



# Elementos de Contención



## Muros Pantalla



Manual del Usuario



**IMPORTANTE: ESTE TEXTO REQUIERE SU ATENCIÓN Y SU LECTURA**

La información contenida en este documento es propiedad de CYPE Ingenieros, S.A. y no puede ser reproducida ni transferida total o parcialmente en forma alguna y por ningún medio, ya sea electrónico o mecánico, bajo ningún concepto, sin la previa autorización escrita de CYPE Ingenieros, S.A. La infracción de los derechos de propiedad intelectual puede ser constitutiva de delito (arts. 270 y sgts. del Código Penal).

Este documento y la información en él contenida son parte integrante de la documentación que acompaña a la Licencia de Uso de los programas informáticos de CYPE Ingenieros, S.A. y de la que son inseparables. Por consiguiente está amparada por sus mismas condiciones y deberes.

No olvide que deberá leer, comprender y aceptar el Contrato de Licencia de Uso del software del que es parte esta documentación antes de utilizar cualquier componente del producto. Si NO acepta los términos del Contrato de Licencia de Uso devuelva inmediatamente el software y todos los elementos que le acompañan al lugar donde lo adquirió para obtener un reembolso total.

Este manual corresponde a la versión del software denominado por CYPE Ingenieros, S.A. como Muros Pantalla. La información contenida en este documento describe sustancialmente las características y métodos de manejo del programa o programas a los que acompaña. La información contenida en este documento puede haber sido modificada posteriormente a la edición mecánica de este libro sin previo aviso. El software al que acompaña este documento puede ser sometido a modificaciones sin previo aviso.

En su interés CYPE Ingenieros, S.A. dispone de otros servicios entre los que se encuentra el de Actualizaciones, que le permitirá adquirir las últimas versiones del software y la documentación que le acompaña. Si Ud. tiene dudas respecto a este escrito o al Contrato de Licencia de Uso del software o quiere ponerse en contacto con CYPE Ingenieros, S.A., puede dirigirse a su Distribuidor Local Autorizado o al Departamento Posventa de CYPE Ingenieros, S.A. en la dirección:

Avda. Eusebio Sempere, 5 · 03003 Alicante (España) · Tel: +34 965 92 25 50 · Fax: +34 965 12 49 50 · [www.cype.com](http://www.cype.com)

© CYPE Ingenieros, S.A.

1ª Edición (mayo, 2005)

Editado e impreso en Alicante (España)

Windows<sup>®</sup> es marca registrada de Microsoft Corporation<sup>®</sup>.

# Índice general

Presentación .....	5	1.3.7.1. Norma EHE (art. 44.2.3.4.2) .....	15
<b>Muros Pantalla .....</b>	<b>7</b>	1.3.7.2. Norma EHE-91 (art. 40.1) y resto de normas ..	15
1. Memoria de cálculo .....	7	1.3.8. Comprobación de cortante .....	15
1.1. Modelo de cálculo .....	7	1.3.8.1. EHE (art. 44.2.3) y EH-91 (art. 39.1.3.2.2) .....	15
1.2. Empujes .....	7	1.3.9. Comprobación de fisuración .....	15
1.2.1. Cálculo sísmico .....	9	1.3.9.1. Normas EH-91, REBAP, ITALIA, CIRSOC, ACI, ACI-CHILE, NTC-DF, EHE .....	16
1.2.2. Comprobaciones de estabilidad .....	9	1.3.9.2. Normas NB1 y NB-2000 .....	16
1.2.2.1. Relación entre momento equilibrante y momento desequilibrante .....	9	1.3.9.3. Norma NB1 .....	16
1.2.2.2. Reserva de seguridad de empuje pasivo en el in- tradós .....	10	1.3.9.4. Norma NB-2000 .....	16
1.2.2.3. Comprobación de la estabilidad global (Círculo de deslizamiento pésimo) .....	11	1.3.9.5. Norma EC-2 (Portugal) .....	16
1.3. Comprobación del armado .....	12	1.3.10. Comprobación de longitudes de solape .....	17
1.3.1. Recubrimiento .....	13	1.3.10.1. Norma EHE (art. 66.6.2), EH-91 (art. 41.2) y resto de normas .....	17
1.3.2. Separación mínima de armaduras .....	13	1.3.11. Comprobación de los rigidizadores horizontales ..	17
1.3.2.1. Norma EH-91 (art. 13.2.1) .....	13	1.3.12. Comprobación de los rigidizadores verticales .....	17
1.3.2.2. Norma EHE (art. 66.4.1) .....	13	1.4. Dimensionamiento del armado .....	17
1.3.2.3. Norma EC-2 (art. 5.2.1.1) y resto de normas ..	13	1.4.1. Dimensionamiento del armado vertical .....	17
1.3.3. Separación máxima de armaduras .....	13	1.4.2. Dimensionamiento del armado horizontal .....	17
1.3.3.1. Norma EH-91 (art. 39.1.3.3) .....	13	1.4.3. Dimensionamiento de los rigidizadores .....	17
1.3.3.2. Norma EHE (art. 42.3.1) .....	13	1.5. Dimensionamiento en pantallas de tablestacas metáli- cas .....	17
1.3.3.3. Norma EC-2 (art. 5.4.7) y resto de normas .....	13	1.5.1. Tensión con mayoración por esbeltez .....	18
1.3.4. Cuantía mínima geométrica .....	13	1.5.2. Tensión con excentricidad de carga en coronación 18	18
1.3.4.1. Norma EH-91 (art.38.3) .....	14	1.5.3. Esbeltez .....	18
1.3.4.1.1. Armadura vertical .....	14	1.6. Dimensionamiento en pantallas de micropilotes .....	18
1.3.4.1.2. Armadura horizontal .....	14	2. Descripción del programa .....	19
1.3.4.2. Norma EHE (art. 42.3.5) y resto de normas ...	14	2.1. Asistentes .....	19
1.3.4.2.1. Armadura vertical .....	14	2.1.1. Asistente 1. Pantallas de hormigón armado en edifi- cación .....	20
1.3.4.2.2. Armadura horizontal .....	14	2.1.1.1. Datos generales .....	20
1.3.5. Cuantía máxima geométrica .....	14	2.1.1.2. Terreno .....	20
1.3.6. Cuantía mínima mecánica .....	14	2.1.1.3. Etapas intermedias de excavación .....	21
1.3.6.1. Norma EHE (art. 42.3.2), EH-91 (art 38.1) y resto de normas .....	14	2.1.1.4. Forjados (fases de construcción) .....	21
1.3.7. Comprobación de flexocompresión .....	15	2.1.1.5. Fase de servicio (obra terminada) .....	21
		2.1.2. Asistente 2. Pantallas de hormigón armado para edi- ficios de uno o dos sótanos .....	22
		2.1.2.1. Edificación .....	22
		2.1.2.2. Medianerías .....	22
		2.1.2.3. Terreno .....	22

2.1.2.4. Información .....	23
2.2. Modo de trabajo .....	23
2.3. Asistente .....	23
2.4. Listados .....	23
2.5. Planos .....	23

## Presentación

**Muros Pantalla** es un programa diseñado para el dimensionado y comprobación de muros pantalla de los siguientes tipos:

- Hormigón armado
- Pilotes de hormigón armado in situ
- Tablestacas metálicas
- Cortina de micropilotes
- Genéricas, de cualquier material, en cuyo caso sólo se obtienen los esfuerzos. Admite diferentes estratos con las características obtenidas a partir de una biblioteca de terrenos habituales. También puede el usuario definir sus propios terrenos. Puede haber también nivel freático y estrato de roca.

Puede definir las diferentes fases o etapas de construcción, indicando diferentes profundidades de excavación, puntales o codales, anclajes activos y pasivos (provisionales o permanentes), etc. Considera el terreno de acuerdo a las gráficas de comportamiento de deformación . empujes (activo, reposo, pasivo), modelando muelles por medio del coeficiente de balasto, realizándose las iteraciones precisas en cada fase para obtener la convergencia de resultados.

Permite el cálculo sísmico de la pantalla.

Obtiene listados de todos los datos introducidos, dibujo de las fases constructivas, resultados del cálculo y dibujo de las leyes de esfuerzos y deformaciones para cada fase o en el conjunto de fases seleccionado, y planos de despiece de la armadura para los muros pantalla de hormigón armado o de pilotes de hormigón armado in situ.

También dispone de un sencillo y fácil asistente para generar todas las fases y el dimensionado para muros pantalla de edificios de uno o dos sótanos.

Los listados pueden dirigirse a impresora (con vista preliminar opcional, ajuste de página, etc.) o bien pueden generarse ficheros HTML, PDF y TXT.

Los planos pueden exportarse a impresora, DXF, DWG o a cualquier periférico gráfico.



# Muros Pantalla

## 1. Memoria de cálculo

### Muy importante

Debe tener en cuenta que el programa calcula los muros pantalla como elementos estructurales sometidos a los empujes de los diferentes terrenos y cargas exteriores aplicados a los mismos.

No se realizan comprobaciones geotécnicas, tales como la determinación de su resistencia por punta, resistencia por fuste, sifonamiento, etc., que deben ser objeto de un estudio complementario a partir del informe geotécnico, así como los elementos como codales o puntales, tipo de anclaje, su tipo, diámetro, longitud de anclaje, etc., que exigen igualmente su estudio estructural complementario.

### 1.1. Modelo de cálculo

El modelo de cálculo empleado consiste en una barra vertical cuyas características mecánicas se obtienen por metro transversal de pantalla. Sobre dicha pantalla actúan: el terreno, tanto en el trasdós como en el intradós, las cargas sobre el terreno, los elementos de contención lateral como puntales, anclajes activos y anclajes pasivos, los elementos constructivos como son los forjados y las cargas aplicadas en la coronación.

La introducción de elementos de contención como puntales, anclajes activos y anclajes pasivos introducen condiciones de contorno a la pantalla que se materializan a través de muelles de rigidez igual a la rigidez axil del elemento.

Cuando se introduce un estrato de roca, el programa considera que la pantalla se encuentra empotrada si ésta se in-

troduce una longitud mayor o igual a dos veces el espesor de la pantalla. Entre 20 cm y dos veces el espesor se considera que la pantalla apoya en dicho estrato, es decir, se permite el giro, pero no el desplazamiento en ese punto.

La discretización de la pantalla se realiza cada 25 cm, obteniendo para cada punto el diagrama de comportamiento del terreno. Además, se añaden sobre la misma los puntos en los cuales se sitúan las coacciones laterales.

### 1.2. Empujes

Los empujes que sobre la pantalla realiza el terreno dependen de los desplazamientos de ésta. Para tener en cuenta esta interacción se utilizan unos diagramas de comportamiento del terreno como el representado en la figura siguiente:

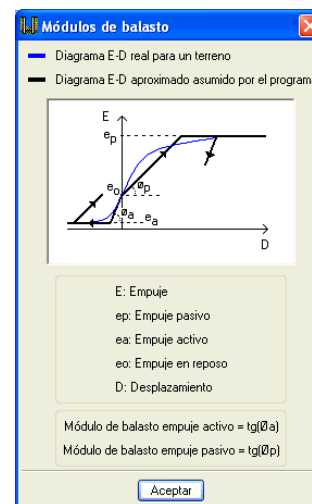


Fig. 1.1

Los puntos significativos de la gráfica,  $e_a$ ,  $e_p$  y  $e_o$ , son los conocidos empuje activo, pasivo y reposo respectivamente. Los desplazamientos límite activo y pasivo se representan por  $\delta_a$  y  $\delta_p$ . Estos desplazamientos se obtienen a través de los módulos de balasto activo y pasivo introducidos por el usuario.

El programa calcula los coeficientes de empuje según la siguiente formulación:

- Empuje al reposo: fórmula de Jaky
- Empuje activo: fórmula de Coulomb
- Empuje pasivo: fórmula de Coulomb

Para obtener información sobre el cálculo de estos empujes consulte el **Anejo Cálculo de empujes**.

Los valores del módulo de balasto, como cualquier parámetro geotécnico, son de difícil estimación. En el programa se dan unos valores orientativos de algunos tipos de terrenos, pero se recomienda acudir a literatura especializada y recurrir a ensayos empíricos de placa de carga para mayor precisión. Normalmente, si se ha hecho un estudio geotécnico, éste le debe proporcionar el valor exacto de este módulo para las dimensiones que va a tener la pantalla.

Estos módulos de balasto vienen a representar la rigidez del terreno en un punto, y puede ser diferente según el sentido del desplazamiento.

Además, puesto que la rigidez del terreno suele aumentar con la profundidad, puede considerarse una variación lineal de la misma que el usuario introduce a través del parámetro conocido como gradiente del módulo de balasto, que no es más que el incremento de dicho módulo por metro de profundidad.

En dicho diagrama se considera que el terreno se comporta plásticamente, de manera que entre una fase y la siguiente se actualiza el diagrama como se muestra en la

figura, donde  $\delta_{ant}$  es el desplazamiento de la fase anterior:

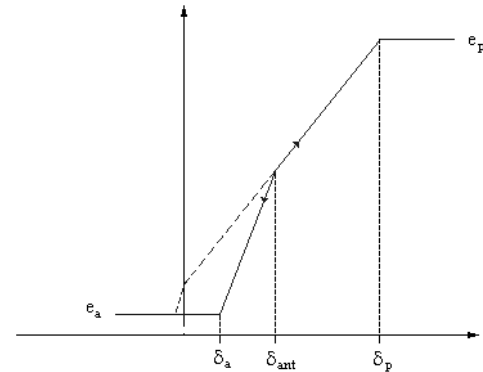


Fig. 1.2

Si la pantalla continúa desplazándose a la derecha se obtiene un punto que se mueve por la rama de carga mientras que si cambia el sentido de su desplazamiento el empuje variará según la rama de descarga que pasa por el punto inicial.

En los puntos de la pantalla donde existe terreno tanto en el trasdós como en el intradós el diagrama de comportamiento empleado se obtiene como suma de los diagramas correspondientes a la profundidad en uno y otro lado de la pantalla.

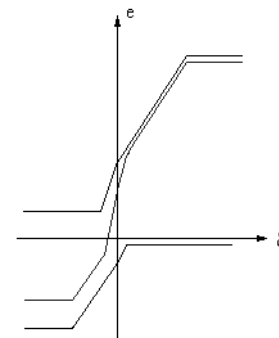


Fig. 1.3



### 1.2.1. Cálculo sísmico

La acción sísmica hace que el empuje sobre los muros aumente transitoriamente.

El empuje activo en condiciones sísmicas es mayor que el correspondiente a la situación estática.

De forma similar, el empuje pasivo que puede transmitir el muro contra el terreno puede reducirse notablemente durante los sismos. El empuje pasivo en condiciones sísmicas es menor que el correspondiente a la situación estática.

Para la evaluación de los empujes se ha empleado el método pseudoestático, con los coeficientes de empuje dinámicos basados en las ecuaciones de Mononobe-Okabe. Para más información consulte el **Anejo Cálculo de empujes**.

En los resultados de cada fase constructiva se muestran dos gráficas: la primera sin acciones de sismo y la segunda con la acción de sismo.

Igualmente, en los listados de esfuerzos, resultados de elementos de anclaje, etc., aparecen ambos casos.

### 1.2.2. Comprobaciones de estabilidad

#### 1.2.2.1. Relación entre momento equilibrante del empuje pasivo en intradós y momento desequilibrante de empuje activo en el trasdós

En el menú **Obra > Opciones** es posible definir los coeficientes de seguridad para realizar esta comprobación.

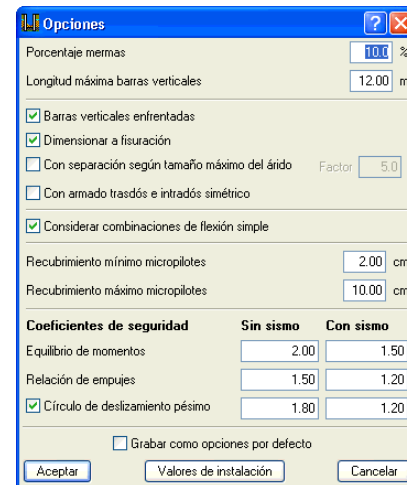


Fig. 1.4

Este coeficiente representa, para cada fase, la relación entre el momento equilibrante producido por el empuje pasivo en el intradós, respecto al momento desequilibrante producido por el empuje activo en el trasdós. Ambos momentos se calculan respecto a la cota de fondo del muro pantalla, cuando esté en voladizo, o respecto a la cota del apoyo, en el caso de que éste sea único. Si existen más de un apoyo, la pantalla está equilibrada y no es necesario calcular este coeficiente.

Puede definir coeficientes diferentes para las comprobaciones **con sismo** y para las de **sin sismo**.

El programa muestra los resultados de cada fase en los listados de **Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad)**. A este listado podrá acceder seleccionando el botón **Listados de la obra** que se encuentra en la parte derecha de la barra de herramientas. También se incluyen estos datos en los listados que el programa permite visualizar e imprimir tras utilizar la opción **Comprobar** del menú **Cálculo**. Recuerde que si existen

más de un apoyo, la pantalla está equilibrada y no es necesario calcular este coeficiente. Por este motivo en las fases donde suceda esto, en sus listados aparecerá el texto **"No procede"**.

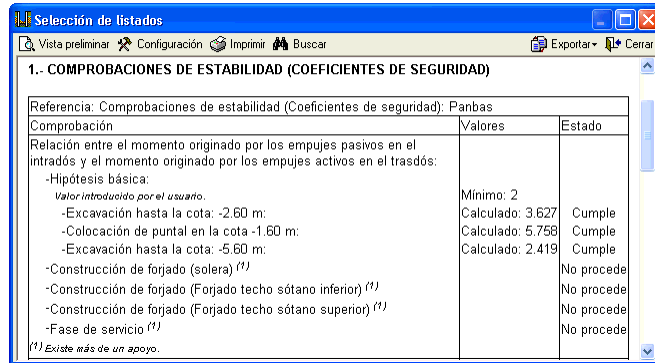


Fig. 1.5

### 1.2.2.2. Reserva de seguridad de empuje pasivo en el intradós

En el menú **Obra > Opciones** es posible definir los coeficientes de seguridad para realizar esta comprobación.

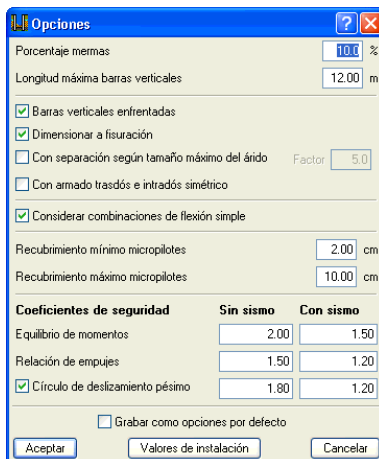


Fig. 1.6

Este coeficiente representa, para cada fase, la relación entre el empuje pasivo total movilizable y el empuje pasivo realmente movilizado en el intradós. Si existen más de un apoyo, la pantalla está equilibrada y no es necesario calcular este coeficiente.

Puede definir coeficientes diferentes para las comprobaciones **con sismo** y para las de **sin sismo**.

El programa muestra los resultados de cada fase en los listados de **Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad)**. A este listado podrá acceder seleccionando el botón **Listados de la obra** que se encuentra en la parte derecha de la barra de herramientas. También se incluyen estos datos en los listados que el programa permite visualizar e imprimir tras utilizar la opción **Comprobar** del menú **Cálculo**. Recuerde que si existen más de un apoyo, la pantalla está equilibrada y no es necesario calcular este coeficiente. Por este motivo en las fases donde suceda esto, en los listados aparecerá el texto: **"No procede"**.

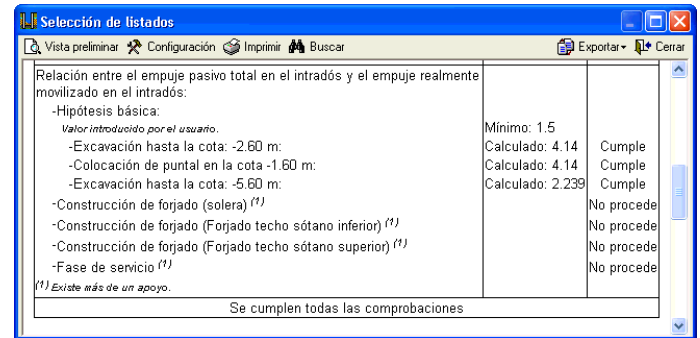


Fig. 1.7

### 1.2.2.3. Comprobación de la estabilidad global (Círculo de deslizamiento pésimo)

El programa puede analizar la estabilidad global, mediante la obtención del círculo de deslizamiento pésimo. Se puede consultar en pantalla (en la fase que se está visualizando) mediante la opción **Círculo de deslizamiento pésimo** del menú **Fase** (Fig. 1.8).

La comprobación del círculo de deslizamiento pésimo se realiza en las fases en las que todavía no existe ningún forjado construido, pues en las fases en las que éstos entran en funcionamiento se supone que la construcción hasta el momento realizada impide el desarrollo del círculo de deslizamiento. El resultado puede aparecer en el listado de **Comprobaciones de estabilidad (Círculo de)**

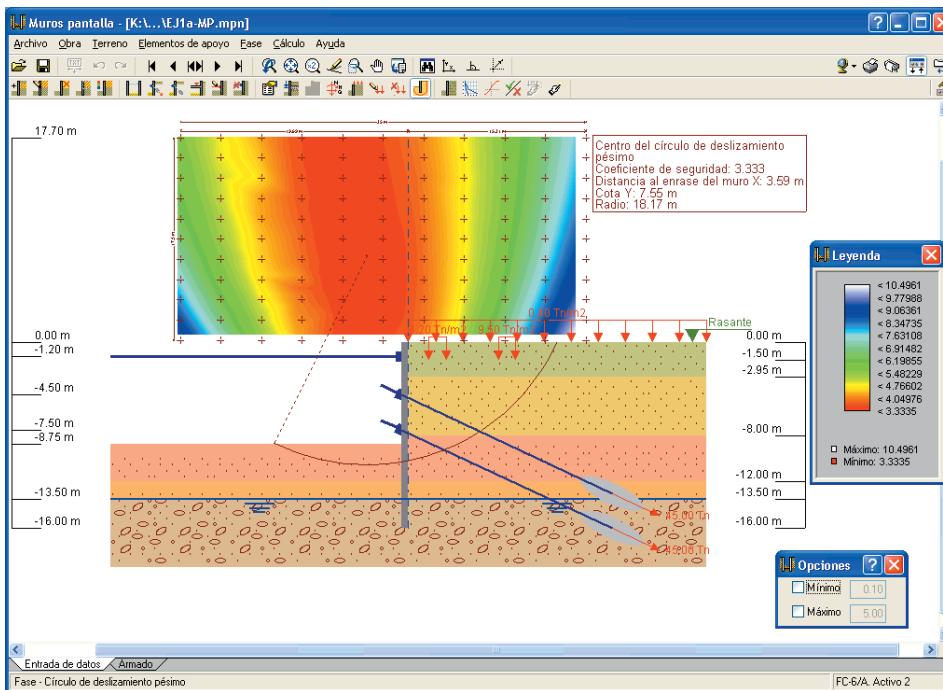


Fig 1.8

**deslizamiento pésimo**). A este listado podrá acceder seleccionando el botón **Listados de la obra** que se encuentra a la derecha de la barra de herramientas.

Se incluyen también estos datos en los listados que el programa permite visualizar e imprimir tras utilizar la opción **Comprobar** del menú **Cálculo**.

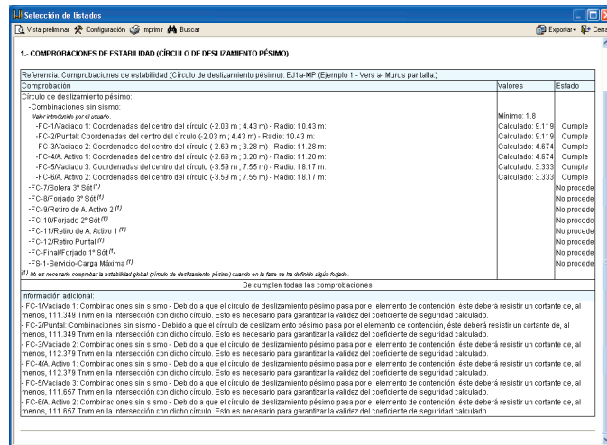


Fig. 1.9

En el menú **Obra > Opciones** es posible definir los coeficientes de seguridad para la comprobación del círculo de deslizamiento. Puede definir coeficientes diferentes para las comprobaciones **con sismo** y para **sin sismo**.

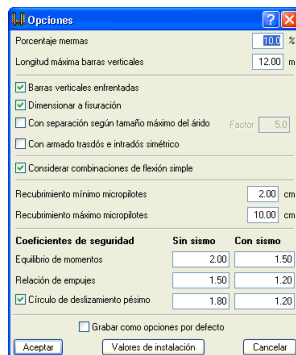


Fig. 1.10

*Si desea más información sobre la **comprobación de la estabilidad global** consulte el **Anejo Cálculo círculo de deslizamiento**.*

### 1.3. Comprobación del armado

A continuación, se detallan todas las comprobaciones que se realizan para el armado de una pantalla de hormigón. En primer lugar, se realiza la comprobación del armado horizontal y vertical, verificando que se satisfacen tanto los criterios geométricos como resistentes. Posteriormente se comprueban los rigidizadores.

Para las comprobaciones resistentes se establecen secciones de comprobación cada 0.25 m. En cada una de las secciones se obtienen los esfuerzos de cálculo a partir los resultados de cada una de las fases, según las siguientes hipótesis:

- **H1:** Axil, cortante y flector de cada fase multiplicados por el coeficiente de mayoración.
- **H2:** Axil nulo, cortante y flector multiplicados por el coeficiente de mayoración.

Para las comprobaciones de estados límite últimos se emplea el coeficiente de mayoración introducido por el usuario, en función de si se trata de una fase constructiva o de servicio. Para las comprobaciones de estados límite de servicio (fisuración) los coeficiente de mayoración se toman iguales a la unidad.

Los esfuerzos se calculan siempre por panel y la verificación se realiza tomando como área resistente del mismo la indicada en la siguiente figura.

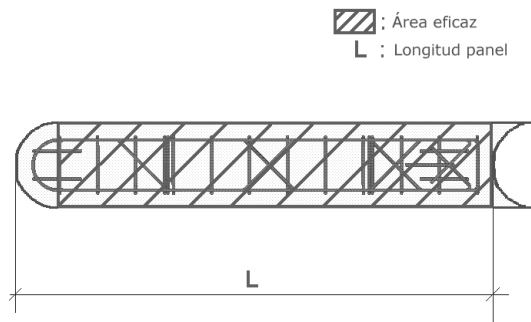


Fig. 1.11

### 1.3.1. Recubrimiento

Por tratarse de un elemento hormigonado contra el terreno, el recubrimiento geométrico de la armadura debe ser mayor que 7 cm, según criterio de J. Calavera, *Manual de Detalles Constructivos en Obras de Hormigón Armado*.

### 1.3.2. Separación mínima de armaduras

Para permitir un correcto hormigonado se exige una separación libre mínima entre armaduras según norma. Los valores mínimos para las separaciones han sido los siguientes:

#### 1.3.2.1. Norma EH-91 (art. 13.2.1)

La separación libre horizontal entre dos armaduras aisladas consecutivas será igual o mayor a los tres valores siguientes:

- Dos centímetros
- El diámetro de la mayor
- 1.25 x tamaño máximo de árido

La separación libre vertical cumplirá los apartados a) y b) anteriores.

#### 1.3.2.2. Norma EHE (art. 66.4.1)

La separación libre vertical y horizontal entre dos armaduras aisladas consecutivas cumplirá lo indicado en los apartados a) b) y c) citados anteriormente.

#### 1.3.2.3. Norma EC-2 (art. 5.2.1.1) y resto de normas

La separación libre vertical y horizontal entre dos armaduras aisladas consecutivas cumplirá lo indicado en los apartados a) y b) citados anteriormente.

### 1.3.3. Separación máxima de armaduras

Se establece esta limitación con el fin de que no queden zonas sin armado. Se puede considerar que es una condición mínima para poder hablar de hormigón armado frente a hormigón en masa. Los valores máximos permitidos para las separaciones según norma son los siguientes:

#### 1.3.3.1. Norma EH-91 (art. 39.1.3.3)

Separación  $\leq 30$  cm

#### 1.3.3.2. Norma EHE (art. 42.3.1)

Separación  $\leq 30$  cm

#### 1.3.3.3. Norma EC-2 (art. 5.4.7) y resto de normas

Separación  $\leq 30$  cm

### 1.3.4. Cuantía mínima geométrica

Con el fin de controlar la fisuración debida a deformaciones originadas por los efectos de temperatura y retracción se imponen unos mínimos de cuantía que varían según norma.

### 1.3.4.1. Norma EH-91 (art.38.3)

En el caso de muros, la antigua norma española **EH-91** exige unas cuantías mínimas que vienen indicadas en la siguiente tabla en valores de tanto por mil con respecto a la sección total de hormigón.

	Acero AEH-400	Acero AEH-500
<b>Armadura horizontal</b>	2.0	1.6
<b>Armadura vertical</b>	1.2	0.9

Tabla 1.1

Las cuantías mínimas indicadas se deben repartir entre las dos caras con la condición de que ninguna de ellas contenga una cuantía inferior a un tercio de la indicada.

#### 1.3.4.1.1. Armadura vertical

El reparto de la cuantía se ha realizado tomando 2/3 de la cuantía para la armadura traccionada, y 1/3 en la comprimida.

#### 1.3.4.1.2. Armadura horizontal

En la tabla se indica la cuantía total, que se reparte entre ambas caras.

### 1.3.4.2. Norma EHE (art. 42.3.5) y resto de normas

En el caso de muros la actual norma española exige unas cuantías mínimas que vienen indicadas en la siguiente tabla con valores de tanto por mil con respecto a la sección total de hormigón.

	Acero B 400 S	Acero B 500 S
<b>Armadura horizontal</b>	4.0	3.2
<b>Armadura vertical</b>	1.2	0.9

Tabla 1.2

#### 1.3.4.2.1. Armadura vertical

La cuantía que indica la tabla es el mínimo para la armadura traccionada. Para la armadura comprimida, se comprueba que la cuantía mínima sea al menos el 30 % de la anterior.

#### 1.3.4.2.2. Armadura horizontal

Al igual que para la **EH-91**, la cuantía indicada en la tabla es la total. La norma permite reducir los mínimos geométricos a la mitad si la separación entre juntas es inferior a 7.5 m. Para el cálculo se toma como separación entre juntas la longitud de los paneles.

### 1.3.5. Cuantía máxima geométrica

Se imponen un máximo para la cuantía de armadura vertical total del 4%, basado en el artículo 5.4.7.2 del **EC-2**.

### 1.3.6. Cuantía mínima mecánica

Para la armadura vertical se exigen unas cuantías mínimas mecánicas para que no se produzcan roturas frágiles al fisurarse la sección debido a los esfuerzos de flexocompresión.

#### 1.3.6.1. Norma EHE (art. 42.3.2), EH-91 (art 38.1) y resto de normas

Si la armadura de tracción dada por el cálculo es  $A_s < 0.04 f_{cd} / f_{yd} \times A_c$  se comprueba que se dispone como armadura de tracción al menos  $\alpha A_s$ , donde:  
 $\alpha = 1.5 - 12.5 \times A_s \times f_{yd} / (A_c \times f_{cd})$ .

Además, se comprueba en los casos de solicitaciones de flexión compuesta ( $N_d > 0$ ) que la cuantía de armadura de compresión ( $A'_s / A_c$ ) sea superior a:  
 $(A'_s / A_c) \geq 0.05 N_d / (f_{yd} \times A_c)$ .

Para la armadura horizontal, se comprueba que se ha dispuesto al menos un 20% de la vertical.

### 1.3.7. Comprobación de flexocompresión

La comprobación resistente de la sección se realiza utilizando como ley constitutiva del hormigón el diagrama tensión-deformación simplificado parábola-rectángulo apto para delimitar la zona de esfuerzos de rotura a flexocompresión de la de no rotura de una sección de hormigón armado.

La comprobación a flexocompresión está implementada para todas las normas que permite utilizar el programa con sus correspondiente peculiaridades en cuanto a la integración de tensiones en la sección y los pivotes que delimitan las máximas deformaciones permitidas a los materiales que constituyen la sección (acero y hormigón).

Al realizar la comprobación de flexocompresión se tiene la precaución de que las armaduras se encuentren ancladas con el fin de poder considerarlas efectivas en el cálculo a flexocompresión.

Además como los esfuerzos de flexocompresión actúan conjuntamente con el esfuerzo cortante se produce una interacción entre ambos esfuerzos. Este fenómeno se tiene en cuenta decalando la ley de momentos flectores una determinada distancia en el sentido que resulte más desfavorable. Estas consideraciones vienen indicadas en las distintas normas consultadas tal y como se indica a continuación.

#### 1.3.7.1. Norma EHE (art. 44.2.3.4.2)

Según esta norma considerando la simplificación de que se carece de armadura transversal, la interacción entre la flexión y el cortante se tiene en cuenta decalando la ley de momentos una magnitud:  $z \times \cot \alpha$ , siendo  $z$  el brazo mecánico de la sección para la combinación de solicitaciones dada, y  $\alpha$  el ángulo de inclinación de bielas (se ha tomado por defecto un ángulo de inclinación de bielas de  $45^\circ$ ).

#### 1.3.7.2. Norma EHE-91 (art. 40.1) y resto de normas

Considera un decalaje de la ley de momentos de un canto útil  $d$ , lo cual está del lado de la seguridad respecto al cálculo que se realiza con la norma **EHE**.

### 1.3.8. Comprobación de cortante

La comprobación de este estado límite último se realiza, al igual que en el caso de flexocompresión, en distintas alturas de la pantalla. Al no tener armadura transversal en la sección, sólo se considera la contribución del hormigón en la resistencia a corte.

El valor de la contribución del hormigón al esfuerzo cortante se evalúa a partir de un término  $V_{cu}$  que se obtiene de manera experimental. Este término se incluye habitualmente dentro de la comprobación del cortante de agotamiento por tracción en el alma de la sección. En la aplicación se han considerado las distintas expresiones que evalúan esta componente  $V_{cu}$  según la norma elegida:

#### 1.3.8.1. EHE (art. 44.2.3) y EH-91 (art. 39.1.3.2.2)

En el caso de la norma **EHE**, el criterio propio de la misma en general resulta demasiado restrictivo para espesores grandes, por lo que se muestran adicionalmente los criterios de la **EH-91**.

### 1.3.9. Comprobación de fisuración

El Estado Límite de Fisuración es un estado límite de servicio que se comprueba con la finalidad de controlar la aparición de fisuras en las estructuras de hormigón, en nuestro caso, un muro pantalla. En el caso de muros el control de la fisuración es muy importante puesto que ésta se produce primordialmente en la cara del trasdós. Ésta es una zona que no se puede observar habitualmente, donde es posible que proliferen la corrosión de las armaduras. Se puede producir el deterioro de la estructura sin que se

aprecien fácilmente los efectos negativos que se estén produciendo sobre el muro.

Se trata de controlar las fisuras que originan las acciones que directamente actúan sobre el muro, (terreno, nivel freático, sobrecargas...) y no las fisuras debidas a retracción y temperatura, que ya son tenidas en cuenta al considerar los mínimos geométricos.

Para el cálculo de la abertura límite de fisura se ha seguido un proceso simplificado en flexión simple, con el cual se obtienen resultados del lado de la seguridad con respecto a los que se pueden obtener de aplicar los métodos en flexocompresión.

Para las distintas normas empleadas en el programa se sigue el método general de cálculo de la abertura de fisura y se comparan los resultados obtenidos con los límites que impone cada norma según el tipo de exposición o ambiente en el cual se encuentre inmersa nuestra estructura.

Las formulaciones empleadas para las distintas normas han sido las siguientes:

### **1.3.9.1. Normas EH-91, REBAP, ITALIA, CIRSOC, ACI, ACI-CHILE, NTC-DF, EHE**

Se ha empleado el método general del cálculo de la anchura característica de fisura de la **EH-91** (art. 44.3) y de la **EHE** (art. 49.2.5). La anchura característica de fisura se calcula como:

$$Wk = 1.7 s_m \times e_{sm}$$

siendo,

$s_m$ : separación media de fisuras en la zona de recubrimiento  
 $e_{sm}$ : alargamiento medio de las armaduras en la zona de recubrimiento teniendo en cuenta la colaboración del hormigón entre fisuras.

Las expresiones para estos dos valores se pueden encontrar en los artículos citados de las normas españolas.

### **1.3.9.2. Normas NB1 y NB-2000**

Se evalúan las aberturas características de fisura de acuerdo con lo indicado en el articulado correspondiente a estas normas.

#### **1.3.9.3. Norma NB1**

Art. 4.2.2.

#### **1.3.9.4. Norma NB-2000**

Art. 17.2.2.1.

#### **1.3.9.5. Norma EC-2 (Portugal)**

Art. 4.4.2.4. La anchura de fisura se calcula según la siguiente relación:

$$wk = \beta \times s_{rm} \times e_{sm}$$

siendo,

$wk$ : abertura característica de fisura

$s_{rm}$ : separación media entre fisuras

$\beta$ : coeficiente que relaciona la anchura media de fisura con el valor de cálculo.

El desarrollo de esta formulación puede consultarse en el articulado correspondiente.

A diferencia de los estados límite últimos de flexocompresión y cortante, en los cuales utilizábamos las combinaciones de acciones correspondientes a los estados límite últimos, en el caso de la fisuración se emplean las combinaciones de acciones correspondientes a las acciones características.

El programa opera calculando la abertura característica de fisura  $wk$  para todas las hipótesis. Se repite el cálculo a diferentes cotas de la pantalla al igual que se procede en las comprobaciones de flexocompresión y de cortante. Se extrae el valor más desfavorable y se compara con el valor de la abertura de fisura límite que indica cada norma. De este modo, es posible averiguar si se cumple o no este estado límite de servicio.



### 1.3.10. Comprobación de longitudes de solape

El cálculo de las longitudes de solape se ha realizado de la siguiente forma según las distintas normativas implementadas:

#### 1.3.10.1. Norma EHE (art. 66.6.2), EH-91 (art. 41.2) y resto de normas

La longitud de solape para cada una de las armaduras se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$l_s = \alpha \times l_{b \text{ neta}}$$

siendo,

$l_s$ : longitud de solape

$l_{b \text{ neta}}$ : longitud neta de anclaje de la barra solapada (EHE art. 66.5.2)

$\alpha$ : coeficiente según el porcentaje de barras solapadas y la distancia entre los empalmes de barras más próximos.

### 1.3.11. Comprobación de los rigidizadores horizontales

Se comprueba que el diámetro de los rigidizadores es, como mínimo, igual al del armado base y que éstos se distribuyen uniformemente a lo largo de toda la longitud de la pantalla, de forma que la separación entre los mismos sea menor o igual a 2.5 m.

Estos criterios son comunes a todas las normas y se han extraído de la *NTE, Acondicionamiento del Terreno, Cementaciones*.

### 1.3.12. Comprobación de los rigidizadores verticales

Las comprobaciones realizadas son análogas a las de los rigidizadores horizontales, pero se comprueba en este caso que la separación entre los mismos sea menor o igual a 1.5 m.

## 1.4. Dimensionamiento del armado

### 1.4.1. Dimensionamiento del armado vertical

Del total de entradas de la tabla de armado, se selecciona la más económica de todas las que cumplan los criterios de separación, cuantía y resistencia. El armado base, además de cumplir los criterios de separación y cuantía mínima, debe cubrir al menos un 50% del momento máximo. En las zonas en las que dicho armado base no cumpla las comprobaciones de flexocompresión y fisuración, se disponen refuerzos.

En caso de que las longitudes de las barras sean superiores a la máxima introducida por el usuario, se generan los solapes necesarios.

### 1.4.2. Dimensionamiento del armado horizontal

De todas las entradas de la tabla de armado, se selecciona la más económica de las que cumplan los criterios de separación y cuantía descritos anteriormente para la armadura horizontal.

### 1.4.3. Dimensionamiento de los rigidizadores

El diámetro del rigidizador, tanto vertical como horizontal, será igual al mayor diámetro de entre el armado del trasdós y el del intradós. Se dispone un número tal que la separación de los rigidizadores horizontales sea como máximo de 2.5 m y la de los verticales de 1.5 m.

## 1.5. Dimensionamiento en pantallas de tablestacas metálicas

Una vez elegida una serie y un perfil dentro de la serie, se procede al dimensionado. En el caso de que no cumpla el perfil elegido, el programa coloca el siguiente en la serie y

vuelve a calcular la pantalla, ya que al variar el perfil varían también los esfuerzos. A continuación se vuelve a comprobar, y si tampoco cumple se repite el proceso.

Las comprobaciones que se hacen en este tipo de pantallas son la siguientes.

### **1.5.1. Tensión con mayoración por esbeltez**

Tensión de Von Misses calculada a partir de la tensión normal (función del axil, coeficiente de pandeo debido a la esbeltez, momento flector y módulo resistente) y la tensión tangencial (función del cortante y el área resistente a cortante).

### **1.5.2. Tensión con excentricidad de carga en coronación**

En este caso, en lugar de multiplicarse el axil por el coeficiente de pandeo como en el caso anterior, se tiene en cuenta un momento adicional calculado como el axil de coronación por la excentricidad máxima producida por la deformación de la pantalla.

### **1.5.3. Esbeltez**

Al ser un elemento comprimido se comprueba que la esbeltez de la tablestaca no supere el valor recomendado por norma.

## **1.6. Dimensionamiento en pantallas de micropilotes**

Las pantallas de micropilotes son elementos cilíndricos, perforados in situ, armados con tubería de acero e inyectado con lechada o mortero de cemento, y cuyos diámetros no superan normalmente los 30 cm. Se define el diámetro exterior o diámetro de la excavación, y el programa dimensiona el tubo cilíndrico de acero definible en biblioteca. El dimensionado del micropilote se realiza en flexión-compresión esviada. Para el cálculo de la sección de hormigón en estados límites últimos se emplean el método de la parábola-rectángulo, con los diagramas tensión-deformación del hormigón y del acero. A partir de la serie del perfil seleccionado para la obra, se comprueban de forma secuencial creciente todos los perfiles de la serie. Se establece la compatibilidad de esfuerzos y deformaciones y se comprueba que no se superan las tensiones del hormigón y del acero ni sus límites de deformación. Se considera la excentricidad mínima o accidental, así como la excentricidad adicional de pandeo según la norma, limitando el valor de la esbeltez mecánica, de acuerdo a lo indicado en la norma.

La longitud de pandeo considerada es la libre en cada fase, teniendo en cuenta que la parte enterrada totalmente se considera que no puede pandear, o bien la distancia entre puntos de momento nulo (cuando existen forjados, puntales, etc., que produzcan inflexiones en la ley de momentos flectores).

El dimensionado máximo del tubo circular estará limitado por el diámetro del micropilote.

## 2. Descripción del programa

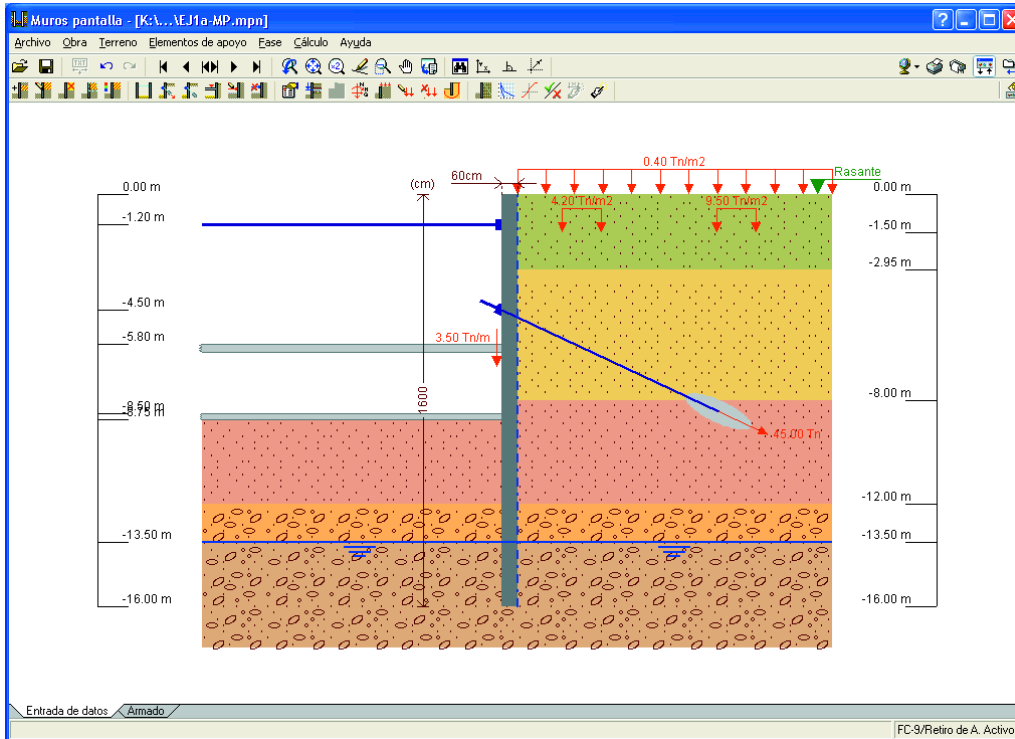


Fig. 2.1

### 2.1. Asistentes

Al crear una obra nueva se desplegará el diálogo **Selección de asistente**.

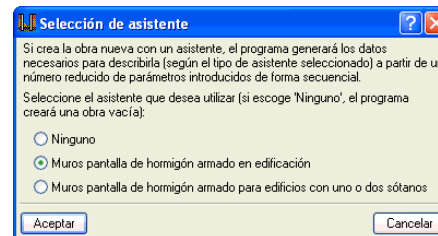


Fig. 2.2

Si crea la obra nueva con un asistente, el programa generará los datos necesarios para describirla, según el tipo de asistente seleccionado, a partir de un número reducido de parámetros introducidos de forma secuencial. Incluye la generación del proceso constructivo y predimensionamiento de la geometría de una pantalla de hormigón armado excavada por fases con apuntalamientos sucesivos (temporales o permanentes), que soporta varios forjados a distintas alturas y contemplando la posibilidad de construcciones medianeras. Genera, además, una última etapa de servicio en la cual el edificio puede cargar a la pantalla en su coronación. Cualquier dato generado puede revisarlo y/o modificarlo una vez generada la obra.

El predimensionado del espesor de la pantalla es  $H/20$  (siendo  $H$  la profundidad de la excavación), con un mínimo de 45 cm y un máximo de 100 cm. Los redondeos se producen a valores de 45, 60, 80 y 100.

La altura total de la pantalla varía entre  $2H$  y  $1.4H$ , dependiendo de si la excavación tiene apuntalamientos o no. Según el número de fases a excavar, se tomará un valor intermedio del rango anterior. Si existe roca a una profundidad menor se llevará la pantalla hasta ella profundizando 20 cm, que es el mínimo para considerar que la pantalla se articula en ese punto.

Para conocer las aproximaciones efectuadas lea las ayudas en cada diálogo del asistente.

Existen dos tipos de asistentes:

### 2.1.1. Asistente 1. Pantallas de hormigón armado en edificación

Asistente para generar pantallas de varios niveles. Aparecen sucesivas ventanas de entrada de datos cuyas opciones disponen de ayuda en pantalla. Antes de continuar es necesario destacar que cuando se habla de cota tiene que indicar el signo negativo, ya que se toma como cota 0 la de la rasante superior del terreno.

#### 2.1.1.1. Datos generales

Debe indicar la profundidad total de la excavación.

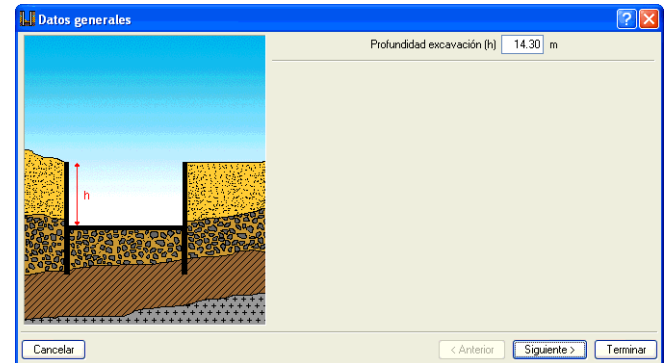


Fig. 2.3

#### 2.1.1.2. Terreno

Posible existencia de nivel freático, roca, y sobrecarga sobre el terreno en el trasdós. Además, deberá configurar los diferentes estratos del terreno a contener.

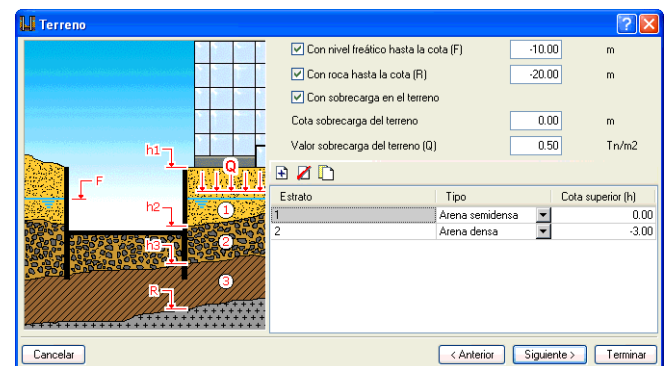


Fig. 2.4

### 2.1.1.3. Etapas intermedias de excavación

Debe definir el número de etapas de excavación en las que se colocan anclajes, y en cada una de ellas debe indicar su cota y tipo de anclaje (puntal, anclaje activo permanente o provisional, anclaje pasivo permanente o provisional). El anclaje tiene su propia cota. Para cada etapa de excavación, el asistente generará 2 fases. La primera es la excavación del terreno y la segunda, la colocación del anclaje. Las cotas de las etapas de excavación no podrán ser mayores en valor absoluto que la profundidad de excavación indicada en la primera ventana del asistente, **Datos generales**. Si, por ejemplo, la profundidad total de excavación es de 9 m y sus etapas de excavación son de 3 m, tan solo debe definir aquí dos etapas. La primera, a cota -3 m y la segunda, a -6 m. El programa generará automáticamente la última etapa de excavación sin la fase de anclaje.



Fig. 2.5

### 2.1.1.4. Forjados (fases de construcción)

Lista de forjados y cimentación (si ésta ejerce un efecto de arriostamiento) indicando su cota superior, canto y cortante (en T/m) en fase de construcción. Se define como forjado; por tanto, también la cimentación por losa. La cota superior de la losa menos el canto debe coincidir con la cota del fondo de la excavación; en este caso:  $-13.50 - 0.80 = -14.30$ .

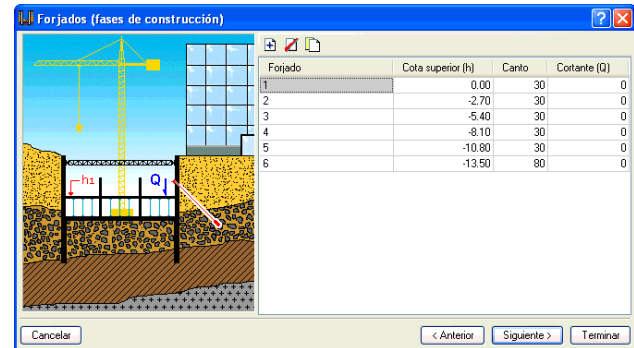


Fig. 2.6

### 2.1.1.5. Fase de servicio (obra terminada)

Cargas en coronación de la pantalla y los cortantes en fase de servicio que transmiten a la pantalla los forjados de sótano.

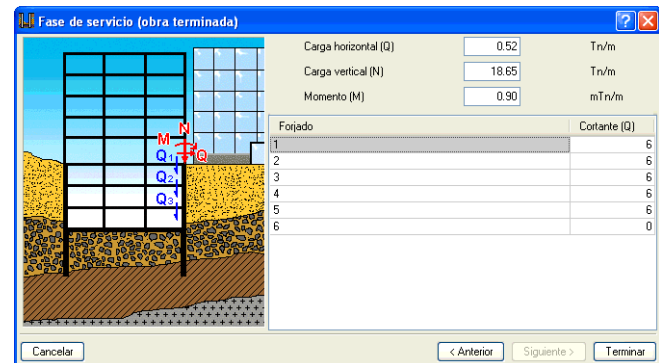


Fig. 2.7

## 2.1.2. Asistente 2. Pantallas de hormigón armado para edificios de uno o dos sótanos

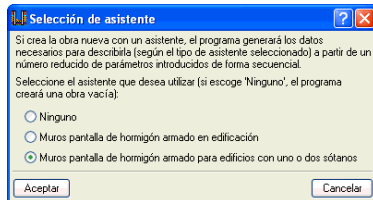


Fig. 2.8

De la misma forma que en el asistente anterior, aparecen sucesivas pantallas de entrada de datos.

### 2.1.2.1. Edificación

Por defecto, con un sótano; si activa la casilla correspondiente puede establecer dos sótanos. Debe indicar alturas libres entre forjados, luces transversales (luz libre de los forjados entre el muro pantalla y el siguiente apoyo; con este dato el programa genera de forma aproximada los cantos de los forjados y las cargas que transmiten los mismos al muro pantalla), si el edificio se apoya en la viga de coronación de la pantalla, indicando el número de plantas que hay sobre la rasante y, por último, el tipo de cimentación. Con este último dato se informa al asistente de la tipología de cimentación del edificio.

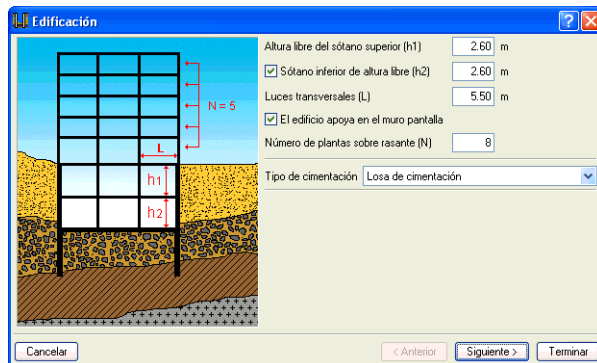


Fig. 2.9

### 2.1.2.2. Medianerías

Tipo de medianería (sin medianería, calzada con tráfico ligero, calzada con tráfico pesado o edificio medianero en el que debe definir el número de plantas y la profundidad media de su cimentación). En función de la selección se aplicará una carga superficial sobre el terreno del trasdós.



Fig. 2.10

### 2.1.2.3. Terreno

Se admiten como máximo dos estratos. También puede definir si existe roca y nivel freático, indicando sus profundidades correspondientes.

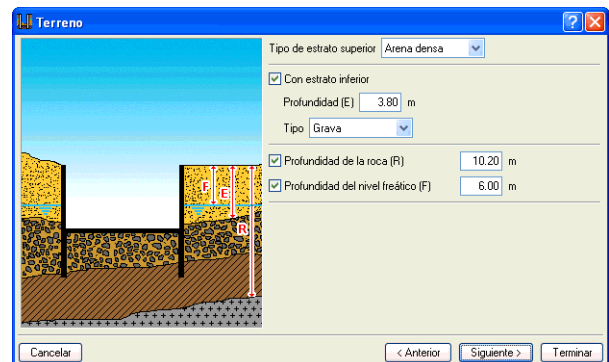


Fig. 2.11

### 2.1.2.4. Información

Antes de generar la obra se muestra un listado con los datos a generar del cual puede retroceder para realizar modificaciones. Este listado puede imprimirse o puede exportarse a HTML, PDF, TXT y RTF.

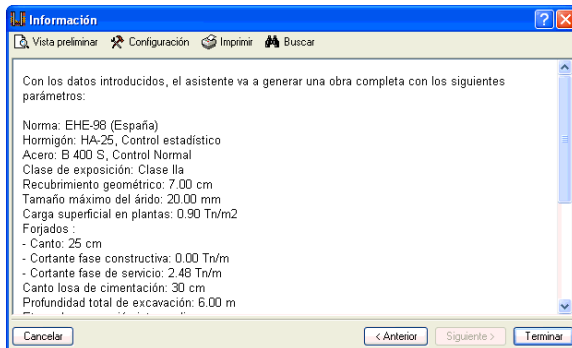


Fig. 2.12

## 2.2. Modo de trabajo

Se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Crear un fichero **Nuevo** con el nombre de la obra.
2. Seleccionar el tipo de asistente o bien **Ninguno**. En este último caso debe crear manualmente las fases o etapas constructivas con el botón **Selección** e indicar todos los datos necesarios de cada fase, anclajes, etc.
3. Revise los datos introducidos, pasando por la selección de todas las fases.
4. Cálculo y revisión de esfuerzos de cada fase pulsando el botón **Esfuerzos**.
5. Si el muro pantalla es de hormigón armado, para obtener las armadura pulsar el botón **Dimensionar**.
6. Revisar los listados de comprobación con el botón **Comprobar**.

7. Editar las armaduras, con el botón **Edición armado**, y para revisarlas utilizar el botón **Comprobar**.
8. Obtención de listados y planos utilizando los botones **Listados de la obra** y **Planos de la obra** respectivamente. .

## 2.3. Asistente

Al crear una obra nueva dispone de la posibilidad de utilizar un asistente, el cual generará los datos necesarios para describir el muro a partir de un número reducido de parámetros introducidos de forma secuencial. Incluye el predimensionado de la geometría y la generación de cargas. Cualquier dato generado puede revisarlo y/o modificarlo una vez generada la obra.

## 2.4. Listados

La forma de obtener los listados se realiza mediante la opción **Archivo > Imprimir > Listados de la obra**.

Los listados pueden dirigirse a impresora (con vista preliminar opcional, ajuste de página, etc.) o bien pueden generarse ficheros HTML, PDF, TXT y RTF (Fig. 2.13).

## 2.5. Planos

La forma de obtener los planos se realiza mediante la opción **Archivo > Imprimir > Planos de la obra**.

Pueden realizarse las siguientes operaciones para el dibujo de planos:

- La ventana **Selección de planos** (Fig. 2.14) permite añadir uno o varios planos para imprimir simultáneamente y especificar el periférico de salida: impresora, plotter, DXF o DWG; seleccionar un cajetín (de **CYPE** o cualquier otro definido por el usuario) y configurar las capas.

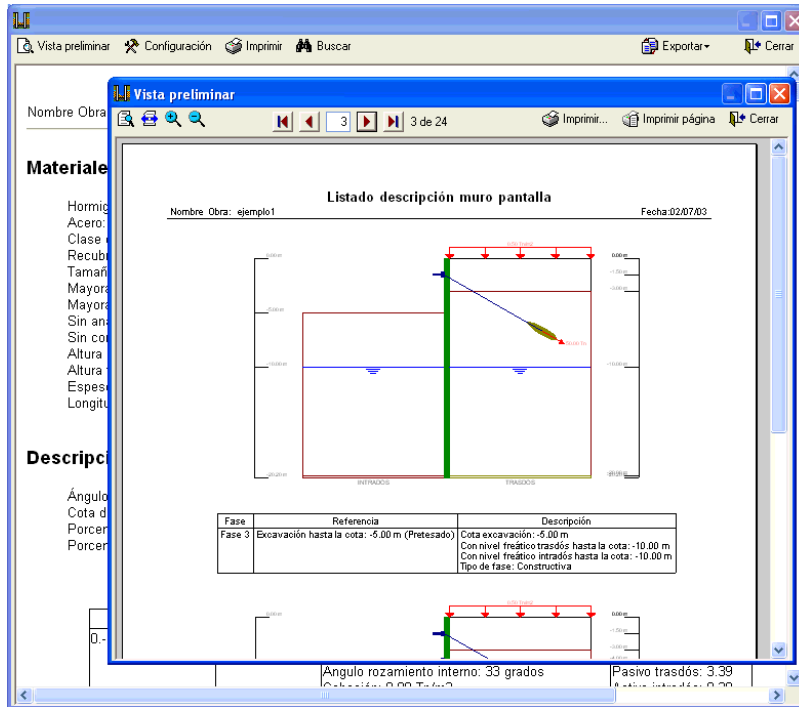


Fig. 2.13

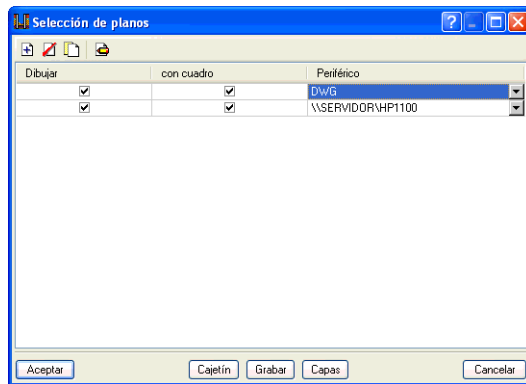


Fig. 2.14

- En cada plano configurar los elementos a imprimir, con posibilidad de incluir detalles de usuario previamente importados.

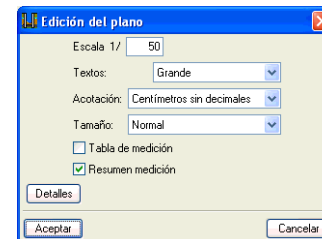


Fig. 2.15



- Modificar la posición de textos.

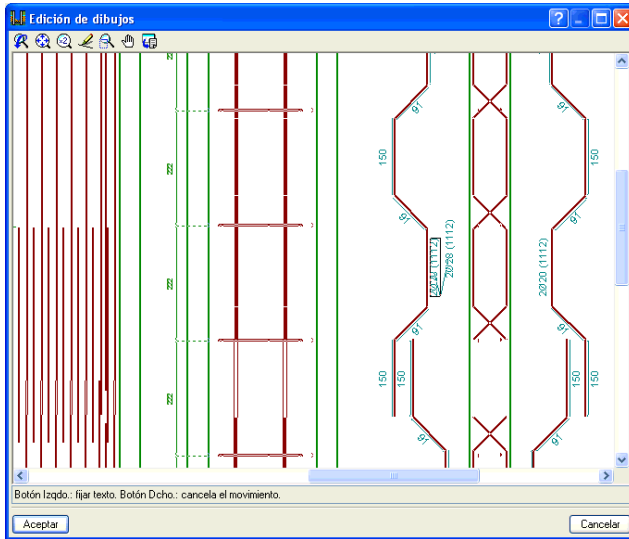


Fig. 2.16

- Resituar los objetos dentro del mismo plano o moverlos a otro.

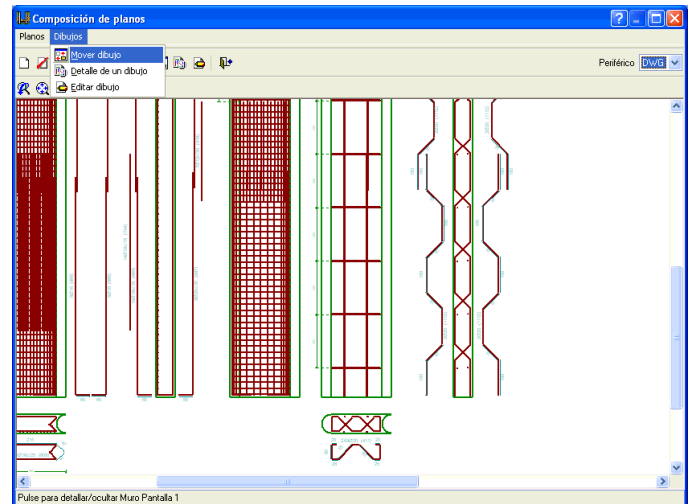


Fig. 2.17