<b>Descripción</b>	Se puede introducir un texto de descripción correspondiente a este modelo.
<b>Forma</b>	Se puede elegir entre pilotes cuadrados o circulares.
<b>Lado (cm)</b>	Tamaño del lado en pilotes cuadrados y valor del diámetro en pilotes circulares.
<b>Recubrimiento</b>	Distancia del borde de hormigón al primer redondo de armado.
<b>Longitudinal</b>	Opciones de armado longitudinal del pilote
<b>Montaje</b>	Se puede modificar el diámetro y el número de redondos.
<b>Refuerzos Y<sub>p</sub></b>	Diámetro y número de refuerzos según el eje vertical.
<b>Refuerzos Z<sub>p</sub></b>	Diámetro y número de refuerzos según la horizontal.
<b>Estribos</b>	Opciones del armado de los estribos
<b>Diámetro</b>	Valor del diámetro del redondo.
<b>Núm. Y<sub>p</sub></b>	Número de redondos según la dirección vertical.
<b>Núm. Z<sub>p</sub></b>	Número de redondos según la dirección horizontal.
<b>Sep (cm)</b>	Separación entre estribos.



## Modificación de una ficha de pilote prefabricado

---

El proceso de modificación de un pilote es semejante al descrito en el apartado anterior. Se debe acudir a **Secciones>Pilotes prefabricados** y seleccionar **Fichas...**, y en las casillas correspondientes seleccionar la serie y el modelo de pilote a modificar.

