



CivilCAD3000

MANUAL DEL USUARIO

MÓDULO DE MUROS

Versión 2.1

El presente documento es propiedad intelectual de *CivilCAD Consultores, S.L.* Queda totalmente prohibida su reproducción total o parcial, su tratamiento informático o la transmisión del mismo por cualquier medio electrónico, mecánico u otros métodos sin el permiso previo y por escrito de *CivilCAD Consultores, S.L.*

Barcelona, diciembre de 2014

ÍNDICE

1 ALCANCE DEL MÓDULO. TIPOLOGÍA DE MUROS

2 ESTRUCTURA DEL MÓDULO

- 2.1 Órdenes de proyecto
 - 2.1.1 Orden *Nuevo*
 - 2.1.2 Orden *Abrir*
 - 2.1.3 Orden *Guardar*
 - 2.1.4 Orden *Guardar como*
 - 2.1.5 Orden *Cerrar*
 - 2.1.6 Orden *Configurar*
 - 2.1.7 Orden *Información general*
 - 2.1.7.1 Normativa española
 - 2.1.7.2 Normativa europea
 - 2.1.7.3 Normativa americana
- 2.2 Orden *Entrada*
- 2.3 Orden *Análisis*
- 2.4 Orden *Salida*

3 ENTRADA DE DATOS

- 3.1 Orden *Geometría*
 - 3.1.1 Orden *Generación automática del muro*
 - 3.1.2 Orden *Planta del paramento*
 - 3.1.3 Orden *Zapata*
 - 3.1.4 Orden *Alzado*
- 3.2 Orden *Terreno*
- 3.3 Orden *Materiales*
- 3.4 Orden *Clases de exposición*
 - 3.4.1 Normativa española
 - 3.4.2 Normativa europea
 - 3.4.3 Normativa americana
- 3.5 Orden *Fisuración*
 - 3.5.1 Normativa española
 - 3.5.2 Normativa europea
 - 3.5.3 Normativa americana
- 3.6 Orden *Acciones*
 - 3.6.1 Orden *Acciones permanentes*
 - 3.6.2 Orden *Acciones variables*
 - 3.6.3 Orden *Acciones accidentales*
- 3.7 Orden *Coefficientes de mayoración de acciones*
 - 3.7.1 Normativa española
 - 3.7.2 Normativa europea
 - 3.7.3 Normativa americana

- 3.8 Orden *Coefficientes de seguridad y combinación.*
 - 3.8.1 Normativa española
 - 3.8.2 Normativa europea
- 3.9 Orden *Factores de Resistencia (normativa americana).*
- 3.10 Orden *Armadura*
 - 3.10.1 Orden *Recubrimientos*
 - 3.10.2 Orden *Despiece del alzado*
 - 3.10.3 Orden *Despiece de la zapata*
 - 3.10.4 Orden *Despiece del tacón*
- 3.11 Orden *Configuración*

4 ANÁLISIS

- 4.1 Orden *Esfuerzos*
 - 4.1.1 Gráfica de esfuerzos
 - 4.1.2 Listado
- 4.2 Orden *Deslizamiento*
 - 4.2.1 Consulta
 - 4.2.2 Listado
- 4.3 Orden *Vuelco*
 - 4.3.1 Consulta
 - 4.3.2 Listado
- 4.4 Orden *Estabilidad global*
 - 4.4.1 Orden *Configuración*
 - 4.4.2 Orden *Consulta*
 - 4.4.3 Orden *Listado*
- 4.5 Orden *Hundimiento del terreno*
- 4.6 Orden *Rotura por flexión*
- 4.7 Orden *Fisuración*
- 4.8 Orden *Rotura por cortante*
- 4.9 Orden *Deformaciones*
- 4.10 Orden *Generación de armado*
- 4.11 Orden *Mediciones*

5 SALIDA

- 5.1 Orden *Memoria de cálculo*
- 5.2 Orden *Planos*
 - 5.2.1 Orden *Planos de definición geométrica*
 - 5.2.2 Orden *Planos de armadura*
- 5.3 Orden *Mediciones*
 - 5.3.1 Orden *Listado de mediciones*
 - 5.3.2 Orden *Listado de mediciones y precios*

6 REFERENCIAS

1 ALCANCE DEL MÓDULO. TIPOLOGÍA DE MUROS

El Módulo Muros de *CivilCAD3000* permite proyectar un muro ejecutado *in situ*, constituido por una serie de n módulos adyacentes, cuyo alzado puede ser de canto variable o escalonado. La longitud de cada módulo es definida por el usuario.

Los paramentos de los distintos módulos que conforman el muro deben formar un ángulo en planta comprendido entre 170° y 230° .

En el caso de muro de canto variable, tanto el paramento exterior (paramento visto) como el paramento interior (trasdós) se pueden definir con inclinación. La altura del muro puede ser variable a lo largo de un módulo.

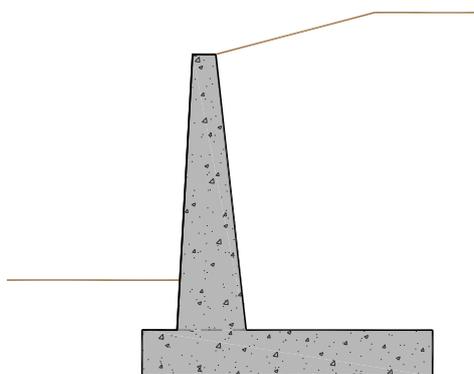


Figura 1-1: Muro de canto variable.

En el caso de muros escalonados el alzado está formado por dos tramos de canto constante.

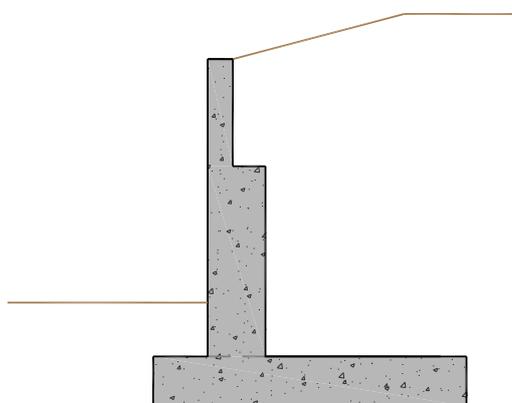


Figura 1-2: Muro escalonado.

La zapata se puede definir con base horizontal o inclinada. En el caso de base horizontal, CivilCAD3000 permite disponer un tacón para mejorar la resistencia al deslizamiento.

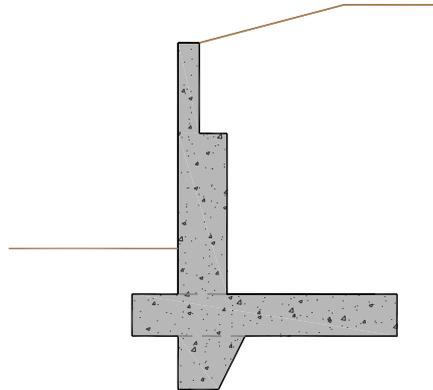


Figura 1-3: Zapata con tacón.

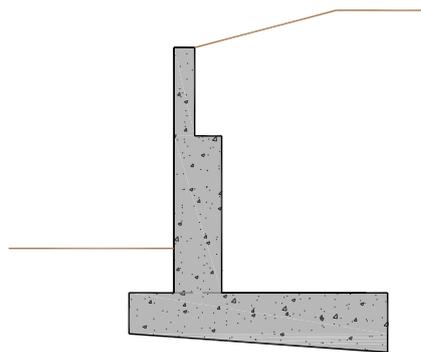


Figura 1-4: Zapata con base inclinada.

El terreno del trasdós puede situarse a cualquier cota por debajo de la coronación del muro, pudiendo ser horizontal, inclinado o presentar un tramo en talud y el resto horizontal.

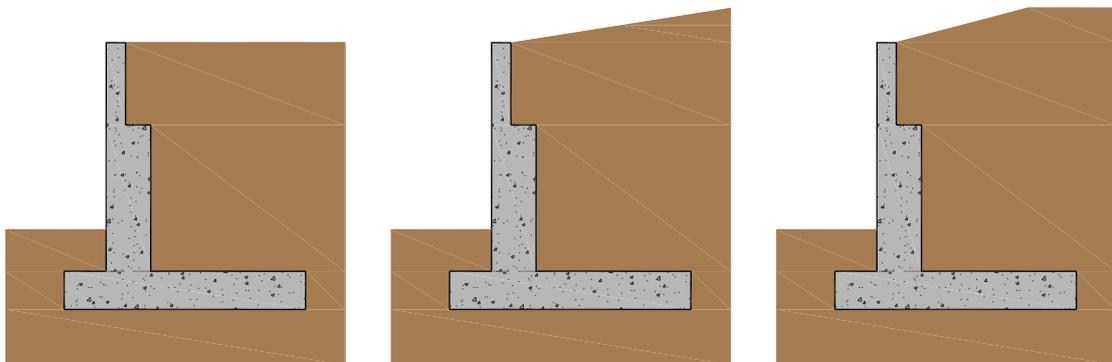


Figura 1-5: Definición del terreno del trasdós.

El terreno situado delante del muro se considera horizontal.

Las cargas que actúan sobre el muro son el peso propio del muro, el peso y el empuje de las tierras, la acción del agua, las sobrecargas uniformes y variables en el trasdós, las acciones previstas en coronación del muro (permanentes, variables y accidentales) y la acción sísmica.

ACCIONES CONSIDERADAS EN EL CÁLCULO DEL MURO			
Naturaleza	Acción		
Permanente	Peso propio muro		
	Acción de las tierras		Empuje
			Peso
	Sobrecarga uniforme en trasdós		Empuje
			Acción vertical
	Acciones en coronación de muro		
Variable	Carga en faja en trasdós de muro		Empuje
			Acción vertical
	Tráfico	Sobrecarga en trasdós	Empuje
			Acción vertical
		Carga en coronación de muro	
	Viento	Acción en coronación de muro	
Agua (nivel freático)			
Accidental	Sismo		
	Impacto de vehículos	Acción en coronación de muro	

Tabla 1-1: Acciones consideradas.

CivilCAD3000 obtiene como resultados finales los planos de geometría y planos de armaduras, las mediciones y las memorias de cálculo. Dentro de la memoria de cálculo, CivilCAD3000 incluye un análisis del muro a través de la verificación de los diferentes estados límites considerados de acuerdo con las normativas seleccionadas.

- Hundimiento del terreno.
- Deslizamiento.
- Vuelco.
- Estabilidad global.
- Rotura por flexión.
- Rotura por cortante.
- Fisuración.

En cuanto a las normativas, CivilCAD3000 considera la normativa española, los Eurocódigos y las AASHTO (Edición 2010).

Ámbito	Normativa de acciones	Normativa estructural	Normativa geotécnica
Normativa española	IAP-11	EHE-08	Guía de cimentaciones
Normativa Europea	EN-1991 / EN-1998	EN-1992	EN-1997
Normativa Americana	AASHTO 2010	AASHTO 2010	AASHTO 2010

Tabla 1-2: Normativas consideradas en el Módulo Muros de CivilCAD3000

2 ESTRUCTURA DEL MÓDULO

Al módulo Muros se accede al seleccionar la orden *Proyecto /Muro* del menú principal del programa o bien pinchando el botón correspondiente de la Barra de Proyectos. Al hacerlo, se abre la Ventana de Proyecto que permite activar las órdenes de gestión del módulo (abrir, cerrar y guardar archivos) así como la de generar un nuevo caso (mediante las opciones de *Configuración e Información general*).

Estas órdenes están estructuradas según el siguiente esquema:

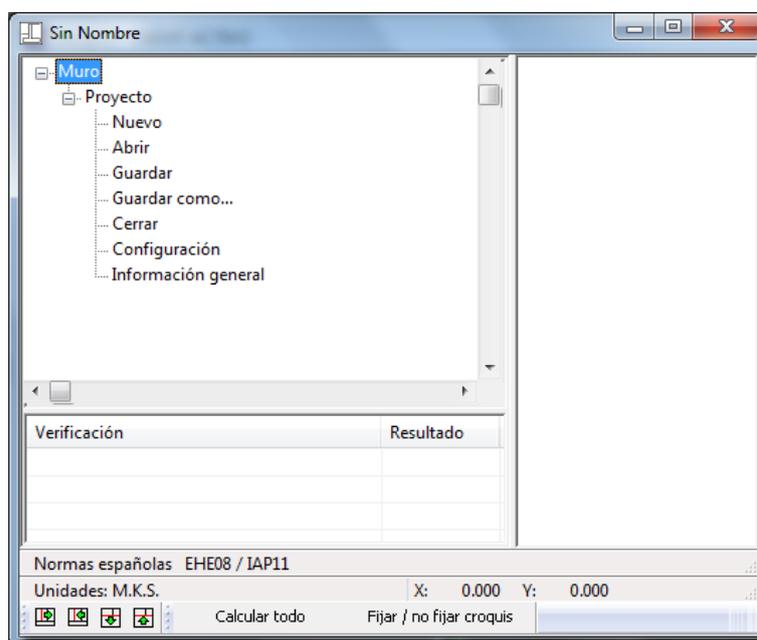


Figura 2-1: Ventana inicial del Módulo Muros.

2.1 Órdenes de *Proyecto*

Las órdenes de proyecto permiten abrir, guardar o cerrar un proyecto o crear uno nuevo. La extensión de los archivos creados será del tipo “*.mur”.

Cuando se genera un nuevo caso deben introducirse los datos correspondientes a las opciones *Configuración e Información general* según se expone en los siguientes apartados. Una vez introducidos estos datos se desplegarán las opciones de *Entrada* (entrada de datos), *Análisis* (cálculo) y *Salida* (salida de resultados) según se muestra en la Figura 2.1-1.

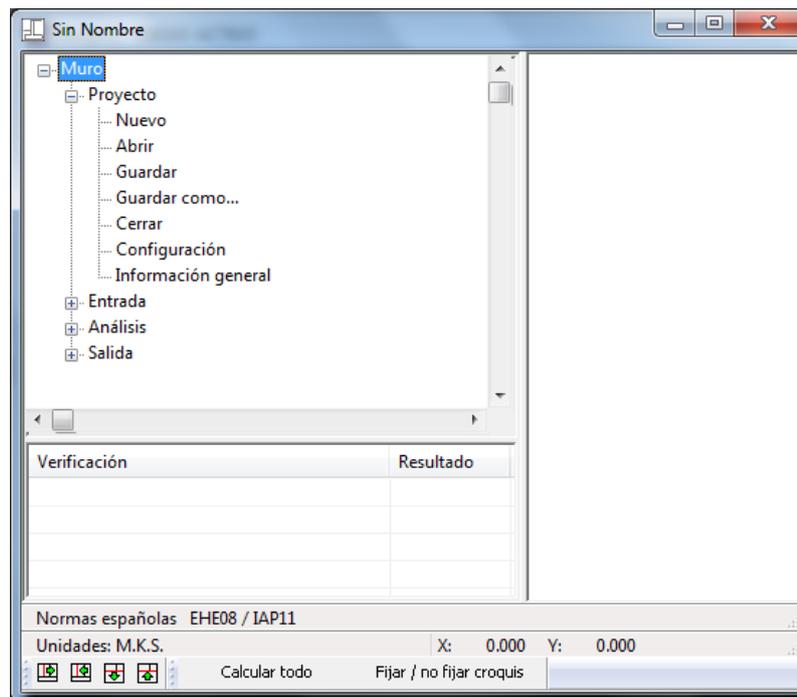


Figura 2.1-1: Menú principal una vez entrada la información general.

2.1.1 Orden *Nuevo*

Esta orden permite cerrar el caso que esté activo en ese momento y generar un nuevo caso. El programa preguntará si el usuario quiere guardar el caso que se estuviese ejecutando y en caso afirmativo se deberá entrar el nombre con el que se quiere guardar dicho caso. Los proyectos del Módulo de Muros se guardan con la extensión *‘.mur’*.

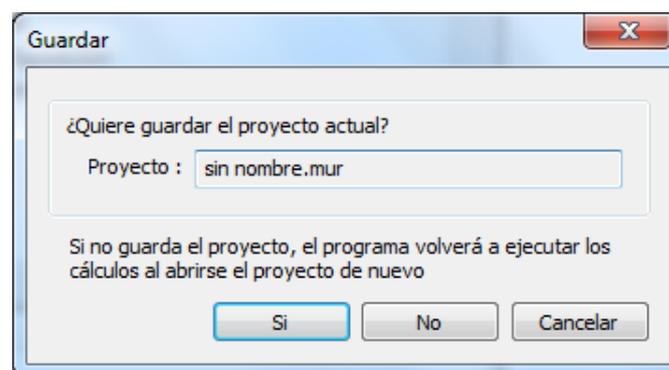


Figura 2.1.1-1: Ventana para guardar el caso activo.

Así mismo se debe introducir la ruta en la que se quiere guardar el caso.

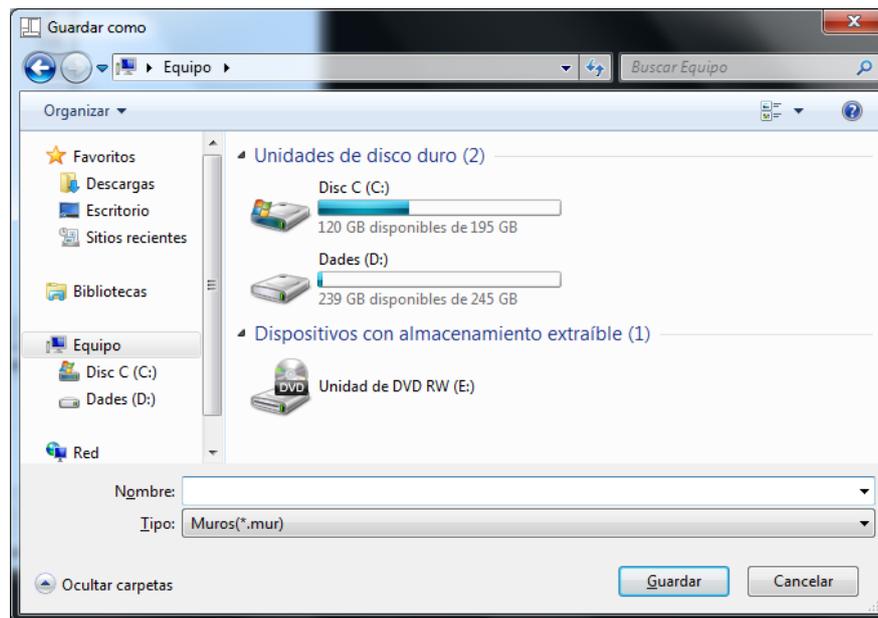


Figura 2.1.1-2: Ventana para definir la ruta en la que guardar el caso.

Una vez guardado el caso activo *CivilCAD3000* vuelve a la pantalla de inicio de Proyecto, en la que el usuario podrá entrar la información en las opciones de *Configuración* e *Información General* para generar un nuevo caso.

2.1.2 Orden *Abrir*

Con esta orden *CivilCAD3000* permite abrir casos guardados con anterioridad. Al seleccionar esta opción aparece la ventana que permite seleccionar la ruta y el caso que se desea abrir.

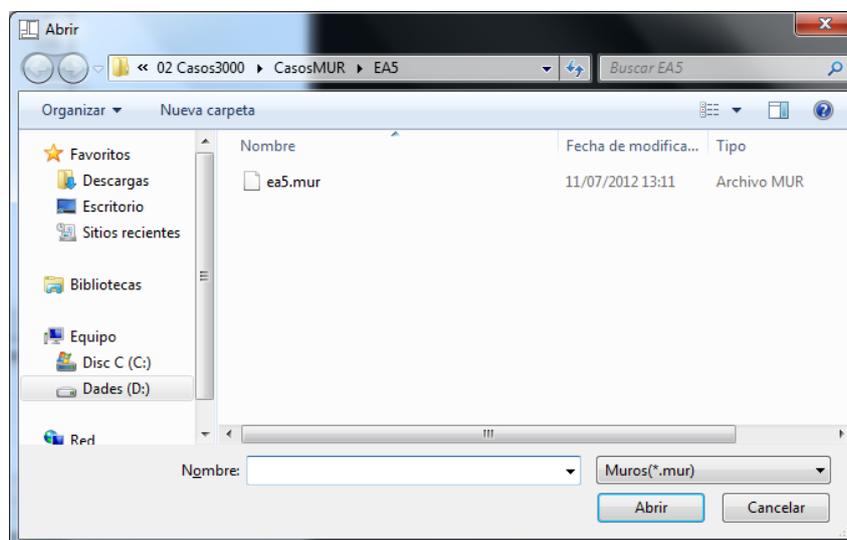


Figura 2.1.2-1: Ventana para seleccionar el caso que se desea abrir.

Cuando se selecciona la orden *Abrir*, *CivilCAD3000* pregunta si se desea guardar el caso que esté abierto en ese momento, antes de seleccionar el caso que se desea abrir.

2.1.3 Orden *Guardar*

Esta opción permite grabar el caso que se está ejecutando sin salir del mismo ni del programa. El caso se graba sobre el mismo archivo que se ha generado.

Es importante señalar que, como consecuencia de la gestión de archivos que *CivilCAD3000* desarrolla al calcular un muro, **el usuario no debe proyectar más de un muro en un mismo directorio o carpeta de trabajo.**

2.1.4 Orden *Guardar como*

Esta opción permite grabar el caso que se está ejecutando con un nombre distinto al que se estaba ejecutando. Para ello *CivilCAD3000* preguntará la ruta en la que se quiere guardar y el nombre del archivo.

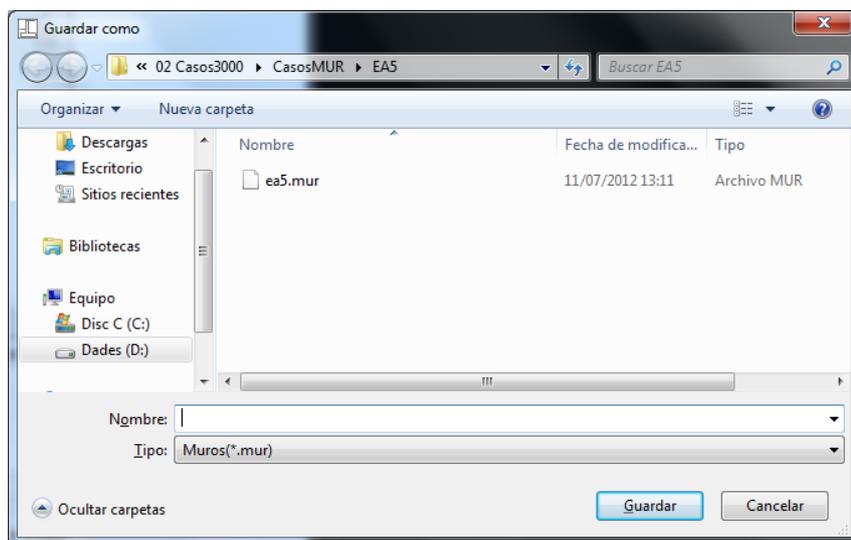


Figura 2.1.3-1: Ventana para guardar un caso con un nuevo nombre.

El caso guardado con el nuevo nombre pasará a ser el caso activo.

Es importante señalar que, como consecuencia de la gestión de archivos que *CivilCAD3000* desarrolla al calcular un muro, **el usuario no debe proyectar más de un muro en un mismo directorio o carpeta de trabajo.**

2.1.5 Orden *Cerrar*

Esta orden permite cerrar el caso que se esté calculando. Cuando se selecciona esta opción aparece en pantalla una ventana que pregunta al usuario si desea guardar el caso. Si la respuesta es afirmativa se deberá introducir la ruta y el nombre del archivo con el que se quiere guardar el proyecto. Si es negativa se saldrá del Módulo de Muros sin guardar el caso.

2.1.6 Orden *Configuración*

Esta orden permite configurar los criterios de cálculo en cuanto a sistema de unidades, normativas, despieces y bases de precios. En la Figura 2.1.6-1 se muestra la ventana correspondiente a esta orden.

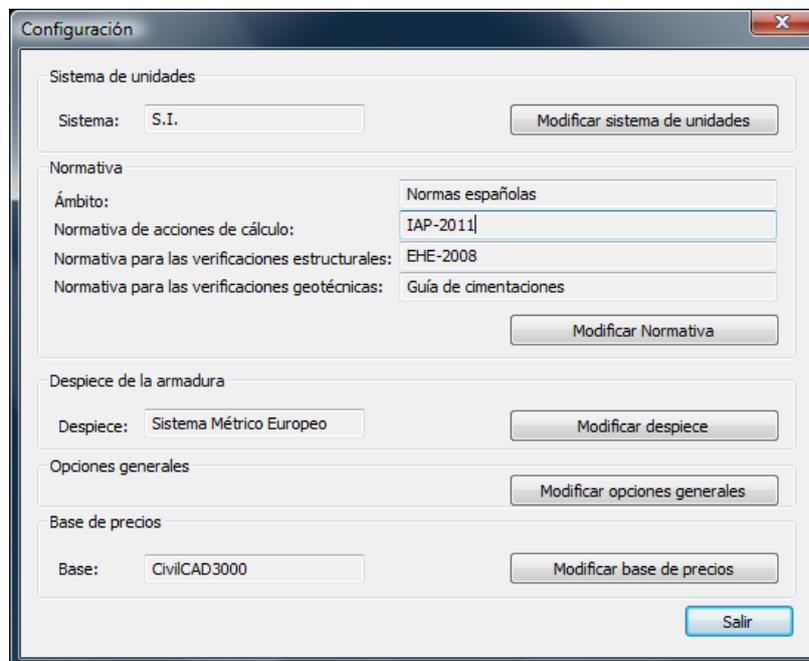


Figura 2.1.6-1: Ventana de la orden *Configuración*.

Por defecto aparecerán las opciones que estén activas en el Menú general de *CivilCAD3000*. No obstante, el usuario podrá modificarlas con los botones ‘*Modificar sistema de unidades*’, ‘*Modificar normativa*’, ‘*Modificar despiece*’, ‘*Modificar opciones generales*’ y ‘*Modificar base de precios*’.

Estas opciones se podrán modificar únicamente antes de entrar en la ventana correspondiente a la opción *Información general*. Una vez introducida la información correspondiente a la Información general no será posible modificar ninguna de las opciones elegidas, ya que la información que se introduzca en los siguientes diálogos depende de las opciones que se haya seleccionado.

Sistema de unidades

Al seleccionar la opción Modificar sistema de unidades aparecerá la ventana de la Figura 2.1.6-2, que permite seleccionar entre los siguientes sistemas de unidades:

- Sistema MKS (metro-kilogramo-segundo).
- Sistema Internacional (metro-Newton-segundo).
- Sistema imperial (pies-libras-segundo).

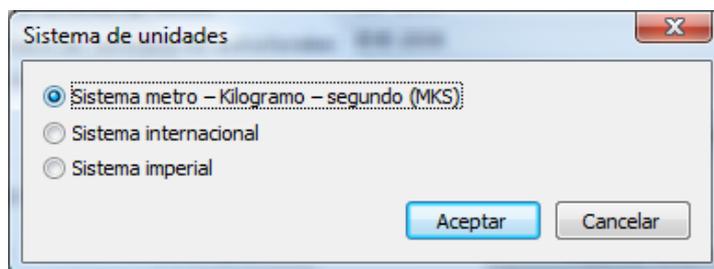


Figura 2.1.6-2: Selección del sistema de unidades.

Normativa

Con la opción Modificar Normativa *CivilCAD3000* permite seleccionar la normativa a utilizar en el cálculo, lo cual afecta a las acciones aplicadas sobre la estructura y las verificaciones estructurales y geotécnicas analizadas.

CivilCAD3000 contempla las siguientes normativas:

- Normas españolas: Se consideran en este caso la normativa IAP11 para la definición de las acciones, la Instrucción EHE-08 para las verificaciones estructurales y la Guía de cimentaciones para las verificaciones geotécnicas.
- Normas europeas: Corresponde a los Eurocódigos. Concretamente al Eurocódigo EN-1991 y EN-1998 para las acciones de cálculo, el Eurocódigo EN-1992 para las verificaciones estructurales y el Eurocódigo EN-1997 para las verificaciones geotécnicas.
- Normas americanas: Se considera en este caso la norma *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications* en su edición de 2010.

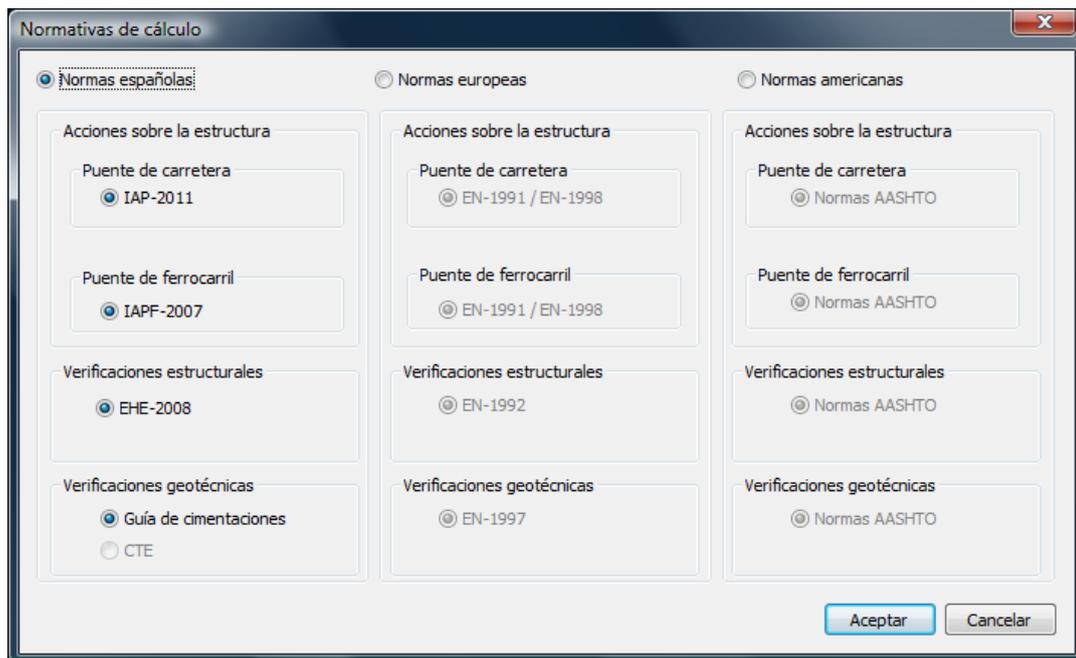


Figura 2.1.6-3: Selección de la normativa.

Despiece

La opción *Modificar despiece* permite seleccionar el tipo de despiece a utilizar en el cálculo del armado y en la generación de planos de armado. Un sistema de despiece define los diámetros de las barras de armado a utilizar, así como las distancias posibles entre barras de armado.

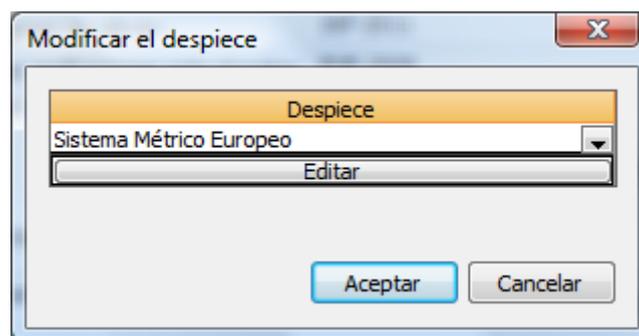


Figura 2.1.6-4: Selección del sistema de despiece.

CivilCAD3000 tiene definidos por defecto los sistemas de despiece que se especifican a continuación:

- Sistema métrico Europeo
- Sistema Soft métrico
- Sistema imperial americano
- Sistema Métrico Americano

El usuario puede definir un sistema de despiece nuevo en la opción *Biblioteca/Despieces*.

Desde la ventana de *Modificar el despiece*, se puede acceder a la definición del sistema de despiece con el botón *Editar*. En este caso aparecerá en pantalla la ventana de la Figura 2.1.6-5:

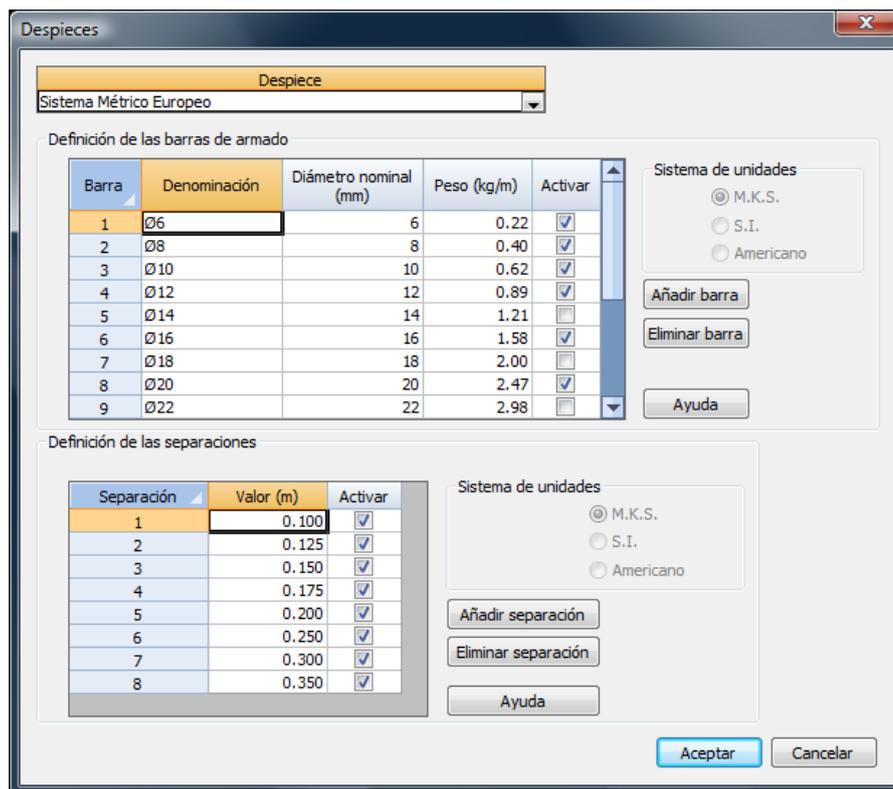


Figura 2.1.6-5: Edición del sistema de despiece de armado.

En esta ventana se puede modificar, definir o eliminar las barras a utilizar, definir qué barras se quiere utilizar, modificar el diámetro y peso de las barras y definir las separaciones que se quiere considerar en la obtención del armado. Las modificaciones que se realicen solo afectarán al caso que se está ejecutando, no modificándose por tanto el sistema de despiece de la Biblioteca del programa.

En la obtención del armado, *CivilCAD3000* solo utilizará aquellas barras y separaciones que estén activadas.

Opciones generales

Con la opción *Modificar opciones generales*, se permite modificar opciones de funcionamiento del programa:

- Activar/desactivar la opción de generar archivos ASCII del cálculo matricial para cada tipo de carga.

- Activar/desactivar la opción de actualizar los resultados del cálculo cuando se modifique algún dato.
- Ocultar la barra de progreso del cálculo.
- Activar/desactivar la opción de guardar automáticamente los dibujos asociados al proyecto cuando se graba un caso.
- Activar/desactivar la señal acústica que alerta de errores detectados en la revisión de datos.

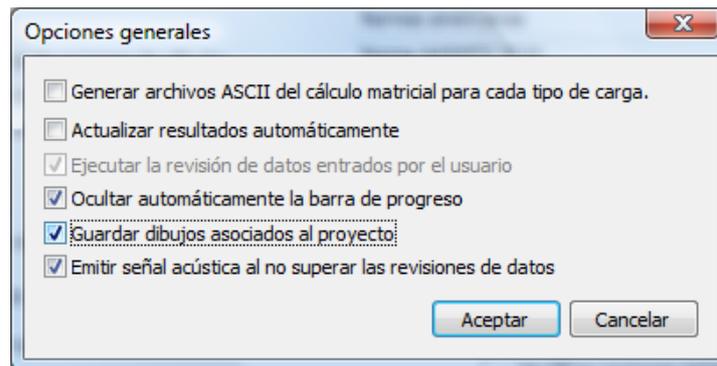


Figura 2.1.6-6: Ventana de Opciones generales.

Base de precios

Con la opción *Modificar base de precios* se permite seleccionar la base de precios a utilizar para la obtención de las mediciones y el presupuesto, de entre las bases de precios existentes en la biblioteca de bases de precios.

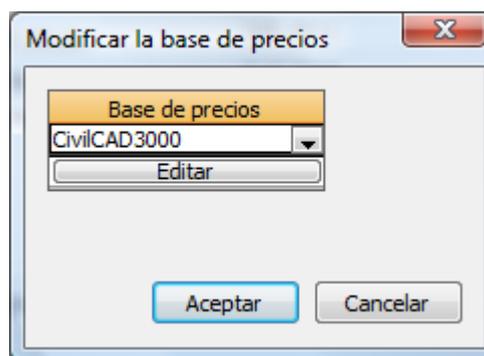


Figura 2.1.6-7: Ventana de selección de la base de precios.

Con la opción Editar se accede a la base de precios, pudiéndose modificar los precios a utilizar. Los cambios realizados solo afectan al caso que se está ejecutando, no modificándose los precios en la base de precios de la biblioteca del programa.

2.1.7 Orden Información general

La orden Información general permite acceder a la ventana de introducción de los datos de identificación del proyecto.

El proyecto se identifica por el *Nombre del proyecto*, el *Nombre de la estructura* y el *Nombre del elemento estructural*. El usuario debe introducir estos nombres (cadena alfanumérica) que se reproducirán en los distintos listados de la salida de resultados. Cualquiera de los tres campos puede opcionalmente dejarse vacío.

En esta misma ventana se especifica el *Tipo de estructura*, la *Funcionalidad de la estructura* y la *Clase de estructura*. En la versión actual del programa solo se permite una opción para el Tipo de estructura (muros ejecutados *in situ*) y para la Funcionalidad de la estructura (muros de contención de tierras). Para la Clase de la estructura se puede seleccionar entre la opción de muro de canto variable o muro escalonado.

- Tipo de estructura : Muro de ejecución *in situ*.
- Funcionalidad de la estructura : Muro de contención.
- Clase de estructura : Canto variable o escalonado.

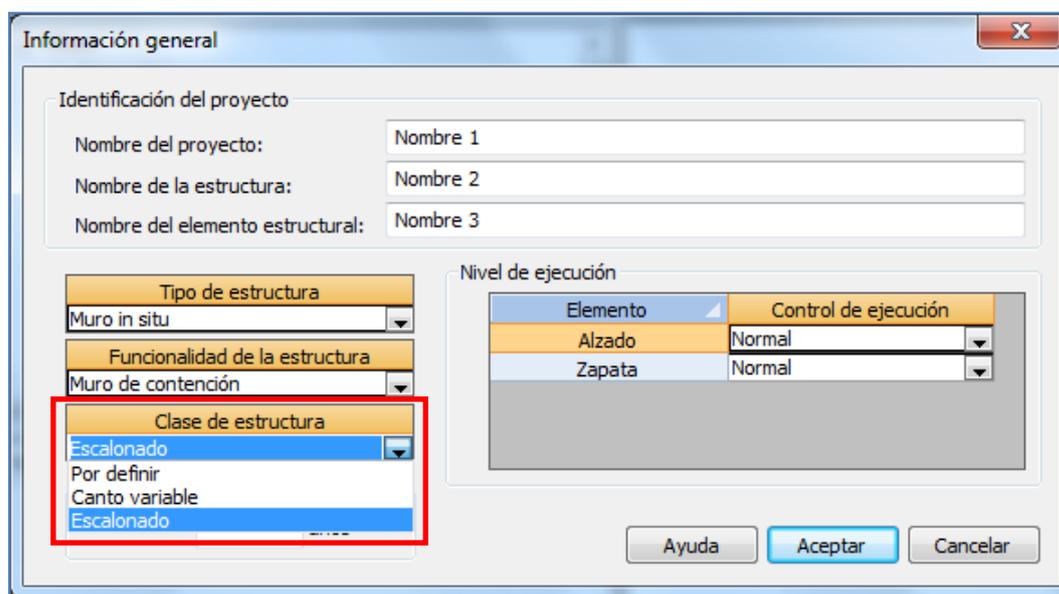


Figura 2.1.7-1: Selección de la Clase de estructura.

Además según sea la normativa seleccionada se debe entrar la información adicional que se especifica a continuación para cada una de las normativas.

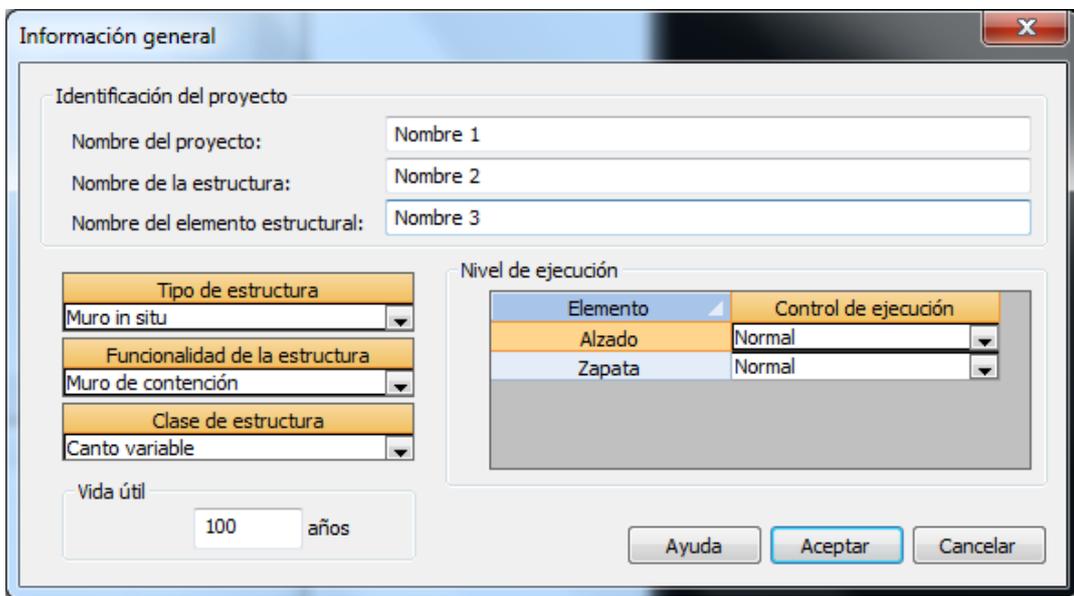
2.1.7.1 Normativa española

En la Figura 2.1.7.1-1 se muestra la ventana correspondiente a la orden Información general para el caso de que la normativa seleccionada sea la española.

En este caso, además de introducir la información relativa a la identificación del proyecto el usuario debe definir la vida útil de la estructura y el nivel de ejecución (definido en el artículo 92.3 de la EHE-08, con las 2 posibilidades de Normal o Intenso) para cada uno de los elementos estructurales que conforman la estructura, que son:

- Alzado del muro.
- Zapata del muro.

El nivel de ejecución y la vida útil intervienen en el cálculo del recubrimiento geométrico mínimo de las armaduras.



Información general	
Identificación del proyecto	
Nombre del proyecto:	Nombre 1
Nombre de la estructura:	Nombre 2
Nombre del elemento estructural:	Nombre 3
Tipo de estructura	
Muro in situ	
Funcionalidad de la estructura	
Muro de contención	
Clase de estructura	
Canto variable	
Vida útil	
	100 años
Nivel de ejecución	
Elemento	Control de ejecución
Alzado	Normal
Zapata	Normal
Ayuda Aceptar Cancelar	

Figura 2.1.7.1-1: Ventana de Información general para las normas españolas.

Por defecto *CivilCAD3000* propone una vida útil de 100 años, que es el valor definido en la Instrucción IAP11. Así mismo considera de entrada un nivel de ejecución normal, al tratarse de una estructura ejecutada *in situ* de hormigón armado.

2.1.7.2 Normativa europea

En la Figura 2.1.7.2-1 se muestra la ventana correspondiente a la orden Información general para el caso de que la normativa seleccionada sea la europea.

En este caso, además de introducir la información relativa a la identificación del proyecto el usuario debe definir la vida útil de la estructura y el nivel de ejecución previsto para cada uno de los elementos estructurales que conforman la estructura, que son:

- Alzado del muro
- Zapata del muro

El nivel de ejecución y la vida útil intervienen en el cálculo del recubrimiento geométrico mínimo de las armaduras.

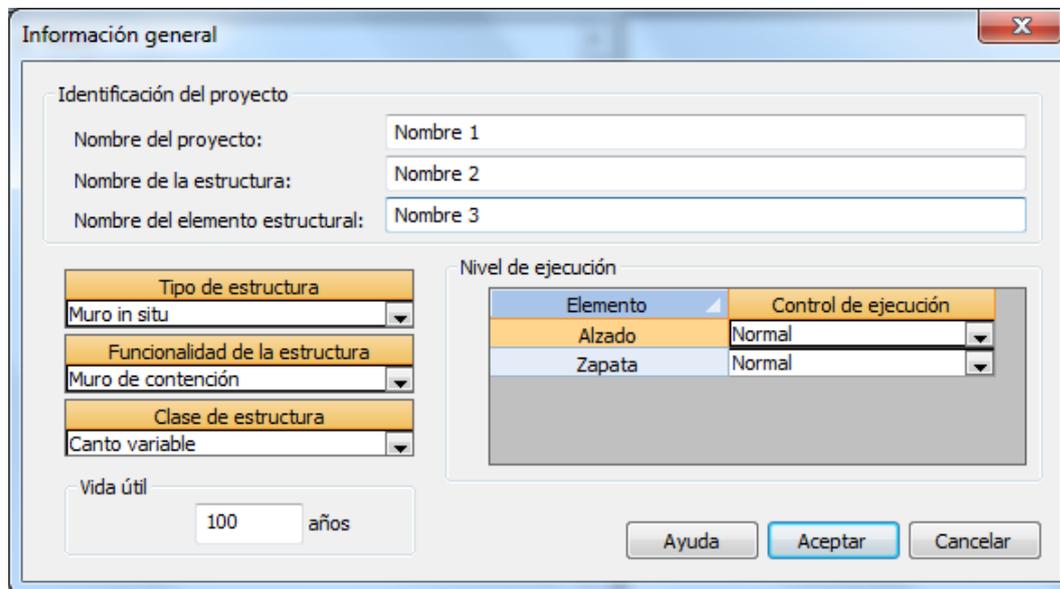


Figura 2.1.7.2-1: Ventana de Información general para las normas europeas.

Los Eurocódigos no definen explícitamente los niveles de control, aunque sí se consideran en diferentes aspectos. *CivilCAD3000* define los siguientes niveles de control posibles para un muro calculado con los Eurocódigos:

- Bajo.
- Normal.
- Intenso.

Los niveles de control influyen en los aspectos siguientes:

- Recubrimientos geométricos mínimos de las armaduras: en la definición del margen de recubrimiento.
En el cálculo de los recubrimientos, los niveles de control definidos por *CivilCAD3000* corresponden a:
 - o Nivel Bajo: Cuando no corresponde a nivel normal ni intenso.
 - o Nivel Normal: Fabricación sujeta a un nivel de aseguramiento de la calidad en el cual se incluyen mediciones de los recubrimientos.
 - o Nivel intenso: Cuando puede asegurarse un control muy riguroso de la medición de recubrimientos y cuando las no conformidades son rechazadas (elementos prefabricados por ejemplo).
- En la definición de la Clase Estructural:

En el apartado 4.4.1.2 y en el Anejo E del EN-1992 se define la Clase estructural, la cual depende del nivel de control en la ejecución. *CivilCAD3000* asocia nivel Intenso a lo que el Eurocódigo define como ‘*Control de Calidad Especial*’.

Por defecto *CivilCAD3000* propone una vida útil de 100 años. Así mismo considera de entrada un nivel de ejecución normal, al tratarse de una estructura ejecutada *in situ* de hormigón armado.

2.1.7.3 Normativa americana

Las normas americanas no requieren de la definición de la vida útil o del nivel de control en la ejecución, por lo que no es necesario introducir ninguna información adicional a la de identificación del proyecto.

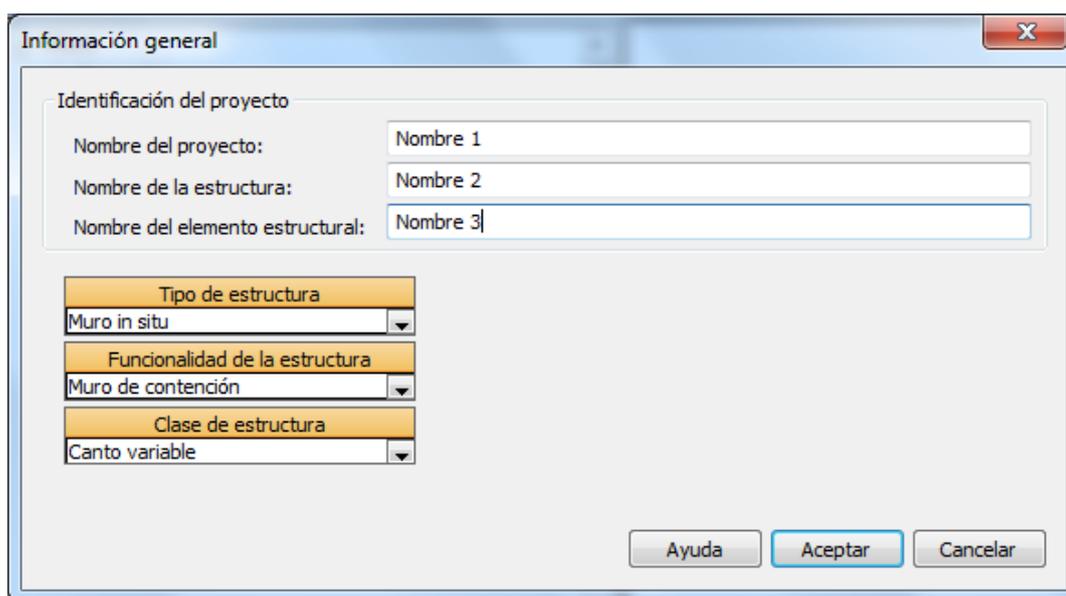


Figura 2.1.7.3-1: Ventana de Información general para las normas americanas.

2.2 Orden *Entrada*

Se refiere a la entrada de datos para la definición geométrica del muro y para la definición de los parámetros que intervienen en el cálculo (acciones y coeficientes de seguridad).

Permite abrir y modificar los diálogos de definición del muro, de los materiales, del terreno y de las acciones sobre el mismo. Esta orden se explica en el apartado 3 de este documento.

2.3 Orden *Análisis*

Con esta opción se accede a los diálogos correspondientes al análisis de la estructura para cada uno de los cálculos a realizar, permitiendo la consulta de los resultados obtenidos. Concretamente permite consultar y editar los cálculos siguientes:

- Obtención de los esfuerzos correspondientes a cada una de las acciones.
- Análisis del deslizamiento.
- Análisis del vuelco.
- Análisis de la estabilidad global.
- Análisis del hundimiento del terreno.
- Cálculo de rotura por flexión.
- Cálculo a fisuración.
- Cálculo de rotura por cortante.
- Análisis de las deformaciones.
- Generación del armado.
- Mediciones.

Esta orden se explica detalladamente en el apartado 4 de este manual.

2.4 Orden *Salida*

Permite acceder a las órdenes de obtención de resultados, como son la memoria de cálculo, el listado de mediciones, las figuras de definición geométrica del muro y los planos de armadura.

Esta orden se explica detalladamente en el apartado 5 de este manual.

3 ENTRADA DE DATOS

Al seleccionar la orden Entrada se despliegan en el Menú Principal las opciones necesarias para poder introducir todos los datos que se requieren para el cálculo del muro (ver Figura 3-1). Estas opciones son:

- *Geometría*: Se introducen los datos geométricos del muro.
- *Terreno*: Se introduce la geometría del terreno del trasdós y los parámetros geotécnicos de las capas del terreno.
- *Materiales*: Se seleccionan los materiales (hormigón y acero) asociados a la zapata y alzado del muro
- *Clase de exposición*: Se definen las clases de exposición (agresividad).
- *Fisuración*: Se definen los valores admisibles para la fisuración del hormigón.
- *Acciones*: se definen los valores de las acciones que actúan sobre el muro.
- *Coefficientes de mayoración de acciones*: Se definen los coeficientes de mayoración de acciones asociados a cada estado límite.
- *Coefficientes de seguridad y combinación*: Se definen los coeficientes de seguridad a considerar según la normativa, así como los coeficientes de combinación de acciones (solo aparece para las normativas española y europea).
- *Factores de resistencia*: Se definen los factores de resistencia según la normativa AASHTO (sólo aparece para la normativa americana).
- *Armadura*: Se definen los recubrimientos y la configuración para el armado.
- *Configuración*: Se definen los criterios de cálculo del muro.

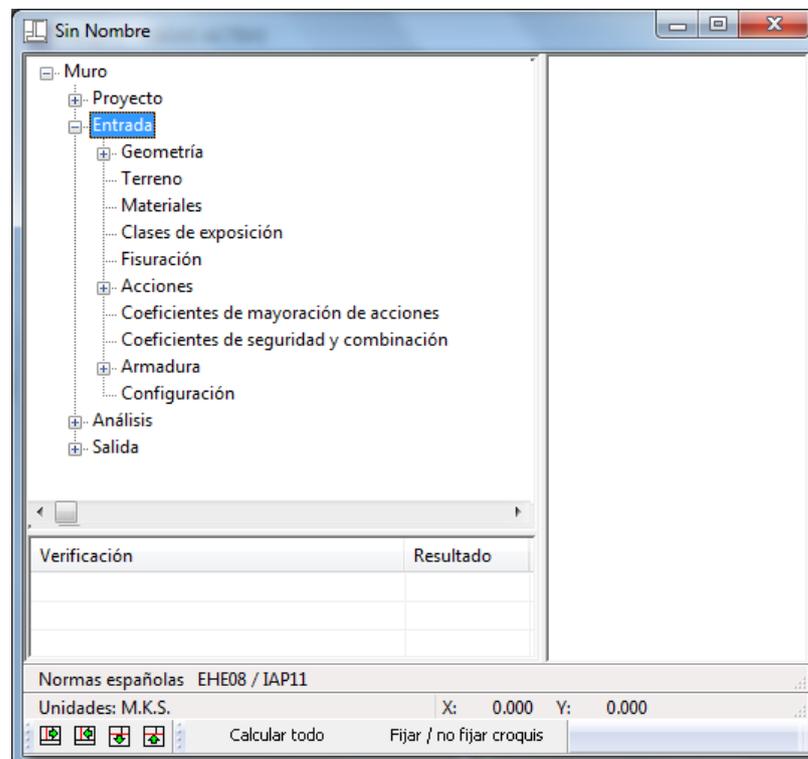


Figura 3-1: Opciones de la orden *Entrada* del Menú principal para las normativas española y europea.

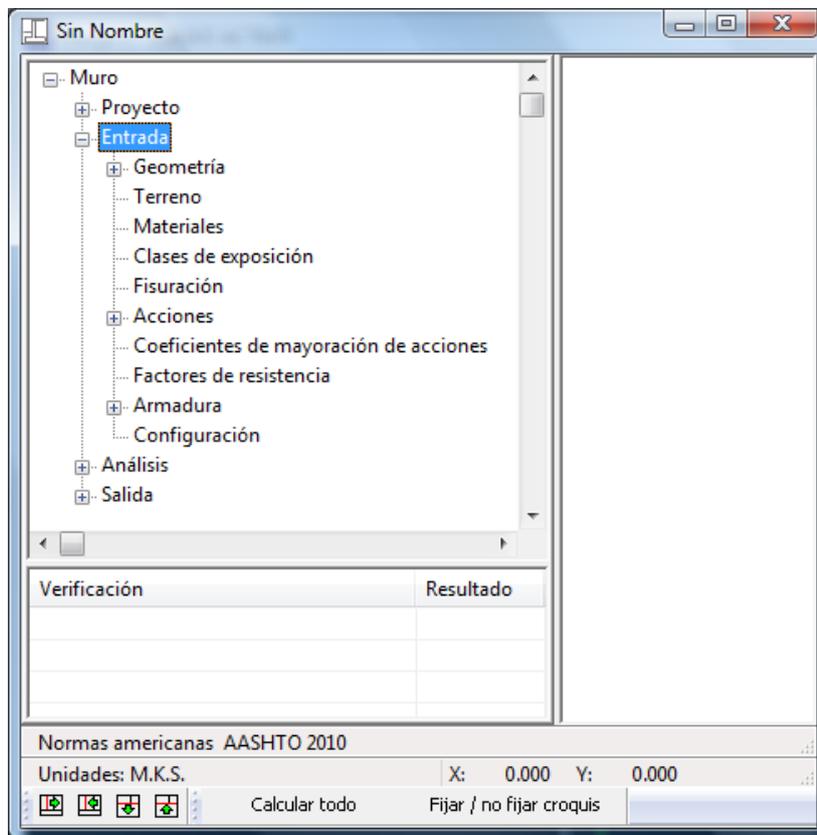


Figura 3-2: Opciones de la orden *Entrada* del Menú principal para la normativa americana (AASHTO).

En los siguientes apartados se explica cada una de estas opciones.

3.1 Orden *Geometría*

Al seleccionar la opción geometría se despliegan las distintas opciones que permiten definir los distintos elementos que conforman el muro (ver Figura 3.1-1). Las opciones son:

- *Generación automática:* Permite generar de forma rápida la geometría de un muro.
- *Planta del paramento:* Definición de la planta del paramento del muro a través de la longitud de cada módulo o de las coordenadas del paramento.
- *Zapata:* Definición de la geometría de la zapata y del tacón si lo hubiere.
- *Alzado:* Definición de la geometría del alzado del muro.

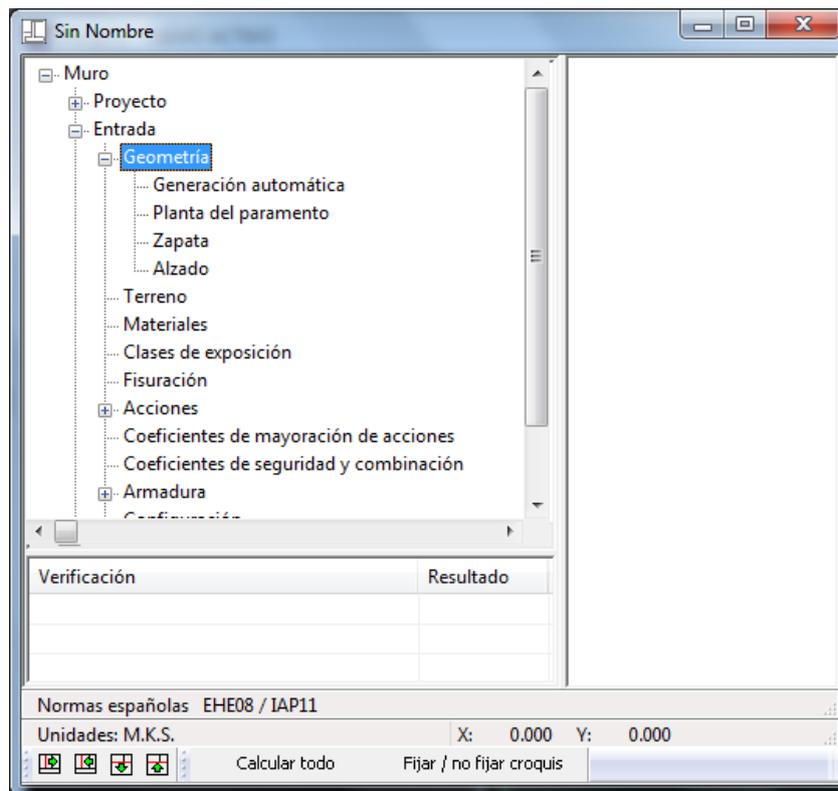


Figura 3.1-1: Opciones de la orden *Geometría* del Menú principal.

En los siguientes apartados se explica cada uno de las opciones.

3.1.1 Orden *Generación automática del muro*

Para facilitar la entrada de datos del muro en el caso de un muro formado por un único módulo con geometría longitudinal constante (la sección transversal del muro es constante en todo el módulo), el programa propone una generación automática en la que únicamente se pide definir las dimensiones básicas de la sección; si en la opción de *Información General* se ha seleccionado la tipología de canto variable, aparecerá en pantalla el diálogo que se muestra en la Figura 3.1.1-1, mientras que si se ha seleccionado la opción de muro escalonado aparecerá el diálogo que se muestra en la Figura 3.1.1-2.

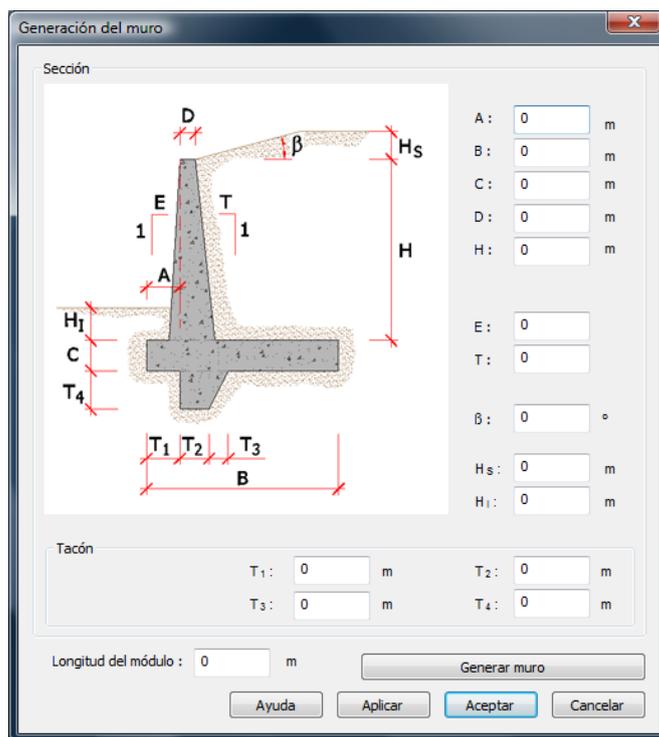


Figura 3.1.1-1: Ventana de definición geométrica del muro de canto variable con la opción de generación automática.

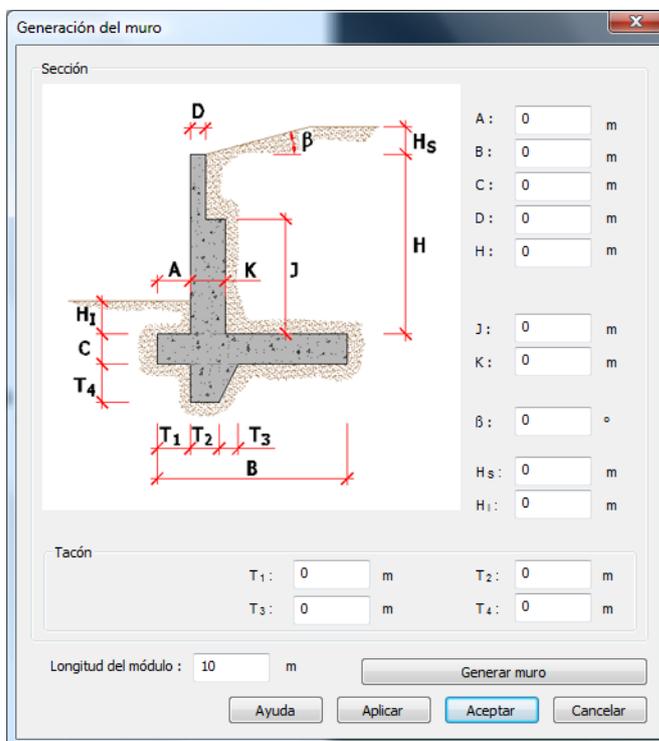


Figura 3.1.1-2: Ventana de definición geométrica del muro escalonado con la opción de generación automática.

Muro de canto variable

Para la definición del alzado debe introducirse la altura del muro (H), el espesor del muro en coronación (D) y la pendiente (tanto por uno) del paramento visto (E) y del paramento del trasdós (T).

La zapata queda definida por la distancia A de la zarpa delantera al plano vertical que pasa por el punto de intersección de la coronación del muro con el paramento visto, la anchura de la zapata (B) y el canto de la misma (C). En la opción de generación automática no es posible definir la base de la zapata inclinada.

El tacón se define a partir de la distancia del arranque del mismo al extremo de la zarpa delantera (T1), el espesor mínimo (T2), el sobreespesor en el empotramiento con la zapata (T3) y la profundidad (T4).

Muro escalonado

Para la definición del alzado debe introducirse la altura del muro (H), la altura del escalón inferior (J), el espesor del muro en coronación (D) y el espesor del muro en el escalón inferior (K). La zapata y el tacón se definen de igual modo que para los muros de canto variable.

En ambos casos se debe introducir los valores correspondientes a la geometría de la sección transversal del muro, así como los valores que definen la geometría del terreno en el trasdós según el criterio que se define en la Tabla 3.1.1-1.

Criterio de definición del terreno del trasdós		
	Ángulo β	Hs
Terreno horizontal	0	0
Terreno con talud infinito	>0	0
Tramo con talud inclinado hasta una determinada altura	>0	>0

Tabla 3.1.1-1: Criterio de definición de la geometría del terreno en el trasdós.

Una vez introducidos estos parámetros se debe pulsar el botón *Generar muro*. En este momento el programa validará los datos introducidos y generará las coordenadas y cotas del muro. La cara superior de la zapata se sitúa a la cota cero (0). No será por tanto necesario entrar los datos correspondientes a los diálogos *Planta del paramento*, *Zapata* y *Alzado*. Faltará todavía por completar el resto de datos de definición del proyecto, como los materiales, los parámetros geotécnicos del terreno, los recubrimientos de armadura pasiva, etc., para lo cual se deberá entrar en las opciones correspondientes.

El programa guarda en el archivo de proyecto los valores que se introduzcan en el diálogo de generación automática.

3.1.2 Orden *Planta del paramento*

La posición en planta del muro queda definida por la proyección en planta de la arista frontal de la coronación del muro, que define el plano vertical de referencia.

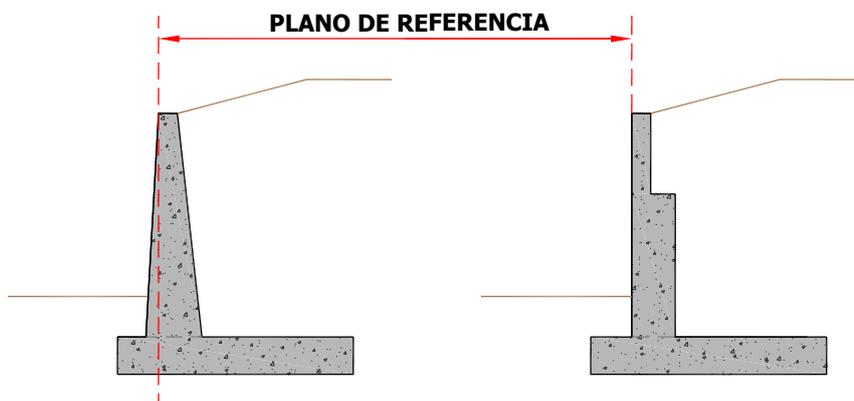


Figura 3.1.2-1: Definición del plano de referencia.

CivilCAD3000 permite dos formas alternativas de definición en planta del paramento, la *definición por longitudes* o la *definición por coordenadas*.

Definición por longitudes

En este caso se asume que los distintos módulos del muro se sitúan en una alineación recta situada según el eje X. El usuario debe definir únicamente el número de módulos que componen el muro y la longitud de cada uno de ellos. La opción *Añadir módulo* permite crear un nuevo módulo, el cual se añade a continuación de los definidos anteriormente. La opción *Eliminar módulo*, borrará el último módulo introducido.

Una vez añadido un módulo se debe definir su longitud (L) en la casilla correspondiente.

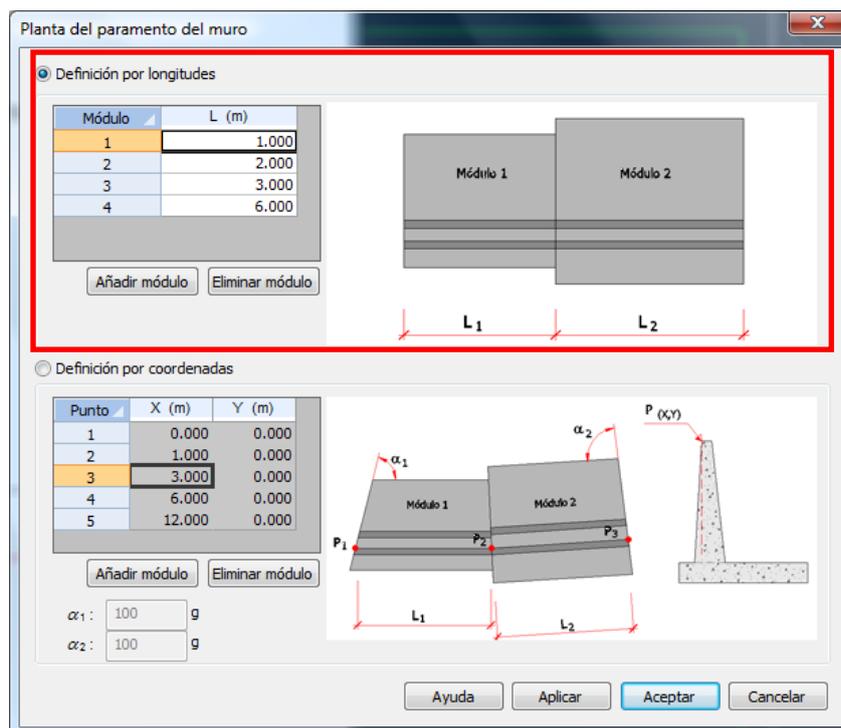


Figura 3.1.2-2: Definición del paramento por longitudes.

Definición por coordenadas

Si se selecciona la opción de *Definición por coordenadas* el usuario debe introducir las coordenadas (X, Y) del paramento de referencia. Al igual que en el caso anterior, la opción *Añadir módulo* permite crear un nuevo módulo, el cual se añade a continuación de los definidos anteriormente. La opción *Eliminar módulo*, borrará el último módulo introducido.

El ángulo que forman los paramentos de dos módulos contiguos debe estar comprendido entre 170 y 230 grados centesimales (g). *CivilCAD3000* dispondrá la junta entre las zapatas de dos módulos contiguos según la bisectriz del ángulo que forman los paramentos. Para los módulos extremos el usuario debe introducir el valor del ángulo interior que forma el paramento de referencia del muro con la cara exterior lateral de la zapata (ángulos α_1 y α_2), el cual debe estar comprendido entre 85 y 115 grados centesimales (g).

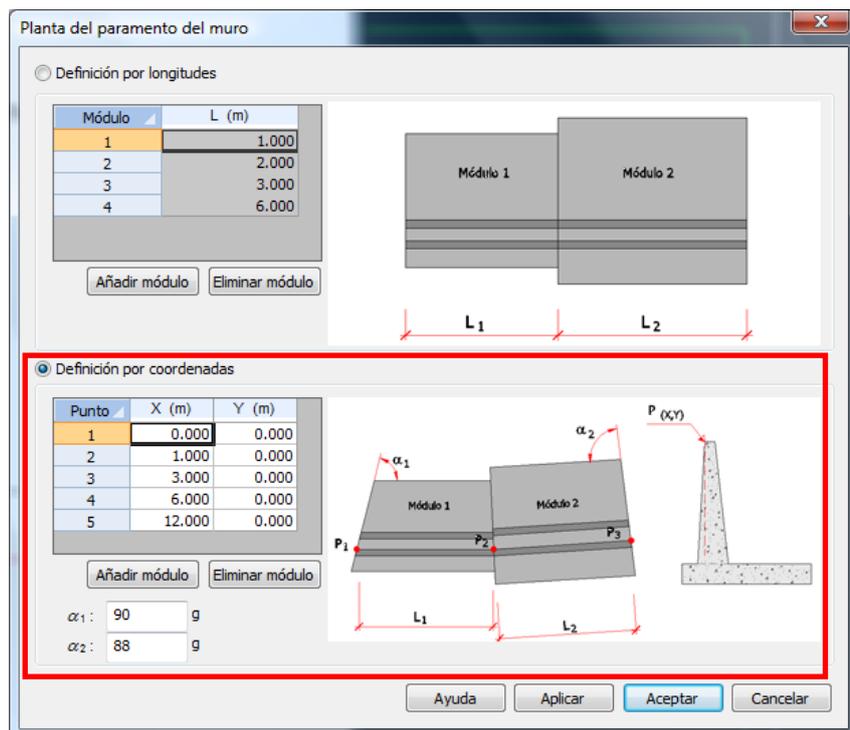


Figura 3.1.2-3: Definición del paramento por coordenadas.

Una vez introducidos los datos con cualquiera de las dos opciones, se debe pinchar la opción *Aceptar*. En este momento el programa validará los datos introducidos comprobando su coherencia y verificando que la geometría se encuentra dentro de los rangos de validez.

3.1.3 Orden Zapata

En la opción Zapata se debe definir la geometría de la zapata y del tacón si lo hubiere, para cada uno de los módulos que componen el muro. Al seleccionar esta opción aparecerá en pantalla el diálogo que se muestra en la Figura 3.1.3-1.

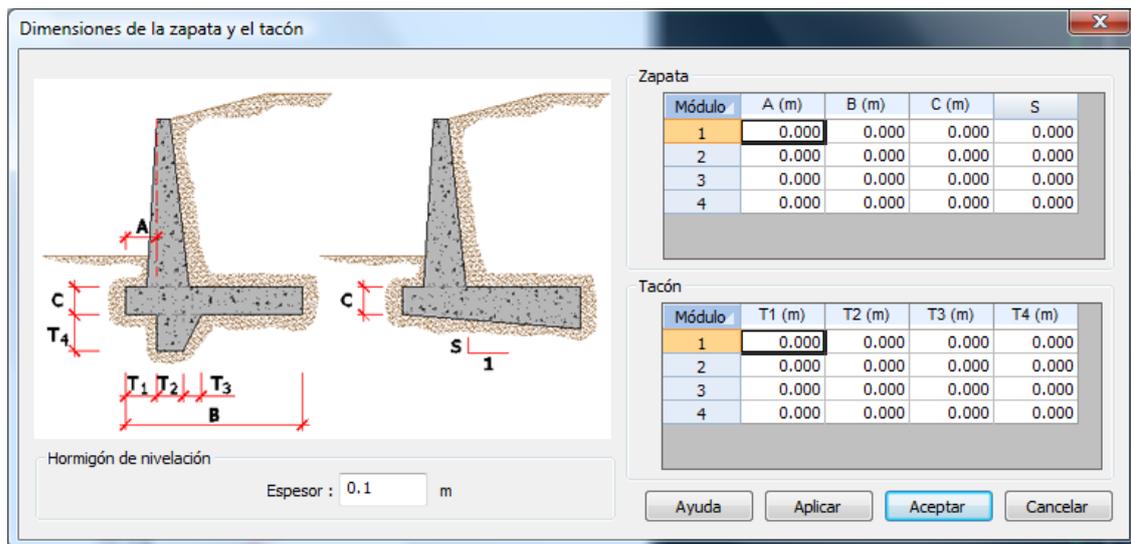


Figura 3.1.3-1: Definición de la zapata.

Para cada módulo, se debe definir la distancia A del extremo de la zarpa delantera al paramento de referencia (ver definición en apartado 3.1.2), la anchura total de la zapata (B), el espesor de la zapata en el extremo de la zarpa delantera, y la pendiente (en tanto por uno) de la inclinación de la base de la zapata respecto la horizontal (S).

En el caso de querer contemplar un tacón para aumentar la resistencia al deslizamiento se deberá introducir la distancia del tacón al extremo de la zarpa delantera (T1), la anchura del tacón en su extremo inferior (T2), el sobreespesor en el empotramiento con la zapata (T3) y la profundidad (T4).

Si se ha dispuesto la base de la zapata inclinada, *CivilCAD3000* no permite considerar la presencia de un tacón.

Finalmente se debe introducir el espesor del hormigón de limpieza que se dispondrá bajo la zapata. Este valor se considera únicamente a efectos de medición y de planos de geometría.

Una vez introducidos los valores se debe seleccionar la opción *Aceptar*.

3.1.4 Orden Alzado

Al seleccionar la opción Alzado, aparecerá en pantalla un diálogo que permitirá definir la geometría del alzado; dicho diálogo será distinto para los casos de muro de canto variable o muro escalonado.

Muro de canto variable

En el caso de muro de canto variable aparecerá en pantalla el diálogo que se muestra en la Figura 3.1.4-1. El alzado del muro queda definido por las siguientes variables:

- *Cota en coronación (Z_s):* En cada junta se define la cota de coronación del muro. *CivilCAD3000* no permite definir saltos de discontinuidad en la coronación entre dos módulos.
- *Pendiente del paramento visto (E):* Pendiente (en tanto por uno) respecto de la vertical, del paramento visto del muro, definida en cada junta entre módulos. Se adopta así la misma pendiente en el extremo final del módulo anterior de la junta y en el extremo inicial del módulo posterior de la junta, garantizando la continuidad del paramento visto. En secciones intermedias de un módulo se interpola linealmente la pendiente del paramento visto, a partir de las pendientes definidas en las dos juntas del módulo.
- *Canto en coronación (D):* Se define en esta casilla el espesor del muro en la coronación. Se adopta un único valor en cada junta. En secciones intermedias de un mismo módulo se interpola linealmente.
- *Cota de la zapata (Z_{c1} y Z_{c2}):* En este caso el usuario debe definir para cada módulo la cota de la cara superior de la zapata en la junta anterior (Z_{c1}) -lado izquierdo- y posterior (Z_{c2}) -lado derecho-. En consecuencia, no es necesario dar continuidad en alzado a las zapatas de dos módulos contiguos.
- *Pendiente del paramento del trasdós (T_1 y T_2):* Para cada junta de cada módulo se debe introducir la pendiente (en tanto por uno) del paramento del trasdós respecto de la vertical.

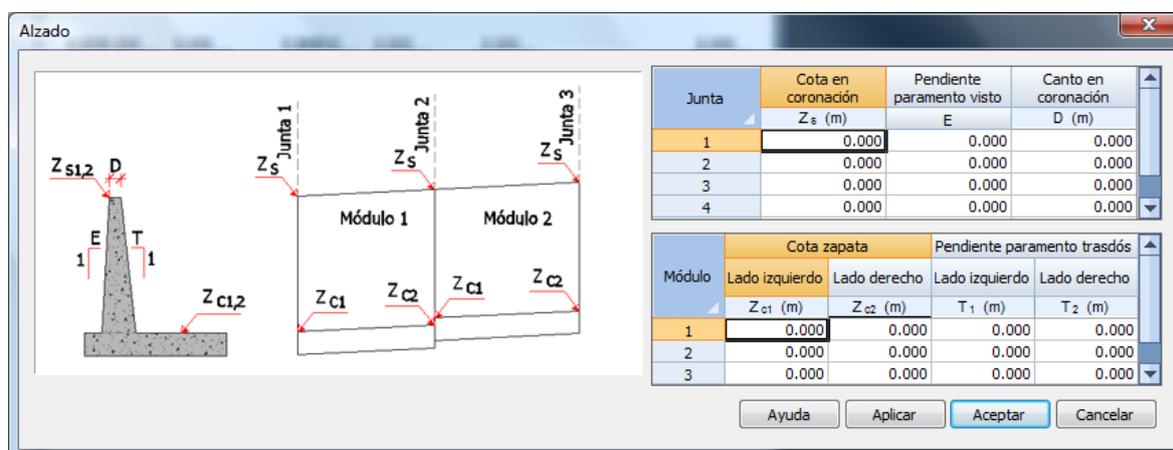


Figura 3.1.4-1: Definición del alzado en muros de canto variable.

Las pendientes de los paramentos no pueden introducirse con valor negativo; *CivilCAD3000* no permite considerar muros en los que el espesor disminuye con la altura.

Muro escalonado

En el caso de muro escalonado aparecerá en pantalla el diálogo que se muestra en la Figura 3.1.4-2. El alzado del muro queda definido por las siguientes variables.

- *Cota en coronación (Z_s):* En cada junta se define la cota de coronación del muro. *CivilCAD3000* no permite definir saltos de la coronación entre dos módulos.

- *Cota de la zapata (Z_{c1} y Z_{c2}):* En este caso el usuario debe definir para cada módulo la cota de la cara superior de la zapata en la junta anterior (Z_{c1}) -lado izquierdo- y posterior (Z_{c2}) -lado derecho-. En consecuencia, no es necesario dar continuidad en alzado a las zapatas de dos módulos contiguos.
- *Canto escalón superior (D_s):* Se define en esta casilla el espesor del muro en el tramo superior del mismo.
- *Canto escalón inferior (D_i):* Se define en esta casilla el espesor del muro en el tramo inferior del mismo.
- *Altura escalón inferior (H_i):* Altura del escalón inferior del muro, medida desde la cara superior de la zapata.

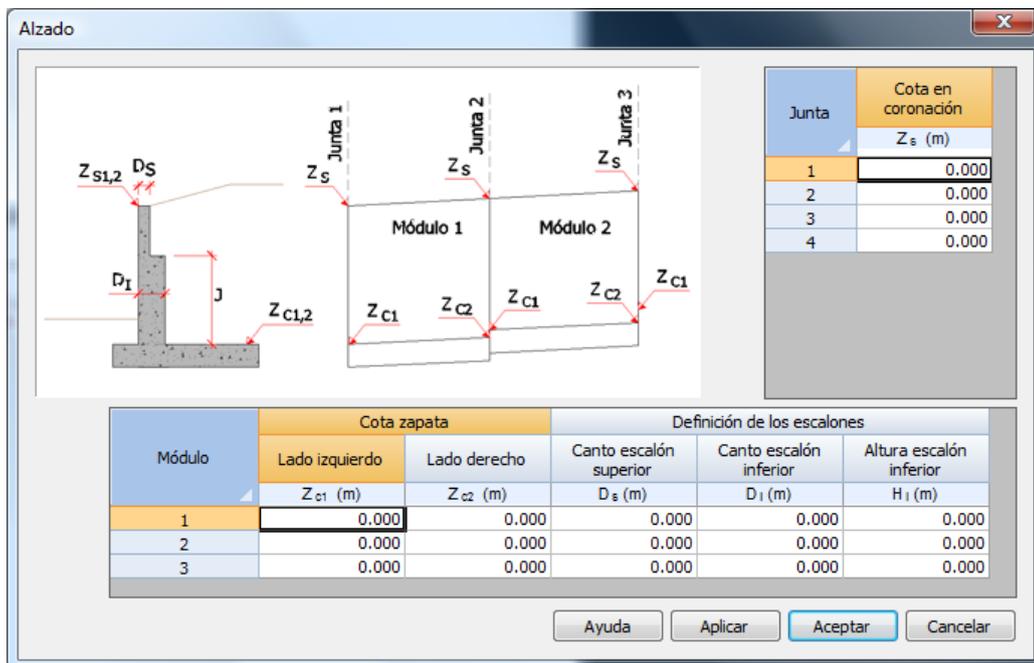


Figura 3.1.4-2: Definición del alzado en muros escalonados.

3.2 Orden Terreno

La orden *Terreno* permite definir la geometría del terreno, así como los parámetros geotécnicos de las distintas capas del terreno y los parámetros de adherencia y rozamiento terreno-muro. Al seleccionar la opción *Terreno*, aparecerá en pantalla la ventana que se muestra en la Figura 3.2-1.

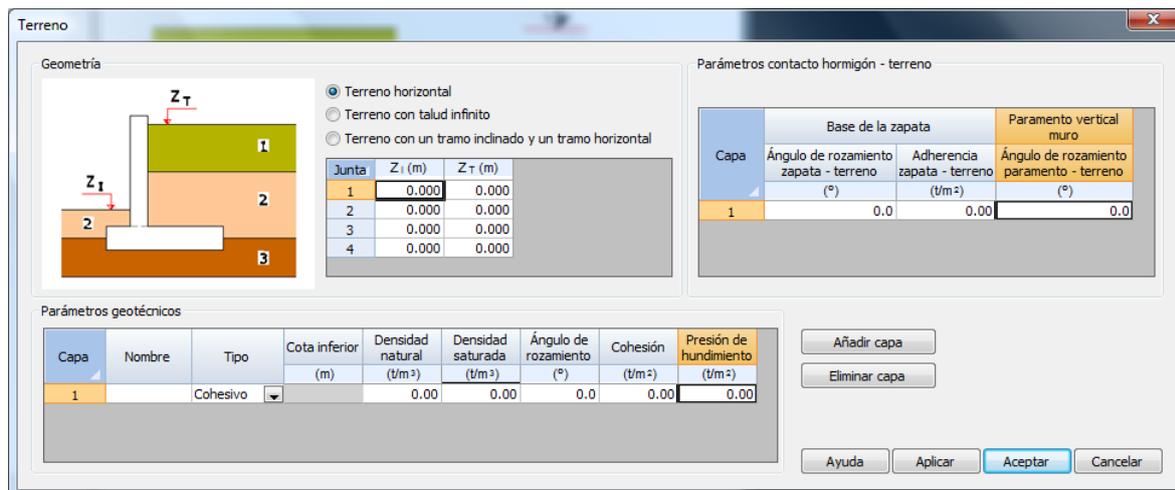


Figura 3.2-1: Ventana correspondiente a la orden Terreno.

Geometría del terreno

En el diálogo superior izquierdo de la ventana *Terreno* se define la geometría del terreno (ver Figura 3.2-2).

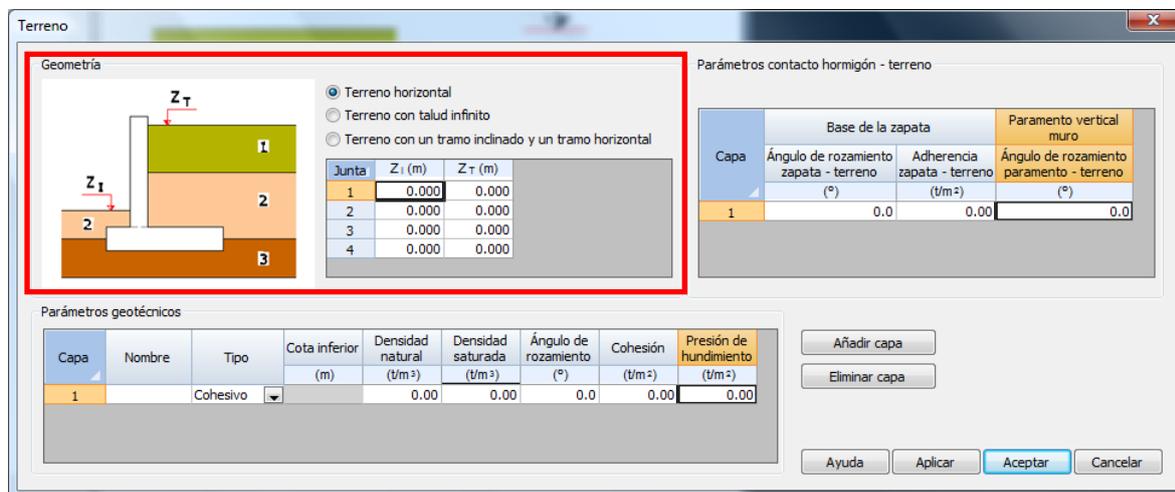


Figura 3.2-2: Definición de la geometría del terreno.

En este diálogo se debe seleccionar en primer lugar el tipo de perfil del terreno que se desea considerar, escogiendo entre las tres opciones disponibles:

- Terreno horizontal.
- Terreno con talud infinito.
- Talud formado por un primer tramo inclinado y un segundo tramo horizontal.

En el caso de seleccionar la opción de terreno horizontal, se deberá definir la cota del terreno situado por delante del muro (Z_1) así como la cota del terreno en el trasdós (Z_T).

Estas cotas se definen en las juntas de los módulos que conforman el muro. Para secciones intermedias de cada módulo se interpola linealmente.

En el caso de seleccionar la opción de talud inclinado además de definir las dos cotas anteriores se debe introducir el ángulo del talud, en grados sexagesimales, en cada junta del talud (ver Figura 3.2-3). En este caso la cota Z_T se define en el contacto del talud con el paramento del trasdós del muro.

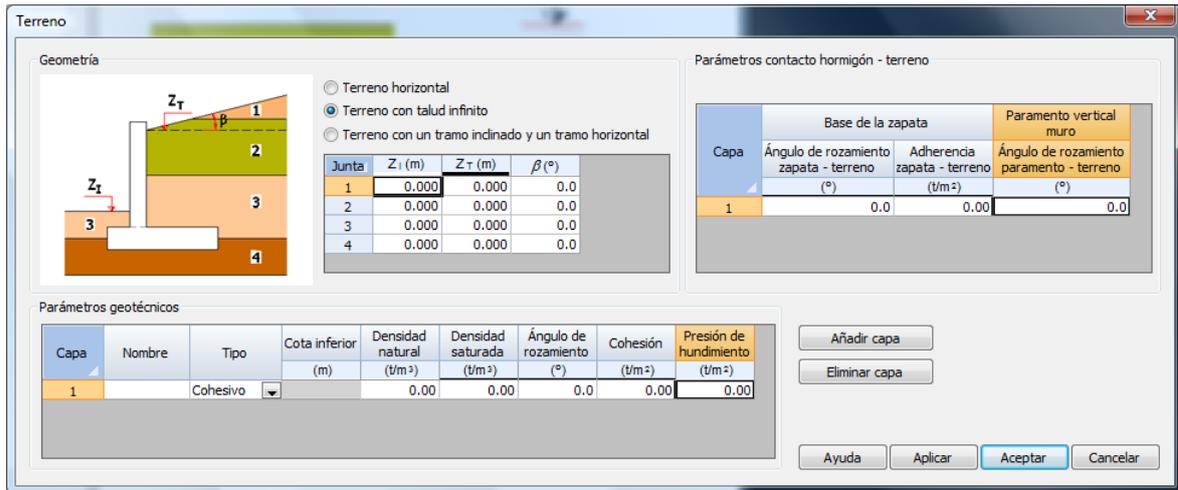


Figura 3.2-3: Definición de la geometría del terreno para talud inclinado infinito.

Finalmente si la opción seleccionada es la correspondiente a un perfil mixto con un tramo inclinado y un tramo horizontal se deberá introducir adicionalmente la diferencia de altura entre la cota del terreno en el contacto con el muro y la cota del terreno en el tramo horizontal (H_T) (ver Figura 3.2-4).

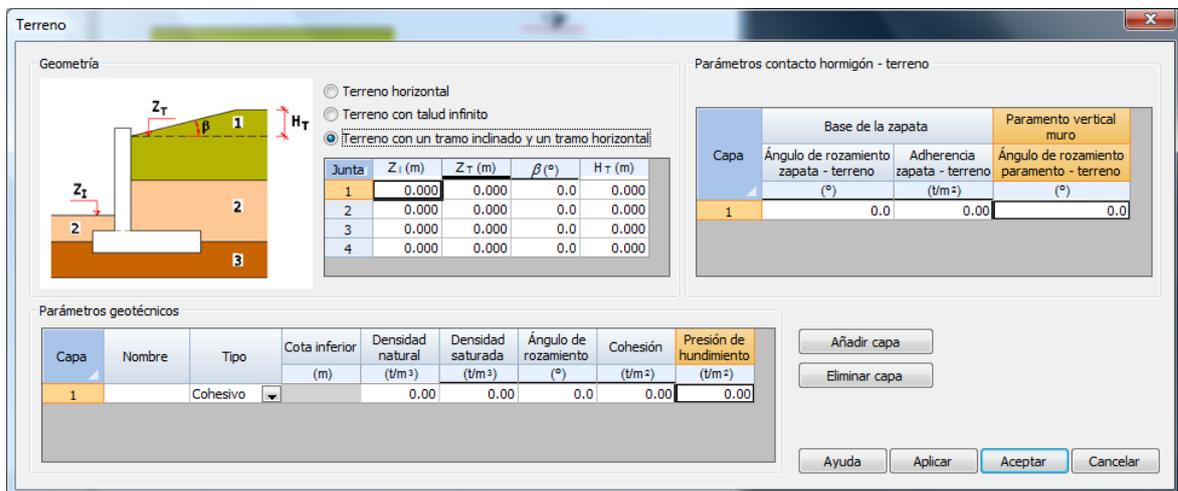


Figura 3.2-4: Definición de la geometría del terreno para talud mixto.

Cabe mencionar que la superficie del terreno puede situarse por debajo de la coronación del muro, pero obviamente nunca por encima.

Parámetros geotécnicos

En este diálogo se define la geometría de las distintas capas de terreno y los parámetros geotécnicos que la caracterizan.

Con el botón *Añadir capa* se genera una nueva capa, mientras que con el botón *Eliminar capa* se borra la última capa. Las capas se deben introducir de forma decreciente, de forma que la primera capa corresponde a la situada más arriba.

Una vez creadas las capas del terreno se debe introducir para cada una de ellas los siguientes parámetros:

- *Nombre:* Se debe introducir una cadena alfanumérica que identificará la capa.
- *Tipo:* El terreno se clasifica según su naturaleza en cohesivo, granular o roca.
- *Cota inferior:* Se debe introducir la cota del nivel inferior de la capa. En la última capa no se permite introducir ningún valor ya que se considera infinita.
- *Densidad natural:* Corresponde a la densidad aparente del terreno.
- *Densidad saturada:* Corresponde a la densidad del terreno en condiciones de saturación (con todos los huecos colmatados de agua).
- *El ángulo de rozamiento interno ϕ :* Corresponde al ángulo de rozamiento interno del terreno (en condiciones drenadas), que se utilizará para el cálculo de los empujes activo y pasivo.
- *Cohesión:* Cohesión drenada del terreno.
- *Presión de hundimiento:* Corresponde a la presión de hundimiento del terreno. Estrictamente, este parámetro depende de diversos factores, entre los cuales hay que distinguir la inclinación de la carga, la anchura de la zapata equivalente, etc. por lo que el usuario deberá introducir el valor correspondiente a las condiciones correspondientes a la situación pésima. A partir de la presión de hundimiento, *CivilCAD3000* obtiene la presión admisible para cada situación y combinación a partir de los factores de seguridad definidos en la ventana correspondiente.

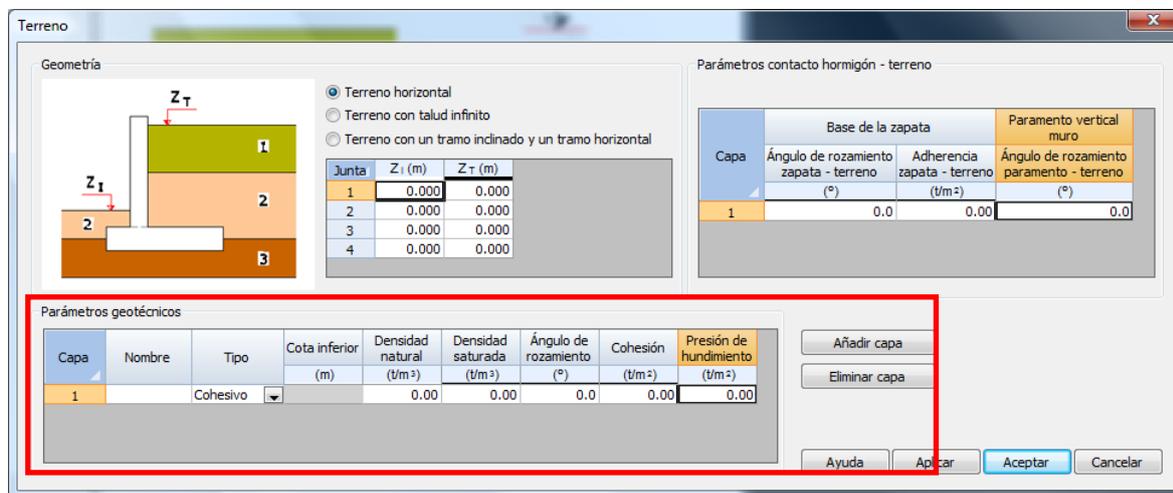


Figura 3.2-5: Definición de las capas del terreno.

Parámetros contacto hormigón-terreno

En este diálogo se define el ángulo de rozamiento entre el trasdós del muro y el terreno, y los parámetros de rozamiento y adherencia en la base de la zapata.

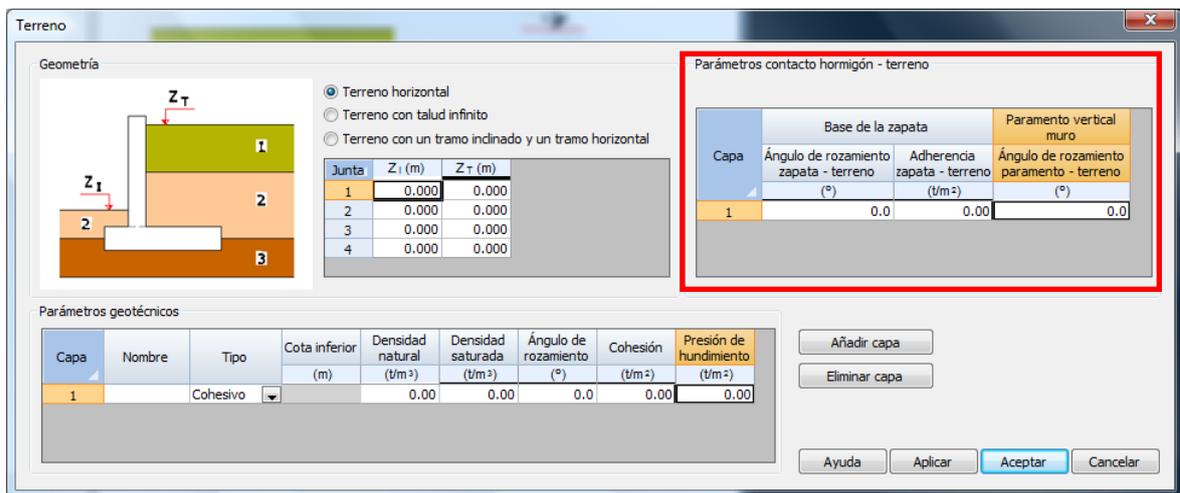


Figura 3.2-6: Definición de los parámetros de contacto hormigón-terreno.

Los parámetros correspondientes a la base de la zapata se utilizan para el cálculo del estado límite de deslizamiento:

- Ángulo de rozamiento zapata-terreno.
- Adherencia zapata-terreno.

En el paramento vertical del muro (paramento del trasdós) se debe introducir el ángulo de rozamiento hormigón-terreno, que se utilizará en el cálculo de los empujes.

Para el ángulo de rozamiento paramento-relleno, el Código Técnico de la Edificación en su Documento Básico SE-C (Cimientos) (apartado 6.2.3) determina que, salvo justificación especial, se deberán tener en cuenta las estimaciones siguientes para dicho ángulo:

- Para empuje activo y paramento poco rugoso $\delta \leq 2/3 * \phi$ (por ejemplo, en un paramento hormigonado contra el terreno).
- Para empuje activo y muro poco rugoso: $\delta \leq 1/3 * \phi$ (por ejemplo, en un paramento encofrado).
- Para empuje activo y muro liso: $\delta = 0$ (caso de disponer una lámina drenante lisa).
- Para empuje pasivo: $\delta \leq 1/3 * \phi$

Por su parte, la norma sísmica NCSP-07 propone a falta de información específica que:

- $\delta \leq 2/3 * \phi$ para el empuje activo.
- $\delta = 0$ para el empuje pasivo.

3.3 Orden Materiales

Mediante la orden *Materiales* se accede a la ventana de definición de los materiales de los diferentes elementos estructurales, donde se debe seleccionar el acero de las armaduras pasivas, los hormigones estructurales correspondientes a la zapata y al alzado, así como el hormigón de la capa de nivelación y limpieza; este último solo se utiliza a efectos de generar los planos de geometría y la medición. Además se debe definir el diámetro máximo del árido para cada uno de los hormigones, y, en caso de optar por las normativas españolas, también su consistencia (según se define en la Instrucción EHE-08). En las figuras 3.3-1, 3.3-2 y 3.3-3 se muestran las ventanas correspondientes a las normas españolas, europeas y americanas.

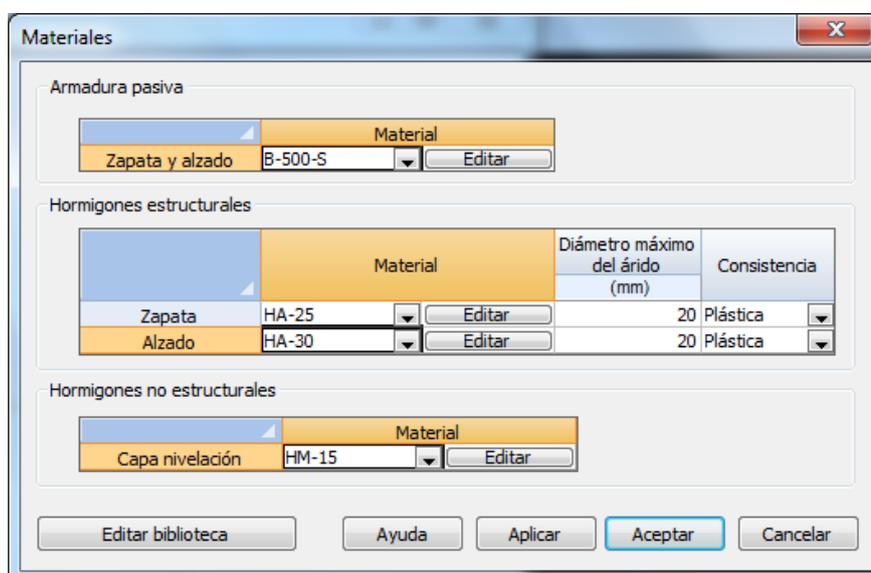


Figura 3.3-1: Ventana de definición de los materiales para las normas españolas.

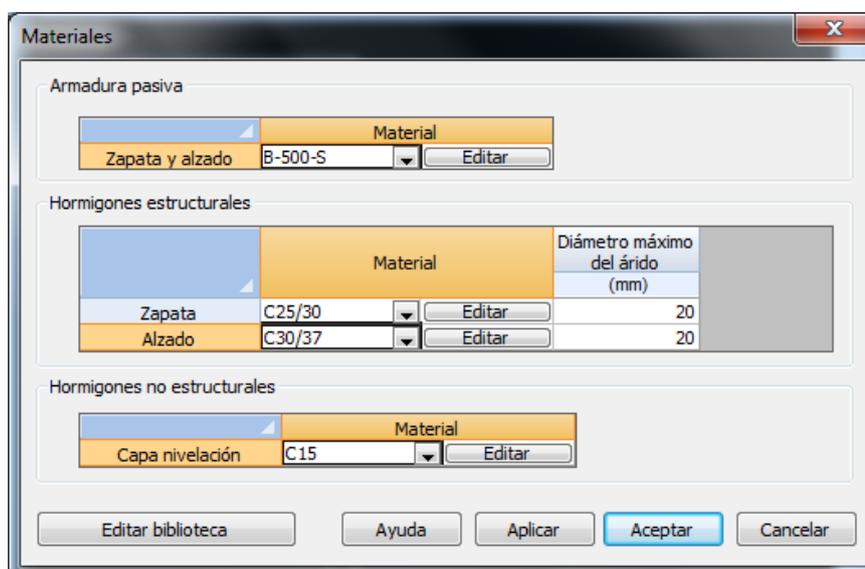


Figura 3.3-2: Ventana de definición de los materiales para las normas europeas.

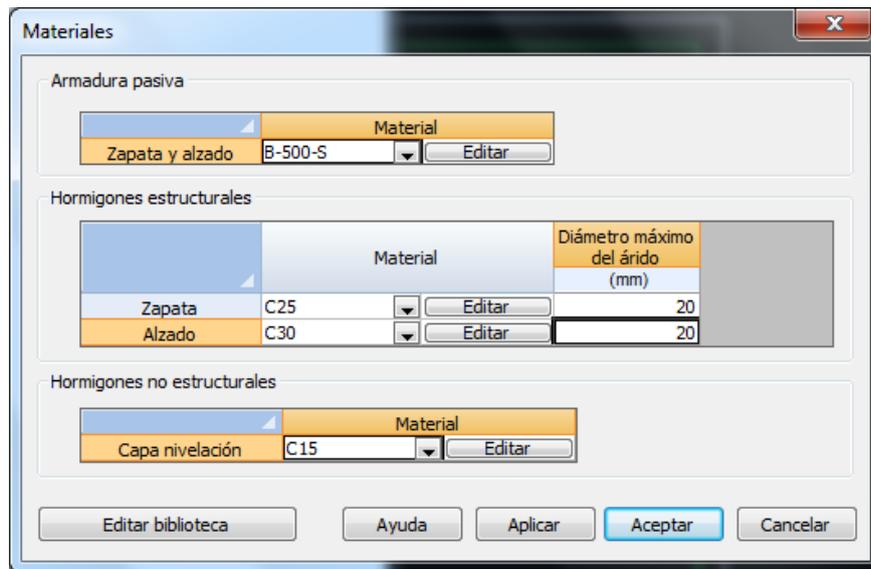


Figura 3.3-3: Ventana de definición de los materiales para las normas americanas.

Para cada elemento estructural se debe seleccionar un material de los existentes en la biblioteca con la opción del menú desplegable (ver figura 3.3-4).

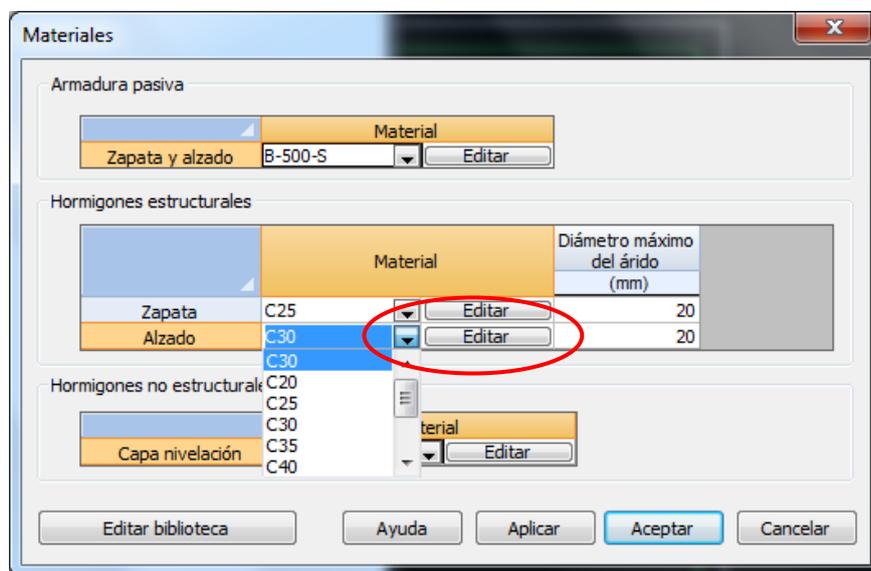


Figura 3.3-4: Ventana de definición de los materiales para las normas americanas.

Con el botón *Editar* se accede a la ventana de la biblioteca de materiales, en la que se editan todos los parámetros que definen a dicho material (en la Figura 3.3-5 se muestra la ventana correspondiente a un hormigón definido según los Eurocódigos). El usuario puede modificar los valores del material, los cuales guardados en el proyecto del muro, y los que

se adoptarán en los cálculos, sin que se modifiquen los valores de la biblioteca. Para mayor detalle consultar el Manual del Usuario correspondiente a la Biblioteca de Materiales.

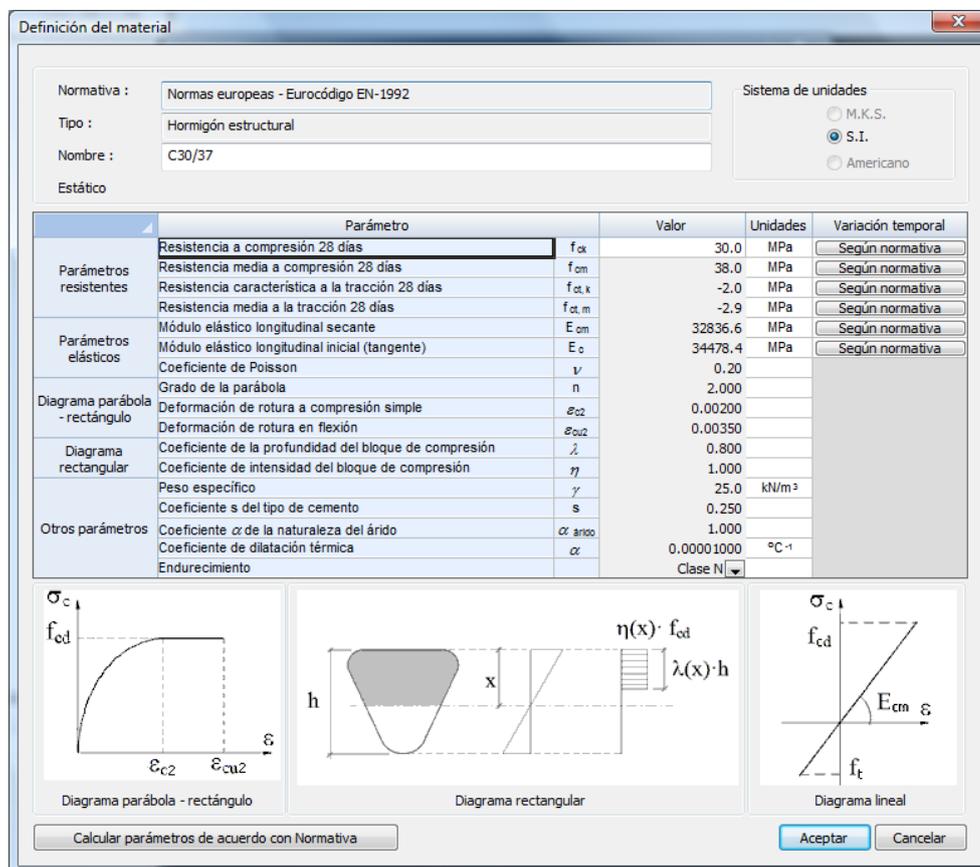


Figura 3.3-5: Diálogo correspondiente a los parámetros de definición de un hormigón según los Eurocódigos.

Si el usuario desea modificar los valores del material de la biblioteca, deberá seleccionar la opción *Editar biblioteca*; de este modo se accede al diálogo general de la biblioteca, a partir del cual podrá editar, modificar o añadir cualquier material de la biblioteca.

3.4 Orden Clases de exposición

En este apartado se deben definir las clases de exposición del ambiente, que permitirán calcular los recubrimientos mínimos y las condiciones de fisuración admisible (estas opciones deben ser activadas por el usuario en las ventanas correspondientes a las órdenes *Fisuración y Recubrimientos*).

3.4.1 Normativa española

En el caso de la normativa española (artículo 8.2.2 de la Instrucción EHE-08) se debe definir la clase de exposición general (procesos relativos a la corrosión de las armaduras) y las clases de exposición específica (procesos de deterioro distintos de la corrosión).

Clases generales de exposición relativas a la corrosión de armaduras				
Clase general de exposición				Descripción
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso	
No agresiva		I	Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> - Interiores de edificios, no sometidos a condensaciones. - Elementos de hormigón en masa.
Normal	Humedad alta	IIa	Corrosión de origen diferente a los cloruros.	<ul style="list-style-type: none"> - Interiores sometidos a humedades relativas medias altas (> 65%) o a condensaciones. - Exteriores en ausencia de cloruros, y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm. - Elementos enterrados o sumergidos.
	Humedad media	IIb	Corrosión de origen diferente a los cloruros.	<ul style="list-style-type: none"> - Exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm.
Marina	Aérea	IIIa	Corrosión por cloruros.	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos de estructuras marinas, por encima del nivel de pleamar. - Elementos exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 km).
	Sumergida	IIIb	Corrosión por cloruros.	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente, por debajo del nivel marino de bajamar.
	En zonas de carrera de mareas y en zonas de salpicaduras.	IIIc	Corrosión por cloruros.	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos de estructuras marinas situadas en la zona de salpicaduras o en zonas de carrera de mareas.
Con cloruros de origen diferente del medio marino.		IV	Corrosión por cloruros.	<ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones no impermeabilizadas en contacto con el agua que presente un contenido elevado de cloruros, no relacionados con el ambiente marino. - Superficies expuestas a sales de deshielo no impermeabilizadas.

Tabla 3.4.1-1: Clases de exposición general según la Instrucción EHE-08.

Clases específicas de exposición relativas a otros procesos distintos de la corrosión				
Clase específica de exposición				Descripción
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso	
Química agresiva	Débil	Qa	Ataque químico	- Elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración de hormigón con velocidad lenta (ver tabla 3.4.1-3).
	Media	Qb	Ataque químico	- Elementos en contacto con agua de mar. - Elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media (ver tabla 3.4.1-3)
	Fuerte	Qc	Ataque químico	- Elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (ver tabla 3.4.1-3)
Con heladas	Sin sales fundentes	H	Ataque hielo-deshielo	- Elementos situados en contacto frecuente con el agua, o zonas con humedad relativa media ambiental en invierno superior al 75%, y que tengan una probabilidad anual superior al 50% de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de -5°C.
	Con sales fundentes	F	Ataque por sales fundentes	- Elementos destinados al tráfico de vehículos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales o con valor medio de la temperatura mínima en los meses de invierno inferior a 0°C.
Erosión		E	Abrasión, cavitación	- Elementos sometidos a desgaste superficial. - Elementos de estructuras hidráulicas en los que la cota piezométrica pueda descender por debajo de la presión de vapor del agua.

Tabla 3.4.1-2: Clases de exposición específica según la Instrucción EHE-08.

En la Tabla 3.4.1-3 se especifica la clasificación del ataque química según el nivel de agresividad.

Tipo de medio agresivo	Parámetros	Tipo de exposición		
		Qa	Qb	Qc
		Ataque débil	Ataque medio	Ataque fuerte
Agua	Valor del pH, según UNE 83.952.	6,5-5,5	5,5 – 4,5	< 4,5
	CO ₂ agresivo (mg CO ₂ /l), según UNE-EN 13.577.	15-40	40-100	> 100
	Ión Amonio (mg NH ₄ ⁺ /l), según UNE 83.954.	15-30	30-60	> 60
	Ión Magnesio (mg Mg ²⁺ /l), según UNE 83.955.	300-1.000	1.000-3.000	> 3.000
	Ión Sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /l), según UNE 83.956.	200-600	600-3.000	> 3.000
	Residuo Seco (mg/l), según UNE 83.957.	75-150	50-75	< 50
Suelo	Grado de acidez Bauman-Gully (ml/kg), según UNE 83.962.	> 200	(*)	(*)
	Ión Sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /kg de suelo seco), según UNE 83.963.	2.000-3.000	3.000-12.000	> 12.000

(*) Estas condiciones no se dan en la práctica

Tabla 3.4.1-3: Clasificación de la agresividad química según la Instrucción EHE-08

En base a los criterios establecidos en la normativa el usuario debe seleccionar en el diálogo (ver Figura 3.4.1-4) una de las clases generales de exposición y seleccionar las clases específicas que sean de aplicación a la estructura que se está calculando. Así mismo se debe especificar si el ataque químico Q (ya sea Qa, Qb o Qc) afecta a las armaduras o no (este aspecto determina la limitación del ancho de fisura) y si se produce ataque al hormigón por pH, CO₂ o SO₄, lo cual interviene en la determinación del tipo de cemento a utilizar y por tanto en el recubrimiento mínimo de las armaduras.

Si se marca la casilla el programa considera que existe la clase específica o el ataque seleccionado, y en caso de no marcarla se considera que no se da dicho ataque.

En base a los datos introducidos se podrá calcular automáticamente el recubrimiento de las armaduras y la abertura máxima de fisura (estas opciones deben ser activadas por el usuario en las ventanas correspondientes a las órdenes *Fisuración* y *Recubrimientos*).

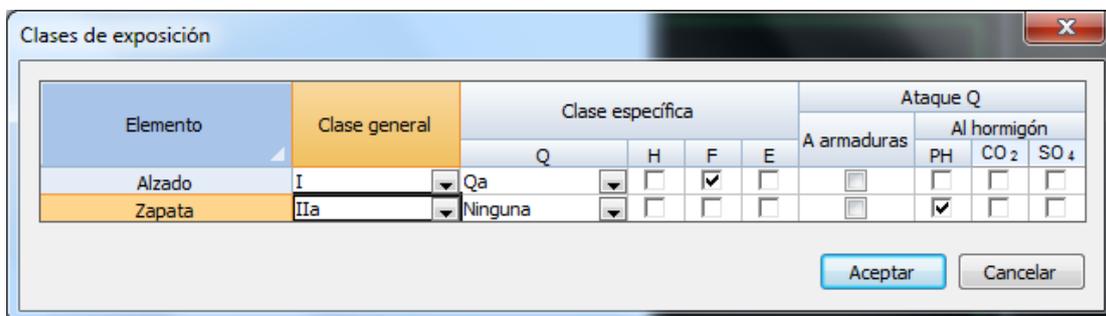


Figura 3.4.1-4: Definición de las clases de exposición con la normativa española (EHE-08).

3.4.2 Normativa europea

El Eurocódigo EN-1992-1-1 en su artículo 4.2 establece los las clases de exposición, que se presentan en la siguiente Tabla 3.4.2-1.

Clase de exposición relativas a las condiciones del ambiente según EN 206-1		
Designación	Descripción del ambiente	Ejemplos
1 Sin riesgo de corrosión		
X0	- Hormigón en masa: Cualquier ambiente excepto situaciones de hielo/deshielo, abrasión o ataque químico. - Hormigón armado: Ambiente muy seco.	Hormigón en interior de edificios con muy baja humedad.
2 Corrosión inducida por carbonatación		
XC1	Seco o permanente mojado (sumergido).	- Hormigón en interior de edificios con baja humedad. - Hormigón permanentemente sumergido en el agua
XC2	Mojado, raramente seco.	- Superficies de hormigón en contacto con el agua durante largos periodos. - Algunas cimentaciones.
XC3	Moderadamente húmedo.	- Hormigón en interior de edificios con humedad baja o moderada. - Hormigón en el exterior protegido de la lluvia.
XC4	Situaciones cíclicas de seco y mojado.	Superficies de hormigón en contacto con el agua no incluidas en XC2.
3 Corrosión inducida por cloruros		
XD1	Moderadamente húmedo.	Superficies de hormigón sometidas a ambientes aéreos con cloruros.
XD2	Mojado, raramente seco.	- Piscinas. - Hormigón en contacto con aguas industriales que contengan cloruros.
XD3	Situaciones cíclicas de seco y mojado.	- Elementos de puentes en contacto con salpicaduras que contengan cloruros. - Pavimentos. - Losas de aparcamientos.
4 Corrosión inducida por cloruros procedentes de agua marina		
XS1	Expuesto a ambiente marino pero sin contacto directo con agua marina.	- Estructuras situada en la costa.
XS2	Permanentemente sumergido.	- Partes de estructuras marinas.
XS3	Zona de mareas y salpicaduras.	- Partes de estructuras marinas.
5 Ataque por hielo-deshielo		
XF1	Zonas de saturación moderada sin sales fundentes.	- Superficies verticales de hormigón expuestas a la lluvia y a las heladas.
XF2	Zonas de saturación moderada con sales fundentes.	- Superficies verticales de hormigón de estructuras de carretera expuestas a heladas y a sales de deshielo.
XF3	Zonas muy saturadas sin sales fundentes.	- Superficies horizontales de hormigón expuestas a la lluvia y a las heladas.
XF4	Zonas muy saturadas con sales fundentes.	- Carreteras y tableros de puente expuestos a agentes de deshielo. - Superficies de hormigón expuestas directamente a salpicaduras que contengan agentes de deshielo y heladas. - Estructuras en zonas con salpicaduras de agua marina expuestas a heladas.

Clase de exposición relativas a las condiciones del ambiente según EN 206-1		
Designación	Descripción del ambiente	Ejemplos
6 Ataque químico		
XA1	Ambiente de baja agresividad química según la Tabla 2 del EN-206-1	
XA2	Ambiente de moderada agresividad química según la Tabla 2 del EN-206-1	
XA3	Ambiente de alta agresividad química según la Tabla 2 del EN-206-1	

Tabla 3.4.2-1: Clases de exposición según los Eurocódigos.

En base a los criterios establecidos en la normativa el usuario debe seleccionar en el diálogo (ver Figura 3.4.2-2) una de las clases de exposición para cada elemento estructural. En base a la clase de exposición seleccionada se podrá calcular automáticamente el recubrimiento de las armaduras y la abertura máxima de fisura (estas opciones deben ser activadas por el usuario en las ventanas correspondientes a las órdenes *Fisuración* y *Recubrimientos*).

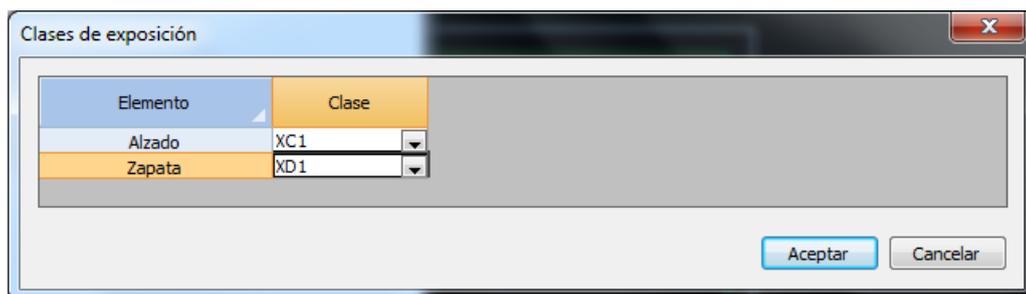


Figura 3.4.2-2: Definición de las clases de exposición según la normativa europea (Eurocódigos).

3.4.3 Normativa americana

En el caso de la normativa americana se ha adoptado la clasificación de las clases de exposición que figuran en la ACI 318 (apartado 4.2.1), al no existir una definición explícita en la AASHTO. En la tabla 3.4.3-1 se presenta dicha clasificación.

Categorías y clases de exposición según ACI 318 (Tabla 4.2.1)			
Categoría	Severidad	Clase	Condición
F : Hielo-deshielo	No aplicable	F0	Hormigón no expuesto a ciclos de hielo-deshielo.
	Moderada	F1	Hormigón expuesto a ciclos de hielo y deshielo con exposición ocasional a la humedad.
	Severa	F2	Hormigón expuesto a ciclos de hielo-deshielo en contacto continuo con la humedad.
	Muy severa	F3	Hormigón expuesto a ciclos de hielo-deshielo que estará en contacto continuo con la humedad y expuesto a productos químicos descongelantes.
S : Sulfatos			Sulfatos solubles en agua (SO₄) en el suelo (% en peso)
	No aplicable	S0	SO ₄ < 0,10
	Moderada	S1	0,10 ≤ SO ₄ ≤ 0,20
	Severa	S2	0,20 ≤ SO ₄ ≤ 2,00
	Muy severa	S3	SO ₄ > 2,00
			Sulfatos (SO₄) disueltos en agua (ppm)
	No aplicable		SO ₄ < 150
	Moderada		150 ≤ SO ₄ ≤ 1.500 agua marina
	Severa		1.500 ≤ SO ₄ ≤ 10.000
	Muy severa		SO ₄ > 10.000
P : Requerimiento de baja permeabilidad.	No aplicable	P0	En contacto con el agua donde no se requiere baja permeabilidad.
	Requerida	P1	En contacto con el agua donde se requiera baja permeabilidad.
C : Protección de corrosión de las armaduras.	No aplicable	C0	Hormigón seco o protegido contra la humedad.
	Moderada	C1	Hormigón expuesto a la humedad y a una fuente externa de cloruros.
	Severa	C2	Hormigón expuesto a la humedad y a una fuente externa de cloruros provenientes de productos químicos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o salpicaduras del mismo origen.

Tabla 3.4.3-1: Clases de exposición según ACI 318.

A partir de esta clasificación, *CivilCAD3000* clasifica la agresividad en Ninguna, Moderada, Severa y Muy severa, que permite obtener los factores de exposición para el cálculo a fisuración según se define en el apartado 5.7.3.4 de la AASHTO.

Además el usuario debe definir las situaciones de agresividad a las que puede estar sometido el hormigón. El usuario debe marcar para cada elemento estructural las situaciones que afectan a cada una de ellas. Estas situaciones son:

- Exposición directa a agua marina.
- Hormigonado contra el suelo.
- Ubicación costera.
- Exposición a sales anticongelantes.
- Tráfico con neumáticos de clavos o cadenas.

En la Figura 3.4.3-1 se muestra el diálogo que permite definir las clases y situaciones de exposición.

Si se marca la casilla el programa considera que la situación afecta al elemento estructural, y en caso de no marcarla se considera que no le afecta.

La definición de estas situaciones permitirá calcular los recubrimientos mínimos de las armaduras según se define en el apartado 5.12.3 de la AASHTO.

En base a los datos introducidos se podrá calcular automáticamente el recubrimiento de las armaduras y los factores de exposición (estas opciones deben ser activadas por el usuario en las ventanas correspondientes a las órdenes *Fisuración* y *Recubrimientos*).

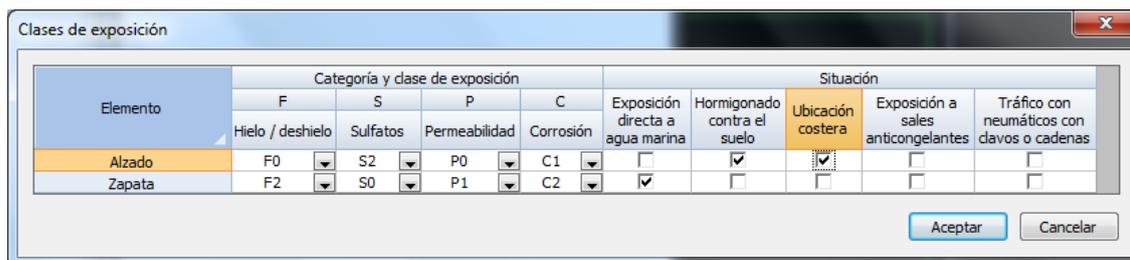


Figura 3.4.3-1: Definición de las clases de exposición con la normativa americana (AASHTO).

3.5 Orden *Fisuración*

Mediante la orden *Fisuración*, *CivilCAD3000* permite definir los niveles de fisuración admisible para cada uno de los elementos estructurales del muro (zapata y alzado). Los valores a introducir dependen de la normativa con la que se esté calculando la estructura, los cuales se definen en los siguientes subapartados.

3.5.1 Normativa española

En la normativa española (artículo 5.1.1.2 de la EHE-08), el nivel de fisuración admisible se define a partir de la abertura de fisura máxima admisible, que depende de la clase de exposición específica y general (ver Tabla 3.5.1-1).

Clase de exposición	W_{max} (mm)	
	Hormigón armado Combinación casi permanente	Hormigón pretensado Combinación frecuente
I	0,4	0,2
IIa, IIb, H	0,3	0,2
IIIa, IIIb, IV, F, Qa ⁽²⁾	0,2	Descompresión
IIIc, Qb ⁽²⁾ , Qc ⁽²⁾	0,1	

(2) La limitación relativa a la clase Q solo es de aplicación en el caso de que el ataque químico pueda afectar a la armadura.

Tabla 3.5.1-1: Anchura de fisura admisible en función de las clases de exposición.

Para el cálculo de la fisuración se adopta la combinación casi permanente.

Con la orden *Fisuración*, el usuario puede entrar el ancho de fisura máximo admisible para la zapata y el alzado (ver Figura 3.5.1-1).

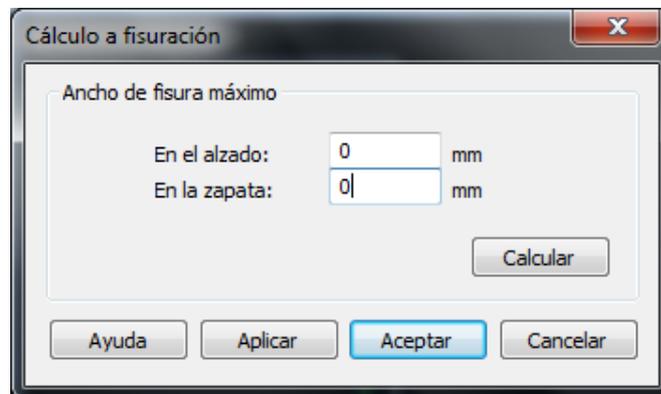


Figura 3.5.1-1: Ventana de entrada de los anchos de fisura admisibles.

CivilCAD3000 permite calcular de forma automática los anchos de fisura admisibles a partir de la clase de exposición definida en el diálogo *Clases de exposición*. Al seleccionar la opción *Calcular* (ver figura 3.5.1-2), el programa calculará los anchos de fisura admisibles para cada elemento estructural, para lo cual debe haberse definido previamente las clases de exposición.

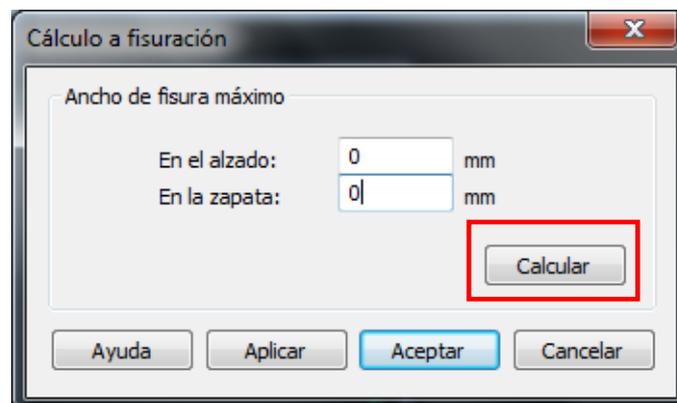


Figura 3.5.1-2: Botón *Calcular* para el cálculo automático de las anchuras de fisura admisibles.

Si con posterioridad al cálculo de los anchos de fisura se modifican las clases de exposición, el usuario deberá volver a calcular los anchos de fisura.

3.5.2 Normativa europea

En los Eurocódigos (apartado 7.3.1 del Eurocódigo EN-1992) el nivel de fisuración admisible se define a partir de la abertura de fisura máxima admisible, que depende de la clase de exposición (ver Tabla 3.5.2-1).

Clase de exposición	W_{max} (mm)	
	Hormigón armado y hormigón pretensado con tendones no adherentes.	Hormigón pretensado con tendones adherentes.
	Combinación casi permanente	Combinación frecuente
X0, XC1	0,4	0,2
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3	0,3	Descompresión

(1) Para X0 y XC1, la abertura de fisura no tiene influencia sobre la durabilidad, y el límite dado garantiza una apariencia aceptable; en ausencia del requerimiento de apariencia se pueden admitir aberturas superiores.

(2) Para estas clases de exposición, adicionalmente, se debe verificar la descompresión bajo la combinación de cargas casi permanente.

Tabla 3.5.2-1: Anchura de fisura admisible en función de las clases de exposición.

Para el cálculo de la fisuración en el alzado y en la zapata, se adopta la combinación casi permanente.

Con la orden *Fisuración*, el usuario puede entrar el ancho de fisura máximo admisible para los distintos elementos estructurales (alzado y zapata) (ver Figura 3.5.2-1).

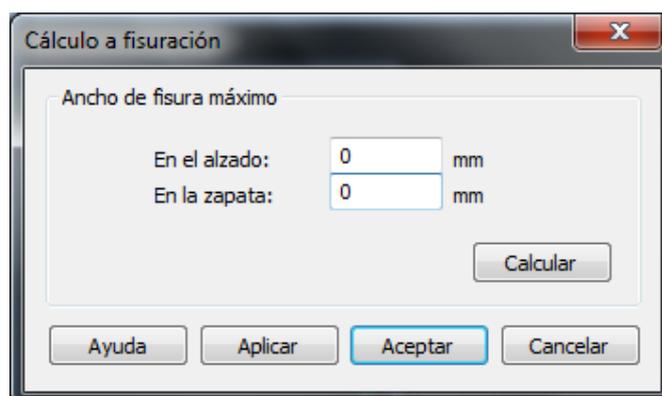


Figura 3.5.2-1: Ventana de entrada de los anchos de fisura admisibles.

CivilCAD3000 permite calcular de forma automática los anchos de fisura admisibles a partir de la clase de exposición definida en el diálogo *Clases de exposición*. Al seleccionar la opción *Calcular* (ver figura 3.5.2-2), el programa obtendrá los anchos de fisura admisibles para cada elemento estructural, para lo cual debe haberse definido previamente las clases de exposición.

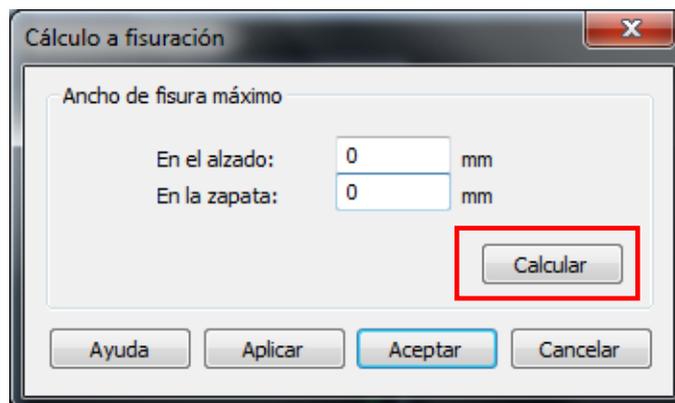


Figura 3.5.2-2: Botón *Calcular* para el cálculo automático de las anchuras de fisura admisibles.

Si con posterioridad al cálculo de los anchos de fisura se modifican las clases de exposición, el usuario deberá volver a calcular los anchos de fisura.

3.5.3 Normativa americana

En la normativa AASHTO (artículo 5.7.3.4 de la AASHTO 2010), la verificación del estado límite de fisuración se realiza comprobando que la separación entre las barras de la armadura de tracción 's' es menor que una separación máxima admisible que se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$s \leq s_{adm} = \frac{700 \cdot \gamma_e}{\beta_s \cdot f_{ss}} - 2 \cdot d_c \quad (Ex. 3.5.3 - 1)$$

, siendo

- s Separación real entre barras (in).
- s_{adm} Separación máxima admisible entre barras (in).
- d_c Distancia de la fibra de hormigón más traccionada al centro de la barra más traccionada (in). Si solo hay una fila coincide con el recubrimiento mecánico.
- γ_e Factor de exposición, que depende de la clase de exposición (adimensional).
- f_{ss} Tensión en la armadura traccionada correspondiente a estado límite de servicio (ksi).
- β_s Factor β , que se obtiene de la expresión siguiente:

$$\beta_s = 1 + \frac{d_c}{0,7 \cdot (h - d_c)} \quad (Ex. 3.5.3 - 2)$$

h Canto de la sección

En el diálogo correspondiente a la Orden Fisuración (ver figura 3.5.3-1), el usuario debe introducir el valor del Factor de exposición a considerar en los cálculos.

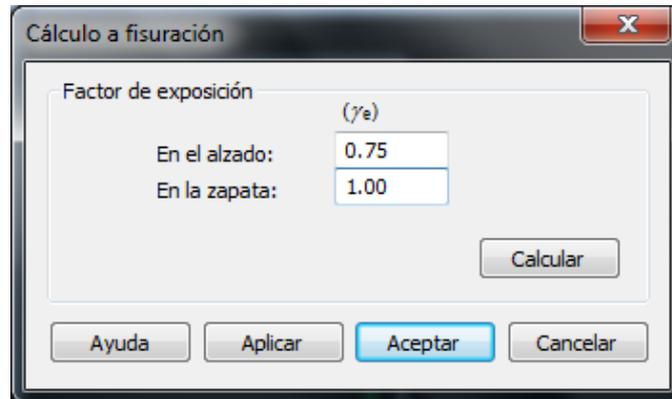


Figura 3.5.3-1: Ventana de entrada del Factor de exposición.

De acuerdo con la AASHTO, el factor de exposición toma los siguientes valores:

$$\begin{aligned} \gamma_e &= 1,00 && \text{para la clase de exposición Moderada o Normal (Clase 1).} \\ \gamma_e &= 0,75 && \text{para la clase de exposición Severa (Clase 2).} \end{aligned}$$

El factor de exposición está directamente relacionado con la a abertura de fisura. La Clase de exposición Moderada (*Class I*) se corresponde aproximadamente con una abertura de fisura admisible de 0,017 in (0,43 mm). Un factor de exposición de 0,5 se corresponde aproximadamente con una abertura de fisura de 0,0085 in (0,21 mm).

El cálculo a fisuración se realiza para la combinación correspondiente al estado límite de servicio I.

CivilCAD3000 permite calcular de forma automática los factores de exposición a partir de la clase de exposición definida en el diálogo *Clases de exposición*. Al seleccionar la opción *Calcular* (ver figura 3.5.3-2), el programa calculará los factores de exposición para cada elemento estructural, para lo cual debe haberse definido previamente las clases de exposición.

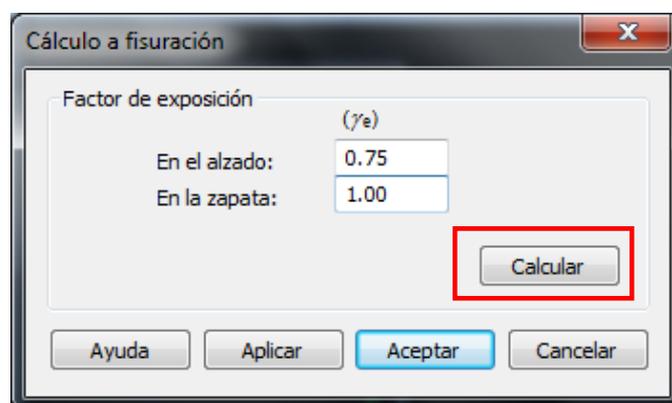


Figura 3.5.3-2: Botón *Calcular* para el cálculo automático de los factores de exposición.

Si con posterioridad al cálculo de los factores de exposición se modifican las clases de exposición, el usuario deberá volver a calcular dichos factores de exposición.

3.6 Orden Acciones

Con la opción *Acciones* se despliegan en el menú principal los órdenes correspondientes a las acciones permanentes (orden *Permanentes*), acciones variables (orden *Variables*) y las acciones accidentales (orden *Accidentales*), que permiten introducir en el proyecto del muro las acciones permanentes, las variables y las accidentales respectivamente.

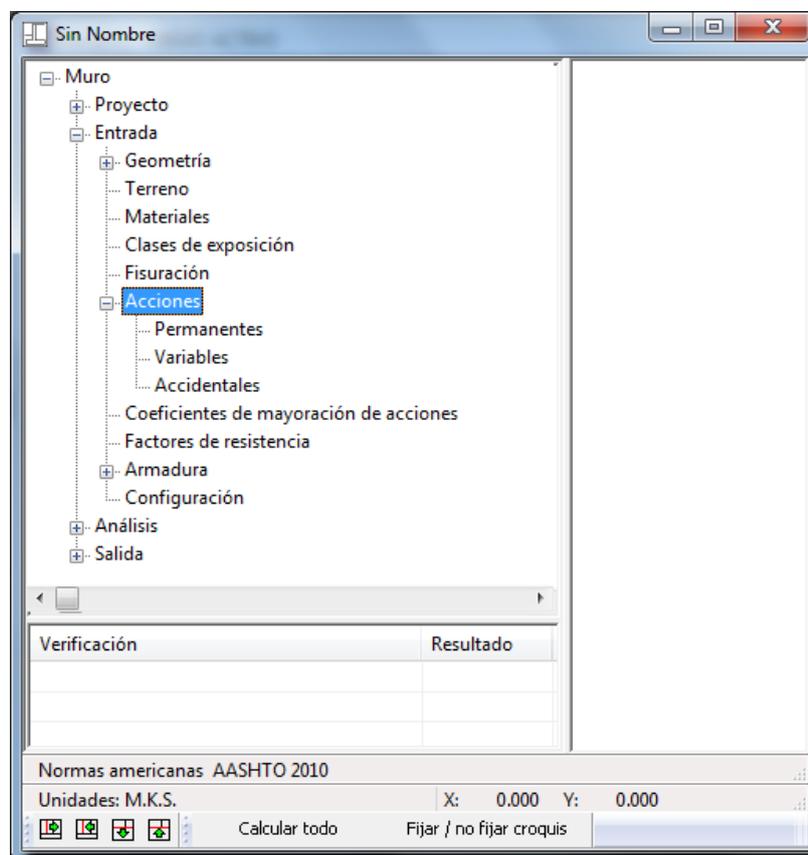


Figura 3.6-1: Orden *Acciones* del menú principal.

3.6.1 Orden Acciones *Permanentes*

Esta orden permite introducir las acciones de carácter permanente, es decir, que actúan siempre sobre el muro. Las acciones permanentes consideradas son las siguientes:

- Peso propio del muro.
- Peso de las tierras.
- Empuje activo del terreno del trasdós.
- Empuje pasivo del terreno situado delante del muro (opcional).

- Carga uniforme en la superficie del terreno del trasdós.
- Acciones actuando en coronación de muro.
- Carga en faja en el trasdós del muro actuando en cualquier cota que permite considerar la acción de zapatas de cimentación situadas en el trasdós del muro.

CivilCAD3000 obtiene las cargas del peso propio del muro de forma automática a partir de la geometría y del peso específico del hormigón de cada elemento estructural. El peso específico del hormigón puede modificarse editando el material y modificando el valor correspondiente al peso específico en la orden *Materiales* (ver Figura 3.6.1-1).

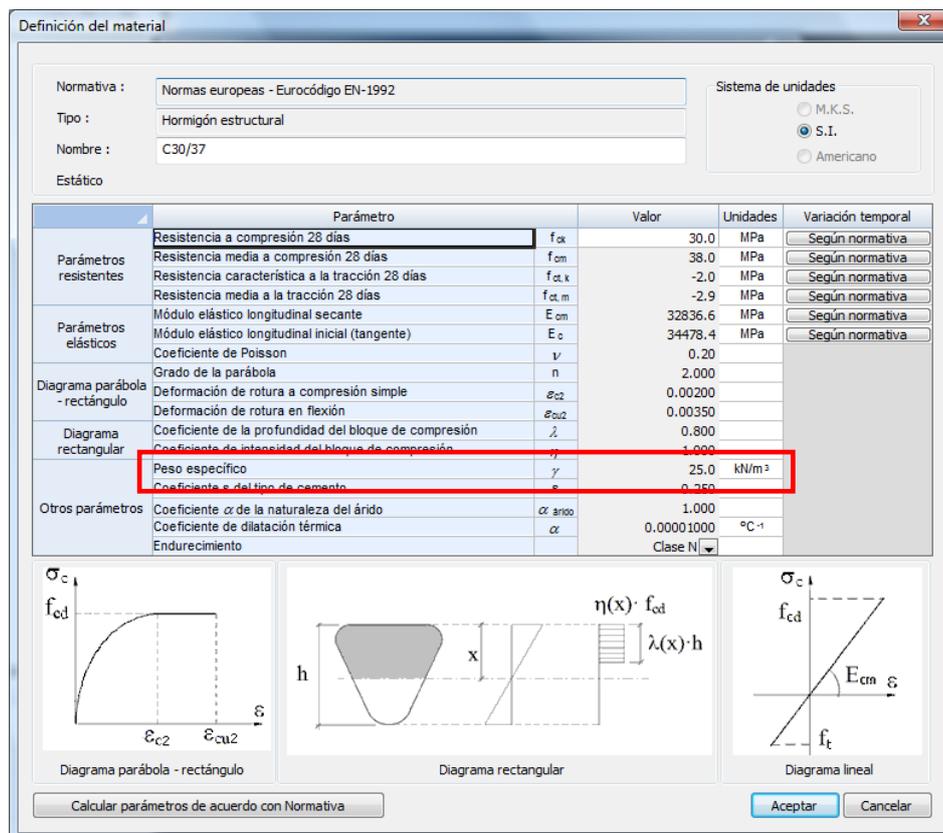


Figura 3.6.1-1: Ventana de edición de los parámetros del hormigón.

Las acciones del peso de tierras y de los empujes activos y pasivos se calculan de forma automática a partir de los parámetros geotécnicos definidos en la orden *Terreno* (densidad, rozamiento y cohesión).

El resto de acciones permanentes se calculan a partir de los datos que deben introducirse en el diálogo que aparece al seleccionar la orden *Acciones/Permanentes*, el cual se muestra en la Figura 3.6.1-2.

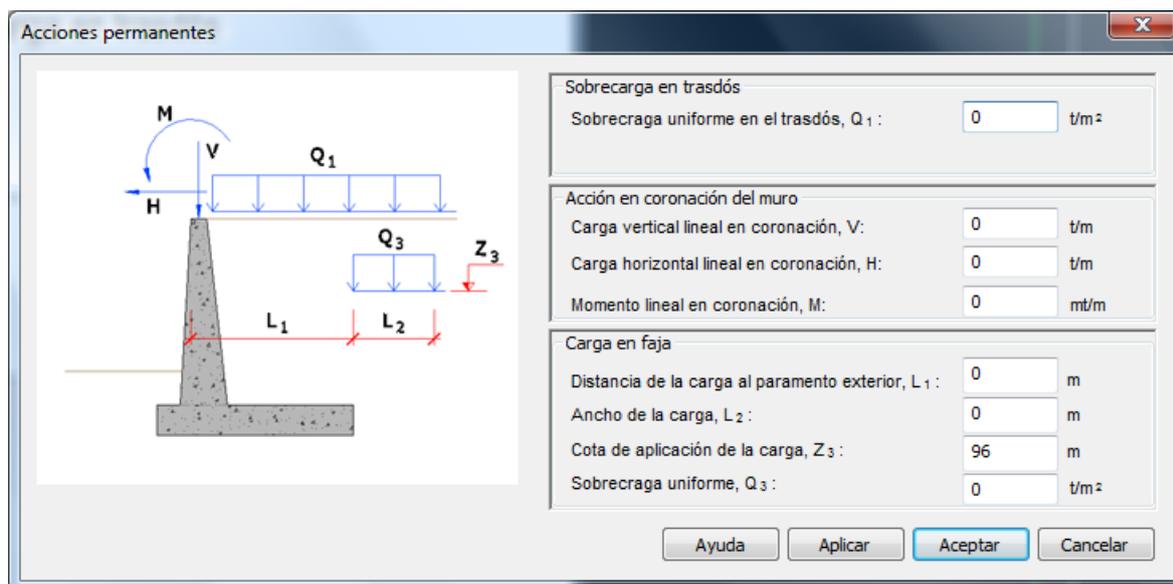


Figura 3.6.1-2: Definición de las acciones permanentes.

Concretamente se deben introducir los siguientes parámetros:

Sobrecarga en trasdós.

CivilCAD3000 permite introducir una sobrecarga uniforme permanente actuando en la superficie del terreno del trasdós. Según sea la geometría del talud del trasdós se deben introducir los siguientes valores.

- a) *Superficie del trasdós horizontal:* Se debe introducir el valor de la carga uniforme actuando en la superficie del trasdós (ver Figura 3.6.1-2). Esta carga se considera actuando en la superficie del talud en una zona de extensión infinita.
- b) *Superficie del trasdós con talud infinito:* Se debe introducir el valor de la carga uniforme actuando en la superficie del trasdós (ver Figura 3.6.1-3). Esta carga se considera actuando en la superficie del talud en una zona de extensión infinita.

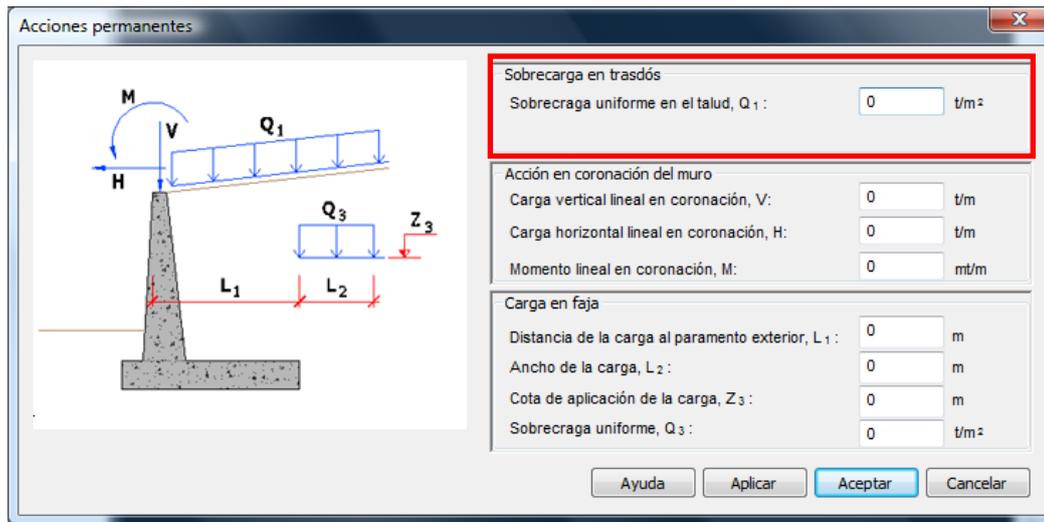


Figura 3.6.1-3: Definición de las acciones permanentes con talud inclinado.

- c) *Superficie del trasdós con un tramo inclinado y otro horizontal*: En este caso se debe introducir el valor de la sobrecarga actuando en el talud (carga uniforme Q_1) y el valor de la sobrecarga actuando en el tramo horizontal (carga uniforme Q_2). La carga Q_2 se considera actuando en la superficie del talud en una zona de extensión infinita.

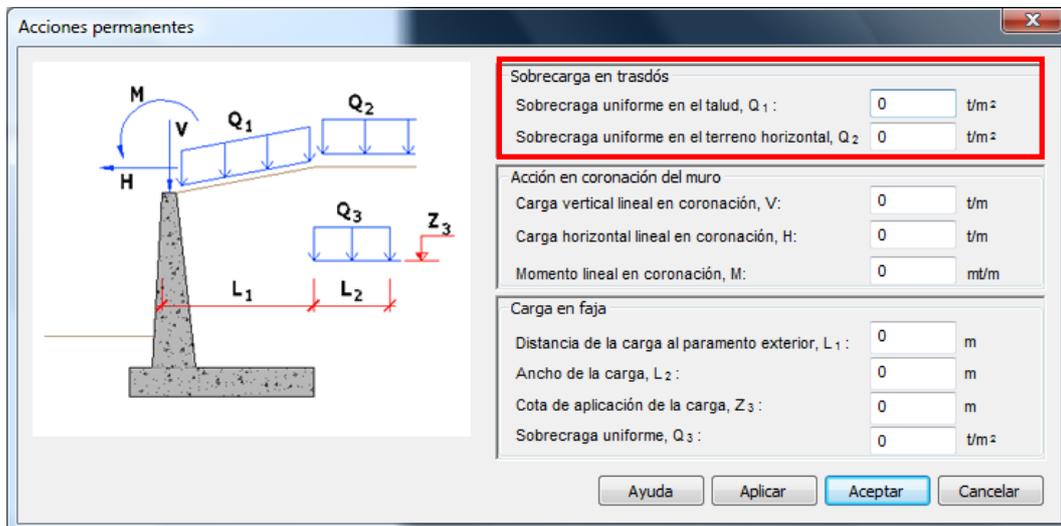


Figura 3.6.1-4: Definición de las acciones permanentes con talud mixto.

Acción en coronación de muro

CivilCAD3000 permite considerar una carga permanente lineal en coronación del muro definida por una fuerza horizontal (H), un fuerza vertical (V) y un momento (M) (ver Figura 3.6.1-5).

La fuerza H corresponde a una fuerza horizontal lineal actuando en coronación del muro; se considera positiva si tiende a provocar el vuelco del muro. El valor a introducir corresponde a la fuerza por unidad de longitud de muro (medida en planta).

La fuerza V corresponde a una fuerza vertical lineal actuando en coronación del muro; se considera positiva si provoca compresión en el alzado del muro. El valor a introducir corresponde a la fuerza por unidad de longitud de muro (medida en planta).

El momento M corresponde a un momento lineal actuando en coronación del muro; se considera positivo si tiende a provocar el vuelco del muro. El valor a introducir corresponde al momento por unidad de longitud de muro (medida en planta).

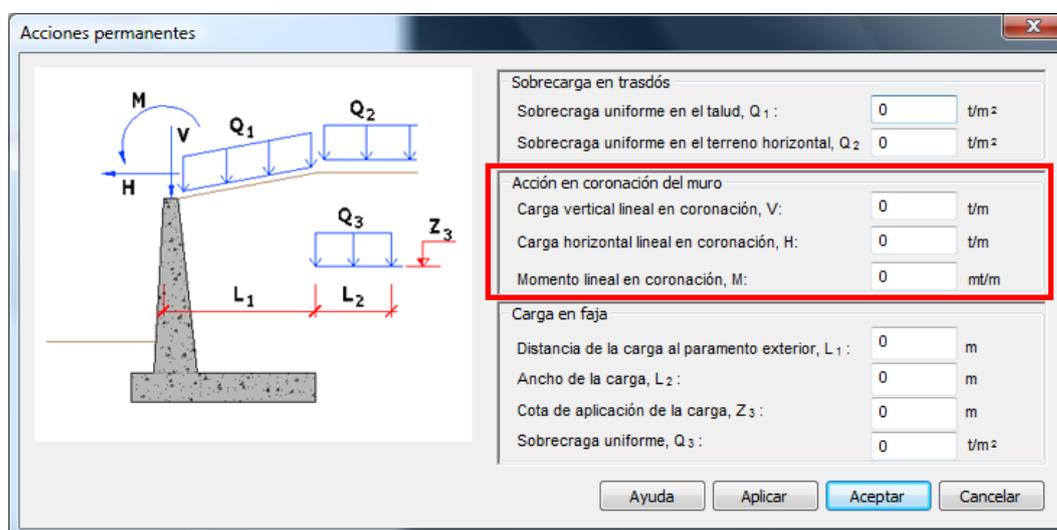


Figura 3.6.1-5: Definición de las acciones en coronación de muro.

Carga en faja

La carga en faja corresponde a una carga por unidad de superficie que actúa a una determinada cota en el trasdós del muro y en una determinada anchura. Se define a partir de la cota en la que actúa (Z_3), la distancia al paramento de referencia (L_1) (ver apartado 3.1.2), la anchura en la que actúa la carga (L_2) y el valor de la carga por unidad de superficie (Q_3). La carga en faja se considera actuando en un tramo infinito en la dirección longitudinal del muro.

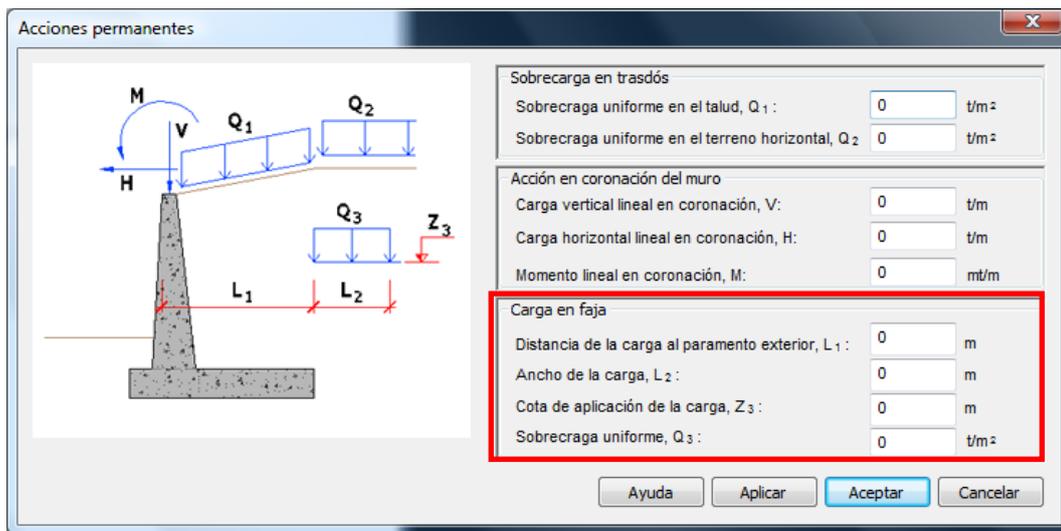


Figura 3.6.1-6: Definición de la carga en faja.

3.6.2 Orden Acciones Variables

La orden *Acciones/Variables* permite definir las cargas variables que actúan sobre el muro. Concretamente, el programa considera las siguientes acciones variables:

- Tráfico.
- Viento.
- Nivel freático.

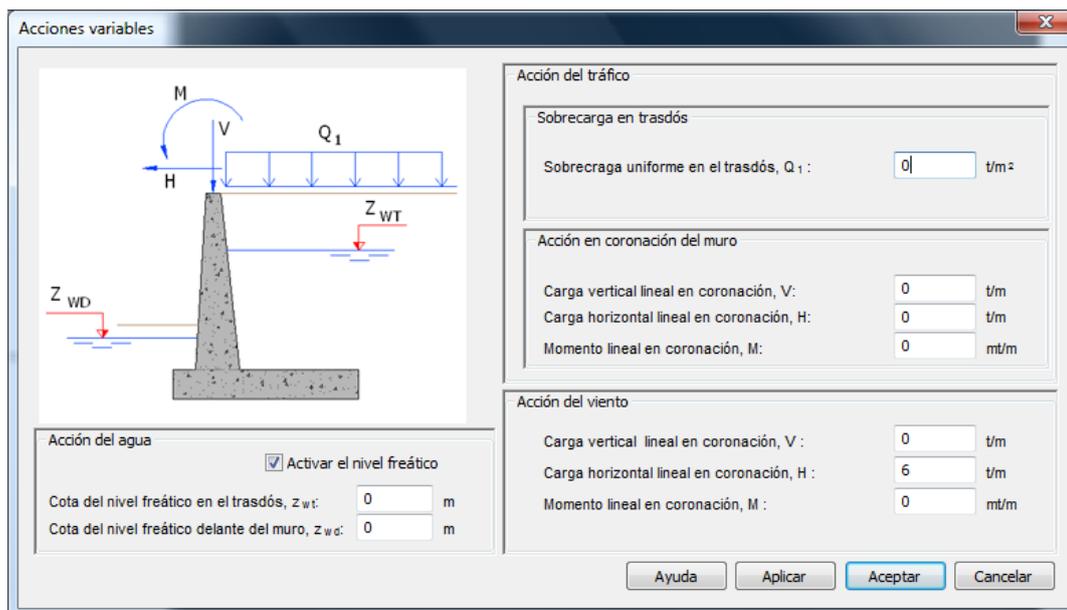


Figura 3.6.2-1: Ventana correspondiente a las acciones variables.

Acción del tráfico

La acción del tráfico está compuesta por una sobrecarga uniforme en el trasdós del muro y una acción lineal en coronación del mismo.

Sobrecarga uniforme de tráfico en trasdós:

CivilCAD3000 permite introducir una sobrecarga uniforme actuando en la superficie del terreno del trasdós. Según sea la geometría del talud del trasdós se deben introducir los valores siguientes:

- Superficie del trasdós horizontal:* Se debe introducir el valor de la carga uniforme Q_1 actuando en la superficie del trasdós (ver Figura 3.6.2-1). Esta carga se considera actuando en la superficie del talud en una zona de extensión infinita.
- Superficie del trasdós con talud infinito:* Se debe introducir el valor de la carga uniforme actuando en la superficie del trasdós (ver Figura 3.6.2-2). Esta carga se considera actuando en la superficie del talud en una zona de extensión infinita.

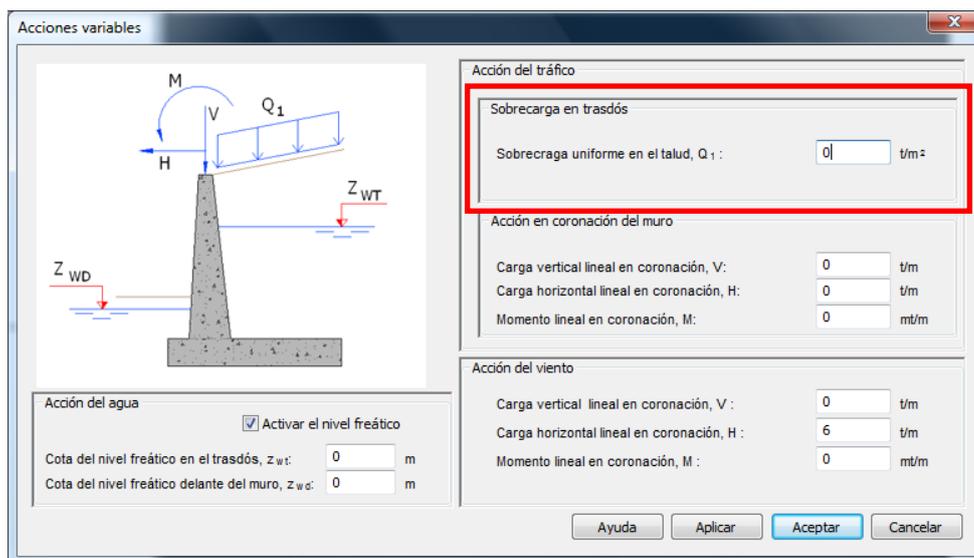


Figura 3.6.2-2: Definición de las acciones variables con talud inclinado.

- Superficie del trasdós con un tramo inclinado y otro horizontal:* En este caso se debe introducir el valor de la sobrecarga actuando en el talud (carga uniforme Q_1) y el valor de la sobrecarga actuando en el tramo horizontal (carga uniforme Q_2). La carga Q_2 se considera infinita.

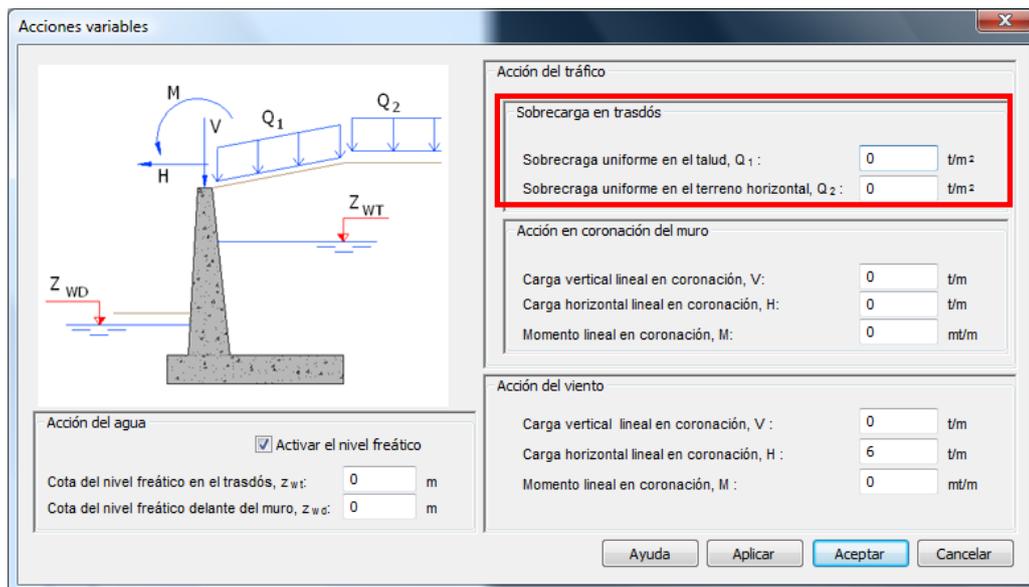


Figura 3.6.2-3: Definición de las acciones variables con talud mixto.

Acción de tráfico en coronación de muro.

CivilCAD3000 permite considerar una carga lineal en coronación del muro definida por una fuerza horizontal (H), un fuerza vertical (V) y un momento (M) (ver figura 3.6.2-4).

La fuerza H corresponde a una fuerza horizontal lineal actuando en coronación del muro; se considera positiva si tiende a provocar el vuelco del muro. El valor a introducir corresponde a la fuerza por unidad de longitud de muro (medida en planta).

La fuerza V corresponde a una fuerza vertical lineal actuando en coronación del muro; se considera positiva si provoca compresión en el alzado del muro. El valor a introducir corresponde a la fuerza por unidad de longitud de muro (medida en planta).

El momento M corresponde a un momento lineal actuando en coronación del muro; se considera positivo si tiende a provocar el vuelco del muro. El valor a introducir corresponde al momento por unidad de longitud de muro (medida en planta).

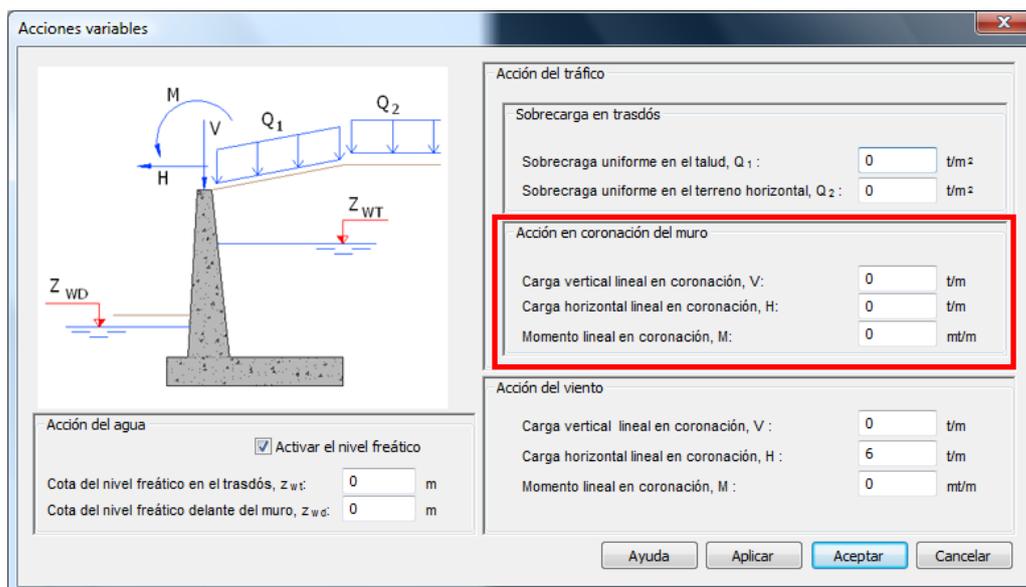


Figura 3.6.2-4: Definición de las acciones en coronación de muro.

Acción del viento

CivilCAD3000 permite considerar la acción del viento actuando en coronación del muro mediante una carga lineal definida por una fuerza horizontal (H), una fuerza vertical (V) y un momento (M) (ver figura 3.6.2-5).

La fuerza H corresponde a una fuerza horizontal lineal actuando en coronación del muro; se considera positiva si tiende a provocar el vuelco del muro. El valor a introducir corresponde a la fuerza por unidad de longitud de muro (medida en planta).

La fuerza V corresponde a una fuerza vertical lineal actuando en coronación del muro; se considera positiva si provoca compresión en el alzado del muro. El valor a introducir corresponde a la fuerza por unidad de longitud de muro (medida en planta).

El momento M corresponde a un momento lineal actuando en coronación del muro; se considera positivo si tiende a provocar el vuelco del muro. El valor a introducir corresponde al momento por unidad de longitud de muro (medida en planta).

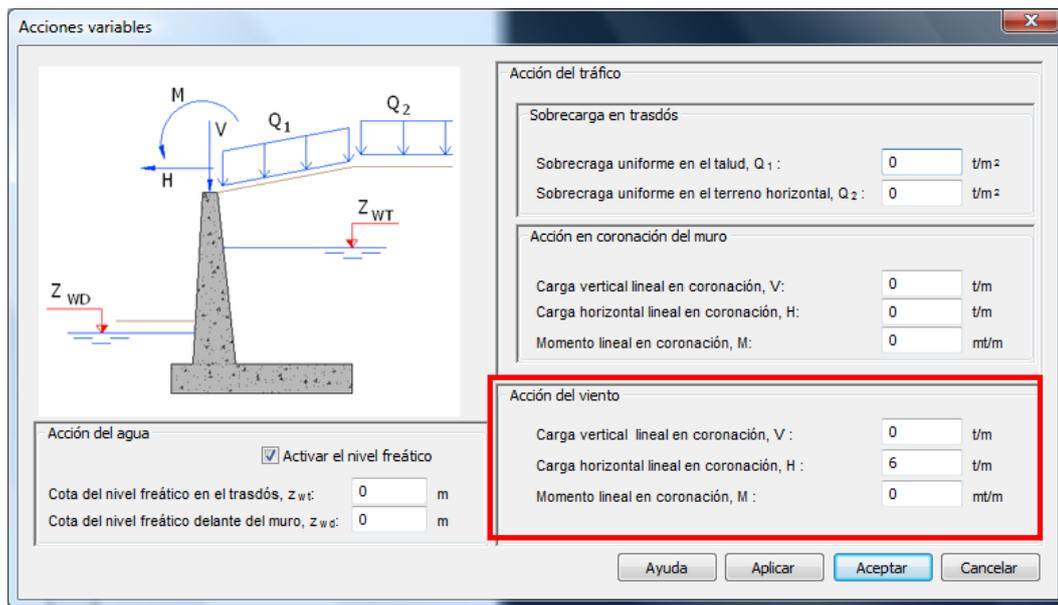


Figura 3.6.2-5: Definición de la acción del viento según la normativa española y Eurocódigos.

En el caso de la normativa americana AASHTO, se debe introducir adicionalmente la velocidad del viento (ver figura 3.6.2.6).

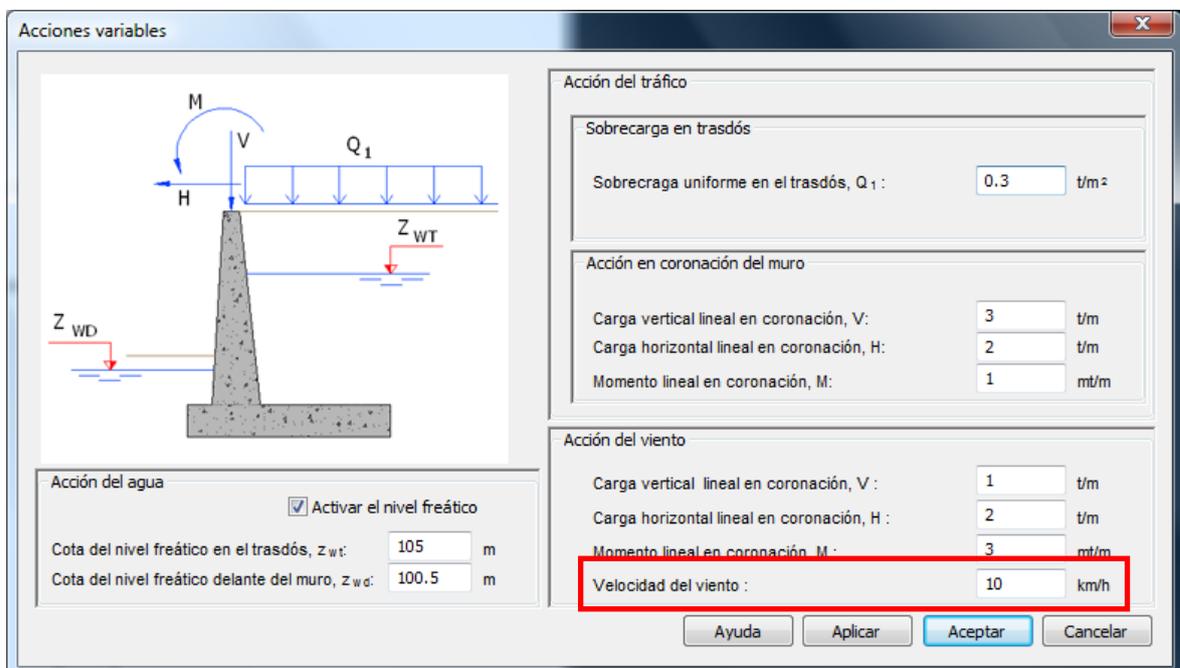


Figura 3.6.2-6: Definición de la acción del viento con la normativa americana (AASHTO)

La velocidad del viento interviene en la selección del estado límite de resistencia a considerar. Si la velocidad es inferior a 55 mph (90 km/h), se adoptará la combinación

correspondiente al estado límite de resistencia V, y en caso contrario la correspondiente al estado límite de resistencia III.

Acción del agua (nivel freático)

La acción del agua se define a partir de las cotas del nivel freático en el trasdós del muro (Z_{WT}) y delante del mismo (Z_{WD}). *CivilCAD3000* considera una distribución hidrostática de presiones en el trasdós del muro (cota piezométrica Z_{WT}) y una presión hidrostática de presiones delante del muro (cota piezométrica Z_{WD}).

En la base de la zapata se considera una distribución lineal de la presión hidrostática.

Para que *CivilCAD3000* considere la acción del nivel freático debe activarse la opción *Activar el nivel freático*.

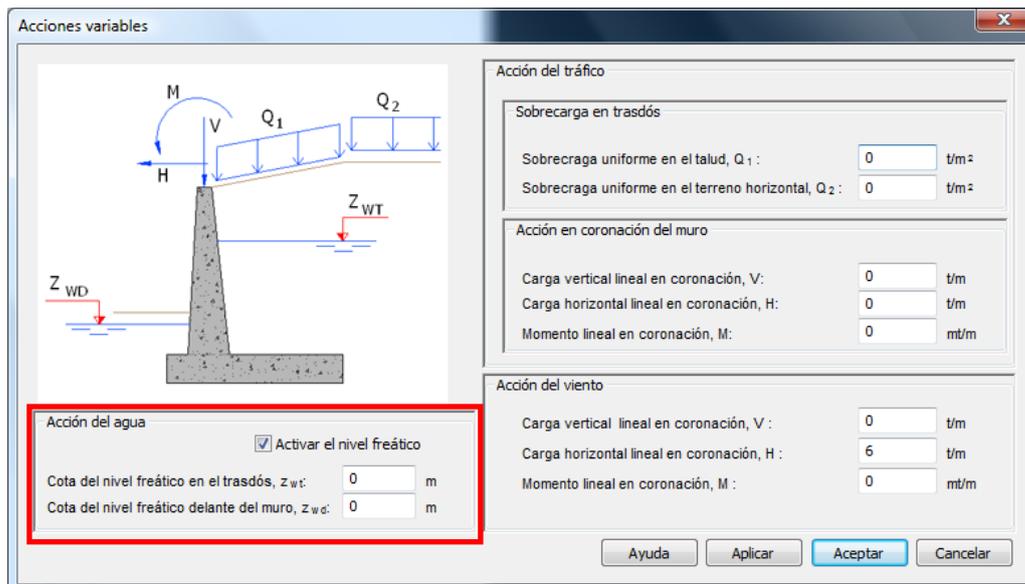


Figura 3.6.2-7: Definición de la acción del agua.

El NF puede situarse por encima de la superficie del terreno, tanto en el trasdós como en el trasdós. Debe no obstante situarse por debajo de la coronación del muro y por encima de la cara inferior de la zapata.

3.6.3 Orden *Acciones Accidentales*

Con la opción *Acciones/Accidentales* se accede a la ventana que se muestra en la figura 3.6.3-1 en la que se define la acción sísmica y la acción de impacto de vehículo en coronación de muro.

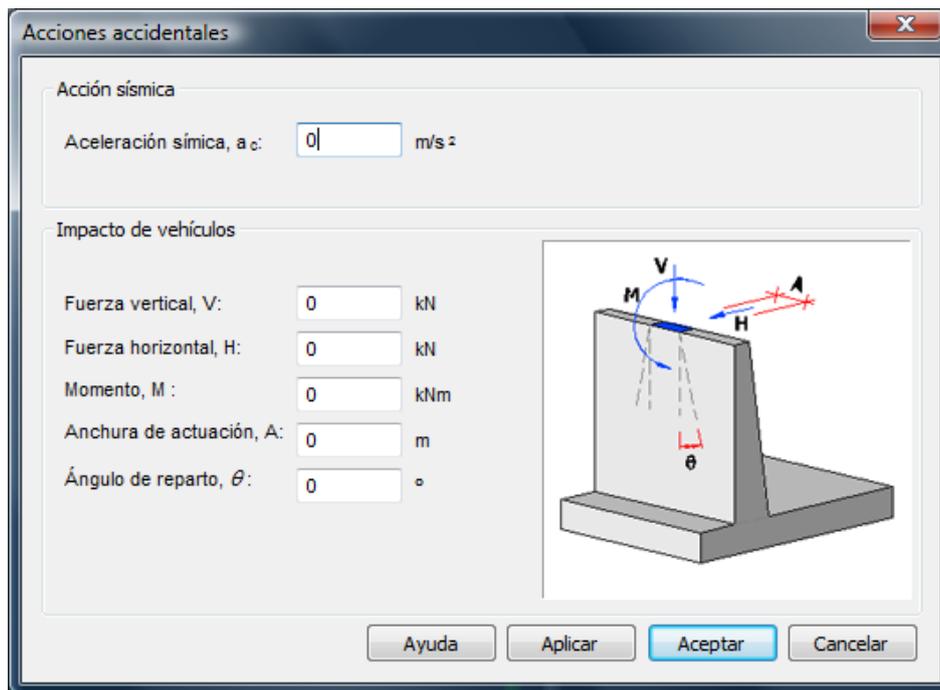


Figura 3.6.3-1: Ventana de definición de las acciones accidentales.

Acción sísmica

La acción sísmica se define a partir de la aceleración sísmica horizontal de cálculo (a_c).

A partir de la aceleración *CivilCAD3000* calcula los coeficientes sísmicos horizontal (k_h) y vertical (k_v) y el ángulo de gravedad aparente θ , a partir de los cuales obtiene las fuerzas sísmicas. Concretamente se consideran las fuerzas inerciales sobre la masa del muro y las tierras situadas sobre la zarpa delantera y trasera (verticales y horizontales) y el empuje de tierras, el cual se obtiene a partir de las expresiones de *Mononobe-Okabe*.

El valor de la aceleración sísmica a introducir corresponde al definido en las distintas normativas, según se expone a continuación:

Normativa española (Norma sismorresistente NCSP-07):

La aceleración sísmica horizontal de cálculo según se define en el apartado 3.4 de la normativa NCSP-07 (Norma de construcción sismorresistente: Puentes). Alternativamente puede consultarse el Manual Técnico Geotécnico.

Normativa europea (Eurocódigos):

La aceleración sísmica a_c que se debe introducir corresponde al producto de la aceleración sísmica de diseño para un suelo tipo A (a_g) por el parámetro del suelo S .

$$a_c = a_g \cdot S \quad (\text{Ex. 3.6.3 - 1})$$

A_g Aceleración sísmica de diseño calculada como:

$$a_g = \gamma_I \cdot a_{gR} \quad (\text{Ex. 3.6.3 - 2})$$

γ_I Factor de importancia de la estructura

a_{gR} Aceleración definida en los mapas sísmicos para un terreno tipo A asociada al periodo de retorno de cálculo. Se define en los anejos nacionales de cada país.

S Factor de suelo, cuyo valor se define en función del tipo de terreno y de la Magnitud M_s del sismo (tipo de espectro) (ver apartado 3.2.2.2 del Eurocódigo EN 1998-1:2004)

Tipo de suelo	Descripción (ver Tabla 3.1 EN 1998-1:2004)	Velocidad de las ondas de corte v_s (m/s)	Factor de suelo S	
			Espectro Tipo 1 ($M_s \geq 5,5$)	Espectro Tipo 2 ($M_s < 5,5$)
A	Roca	>800	1,00	1,00
B	Arenas muy densas, gravas o arcillas rígidas.	360 – 800	1,20	1,35
C	Arenas densas o medias.	180 – 360	1,15	1,50
D	Depósitos de suelos sueltos o medios sin cohesión (con o sin algunas capas cohesivas) o en los que predominan suelos cohesivos flojos a firmes.	< 180	1,35	1,80
E	Perfiles con una capa superficial aluvial tipo C o D y espesor entre 5 y 20 m sobre material con $v_s > 800$ m/s	-	1,40	1,60

Tabla 3.6.3-1: Factor de suelo.

Normativa americana (AASHTO 2010):

La aceleración a_c a introducir en el caso de la normativa AASHTO se corresponde con la aceleración sísmica de pico modificado por el factor de emplazamiento para pequeños periodos A_s (ver apartado 3.10.4.2 de la normativa AASHTO).

Impacto de vehículo

El programa permite considerar una acción de impacto de vehículo en coronación de muro que permite considerar el choque de un vehículo sobre un pretil u obstáculo situado en la coronación del muro.

La acción de impacto está compuesta por una fuerza horizontal puntual (H), una fuerza vertical puntual (V) y un momento puntual (M) (ver figura 3.6.3-1).

Asimismo debe definirse la anchura en la que actúan dichas cargas puntuales y el ángulo de reparto o difusión de estas cargas en la altura del muro (un valor usual para este ángulo es 30°).

CivilCAD3000 considerará la carga situada en cada una de las secciones transversales de cálculo que se hayan definido.

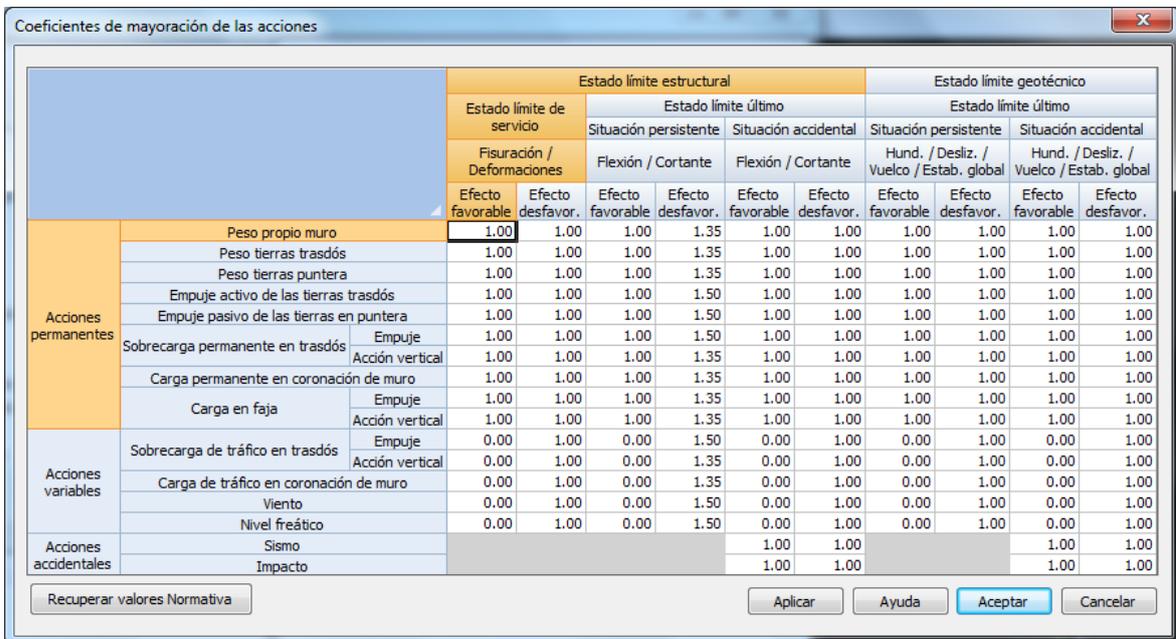
3.7 Orden Coeficientes de mayoración de acciones

Los coeficientes de mayoración de acciones corresponden a los coeficientes favorables y desfavorables por los que se multiplicaran los valores característicos de las distintas acciones para obtener las acciones y los esfuerzos mayorados a partir de los cuales se combinarán para obtener los valores de combinación.

Los coeficientes de mayoración a introducir dependen la normativa considerada. En los siguientes subapartados se explican los valores que se deben introducir para cada una de las normativas.

3.7.1 Normativa española

Al seleccionar la opción *Coeficientes de mayoración de acciones* aparecerá en pantalla la ventana que se reproduce en la Figura 3.7.1-1.



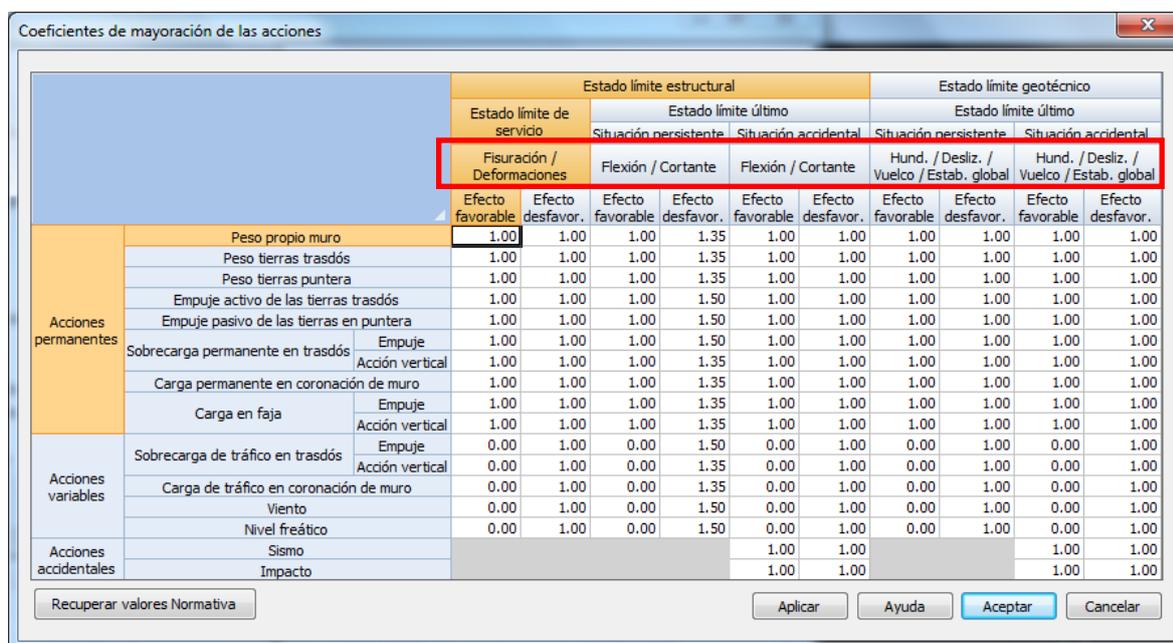
		Estado límite estructural						Estado límite geotécnico				
		Estado límite de servicio		Estado límite último				Estado límite último				
		Fisuración / Deformaciones		Flexión / Cortante		Flexión / Cortante		Hund. / Desliz. / Vuelco / Estab. global		Hund. / Desliz. / Vuelco / Estab. global		
		Efecto favorable	Efecto desfavor.	Efecto favorable	Efecto desfavor.	Efecto favorable	Efecto desfavor.	Efecto favorable	Efecto desfavor.	Efecto favorable	Efecto desfavor.	
Acciones permanentes	Peso propio muro	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	Peso tierras trasdós	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	Peso tierras puntera	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	Empuje activo de las tierras trasdós	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	Empuje pasivo de las tierras en puntera	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	Sobrecarga permanente en trasdós	Empuje	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		Acción vertical	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Carga permanente en coronación de muro	Empuje	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		Acción vertical	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Acciones variables	Sobrecarga de tráfico en trasdós	Empuje	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
Acción vertical			0.00	1.00	0.00	1.35	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00
Carga de tráfico en coronación de muro		Empuje	0.00	1.00	0.00	1.35	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00
		Viento	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00
Acciones accidentales	Nivel freático	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	
	Sismo					1.00	1.00			1.00	1.00	
	Impacto					1.00	1.00			1.00	1.00	

Figura 3.7.1-1: Ventana de definición de los coeficientes de mayoración de acciones para la normativa española (IAP-11 / Guía de cimentaciones).

El usuario debe validar o modificar en el cuadro de diálogo los coeficientes de mayoración de acciones a utilizar para cada tipo de carga. El programa precisa conocer los coeficientes de mayoración favorables (coeficiente que se aplica cuando la contribución de la acción es favorable al efecto que se analiza) y desfavorables (coeficiente que se aplica cuando la contribución de la acción es desfavorable al efecto que se analiza) a aplicar para cada estado límite y para cada situación. En concreto se debe definir:

- Coeficientes de mayoración para los estados límite de servicio estructurales correspondientes a las comprobaciones de fisuración y deformaciones.
- Coeficientes de mayoración para los estados límite últimos estructurales correspondientes a las comprobaciones de rotura por flexión y cortante en la situación persistente.
- Coeficientes de mayoración para los estados límite últimos estructurales correspondientes a las comprobaciones de rotura por flexión y cortante en la situación accidental.
- Coeficientes de mayoración para los estados límite últimos geotécnicos correspondientes a las comprobaciones de hundimiento, deslizamiento, vuelco y estabilidad global en la situación persistente.
- Coeficientes de mayoración para los estados límite últimos geotécnicos correspondientes a las comprobaciones de hundimiento, deslizamiento, vuelco y estabilidad global en la situación accidental.

Para mayor claridad en el encabezamiento del diálogo se especifica la comprobación a la que se aplicará cada pareja de valores de coeficientes de mayoración de acciones (Ver figura 3.7.1-2).



		Estado límite estructural						Estado límite geotécnico					
		Estado límite de servicio		Estado límite último				Estado límite último					
		Fisuración / Deformaciones		Situación persistente		Situación accidental		Situación persistente		Situación accidental			
		Efecto favorable	Efecto desfavor.	Efecto favorable	Efecto desfavor.	Efecto favorable	Efecto desfavor.	Hund. / Desliz. / Vuelco / Estab. global	Efecto favorable	Efecto desfavor.	Hund. / Desliz. / Vuelco / Estab. global	Efecto favorable	Efecto desfavor.
Acciones permanentes	Peso propio muro	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	Peso tierras trasdós	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	Peso tierras puntera	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	Empuje activo de las tierras trasdós	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	Empuje pasivo de las tierras en puntera	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	Sobrecarga permanente en trasdós	Empuje	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		Acción vertical	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Carga permanente en coronación de muro	Empuje	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Acción vertical		1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Acciones variables	Carga en faja	Empuje	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
		Acción vertical	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	Sobrecarga de tráfico en trasdós	Empuje	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	
		Acción vertical	0.00	1.00	0.00	1.35	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	
Acciones variables	Carga de tráfico en coronación de muro	0.00	1.00	0.00	1.35	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00		
	Viento	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00		
	Nivel freático	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00		
Acciones accidentales	Sismo					1.00	1.00				1.00	1.00	
	Impacto					1.00	1.00				1.00	1.00	

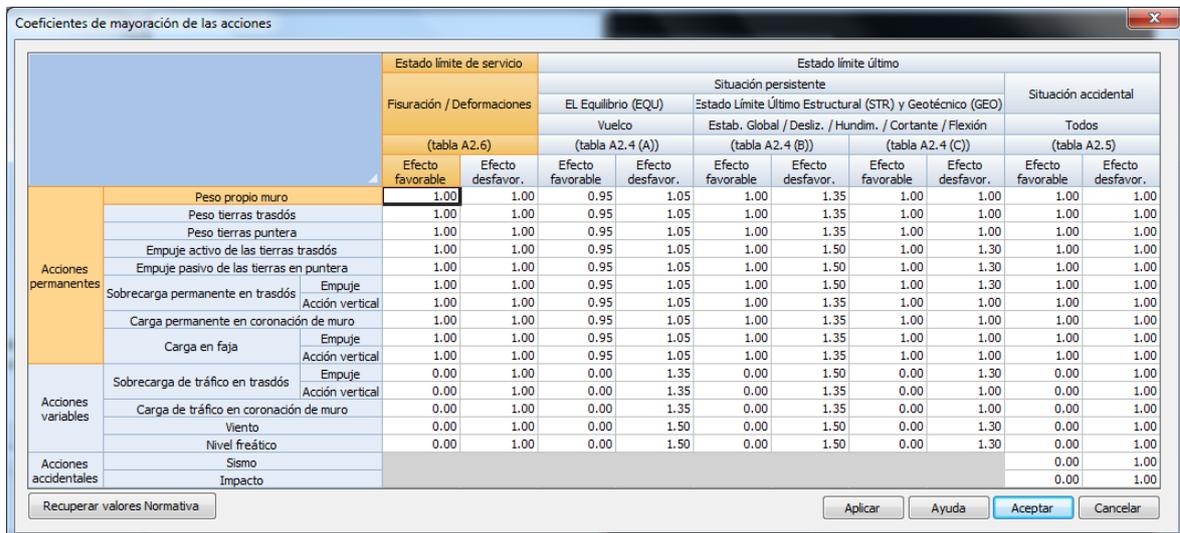
Figura 3.7.1-2: Estados límite a los que se aplica los coeficientes de mayoración.

Los coeficientes de seguridad propuestos por *CivilCAD3000* por defecto son los contemplados en la normativa correspondiente. Los valores correspondientes a los estados límite estructurales corresponden a los definidos en la Instrucción IAP-11, mientras que los correspondientes a los estados límites geotécnicos corresponden a los definidos en la Guía de cimentaciones.

El botón *Recuperar valores Normativa* permite recuperar en cualquier momento los valores definidos en la normativa.

3.7.2 Normativa europea

Al seleccionar la opción *Coefficientes de mayoración de acciones* aparecerá en pantalla la ventana que se reproduce en la Figura 3.7.2-1.



		Estado límite de servicio		Estado límite último								
		Fisuración / Deformaciones		Situación persistente				Situación accidental				
				EL Equilibrio (EQU)		Estado Límite Último Estructural (STR) y Geotécnico (GEO)				Todos		
		(tabla A2.6)		(tabla A2.4 (A))		Estab. Global / Desliz. / Hundim. / Cortante / Flexión		(tabla A2.5)				
		Efecto favorable	Efecto desfavor.	Efecto favorable	Efecto desfavor.	Efecto favorable	Efecto desfavor.	Efecto favorable	Efecto desfavor.	Efecto favorable	Efecto desfavor.	
Acciones permanentes	Peso propio muro	1.00	1.00	0.95	1.05	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	
	Peso tierras trasdós	1.00	1.00	0.95	1.05	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	
	Peso tierras puntera	1.00	1.00	0.95	1.05	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	
	Empuje activo de las tierras trasdós	1.00	1.00	0.95	1.05	1.00	1.50	1.00	1.30	1.00	1.00	
	Empuje pasivo de las tierras en puntera	1.00	1.00	0.95	1.05	1.00	1.50	1.00	1.30	1.00	1.00	
	Sobrecarga permanente en trasdós	Empuje	1.00	1.00	0.95	1.05	1.00	1.50	1.00	1.30	1.00	1.00
		Acción vertical	1.00	1.00	0.95	1.05	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
	Carga permanente en coronación de muro	Empuje	1.00	1.00	0.95	1.05	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
		Acción vertical	1.00	1.00	0.95	1.05	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
	Carga en faja	Empuje	1.00	1.00	0.95	1.05	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
Acción vertical		1.00	1.00	0.95	1.05	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	
Acciones variables	Sobrecarga de tráfico en trasdós	0.00	1.00	0.00	1.35	0.00	1.50	0.00	1.30	0.00	1.00	
	Acción vertical	0.00	1.00	0.00	1.35	0.00	1.35	0.00	1.00	0.00	1.00	
Acciones accidentales	Carga de tráfico en coronación de muro	0.00	1.00	0.00	1.35	0.00	1.35	0.00	1.00	0.00	1.00	
	Viento	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.30	0.00	1.00	
	Nivel freático	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.30	0.00	1.00	
	Sismo									0.00	1.00	
	Impacto									0.00	1.00	

Figura 3.7.2-1: Ventana de definición de los coeficientes de mayoración de acciones para la normativa europea (Eurocódigos).

El usuario debe validar o modificar en el cuadro de diálogo los coeficientes de mayoración de acciones (denominados también en los Eurocódigos como coeficientes A) a utilizar para cada tipo de carga. El programa precisa conocer los coeficientes de mayoración favorables (coeficiente que se aplica cuando la contribución de la acción es favorable al efecto que se analiza) y desfavorables (coeficiente que se aplica cuando la contribución de la acción es desfavorable al efecto que se analiza) a aplicar para cada estado límite y para cada situación. En concreto se debe definir:

- Coeficientes de mayoración para los estados límite de servicio estructurales correspondientes a las comprobaciones de fisuración y deformaciones.
- Coeficientes de mayoración para los estados límite últimos de equilibrio (EQU) correspondientes a la comprobación de vuelco en la situación persistente.

- Coeficientes de mayoración para los estados límite últimos estructurales (STR) y geotécnicos (GEO) correspondientes a las comprobaciones de estabilidad global, deslizamiento, hundimiento y rotura por flexión y cortante en la situación persistente. En este caso hay que definir dos parejas de valores correspondientes a los coeficientes A1 (Tabla A2.4 (B) del Anejo 2 del Eurocódigo EN-1990) y los coeficientes A2 (Tabla A2.4 (2) del Anejo 2 del Eurocódigo EN-1990); *CivilCAD3000* adoptará los valores que corresponda en cada caso en función del Enfoque que haya seleccionado el usuario en el diálogo de *Coeficientes de seguridad y combinación* (ver apartado 3.8.2 de este Manual).
- Coeficientes de mayoración para todos los estados límite últimos correspondientes a las comprobaciones de estabilidad global, deslizamiento, vuelco, hundimiento y rotura por flexión y cortante en la situación accidental.

Para mayor claridad en el encabezamiento del diálogo se especifica la comprobación a la que se aplicará cada pareja de valores de coeficientes de mayoración de acciones (Ver figura 3.7.2-2). También se indica la tabla del Anejo 2 del Eurocódigo EN-1990 en el que se definen los coeficientes de mayoración de acciones.

		Estado límite de servicio		Estado límite último								
		Fisuración / Deformaciones (tabla A2.6)		Situación persistente				Situación accidental				
				EL Equilibrio (EQU)		Estado Límite Último Estructural (STR) y Geotécnico (GEO)		Vuelco		Todos		
		Efecto favorable	Efecto desfavor.	Efecto favorable	Efecto desfavor.	Efecto favorable	Efecto desfavor.	Efecto favorable	Efecto desfavor.	Efecto favorable	Efecto desfavor.	
Acciones permanentes	Peso propio muro	1.00	1.00	0.95	1.05	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	
	Peso tierras trasdós	1.00	1.00	0.95	1.05	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	
	Peso tierras puntera	1.00	1.00	0.95	1.05	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	
	Empuje activo de las tierras trasdós	1.00	1.00	0.95	1.05	1.00	1.50	1.00	1.30	1.00	1.00	
	Empuje pasivo de las tierras en puntera	1.00	1.00	0.95	1.05	1.00	1.50	1.00	1.30	1.00	1.00	
	Sobrecarga permanente en trasdós	Empuje	1.00	1.00	0.95	1.05	1.00	1.50	1.00	1.30	1.00	1.00
		Acción vertical	1.00	1.00	0.95	1.05	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
	Carga permanente en coronación de muro	Empuje	1.00	1.00	0.95	1.05	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
		Acción vertical	1.00	1.00	0.95	1.05	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
	Acciones variables	Sobrecarga de tráfico en trasdós	0.00	1.00	0.00	1.35	0.00	1.50	0.00	1.30	0.00	1.00
Carga de tráfico en coronación de muro		0.00	1.00	0.00	1.35	0.00	1.35	0.00	1.00	0.00	1.00	
Acciones accidentales	Viento	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.30	0.00	1.00	
	Nivel freático	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.30	0.00	1.00	
	Sismo									0.00	1.00	
	Impacto									0.00	1.00	

Figura 3.7.2-2: Estados límite a los que se aplica los coeficientes de mayoración.

El botón *Recuperar valores Normativa* permite recuperar en cualquier momento los valores definidos en la normativa.

3.7.3 Normativa americana

Al seleccionar la opción *Coeficientes de mayoración de acciones* aparecerá en pantalla la ventana que se reproduce en la Figura 3.7.3-1.

Coeficientes de mayoración de las acciones

		Estabilidad global / Fisuración / Deformaciones		Desliz. / Vuelco / Hundim. / Cortante / Flexión										
		Estado límite de servicio		Estado Límite de Resistencia						E.L. de evento extremo				
		Servicio I		Resistencia I		Resistencia III		Resistencia V		Evento extremo I		Evento extremo II		
		Favorable	Desfavor.	Combinación básica	Viento > 55 mph	Viento <= 55 mph	Combinación sísmica	Combinación de impacto	Favorable	Desfavor.	Favorable	Desfavor.		
Acciones permanentes	Peso propio muro	1.00	1.00	0.90	1.25	0.90	1.25	0.90	1.25	0.90	1.25	0.90	1.25	
	Peso tierras trasdós	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.35	1.00	1.35	1.00	1.35	1.00	1.35	
	Peso tierras puntera	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.35	1.00	1.35	1.00	1.35	1.00	1.35	
	Empuje activo de las tierras trasdós	1.00	1.00	0.90	1.50	0.90	1.50	0.90	1.50	0.90	1.50	0.90	1.50	
	Empuje pasivo de las tierras en puntera	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	Sobrecarga permanente en trasdós	Empuje	1.00	1.00	0.65	1.50	0.65	1.50	0.65	1.50	0.65	1.50	0.65	1.50
		Acción vertical	1.00	1.00	0.65	1.50	0.65	1.50	0.65	1.50	0.65	1.50	0.65	1.50
	Carga permanente en coronación de muro	Empuje	1.00	1.00	0.90	1.25	0.90	1.25	0.90	1.25	0.90	1.25	0.90	1.25
		Acción vertical	1.00	1.00	0.90	1.25	0.90	1.25	0.90	1.25	0.90	1.25	0.90	1.25
	Acciones variables	Sobrecarga de tráfico en trasdós	Empuje	0.00	1.00	0.00	1.75	0.00	0.00	0.00	1.35	0.00	1.00	0.00
Acción vertical			0.00	1.00	0.00	1.75	0.00	0.00	0.00	1.35	0.00	1.00	0.00	0.50
Acciones accidentales	Carga de tráfico en coronación de muro	Viento	0.00	1.00	0.00	1.75	0.00	0.00	0.00	1.35	0.00	1.00	0.00	0.50
		Nivel freático	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	1.40	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00
		Sismo	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00
	Impacto									0.00	1.00		0.00	

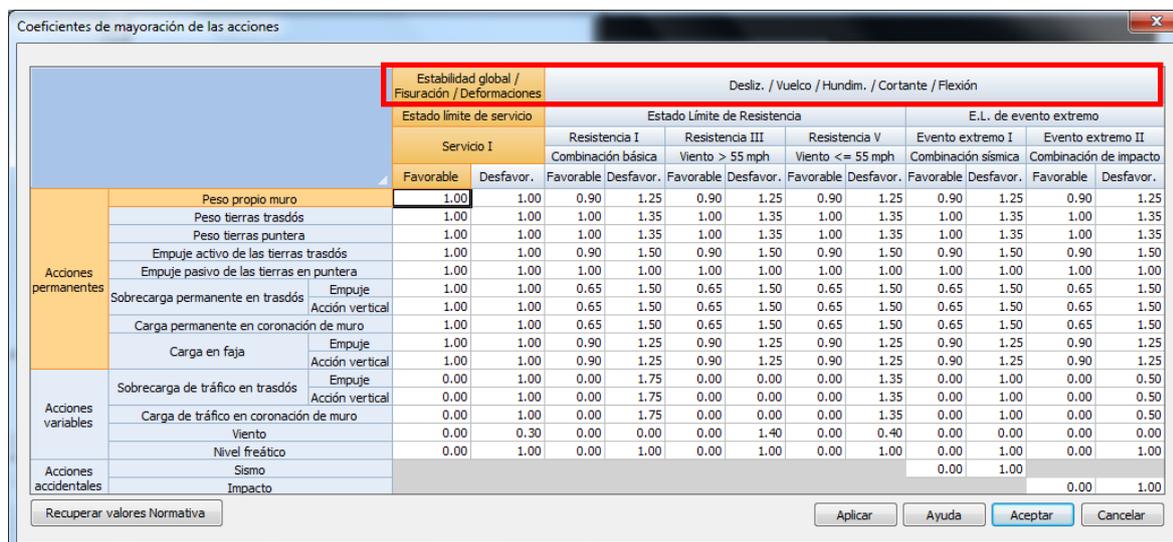
Recuperar valores Normativa Aplicar Ayuda Aceptar Cancelar

Figura 3.7.3-1: Ventana de definición de los coeficientes de mayoración de acciones para la normativa americana (AASHTO 2010).

El usuario debe validar o modificar en el cuadro de diálogo los coeficientes de mayoración de acciones a utilizar para cada tipo de carga. El programa precisa conocer los coeficientes de mayoración favorables (coeficiente que se aplica cuando la contribución de la acción es favorable al efecto que se analiza) y desfavorables (coeficiente que se aplica cuando la contribución de la acción es desfavorable al efecto que se analiza) a aplicar para cada estado límite. En concreto se debe definir:

- Coeficientes de mayoración para los estados límite de Servicio I correspondientes a las comprobaciones de estabilidad global, fisuración y deformaciones.
- Coeficientes de mayoración para el estado límite de Resistencia I correspondiente a las comprobaciones de deslizamiento, vuelco, hundimiento y rotura por flexión y cortante.
- Coeficientes de mayoración para el estado límite de Resistencia III correspondiente a las comprobaciones de deslizamiento, vuelco, hundimiento y rotura por flexión y cortante.
- Coeficientes de mayoración para el estado límite de Resistencia V correspondiente a las comprobaciones de deslizamiento, vuelco, hundimiento y rotura por flexión y cortante.
- Coeficientes de mayoración para el estado límite de Evento Extremo I (combinación de sismo) correspondiente a las comprobaciones de estabilidad global, deslizamiento, vuelco, hundimiento y rotura por flexión y cortante.
- Coeficientes de mayoración para el estado límite de Evento Extremo II (combinación de impacto de vehículo) correspondiente a las comprobaciones de estabilidad global, deslizamiento, vuelco, hundimiento y rotura por flexión y cortante.

Para mayor claridad en el encabezamiento del diálogo se especifica la comprobación a la que se aplicará cada pareja de valores de mayoración de acciones (Ver figura 3.7.3-2). Para la comprobación de estabilidad global en situación sísmica y de impacto de vehículo se adoptan los mismos coeficientes que para el resto de comprobaciones.



		Coeficientes de mayoración de las acciones												
		Estabilidad global / Fisuración / Deformaciones				Desliz. / Vuelco / Hundim. / Cortante / Flexión								
		Estado límite de servicio		Estado Límite de Resistencia						E.L. de evento extremo				
		Servicio I		Resistencia I		Resistencia III		Resistencia V		Evento extremo I		Evento extremo II		
		Favorable	Desfavor.	Combinación básica	Viento > 55 mph	Viento <= 55 mph	Combinación sísmica	Combinación de impacto						
		Favorable	Desfavor.	Favorable	Desfavor.	Favorable	Desfavor.	Favorable	Desfavor.	Favorable	Desfavor.	Favorable	Desfavor.	
Acciones permanentes	Peso propio muro	1.00	1.00	0.90	1.25	0.90	1.25	0.90	1.25	0.90	1.25	0.90	1.25	
	Peso tierras trasdós	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.35	1.00	1.35	1.00	1.35	1.00	1.35	
	Peso tierras puntera	1.00	1.00	1.00	1.35	1.00	1.35	1.00	1.35	1.00	1.35	1.00	1.35	
	Empuje activo de las tierras trasdós	1.00	1.00	0.90	1.50	0.90	1.50	0.90	1.50	0.90	1.50	0.90	1.50	
	Empuje pasivo de las tierras en puntera	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	Sobrecarga permanente en trasdós	Empuje	1.00	1.00	0.65	1.50	0.65	1.50	0.65	1.50	0.65	1.50	0.65	1.50
		Acción vertical	1.00	1.00	0.65	1.50	0.65	1.50	0.65	1.50	0.65	1.50	0.65	1.50
	Carga permanente en coronación de muro	Empuje	1.00	1.00	0.90	1.25	0.90	1.25	0.90	1.25	0.90	1.25	0.90	1.25
		Acción vertical	1.00	1.00	0.90	1.25	0.90	1.25	0.90	1.25	0.90	1.25	0.90	1.25
	Carga en faja	Empuje	1.00	1.00	0.90	1.25	0.90	1.25	0.90	1.25	0.90	1.25	0.90	1.25
Acción vertical		1.00	1.00	0.90	1.25	0.90	1.25	0.90	1.25	0.90	1.25	0.90	1.25	
Acciones variables	Sobrecarga de tráfico en trasdós	Empuje	0.00	1.00	0.00	1.75	0.00	0.00	1.35	0.00	1.00	0.00	0.50	
		Acción vertical	0.00	1.00	0.00	1.75	0.00	0.00	0.00	1.35	0.00	1.00	0.00	0.50
	Carga de tráfico en coronación de muro	Empuje	0.00	1.00	0.00	1.75	0.00	0.00	0.00	1.35	0.00	1.00	0.00	0.50
		Acción vertical	0.00	1.00	0.00	1.75	0.00	0.00	0.00	1.35	0.00	1.00	0.00	0.50
Acciones accidentales	Viento	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	1.40	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Nivel freático	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	
	Sismo									0.00	1.00			
	Impacto											0.00	1.00	

Figura 3.7.3-2: Estados límite a los que se aplica los coeficientes de mayoración.

El botón *Recuperar valores Normativa* permite recuperar en cualquier momento los valores definidos en la normativa.

3.8 Orden Coeficientes de seguridad y combinación

Con esta orden se accede para las normativas española y europea a la ventana de definición del resto de coeficientes de seguridad que es necesario definir. Los coeficientes que se deben definir dependen de la normativa.

3.8.1 Normativa española

En la Figura 3.8.1-1 se muestra la ventana que aparece al seleccionar la orden *Coeficientes de seguridad y combinación* para la normativa española.

Coefficientes de seguridad y combinación

Coefficientes de minoración de los materiales

Materiales	Coefficientes de seguridad			Factores de cansancio	
	γ_{ELS}	$\gamma_{ELU\ persist}$	$\gamma_{ELU\ acc}$	α_{oc}	α_{ct}
Hormigón del alzado	1.00	1.50	1.30	1.00	1.00
Hormigón de la zapata	1.00	1.50	1.30	1.00	1.00
Acero para la armadura pasiva	1.00	1.15	1.00	-	-

Coefficientes de seguridad Estados Límite Geotécnicos

Situación	Combinación	Hundimiento	Deslizamiento	Vuelco rígido	Estabilidad global
Persistente	Característica	2.60	1.30	1.80	1.30
	Casi permanente	3.00	1.50	2.00	1.50
Accidental	Sísmica	2.20	1.10	1.50	1.10
	Impacto	2.20	1.10	1.50	1.10

Coefficientes de combinación

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga de tráfico	1.00	1.00	1.00
Viento	0.60	0.20	0.00
Nivel freático	1.00	1.00	1.00

Recuperar valores Normativa

Movimientos admisibles

Desplazamiento máximo horizontal en coronación, U_x: mm

Aplicar Ayuda Aceptar Cancelar

Figura 3.8.1-1: Coeficiente de minoración de materiales, factor de seguridad geotécnicos y coeficientes de combinación.

En este diálogo se deben definir:

- Los coeficientes de minoración de las resistencias de los materiales.
- Los coeficientes de seguridad para los estados límite geotécnicos.
- Los coeficientes de combinación.
- El movimiento máximo admisible en coronación de muro.

Al abrir por primera vez el diálogo se mostrarán por defecto los coeficientes de seguridad definidos en la normativa, salvo el valor del movimiento máximo en coronación del muro, que debe ser definido por el usuario.

Todos los coeficientes pueden ser modificados libremente por el usuario. En caso de que una vez modificados los coeficientes se quiera restituir los valores de la normativa se debe pulsar el botón *Recuperar valores Normativa*.

Coefficientes de minoración de los materiales

Para cada uno de los materiales definidos por el usuario (hormigón del alzado, hormigón de la zapata de las aletas y acero de la armadura pasiva), se deben definir los siguientes coeficientes de minoración de los materiales:

Para el material tipo hormigón

- Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón para las combinaciones del Estado Límite de Servicio.

- Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón para las combinaciones del Estado Límite Último en situación persistente.
- Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón para las combinaciones del Estado Límite Último en situación accidental.
- Factor de cansancio en compresión, α_{cc} .
- Factor de cansancio en tracción, α_{ct} .

Para el material tipo acero para armaduras pasivas.

- Coeficiente de minoración de la resistencia del acero para las combinaciones del Estado Límite de Servicio.
- Coeficiente de minoración de la resistencia del acero para las combinaciones del Estado Límite Último en situación persistente.
- Coeficiente de minoración de la resistencia del acero para las combinaciones del Estado Límite Último en situación accidental.

Los coeficientes de minoración de la resistencia para los materiales se definen en el artículo 15.3 de la EHE-08, siendo los valores propuestos por la normativa los que se presentan en las siguientes tablas:

Coeficientes de minoración para Estados Límite de Servicio		
Situación de proyecto	Hormigón γ_c	Acero γ_s
Persistente o transitoria	1,00	1,00
Accidental	1,00	1,00

Tabla 3.8.1-1: Coeficiente de minoración de materiales en ELS según EHE-08.

Coeficientes de minoración para Estados Límite Últimos		
Situación de proyecto	Hormigón γ_c	Acero γ_s
Persistente o transitoria	1,50	1,15
Accidental	1,30	1,00

Tabla 3.8.1-2: Coeficiente de minoración de materiales en ELU según EHE-08.

Los factores de cansancio se definen en el artículo 39.4 de la EHE-08. Este coeficiente multiplica a la resistencia del hormigón para tener en cuenta el cansancio del hormigón cuando está sometido a altos niveles de tensión de compresión (α_{cc}) o tracción (α_{ct}) debido a cargas de larga duración. Con carácter general se adopta el valor unidad (1,0) para ambos coeficientes.

Factores de seguridad para los Estados Límite Geotécnicos

CivilCAD3000 lleva a cabo la comprobación de los Estados Límite Geotécnicos de acuerdo con la Guía de Cimentaciones [1], en la cual se establecen los Factores de seguridad que se deben verificar para los estados límite de hundimiento, deslizamiento, vuelco y estabilidad global para las diferentes situaciones y combinaciones de cálculo. Recuérdese que la Guía

de Cimentaciones establece la seguridad en base a un único factor de seguridad global, es decir, sin mayorar las acciones.

Los valores propuestos en el apartado 6.4 de la Guía de cimentaciones se presentan en las siguientes tablas:

		Hundimiento	Deslizamiento	Vuelco	Estabilidad global
Persistente	Característica	2,60	1,30	1,80	1,30
	Casi permanente	3,00	1,50	2,00	1,50
Accidental	Sísmica	2,20	1,10	1,50	1,10
	Impacto	2,20	1,10	1,50	1,10

Tabla 3.8.1-3: Factores de seguridad geotécnicos según la Guía de Cimentaciones.

En cualquier caso, estos coeficientes pueden modificarse en función de la importancia de la obra o en el caso del estado límite de hundimiento en función del método de análisis empleado para la determinación de la carga de hundimiento.

Coeficientes de combinación

Se deben definir los coeficientes de combinación de las acciones variables (tráfico, viento y nivel freático), que permitirán calcular el valor representativo de cada acción a utilizar en las distintas combinaciones de cálculo según se establece en el apartado 6.3 de la Instrucción IAP-11.

- Valor de combinación $\psi_0 Q_k$
- Valor de frecuente $\psi_1 Q_k$
- Valor de casi-permanente $\psi_2 Q_k$

Los coeficientes de combinación se definen en la normativa IAP-11 (apartado 6.1 para el caso de muros de carretera o en el Código Técnico de la Edificación Documento Básico SE Seguridad Estructural (capítulo 4).

Los valores que aparecen por defecto en *CivilCAD3000* corresponden a la normativa IAP-11.

Movimientos admisibles

El usuario debe definir el movimiento máximo horizontal admisible en coronación de muro. Este valor se utilizará para la comprobación del estado límite de deformaciones.

3.8.2 Normativa europea

En la Figura 3.8.2-1 se muestra la ventana que aparece al seleccionar la orden *Coeficientes de seguridad y combinación* para la normativa europea.

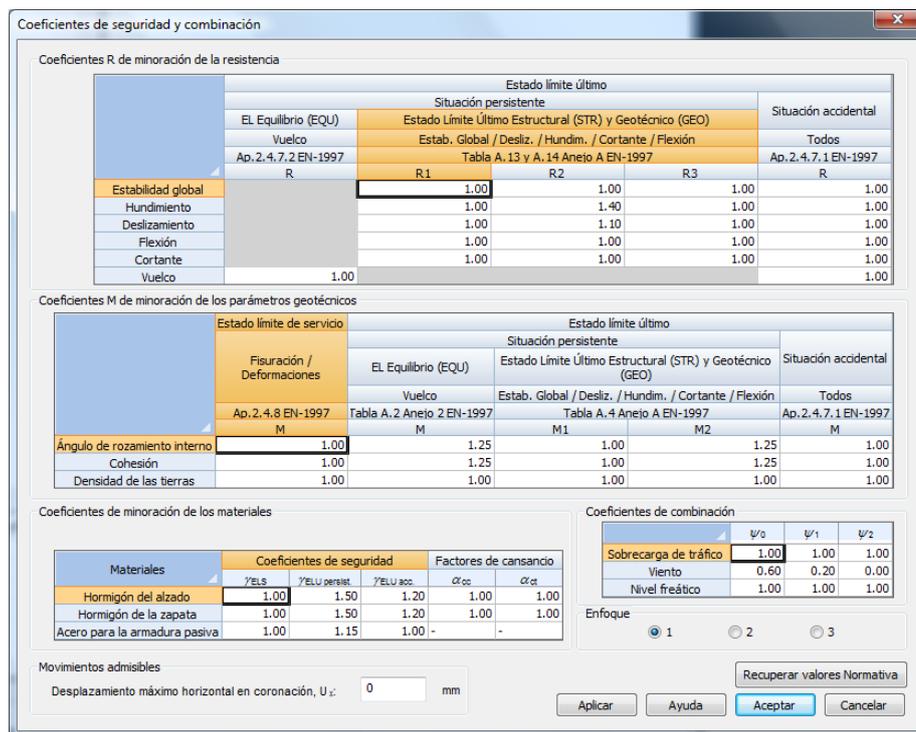


Figura 3.8.2-1: Coeficiente de minoración y coeficientes de combinación .

En este diálogo se deben definir:

- Los coeficientes R de minoración de las resistencias.
- Los coeficientes M de minoración de los parámetros geotécnicos.
- Los coeficientes de minoración de los materiales (hormigón y acero).
- Los coeficientes de combinación.
- El tipo de Enfoque a considerar.
- El movimiento máximo admisible en coronación de muro.

Al abrir por primera vez el diálogo se mostrarán por defecto los coeficientes definidos en la normativa, salvo el valor del movimiento máximo en coronación del muro, que debe ser definido por el usuario.

Todos los coeficientes pueden ser modificados libremente por el usuario. En caso de que una vez modificados los coeficientes se quiera restituir los valores de la normativa se debe pulsar el botón *Recuperar valores Normativa*.

Coeficientes de minoración de los materiales

Para cada uno de los materiales definidos (hormigón del alzado, hormigón de la zapata de las aletas y acero de la armadura pasiva), se deben definir los siguientes coeficientes de minoración de los materiales:

Para el material tipo hormigón:

- Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón para las combinaciones del Estado Límite de Servicio.
- Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón para las combinaciones del Estado Límite Último en situación persistente.
- Coeficiente de minoración de la resistencia del hormigón para las combinaciones del Estado Límite Último en situación accidental.
- Factor de cansancio en compresión, α_{cc} .
- Factor de cansancio en tracción, α_{ct} .

Para el material tipo acero para armaduras pasivas.

- Coeficiente de minoración de la resistencia del acero para las combinaciones del Estado Límite de Servicio.
- Coeficiente de minoración de la resistencia del acero para las combinaciones del Estado Límite Último en situación persistente.
- Coeficiente de minoración de la resistencia del acero para las combinaciones del Estado Límite Último en situación accidental.

Los coeficientes de minoración de la resistencia para los materiales se definen en el artículo 2.4.2.4 del Eurocódigo EN-1992-1-1, siendo los valores propuestos por la normativa los que se presentan en las siguientes tablas:

Coeficientes de minoración para Estados Límite de Servicio		
Situación de proyecto	Hormigón γ_c	Acero γ_s
Persistente o transitoria	1,00	1,00
Accidental	1,00	1,00

Tabla 3.8.1-1: Coeficiente de minoración de materiales en ELS según EN-1992-1-1.

Coeficientes de minoración para Estados Límite Últimos		
Situación de proyecto	Hormigón γ_c	Acero γ_s
Persistente o transitoria	1,50	1,15
Accidental	1,20	1,00

Tabla 3.8.1-2: Coeficiente de minoración de materiales en ELU según EN-1992-1-1.

Los factores de cansancio se definen en el artículo 3.1.6 del Eurocódigo EN-1992-2:2005. Este coeficiente multiplica a la resistencia del hormigón para tener en cuenta el cansancio del hormigón cuando está sometido a altos niveles de tensión de compresión (α_{cc}) o tracción (α_{ct}) debido a cargas de larga duración.

Con carácter general el Eurocódigo propone valores entre 0,8 y 1,0 para ambos coeficientes, remitiendo a los correspondientes anejos nacionales para su determinación; no obstante recomienda en su ausencia los siguientes valores:

$$\alpha_{cc} = 0,8$$

$$\alpha_{ct} = 1,0$$

Tipo de enfoque de cálculo

De acuerdo con el Eurocódigo EN-1990, en estructuras en las que intervienen acciones geotécnicas y/o resistencias del terreno, el estado límite último estructural (STR) y geotécnico (GEO) deben ser verificados utilizando uno de los tres enfoques posibles que se definen a continuación, combinando los coeficientes parciales de mayoración de acciones (coeficientes A de mayoración de acciones definidos en el apartado 3.7.2 de este documento), factores parciales sobre los parámetros del terreno (coeficientes M) y factores parciales sobre la resistencia (R).

Cabe pues remarcar que el cálculo según el enfoque afecta únicamente a los estados límite últimos estructurales (STR) y geotécnicos (GEO) en situación persistente, es decir, a la Estabilidad Global, Deslizamiento, Hundimiento, Cortante y Flexión. El vuelco se considera un estado límite de equilibrio (EQU).

A continuación se define cada uno de los tres enfoques posibles, entre los cuales el usuario debe seleccionar la opción deseada.

Enfoque 1 (*Approach 1*):

Se realizan dos cálculos independientes (Cálculo 1 y Cálculo 2) y se adoptan los efectos más desfavorables:

- Cálculo 1: $A1 + M1 + R1$
- Cálculo 2: $A2 + M2 + R1$

Cálculo 1 (A1+M1+R1): Se realiza el cálculo con los siguientes coeficientes de seguridad parciales:

Acciones (γ_F): Coeficientes de mayoración de acciones de la Tabla A2.4 (B) del Anejo 2 del Eurocódigo EN-1990 (equivale a los valores de la columna A1 de la Tabla A.3 del Anejo A del EN-1997) (ver apartado 3.7.2 de este documento).

Parámetros del terreno (γ_M): Coeficientes parciales de los parámetros del terreno correspondientes a la columna M1 de la Tabla A.4 del Anejo A del EN-1997.

Resistencia del terreno (γ_R): Coeficientes parciales de la resistencia del terreno correspondientes a la columna R1 de las Tablas A.13 y A.14 del Anejo A del EN-1997.

Cálculo 2 (A2+M2+R1): Se realiza el cálculo con los siguientes coeficientes de seguridad parciales:

Acciones (γ_F): Coeficientes de mayoración de acciones de la Tabla A2.4 (C) (equivale a los valores de la columna A2 de la Tabla A.3 del Anejo A del EN-1997) (ver apartado 3.7.2 de este documento).

Parámetros del terreno (γ_M): Coeficientes parciales de los parámetros del terreno correspondientes a la columna M2 de la Tabla A.4 del Anejo A del EN-1997.

Resistencia del terreno (γ_R): Coeficientes parciales de la resistencia del terreno correspondientes a la columna R1 de las Tablas A.13 y A.14 del Anejo A del EN-1997.

Enfoque 2 (Approach 2):

- A1+M1+R2

Se realiza un único cálculo (combinación A1+M1+R2) aplicando los coeficientes de mayoración de acciones siguientes:

Acciones (γ_F): Coeficientes de mayoración de acciones de la Tabla A2.4 (B) (equivale a los valores de la columna A1 de la Tabla A.3 del Anejo A del EN-1997) (ver apartado 3.7.2 de este documento).

Parámetros del terreno (γ_M): Coeficientes parciales de los parámetros del terreno correspondientes a la columna M1 de la Tabla A.4 del Anejo A del EN-1997.

Resistencia del terreno (γ_R): Coeficientes parciales de la resistencia del terreno correspondientes a la columna R2 de las Tablas A.13 y A.14 del Anejo A del EN-1997.

Enfoque 3 (Approach 3):

- (A1 / A2) + M2 + R3

Se realiza un solo cálculo - Combinación (A1 en acciones estructurales y A2 en acciones geotécnicas) + M2 + R3), aplicando los siguientes coeficientes de seguridad:

Acciones (γ_F): Coeficientes de mayoración de acciones de la Tabla A2.4 (C) a las acciones de naturaleza geotécnica, y los coeficientes de la Tabla A2.4 (B) a las acciones de naturaleza estructural (ver apartado 3.7.2 de este documento).

Parámetros del terreno (γ_M): Coeficientes parciales de los parámetros del terreno correspondientes a la columna M2 de la Tabla A.4 del Anejo A del EN-1997.

Resistencia del terreno (γ_R): Coeficientes parciales de la resistencia del terreno correspondientes a la columna R3 de las Tablas A.13 y A.14 del Anejo A del EN-1997.

Como acciones de naturaleza geotécnica, *CivilCAD3000* considera el peso de las tierras, el empuje de tierras, el peso y empuje debido a las sobrecargas que actúan en el trasdós del muro y el sismo.

Coeficientes R de minoración de la resistencia

De acuerdo con Eurocódigo 1990:2001 el valor resistente correspondiente a un estado límite último se establece como cociente entre la resistencia nominal y un coeficiente de minoración de la resistencia (coeficientes R, γ_R)

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} \cdot R \left(\gamma_{FF}; \frac{X_k}{\gamma_M} \right) \quad (\text{Ex. 3.8.1 - 1})$$

Así, deben definirse para los distintos estados límite los coeficientes de minoración R para cada situación, cuyo valor depende a su vez del tipo de Enfoque con el que se realiza el cálculo (coeficientes R1 para el enfoque 1, coeficientes R2 para el enfoque 2, y coeficientes R3 para el enfoque 3).

Coeficientes R de minoración de la resistencia					
	Estado límite último				
	EL Equilibrio (EQU) Vuelco Ap. 2.4.7.2 EN-1997 R	Situación persistente			Situación accidental
		Estado Límite Último Estructural (STR) y Geotécnico (GEO)			Todos Ap. 2.4.7.1 EN-1997 R
		Estab. Global / Desliz. / Hundim. / Cortante / Flexión Tabla A.13 y A.14 Anejo A EN-1997			
	R1	R2	R3		
Estabilidad global	1.00	1.00	1.00	1.00	
Hundimiento	1.00	1.40	1.00	1.00	
Deslizamiento	1.00	1.10	1.00	1.00	
Flexión	1.00	1.00	1.00	1.00	
Cortante	1.00	1.00	1.00	1.00	
Vuelco	1.00			1.00	

Figura 3.8.2-2: Coeficientes R de minoración de la resistencia.

Para los estados límite estructurales (flexión y cortante), los coeficientes R toman valor unidad (1,0). Para el resto de estados límite últimos los valores se definen en el Eurocódigo EN-1997:2004.

En la siguiente tabla se especifican los apartados del Eurocódigo en los que se puede encontrar los valores para cada uno de los estados límite.

Situación	Estado Límite	Apartado normativa
Situación persistente	Vuelco	Ap. 2.4.7.2 EN-1997:2004
	Deslizamiento	Tablas A.13 y A.14 del Anejo A del EN-1997:2004
	Estabilidad global	
	Hundimiento	
	Cortante	-
Flexión	-	
Situación accidental	Todos	Ap. 2.4.7.1 EN-1997:2004

Tabla 3.8.1-3: Referencia Coeficientes R.

Coeficientes M de minoración de los parámetros geotécnicos

De acuerdo con Eurocódigo 1990:2001 el valor de los parámetros geotécnicos que intervienen en la determinación del valor de una determinada acción debe afectarse por un coeficiente de minoración (coeficientes M, γ_M), cuyo valor depende del estado límite que se considere y del tipo de Enfoque con el que se realiza el cálculo (coeficientes M1 para el enfoque 1 y coeficientes M2 para el enfoque 2).

Coeficientes M de minoración de los parámetros geotécnicos					
Fisuración / Deformaciones	Estado límite de servicio	Estado límite último			
	Ap.2.4.8 EN-1997	Situación persistente			Situación accidental
		EL Equilibrio (EQU)	Estado Límite Último Estructural (STR) y Geotécnico (GEO)		
		Vuelco	Estab. Global / Desliz. / Hundim. / Cortante / Flexión		
Tabla A.2 Anejo 2 EN-1997	Tabla A.4 Anejo A EN-1997		Ap.2.4.7.1 EN-1997		
M	M	M1	M2	M	
Ángulo de rozamiento interno	1.00	1.25	1.00	1.25	1.00
Cohesión	1.00	1.25	1.00	1.25	1.00
Densidad de las tierras	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Figura 3.8.2-3: Coeficientes M de minoración de los parámetros geotécnicos.

Los coeficientes M se definen en el Eurocódigo EN-1997:2004.

En la siguiente tabla se especifican los apartados del Eurocódigo en los que se puede encontrar los valores para cada uno de los estados límite.

Estado Límite	Situación	verificación	Apartado normativa
E.L. Servicio	Todas	Fisuración	Ap. 2.4.8 EN-1997:2004
		Deformaciones	Ap. 2.4.8 EN-1997:2004
E.L. Último	Situación persistente	Vuelco	Tabla A.2 del Anejo A del EN-1997:2004
		Deslizamiento	Tablas A.4 del Anejo A del EN-1997:2004
		Estabilidad global	
		Hundimiento	
		Cortante	
	Flexión		
Situación accidental	Todos	Ap. 2.4.7.1 EN-1997:2004	

Tabla 3.8.1-3: Referencia Coeficientes M.

Coeficientes de combinación

Se deben definir los coeficientes de combinación de las acciones variables (tráfico, viento y nivel freático), que permitirán calcular el valor representativo de cada acción a utilizar en las distintas combinaciones de cálculo según se estable en el apartado 6.4 y 6.5 del Eurocódigo EN-1990:2001.

- Valor de combinación $\psi_0 Q_k$
- Valor de frecuente $\psi_1 Q_k$
- Valor de casi-permanente $\psi_2 Q_k$

Los coeficientes de combinación se definen en el Anejo A1 del Eurocódigo 1990:2001 para edificios y en el Anejo 2 mismo Eurocódigo para puentes y obras de carretera en general.

Los valores que aparecen por defecto en *CivilCAD3000* corresponden a los valores propuestos en el Eurocódigo.

Movimientos admisibles

El usuario debe definir el movimiento máximo horizontal admisible en coronación de muro. Este valor se utilizará para la comprobación del estado límite de deformaciones.

3.9 Orden Factores de Resistencia (normativa americana)

Esta orden solo está activada para la normativa americana (AASHTO).

Al abrir por primera vez el diálogo se mostrarán por defecto los coeficientes definidos en la normativa, salvo el valor del movimiento máximo en coronación del muro, que debe ser definido por el usuario.

Todos los coeficientes pueden ser modificados libremente por el usuario. En caso de que una vez modificados los coeficientes se quiera restituir los valores de la normativa se debe pulsar el botón *Recuperar valores Normativa*.

La orden *Factores de Resistencia* permite definir los factores de resistencia que se considerarán en cada comprobación para la determinación de la resistencia mayorada. Recuérdese que la resistencia mayorada (R_R) se obtiene como producto de la resistencia nominal (R_n) por el factor de resistencia φ .

$$R_R = R_n \cdot \varphi \quad (\text{Ex. 3.9 - 1})$$

Para que se verifique la condición de resistencia se debe cumplir la expresión 3.9-2:

$$R_u \leq R_R \quad (\text{Ex. 9.3 - 2})$$

Siendo R_u el efecto de la acción mayorada por los coeficientes de mayoración de acciones.

Al seleccionar esta opción aparecerá en pantalla la ventana que se muestra en la Figura 3.9-1.

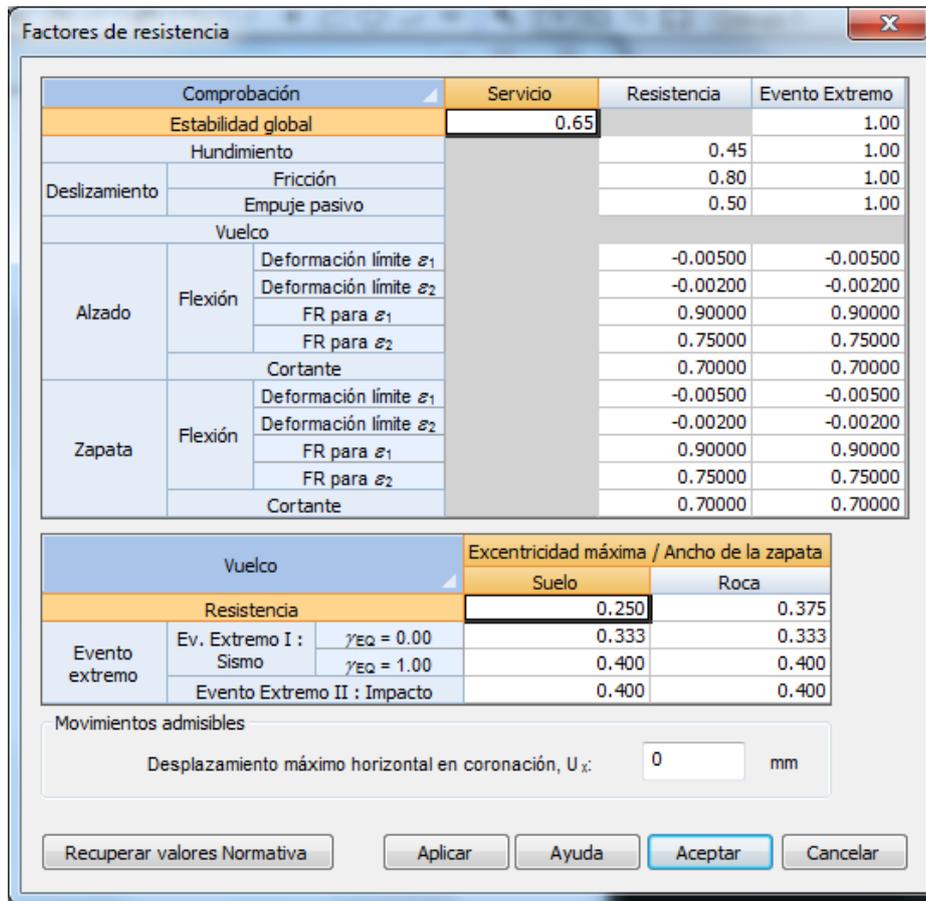


Figura 3.9-1: Factores de resistencia (normativa AASHTO).

En este diálogo, se deben introducir los factores de resistencia para los estados límite de Servicio, Resistencia y de Evento Extremo para cada una de las comprobaciones a realizar. A continuación se detalla el significado de cada uno de ellos.

Estabilidad global: La resistencia a la estabilidad global M_R se obtiene como el Momento estabilizador nominal M_n (obtenido a partir de las acciones mayoradas) por el coeficiente de resistencia ϕ_{EG} .

$$M_R = M_n \cdot \phi_{EG} \quad (Ex. 1.9 - 3)$$

Hundimiento: La capacidad de carga mayorada q_R se obtiene a partir de la capacidad de carga nominal q_n multiplicada por el factor de resistencia ϕ_b .

$$q_R = q_n \cdot \phi_b \quad (Ex. 1.9 - 4)$$

El factor de resistencia a hundimiento varía en función de los métodos de análisis utilizados para la determinación de la capacidad nominal y de la fiabilidad de los parámetros geotécnicos utilizados.

Deslizamiento: Para el deslizamiento deben definirse los factores de resistencia para el rozamiento y para la resistencia pasiva (empuje pasivo). La resistencia mayorada se define según la siguiente expresión:

$$R_R = (V \cdot tg\delta + S \cdot c) \cdot \varphi_t + R_{ep} \cdot \varphi_{ep} \quad (Ex. 3.9 - 5)$$

, donde V es la reacción vertical, δ el ángulo de rozamiento zapata-terreno, S la superficie de contacto, c la adherencia zapata-terreno, R_{ep} las fuerzas que se oponen al deslizamiento, φ_t el factor de resistencia a rozamiento y φ_{ep} el factor de resistencia del empuje pasivo.

Vuelco: Para el vuelco la normativa AASHTO no define un coeficiente de resistencia sino que establece la verificación de la comprobación a vuelco limitando la excentricidad de la reacción en la base de la zapata. Es por ello que en el diálogo de la Figura 3.9-1 debe definirse la excentricidad máxima de dicha resultante como fracción en tanto por uno respecto al ancho de la zapata.

Rotura a flexión: Para la obtención del momento resistente mayorado M_R , debe definirse el factor de resistencia a flexión φ_f .

$$M_R = \varphi_f \cdot M_n \quad (Ex. 3.9 - 6)$$

, siendo M_n el momento resistente nominal.

No obstante en el caso de la rotura por flexión no existe un valor único del factor de resistencia para cada estado límite (resistencia y evento extremo), sino que su valor depende de la deformación de la armadura más traccionada. Se define pues en este caso una función que relaciona dicha deformación con el factor de resistencia a adoptar; la forma de esta función es la que se muestra en la Figura 3.9-2.

$$\varphi_f = FR(\varepsilon) \quad (Ex. 3.9 - 7)$$

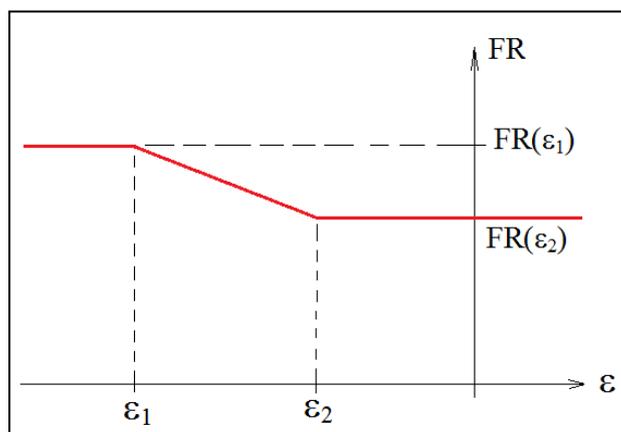


Figura 3.9-2: Variación del factor de resistencia a flexión en función de la deformación.

El usuario debe definir las deformaciones límite ε_1 y ε_2 y el valor del factor de resistencia asociados a estas deformaciones (deformación negativa equivale a tracción).

En la Figura 3.9-3 se muestran los valores definidos en la AASHTO que *CivilCAD3000* adopta por defecto.

Alzado	Flexión	Deformación límite ε_1	-0.00500	-0.00500
		Deformación límite ε_2	-0.00200	-0.00200
		FR para ε_1	0.90000	0.90000
		FR para ε_2	0.75000	0.75000
		Cortante	0.70000	0.70000
Zapata	Flexión	Deformación límite ε_1	-0.00500	-0.00500
		Deformación límite ε_2	-0.00200	-0.00200
		FR para ε_1	0.90000	0.90000
		FR para ε_2	0.75000	0.75000
		Cortante	0.70000	0.70000

Figura 3.9-3: Valores por defecto de los factores de resistencia a flexión.

Rotura a cortante: Debe definirse el factor de resistencia a cortante que multiplicará a la resistencia nominal para obtener la resistencia mayorada a cortante.

$$V_r = \phi \cdot V_n \quad (\text{Ex. 3.9 - 7})$$

, con los siguientes significados:

- V_n Resistencia a cortante nominal.
- V_r Resistencia a cortante mayorada.
- ϕ Factor de resistencia a cortante (ver artículo 5.5.4.2 de la AASHTO 2010).

Movimientos admisibles

El usuario debe definir el movimiento máximo horizontal admisible en coronación de muro. Este valor se utilizará para la comprobación del estado límite de deformaciones.

3.10 Orden Armadura

La orden *Armadura* permite definir los recubrimientos geométricos de las armaduras del alzado y la zapata, así como establecer la configuración para la obtención del despiece de armaduras. Al seleccionar esta opción se desplegarán en el menú principal las siguientes órdenes (ver Figura 3.10-1).

- Recubrimientos.
- Despiece del alzado.
- Despiece de la zapata.

- Despiece del tacón.

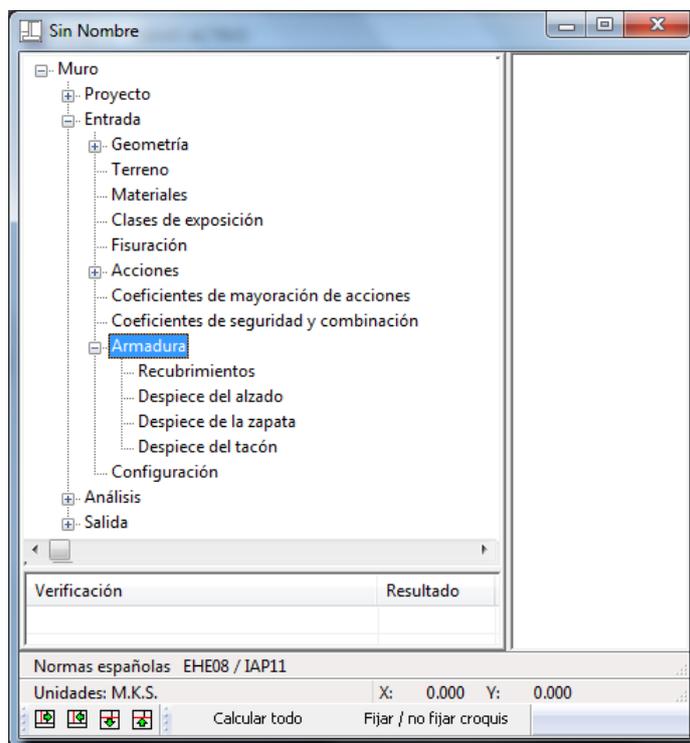


Figura 3.10-1: Menú de la orden *Armadura*.

En los siguientes apartados se exponen cada una de estas órdenes.

3.10.1 Orden *Recubrimientos*

En esta opción, se deben introducir los recubrimientos geométricos (distancia del paramento a la generatriz más exterior de la armadura más superficial) de la zapata y el alzado del muro.

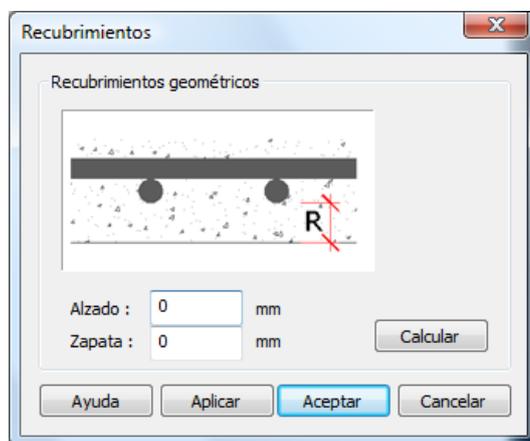


Figura 3.10.1-1: Ventana para la definición de los recubrimientos.

CivilCAD3000 ofrece la posibilidad de calcular de forma automática los recubrimientos geométricos mediante el botón *Calcular*. Al seleccionar esta opción se calcularán los recubrimientos geométricos en base a las clases de exposición y tipo de hormigón definidos; es necesario por tanto haber definido los materiales y las clases de exposición.

En caso de que con posterioridad al cálculo de los recubrimientos, se modifique alguno de los parámetros que afectan a su cálculo, el usuario debe entrar de nuevo en la ventana de *Recubrimientos* y recalcularlos.

3.10.2 Orden *Despiece del alzado*

Al seleccionar la opción *Despiece del alzado* aparece en pantalla la ventana de la Figura 3.10.2-1.

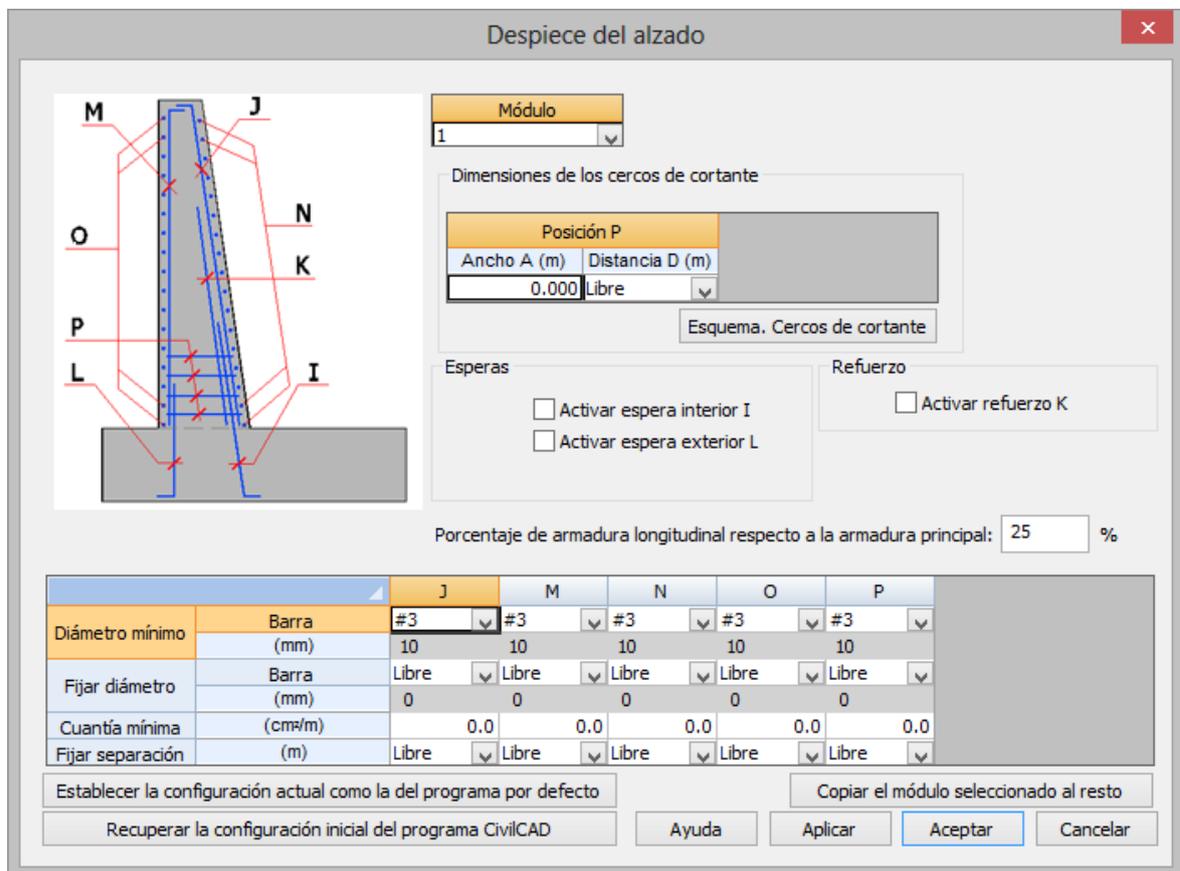


Figura 3.10.2-1: Ventana para la configuración del armado del alzado.

Esta ventana permite definir los criterios con los que se desea que se realice el armado del alzado del muro. Concretamente,

- Permite definir si se disponen o no esperas en la zapata para la armadura vertical.
- Definir si en la armadura vertical del trasdós se dispone un refuerzo o no.
- Definir un diámetro mínimo para cada posición de armado.

- Fijar un diámetro determinado para cada una de las posiciones.
- Fijar una cuantía mínima de armado.
- Fijar la separación entre barras para cada una de las posiciones.
- Fijar la separación y anchura de los cercos.
- Definir la armadura mínima longitudinal (horizontal) a partir de un porcentaje de la armadura de cálculo principal (vertical). Por defecto se adopta un 25%.

La figura que aparece en la parte superior izquierda se muestra la denominación de las distintas posiciones.

Para configurar el armado en primer lugar se debe seleccionar el módulo para el cual se fijan las condiciones de armado; ello se hace en la casilla dispuesta a tal efecto en la parte superior derecha de la ventana.

Esperas: Estas opciones permiten definir para las posiciones correspondientes a la armadura vertical si se desea disponer esperas en la zapata (en este caso se debe seleccionar la opción) o no.

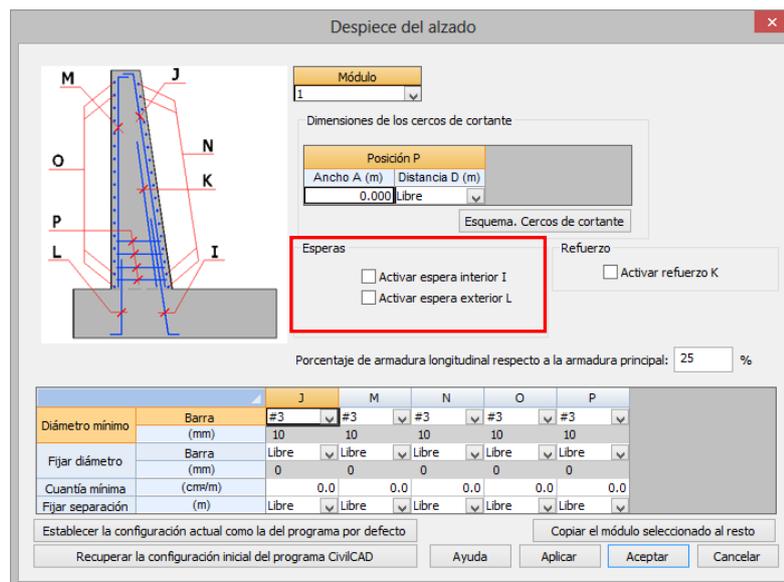


Figura 3.10.2-2: Definición de la disposición de esperas.

Refuerzos: En caso de activar esta opción, la armadura vertical del trasdós se desdoblará en dos posiciones, lo que permitirá reducir armadura a una cierta altura del alzado. En caso contrario se dispondrá una única posición de armado.

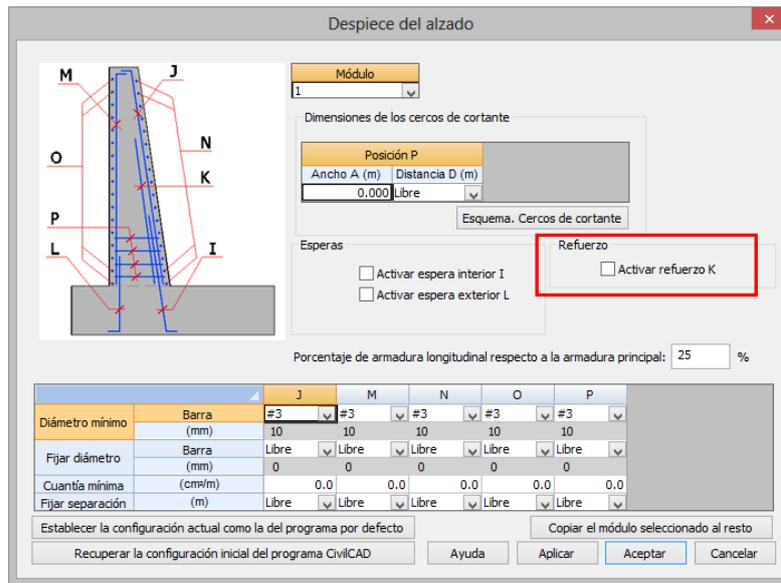


Figura 3.10.2-3: Configuración del refuerzo de la armadura vertical del trasdós.

Dimensiones de los cercos de cortante: Con el diálogo señalado en la Figura 3.10.2-4 se pueden fijar, para los cercos de cortante, la anchura de los cercos (A) y la separación (D) entre cercos de una misma capa (distancia entre las dos ramas más próximas de dos cercos pertenecientes a la misma capa). En caso de que con la separación y anchura fijadas no sea posible cubrir la cuantía necesaria de cálculo, *CivilCAD3000* advierte de ello al usuario.

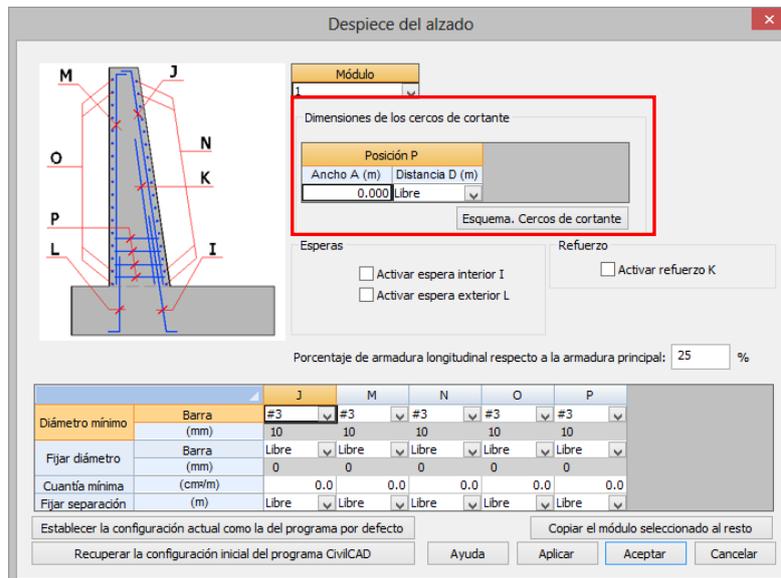


Figura 3.10.2-4: Dimensiones de los cercos de cortante.

Diámetros, separaciones y cuantías: En el diálogo señalado en la Figura 3.10.2-5 *CivilCAD3000* permite para cada una de las posiciones, establecer un diámetro mínimo,

fijar un diámetro, considerar una cuantía mínima de armado o fijar una separación entre barras.

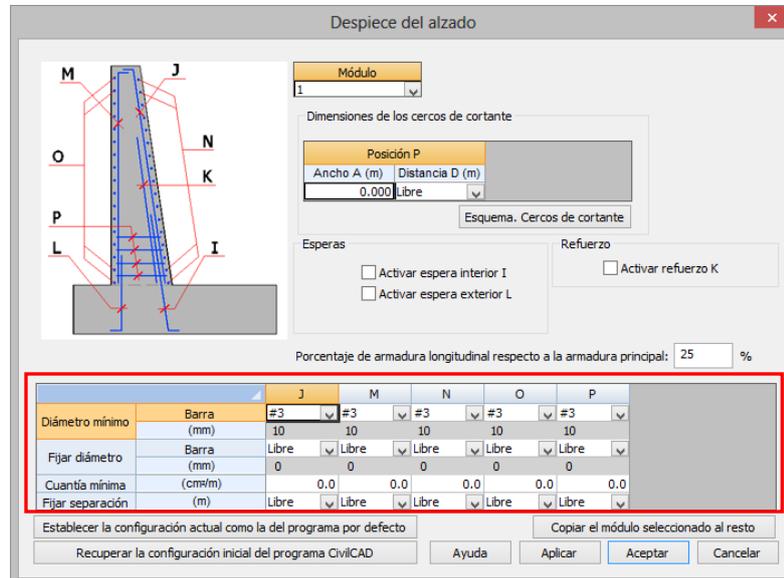


Figura 3.10.2-5: Definición de diámetros, separaciones y cuantías.

Finalmente en la parte inferior de la ventana se dispone de una serie de utilidades:

Establecer la configuración actual como la del programa por defecto: Esta opción permite grabar la configuración de armado que se haya definido como configuración por defecto en casos posteriores. De esta forma el usuario puede particularizar las opciones de armado sin necesidad de introducirlas en cada caso.

Recuperar la configuración inicial del programa CivilCAD: Esta opción permite recuperar la configuración de armado que establece *CivilCAD3000* por defecto.

Copiar el módulo seleccionado al resto: Esta opción copia la configuración de armado del módulo seleccionado al resto de módulos.

3.10.3 Orden *Despiece de la zapata*

Al seleccionar la opción *Despiece de la zapata* aparece en pantalla la ventana de la Figura 3.10.3-1.

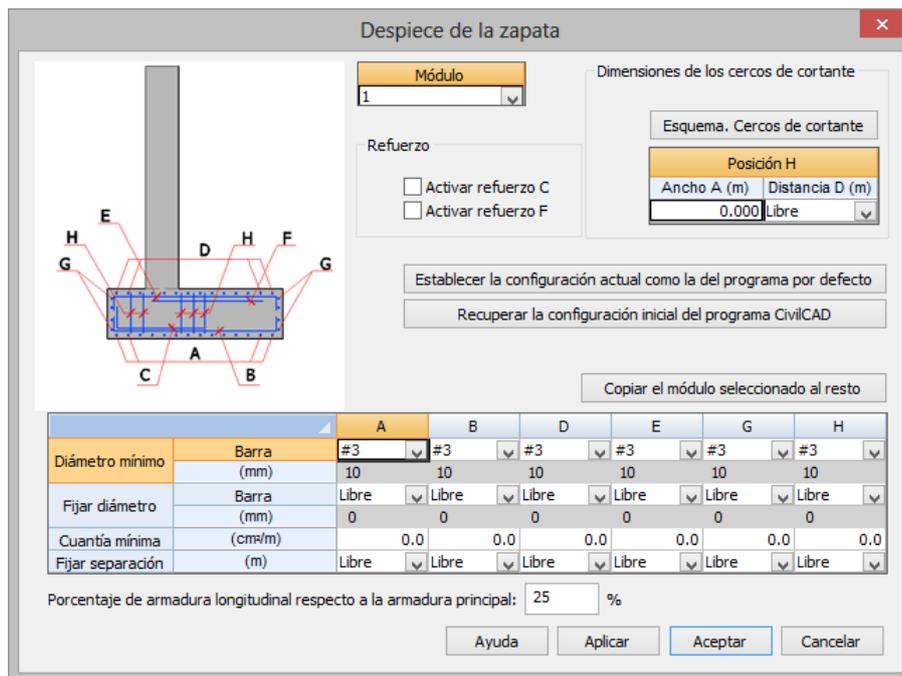


Figura 3.10.3-1: Ventana para la configuración del armado de la zapata.

Esta ventana permite definir los criterios con los que se desea que se realice el armado de la zapata del muro. Concretamente,

- Definir si en la armadura superior e inferior de la zapata se dispone un refuerzo o no.
- Definir un diámetro mínimo para cada posición de armado.
- Fijar un diámetro determinado para cada una de las posiciones.
- Fijar una cuantía mínima de armado.
- Fijar la separación entre barras para cada una de las posiciones.
- Fijar la separación y anchura de los cercos.
- Definir la armadura mínima longitudinal a partir de un porcentaje de la armadura de cálculo principal (transversal). Por defecto se adopta un 25%.

La figura que aparece en la parte superior izquierda muestra la denominación de las distintas posiciones del armado.

Para configurar el armado en primer lugar se debe seleccionar el módulo para el cual se fijan las condiciones de armado; ello se hace en la casilla dispuesta a tal efecto en la parte superior derecha de la ventana.

Refuerzos: En caso de activar esta opción, la armadura correspondiente de la zapata se desdoblará en dos posiciones, lo que permitirá reducir armadura a una cierta distancia del extremo de la zapata. En caso contrario se dispondrá una única posición de armado.

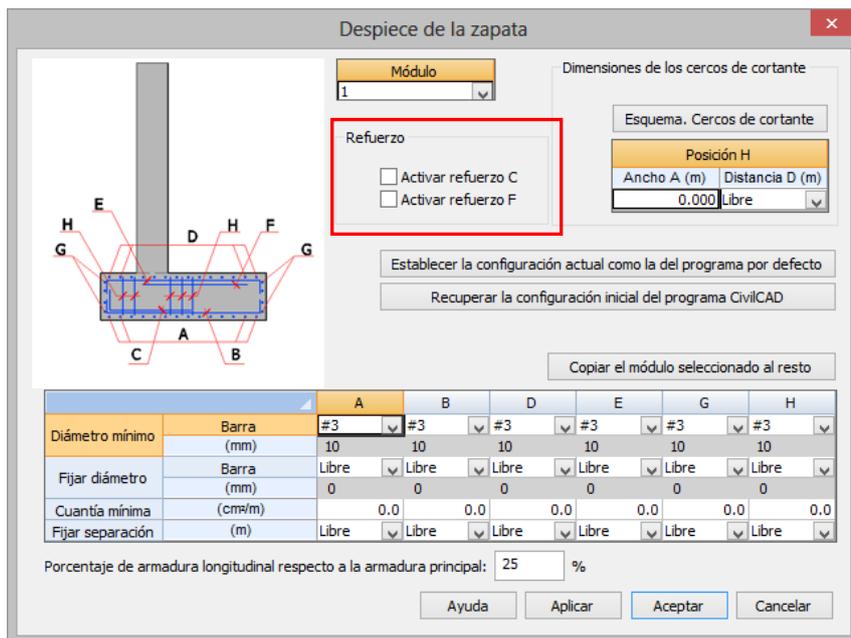


Figura 3.10.3-2: Definición de la disposición de refuerzos.

Dimensiones de los cercos de cortante: Con el diálogo señalado en la Figura 3.10.3-3 se pueden fijar para los cercos de cortante la anchura de los cercos (A) y la separación (D) entre cercos de una misma capa (distancia entre las dos ramas más próximas de dos cercos pertenecientes a la misma capa). En caso de que con la separación y anchura fijadas no sea posible cubrir la cuantía necesaria de cálculo, *CivilCAD3000* advierte de ello al usuario.

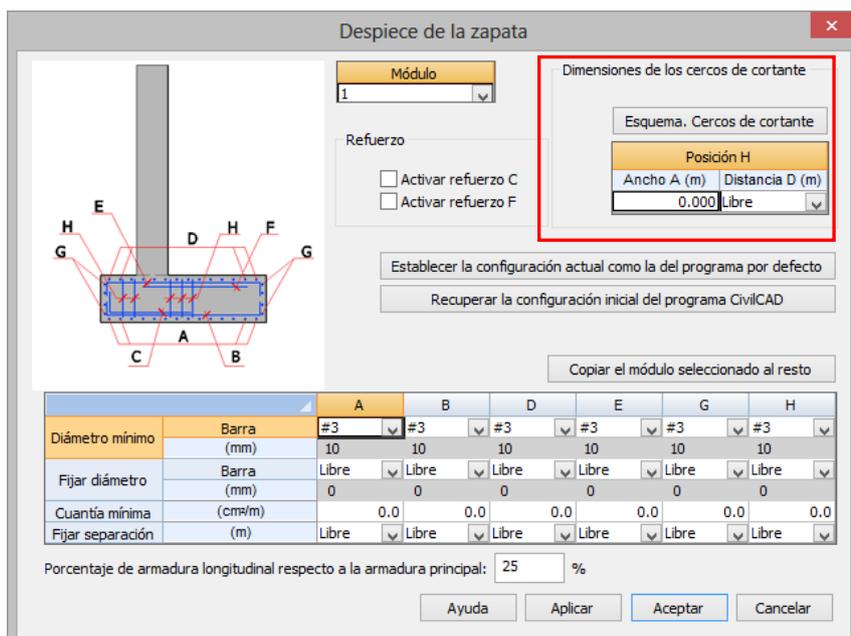


Figura 3.10.3-3: Dimensiones de los cercos de cortante.

Diámetros, separaciones y cuantías: En el diálogo presentado en la Figura 3.10.3-4, CivilCAD3000 permite, para cada una de las posiciones, establecer un diámetro mínimo, fijar el diámetro, considerar una cuantía mínima de armado o fijar la separación entre barras.

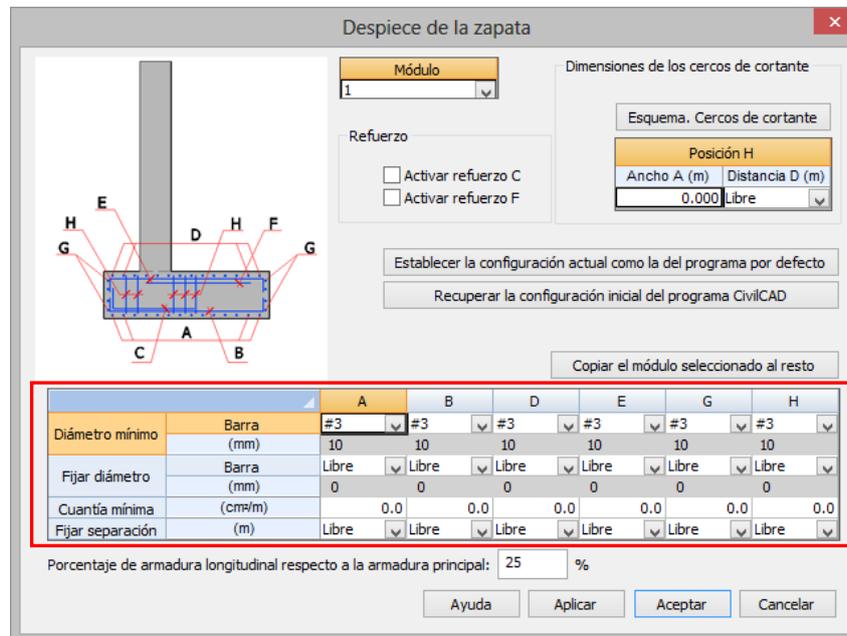


Figura 3.10.3-4: Definición de diámetros, separaciones y cuantías.

Finalmente en la parte inferior de la ventana se dispone de una serie de utilidades:

Establecer la configuración actual como la del programa por defecto: Esta opción permite grabar la configuración de armado que se haya definido como configuración por defecto para ser empelada en casos posteriores. De esta forma el usuario puede particularizar sus opciones de armado sin necesidad de tener que introducirlas en cada nuevo caso.

Recuperar la configuración inicial del programa CivilCAD3000: Esta opción permite recuperar la configuración de armado que establece CivilCAD3000 por defecto.

Copiar el módulo seleccionado al resto: Esta opción copia la configuración de armado del módulo seleccionado al resto de módulos.

3.10.4 Orden Despiece del tacón

Al seleccionar la opción *Despiece del tacón* aparece en pantalla la ventana de la Figura 3.10.4-1.

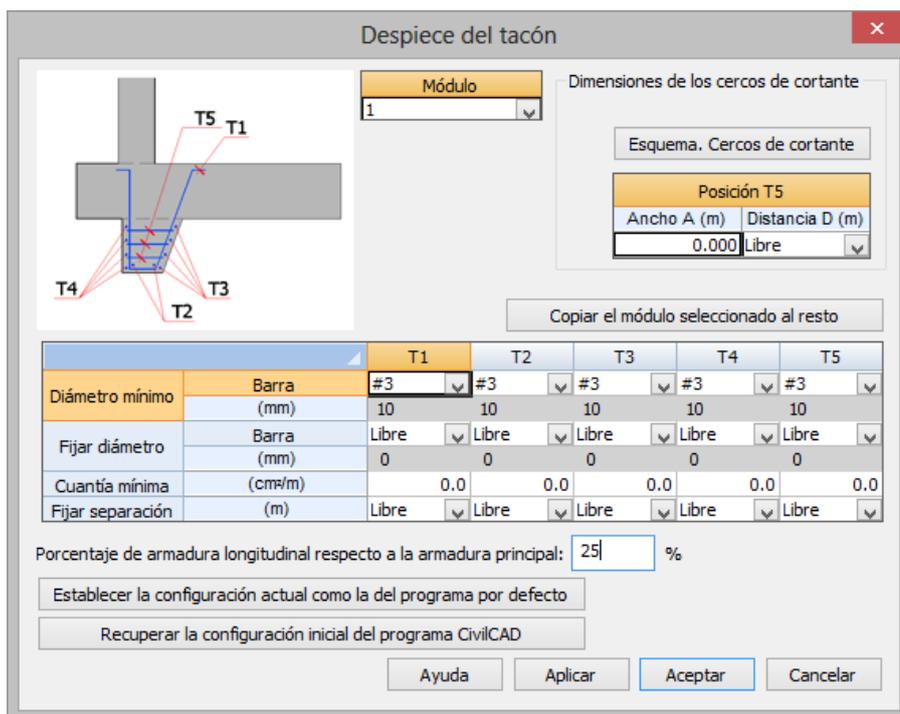


Figura 3.10.4-1: Ventana para la configuración del armado del tacón

Esta ventana permite definir los criterios con los que se desea que se genere el armado del tacón del muro. Concretamente, se puede:

- Definir un diámetro mínimo para cada posición de armado.
- Fijar un diámetro determinado para cada una de las posiciones.
- Fijar una cuantía mínima de armado.
- Fijar la separación entre barras para cada una de las posiciones.
- Fijar la separación y anchura de los cercos.
- Definir la armadura mínima longitudinal (horizontal) a partir de un porcentaje de la armadura principal (vertical). Por defecto se propone un 25%.

La figura que aparece en la parte superior izquierda muestra la denominación de las diferentes posiciones.

Para configurar el armado del muro en primer lugar se debe seleccionar el módulo para el cual se fijan las condiciones de armado; ello se hace en la casilla dispuesta a tal efecto en la parte superior derecha de la ventana.

Dimensiones de los cercos de cortante: Con el diálogo señalado en la Figura 3.10.4-2 se pueden fijar para los cercos de cortante, la anchura de los cercos (A) y la separación (D) entre cercos de una misma capa (distancia entre las dos ramas más próximas de dos cercos pertenecientes a la misma capa). En caso de que con la separación y anchura fijadas no sea posible cubrir la cuantía necesaria de cálculo, *CivilCAD3000* advierte de ello al usuario.

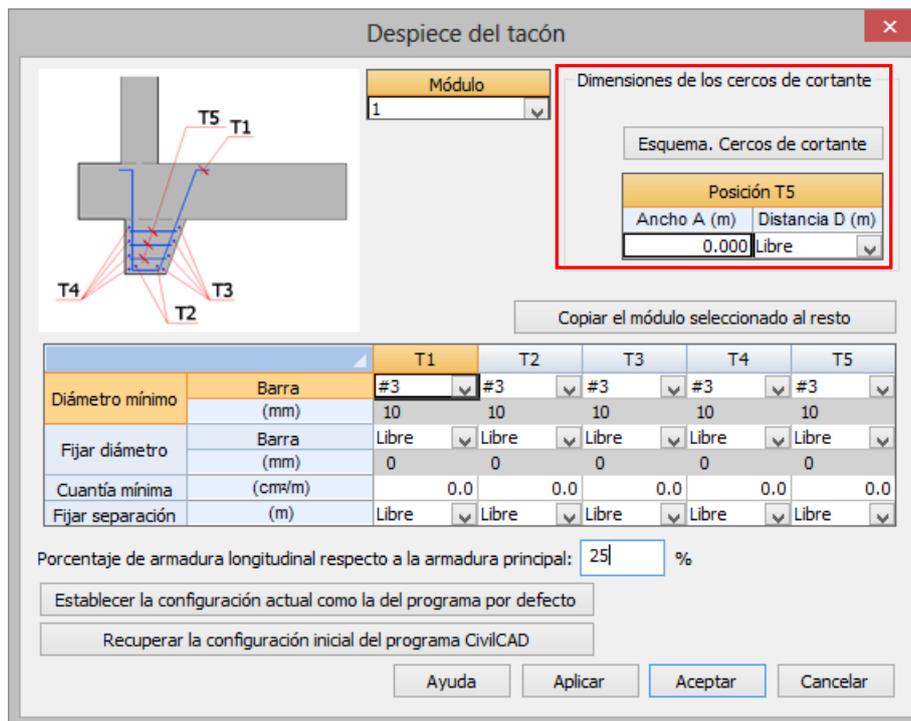


Figura 3.10.4-2: Dimensiones de los cercos de cortante.

Diámetros, separaciones y cuantías: En el diálogo señalado en la Figura 3.10.4-3, CivilCAD3000 permite para cada una de las posiciones establecer un diámetro mínimo, fijar el diámetro, considerar una cuantía mínima de armado o fijar la separación entre barras.

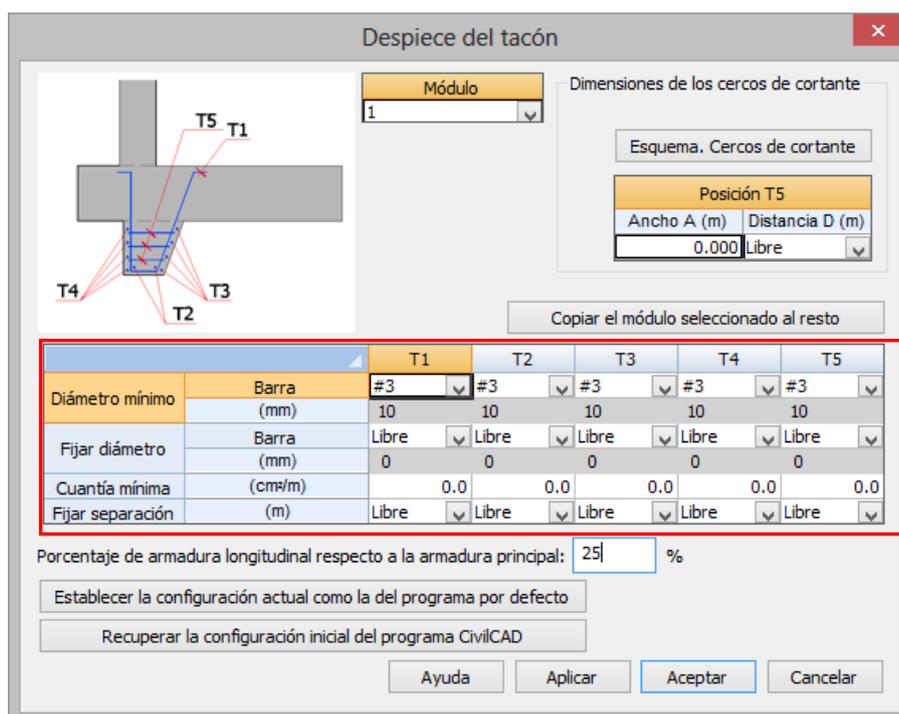


Figura 3.10.4-3: Definición de diámetros, separaciones y cuantías.

Finalmente en la parte inferior de la ventana se dispone de una serie de utilidades:

Establecer la configuración actual como la del programa por defecto: Esta opción permite grabar la configuración de armado que se haya definido como configuración por defecto para ser empleada en casos posteriores. De esta forma el usuario puede particularizar sus opciones de armado sin necesidad de introducirlas en cada caso nuevo.

Recuperar la configuración inicial del programa CivilCAD3000: Esta opción permite recuperar la configuración de armado que establece CivilCAD3000 por defecto.

Copiar el módulo seleccionado al resto: Esta opción copia la configuración de armado del módulo seleccionado al resto de módulos.

3.11 Orden Configuración

La orden *Configuración* permite fijar determinados criterios de cálculo del muro. Al seleccionar esta opción aparecerá en pantalla la ventana de la Figura 3.11-1.

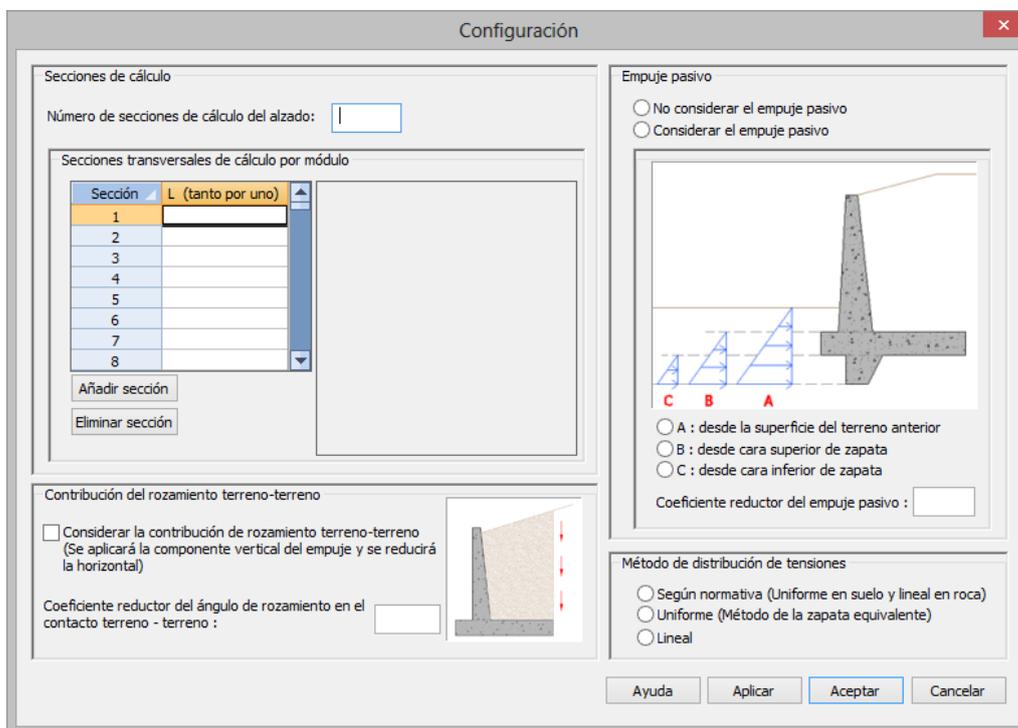


Figura 3.11-1: Ventana de configuración del cálculo.

A continuación se exponen las diferentes posibilidades de configuración del cálculo.

Secciones de cálculo del alzado: Con esta opción (ver Figura 3.11-2) *CivilCAD3000* permite definir el número de secciones del alzado en el que se realizarán los cálculos de rotura por flexión, cortante y fisuración. No se permite entrar un número de secciones inferior a tres (3). Además de estas secciones, *CivilCAD3000* considerará secciones de cálculo adicionales en los cambios de capas del terreno, en la cota del nivel freático y en la sección de cambio de espesor del muro en los muros escalonados.

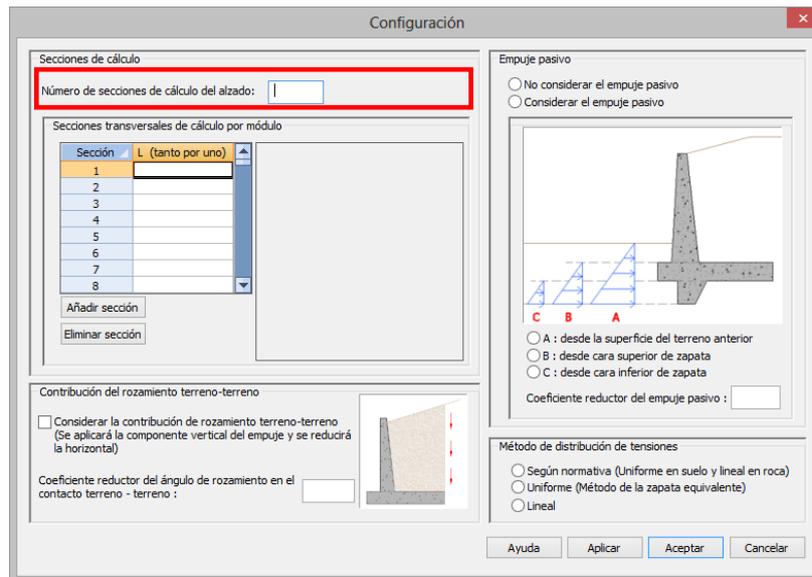


Figura 3.11-2: Definición de las secciones de cálculo en el alzado.

Secciones transversales de cálculo: En el diálogo señalado en la Figura 3.11-3 *CivilCAD3000* permite definir las secciones de cálculo.

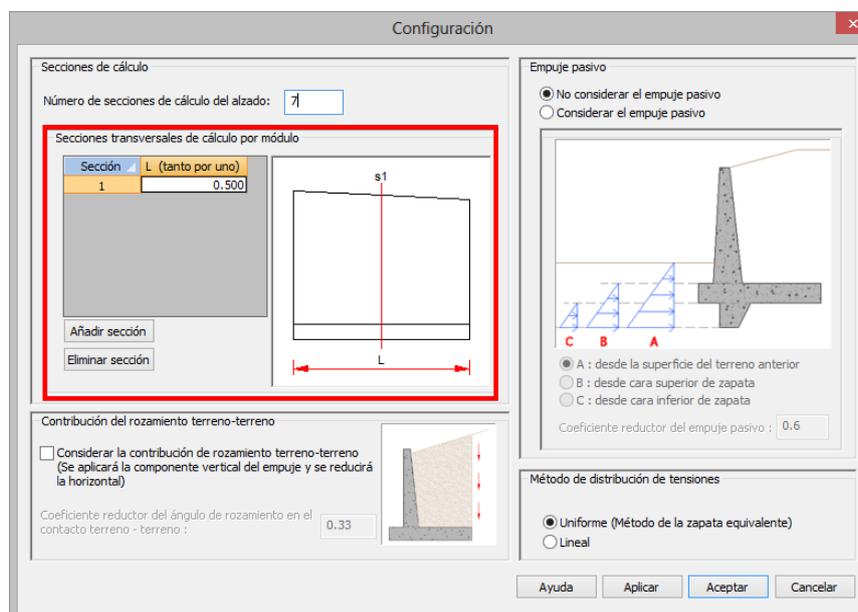


Figura 3.11-3: Ventana de configuración del cálculo.

Con esta opción el usuario puede definir las secciones transversales del muro en las que se realizarán los cálculos. En muros en que cada módulo presente una sección transversal constante en cuanto a geometría y terreno (coronación y zapata horizontal y terreno en trasdós uniforme longitudinalmente) bastará con definir una sola sección de cálculo; en los casos de altura variable o terreno no uniforme longitudinalmente en el trasdós, el usuario deberá definir las secciones de cálculo que considere representativas.

Las verificaciones a deslizamiento, vuelco y estabilidad global se realizan en las secciones transversales definidas, obteniéndose a partir de ellas un coeficiente de seguridad global del módulo ponderando cada sección por su anchura contributiva.

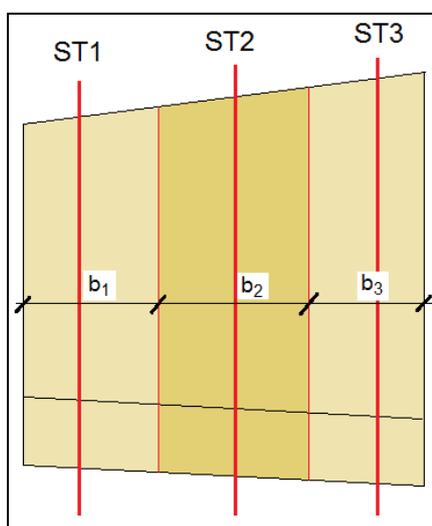


Figura 3.11-4: Secciones transversales de cálculo de un módulo y anchuras contributivas.

En la verificación del hundimiento, el cálculo se realiza para cada sección transversal definida, adoptándose para la verificación la presión máxima de entre todas las secciones transversales.

Para la obtención de las armaduras de flexión, cortante y fisuración, se realiza el cálculo de las mismas en cada una de las secciones transversales definidas, adoptándose la armadura máxima de las obtenidas en todas ellas.

Para añadir una sección transversal, se debe pulsar el botón *Añadir sección* (ver recuadro en rojo de la Figura 3.11-5) y a continuación definir su posición introduciendo el cociente entre la distancia de la sección al inicio del módulo (lado izquierdo del mismo) respecto a la longitud total del módulo, en tanto por uno (diálogo señalado en verde en la Figura 3.11-5).

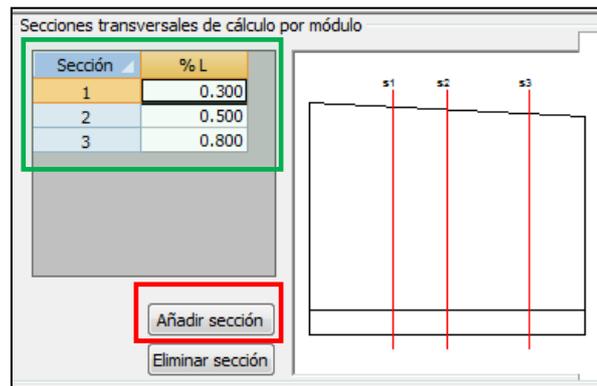


Figura 3.11-5: Definición de las secciones transversales de cálculo.

Con el botón *Eliminar sección*, se borra la última sección.

Componente vertical del empuje activo: En el diálogo señalado en la Figura 3.11-6, *CivilCAD3000* permite definir la forma en la que se debe considerar la componente vertical del empuje activo en los cálculos de vuelco, deslizamiento y hundimiento en el plano vertical situado en el extremo de la zarpa trasera.

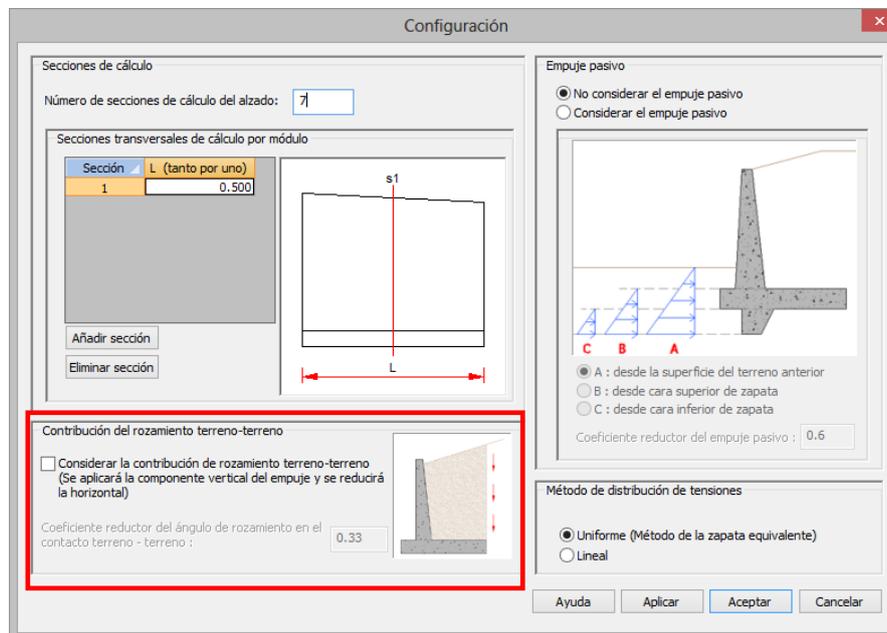


Figura 3.11-6: Ventana de configuración del cálculo.

Si la opción está desactivada, *CivilCAD3000* considerará un ángulo de rozamiento terreno-terreno nulo en el plano vertical definido en la Figura 3.11-7 en los cálculos de vuelco, deslizamiento y hundimiento.

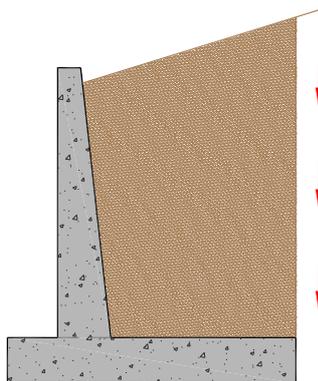


Figura 3.11-7: Plano vertical de cálculo de los empujes para deslizamiento, vuelco y hundimiento.

En caso contrario, se considerará un coeficiente de rozamiento (δ) en dicho plano cuyo valor será:

$$\delta = k_1 \cdot \varphi \quad (\text{Ex. 3.11 - 1})$$

, siendo

- φ Ángulo de rozamiento interno del terreno.
- k_1 Coeficiente reductor del ángulo de rozamiento en el contacto terreno-terreno, cuyo valor define el usuario en la casilla ($0 \leq k_1 \leq 1$) indicada en la Figura 3.11-8.

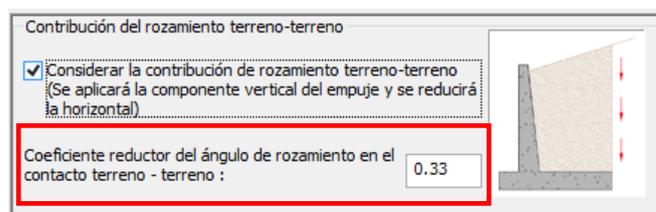


Figura 3.11-8: Definición del coeficiente reductor del ángulo de rozamiento terreno-terreno.

La aplicación del coeficiente de rozamiento comportará la reducción del empuje horizontal y la incorporación de la componente vertical debida al rozamiento.

Empuje pasivo: En el diálogo correspondiente al empuje pasivo (ver Figura 3.11-9) *CivilCAD3000* permite definir si se considera o no el empuje pasivo, y, en caso de considerarse, fijar cómo calcularlo.

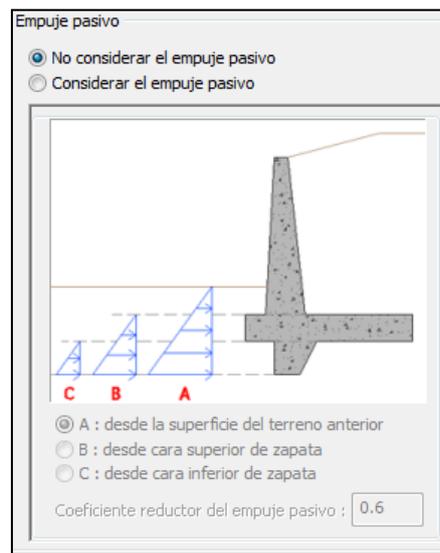


Figura 3.11-9: Diálogo de configuración del empuje pasivo.

Si no se desea considerar la contribución del empuje pasivo del terreno situado delante del muro se debe seleccionar la opción *No considerar el empuje pasivo*; en caso contrario se debe seleccionar la opción *Considerar el empuje pasivo*.

En este último caso se activarán las opciones de configuración del cálculo del empuje pasivo (zona del recuadro en rojo de la Figura 3.11-10).

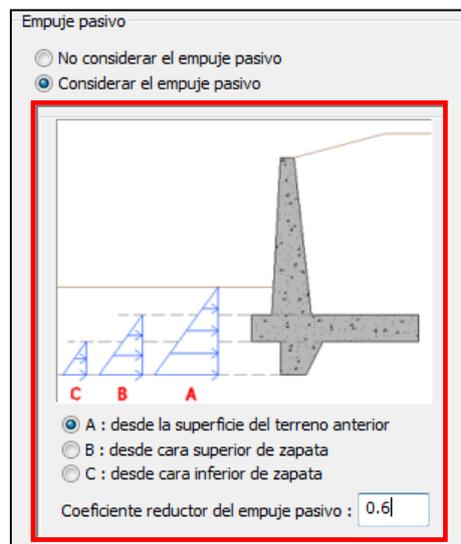


Figura 3.11-10: Opciones de configuración del empuje pasivo.

Se debe seleccionar en este caso entre las opciones A, B o C. La opción A incluirá la acción del empuje pasivo en el cálculo considerando que el terreno de delante del muro coincide con la superficie del mismo; en la opción B se considerará a efectos del cálculo

del empuje pasivo que el terreno se sitúa a la cota de la cara superior de la zapata; finalmente la opción C considerará a efectos del cálculo del empuje pasivo que no existe terreno delante del muro por encima de la cara inferior de la zapata (esta opción solo tiene sentido en el caso de haberse definido un tacón en la base del muro).

Finalmente, *CivilCAD3000* ofrece la posibilidad de considerar un coeficiente reductor del empuje pasivo, cuyo valor debe estar comprendido entre 0 y 1; este coeficiente se aplica tanto a la componente horizontal como a la componente vertical del empuje pasivo.

Método de distribución de tensiones: El diálogo señalado en el recuadro en rojo de la Figura 3.11-11 permite seleccionar el tipo de ley de distribuciones de tensiones a considerar en el terreno. En las normativas española y europea, *CivilCAD3000* permite seleccionar entre una distribución de presiones uniforme (presión constante) o bien una distribución de presiones lineal (triangular o trapezoidal si está toda la zapata comprimida). En el primer caso se debe seleccionar la opción *Uniforme (Método de la zapata equivalente)*, mientras que en el segundo caso se debe seleccionar la opción *Lineal*.

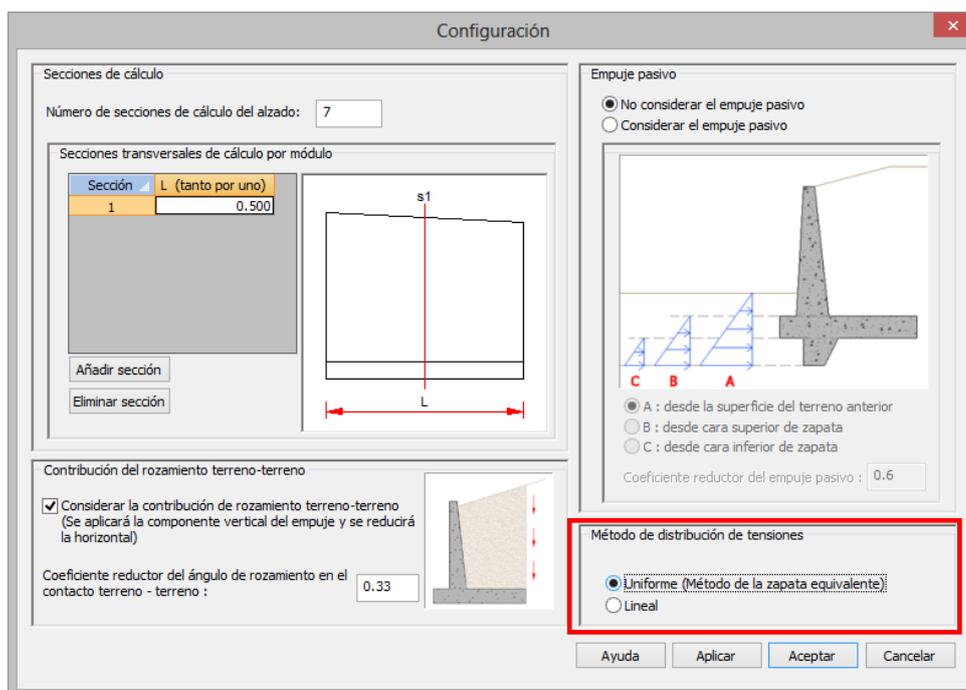


Figura 3.11-11: Diálogo de configuración de la ley de distribución de tensiones.

En el caso de la normativa americana aparece una tercera opción, que es considerada en la normativa AASHTO, que considera una distribución uniforme si el terreno de cimentación no es roca es decir, es granular o cohesivo y una distribución lineal si es roca. En este caso *CivilCAD3000* aplicará una o otra distribución en función del tipo de terreno en el que se cimiente la estructura y según la clasificación del mismo que se haya definido en el diálogo del terreno.

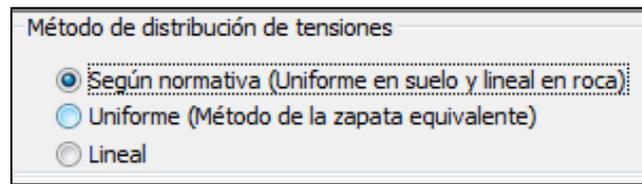


Figura 3.11-12: Diálogo de configuración de la ley de distribución de tensiones para la normativa americana (AASHTO).

4 ANÁLISIS

Una vez se ha definido en la opción *Entrada* la geometría y las acciones que actúan sobre el muro se puede realizar el cálculo del muro. Para ello se debe activar el botón *Calcular todo* (ver Figura 4-1). Al apretar esta opción se realizarán los cálculos correspondientes a los distintos estados límite que deben verificarse:

- Deslizamiento zapata-terreno.
- Vuelco rígido.
- Hundimiento del terreno.
- Rotura por flexión (dimensionamiento de la armadura).
- Fisuración (dimensionamiento de la armadura).
- Rotura por cortante (dimensionamiento de la armadura).
- Deformaciones.
- Estabilidad global.
- Generación del armado.

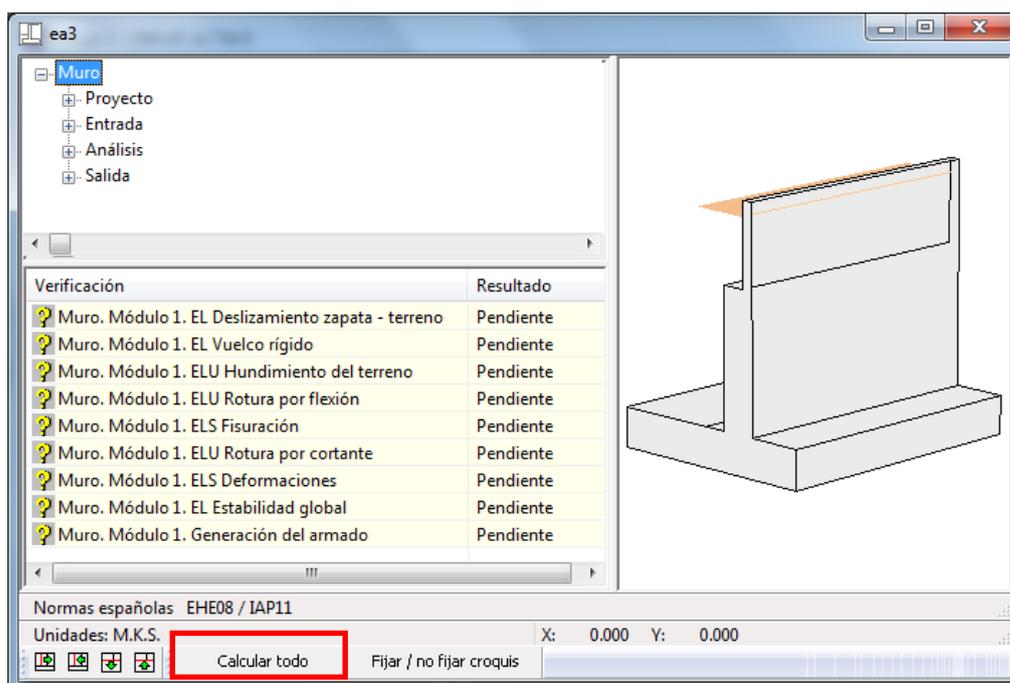


Figura 4-1: Botón para el cálculo del muro.

Una vez ejecutado el cálculo en el diálogo de Verificación (ver Figura 4-2) aparecerá el diagnóstico de verificación de cada una de las comprobaciones indicando si Cumple (verifica) o No Cumple (no verifica).

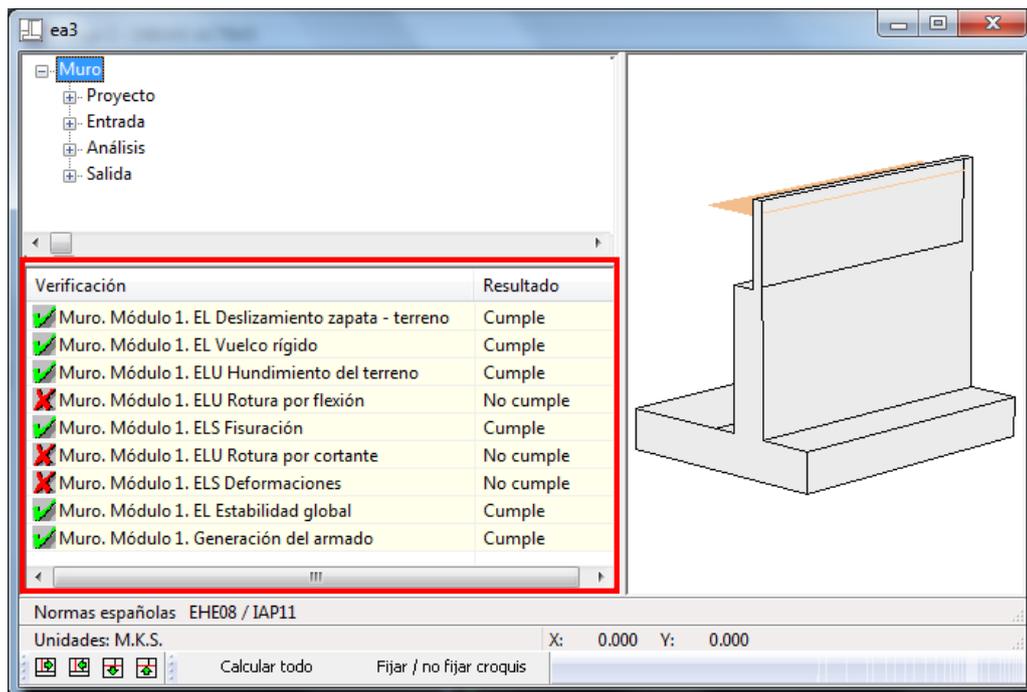


Figura 4-2: Diálogo de Verificación.

La orden *Análisis* permite desplegar las opciones de análisis de las distintas comprobaciones para consultar los resultados parciales de cada una de ellas. Concretamente se ofrecen las siguientes opciones (ver Figura 4-3):

- Esfuerzos.
- Deslizamiento.
- Vuelco.
- Estabilidad global.
- Hundimiento del terreno.
- Rotura por flexión.
- Fisuración.
- Rotura por cortante.
- Deformaciones.
- Generación del armado.
- Mediciones.

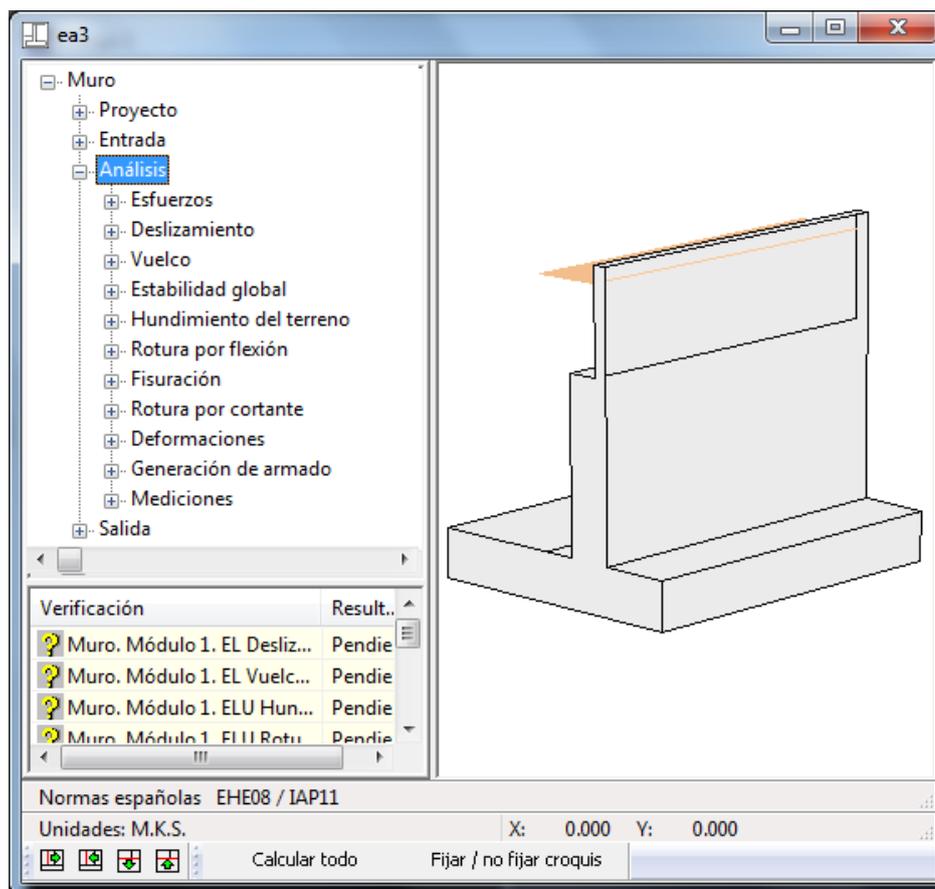


Figura 4-3: Opciones de la orden *Análisis*.

En los siguientes apartados se explica detalladamente cada una de estas opciones.

4.1 Orden *Esfuerzos*

La orden Esfuerzos permite consultar el valor característico de las acciones que actúan sobre el alzado y la zapata del muro. Más concretamente esta opción permite consultar:

- Las acciones (cargas repartidas y cargas puntuales) que actúan sobre el alzado y la zapata del muro.
- La resultante (fuerza horizontal, vertical y momento) respecto al centro de la zapata debido a las acciones anteriores
- Los esfuerzos axiales, cortantes y flectores en el alzado del muro (esfuerzos por unidad de anchura).

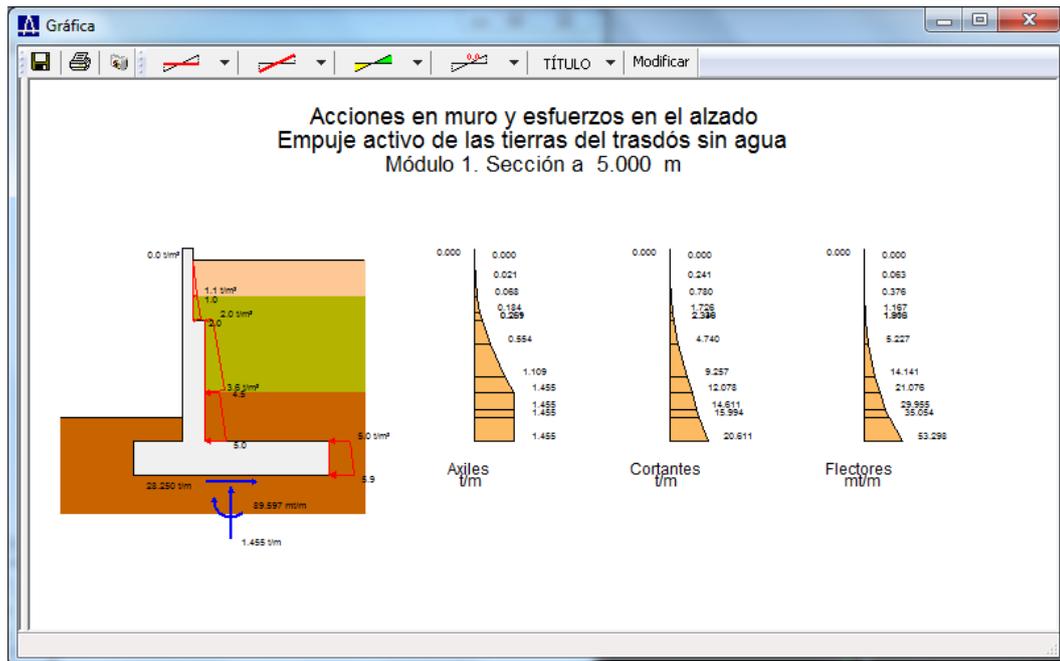


Figura 4.1-1: Ventana de consulta de esfuerzos.

Los esfuerzos en la zapata no se muestran debido a que dependen de la distribución de tensiones en el terreno, la cual depende de la totalidad de las acciones.

Los esfuerzos se pueden consultar a través de una ventana de consulta con la orden *Gráfica de esfuerzos* que se despliega en el menú principal al seleccionar la opción *Esfuerzos*, o bien mediante un informe que se genera al seleccionar la orden *Listado*. Ambas opciones se exponen en los apartados siguientes.

4.1.1 Gráfica de esfuerzos

Al seleccionar la opción *Esfuerzos/Gráfica* de esfuerzos aparece en pantalla la ventana de la Figura 4.1.1-1.

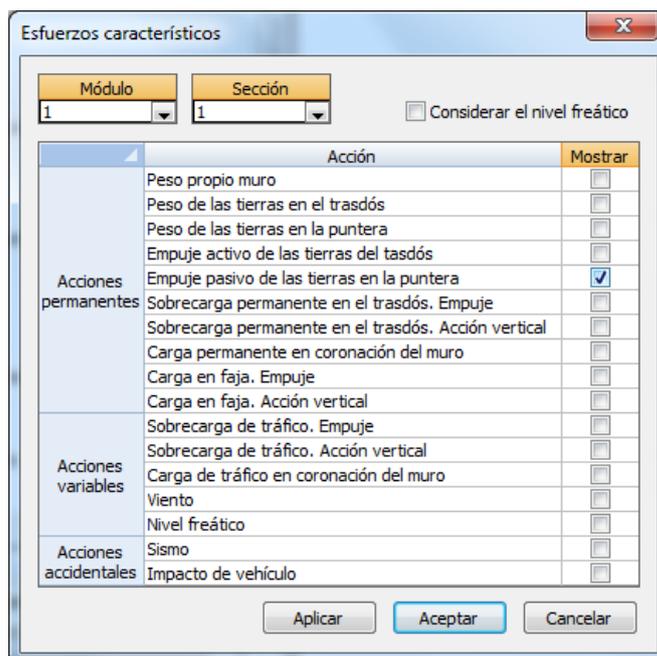


Figura 4.1.1-1: Ventana para la consulta de los esfuerzos característicos.

En este diálogo se debe seleccionar el módulo del cual se quieren consultar los esfuerzos, así como la sección transversal de cálculo en la que se quieren obtener (recuérdese que las secciones transversales de cálculo se han definido en la opción *Entrada/Configuración*).

Así mismo se debe seleccionar la acción o acciones que se desea que se muestren en pantalla. En caso de que se seleccione más de una acción, los resultados que se muestran corresponden a la suma de los esfuerzos de todas las acciones. Los valores mostrados corresponden a los valores característicos, es decir, no mayorados.

Adicionalmente, para aquellas acciones en que su efecto dependa de la presencia del nivel freático (peso y empuje de las tierras y sismo) se debe activar la casilla *Considerar el nivel freático* si se desea que los esfuerzos mostrados incluyan el efecto del agua; en caso contrario no hay que marcarla.

Como ya se ha dicho anteriormente, los valores mostrados corresponden a:

- Las acciones (cargas repartidas y cargas puntuales) que actúan sobre el alzado y la zapata del muro.
- La resultante (fuerza horizontal, vertical y momento) respecto al centro de la zapata debido a las acciones anteriores.
- Los esfuerzos axiales, cortantes y flectores en el alzado del muro (esfuerzos por unidad de anchura).

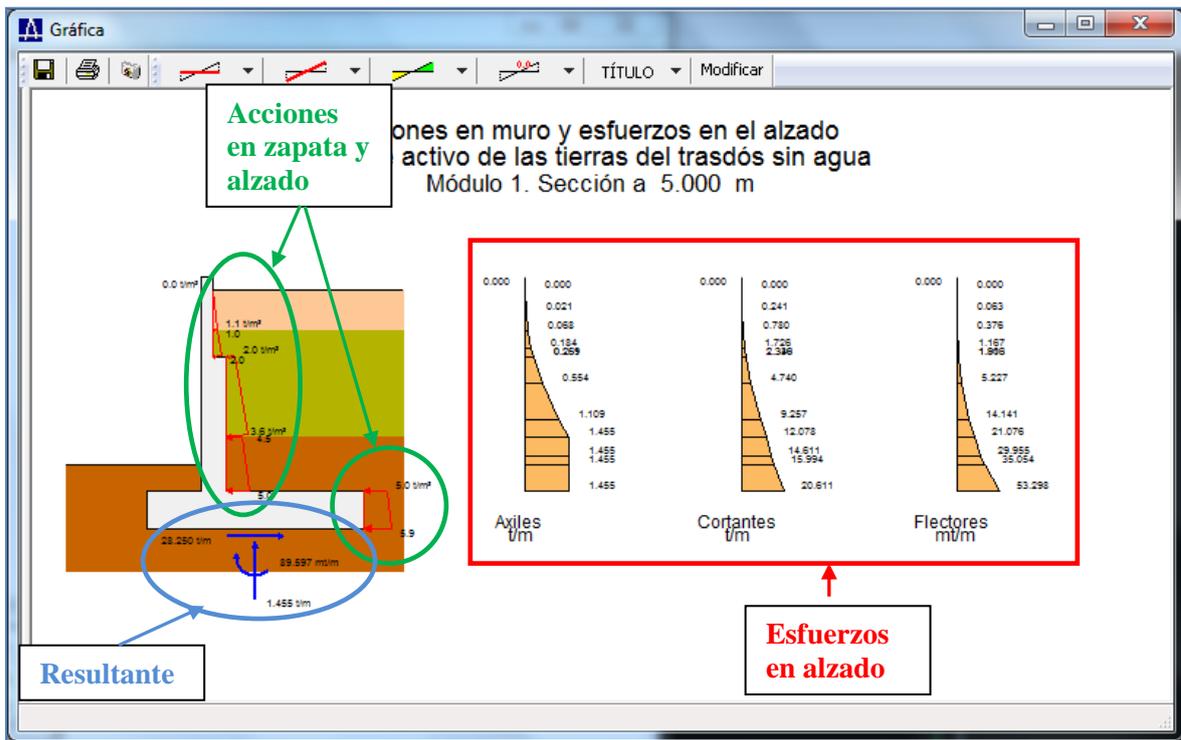


Figura 4.1.1-1: Esfuerzos, acciones y resultante.

4.1.2 Informe

Esta opción permite obtener un documento con las gráficas de esfuerzos de todas las acciones que se han descrito en el apartado anterior. Al seleccionar esta opción aparecerá en pantalla el diálogo que aparece en la Figura 4.1.2-1 en el que se debe introducir el nombre del documento y el formato del mismo.

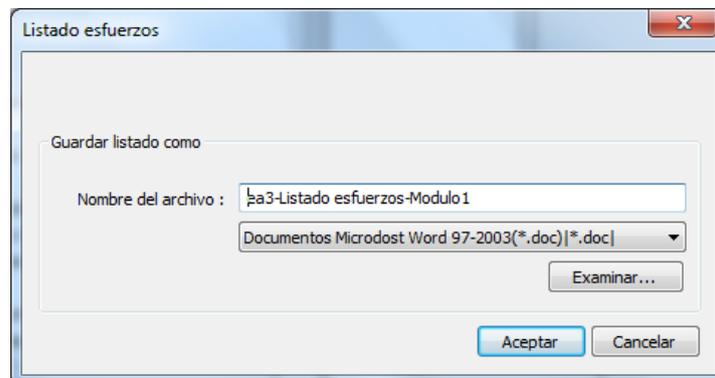


Figura 4.1.2-1: Ventana de informe de esfuerzos.

Para seleccionar el tipo de formato del archivo a generar debe apretarse el botón señalado en la Figura 4.1.2-2 para desplegar las distintas opciones de formato disponibles.

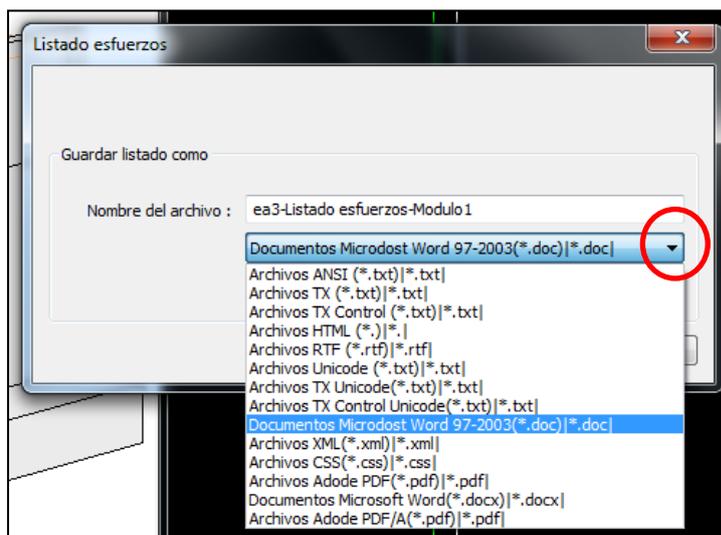


Figura 4.1.2-2: Opciones de formato para el archivo del informe.

Por defecto el documento se guardará en el mismo directorio en el que está el archivo del muro (directorio de trabajo). No obstante, con el botón *Examinar* se podrá seleccionar una ruta alternativa en la que se desea guardar el documento.

4.2 Orden Deslizamiento

Con la orden *Deslizamiento* se pueden consultar los resultados del cálculo a deslizamiento para cada una de las situaciones. Los resultados se pueden consultar directamente por pantalla (opción *Consulta*) o bien sacando un informe de los resultados (opción *Informe*).

Para cada situación y combinación se proporcionan las fuerzas estabilizadores y las fuerzas desestabilizadoras correspondientes a la hipótesis más desfavorable para cada una de las acciones así como los valores totales a partir de los cuales se realiza la verificación a deslizamiento. El formato concreto de la salida de los resultados depende de la normativa con la que se está trabajando.

4.2.1 Consulta

En este apartado se explica para cada una de las normativas los resultados que proporciona *CivilCAD3000* para el cálculo a deslizamiento.

4.2.1.1 Normativa española

Al seleccionar la opción *Consulta* aparece en pantalla la ventana de la Figura 4.2.1.1-1. En la parte superior izquierda de la ventana el usuario debe seleccionar el módulo del cual se quieren consultar los resultados (recuadro en rojo de la Figura 4.2.1.1-1); una vez

seleccionado el módulo se debe ejecutar el cálculo activando el botón *Calcular* situado en la parte inferior izquierda de la ventana (recuadro verde de la Figura 4.2.1.1-1)

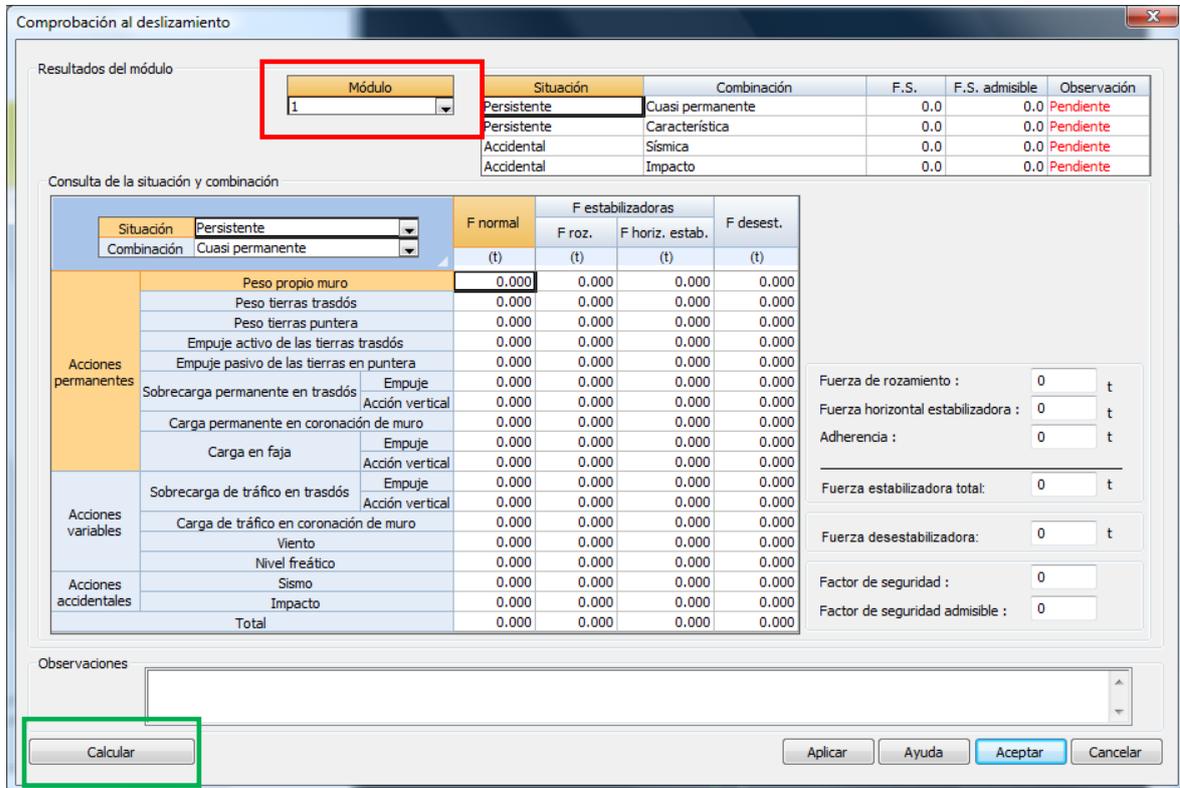


Figura 4.2.1.1-1: Ventana de consulta de los resultados de deslizamiento con la normativa española.

Una vez ejecutado el cálculo se mostrarán en pantalla los resultados; en la parte superior derecha se da el resumen de resultados para cada combinación y situación analizadas, que para la normativa española son las siguientes:

- Situación persistente:
 - Combinación cuasi permanente.
 - Combinación característica.
- Situación accidental:
 - Combinación sísmica.
 - Combinación de impacto de vehículos.

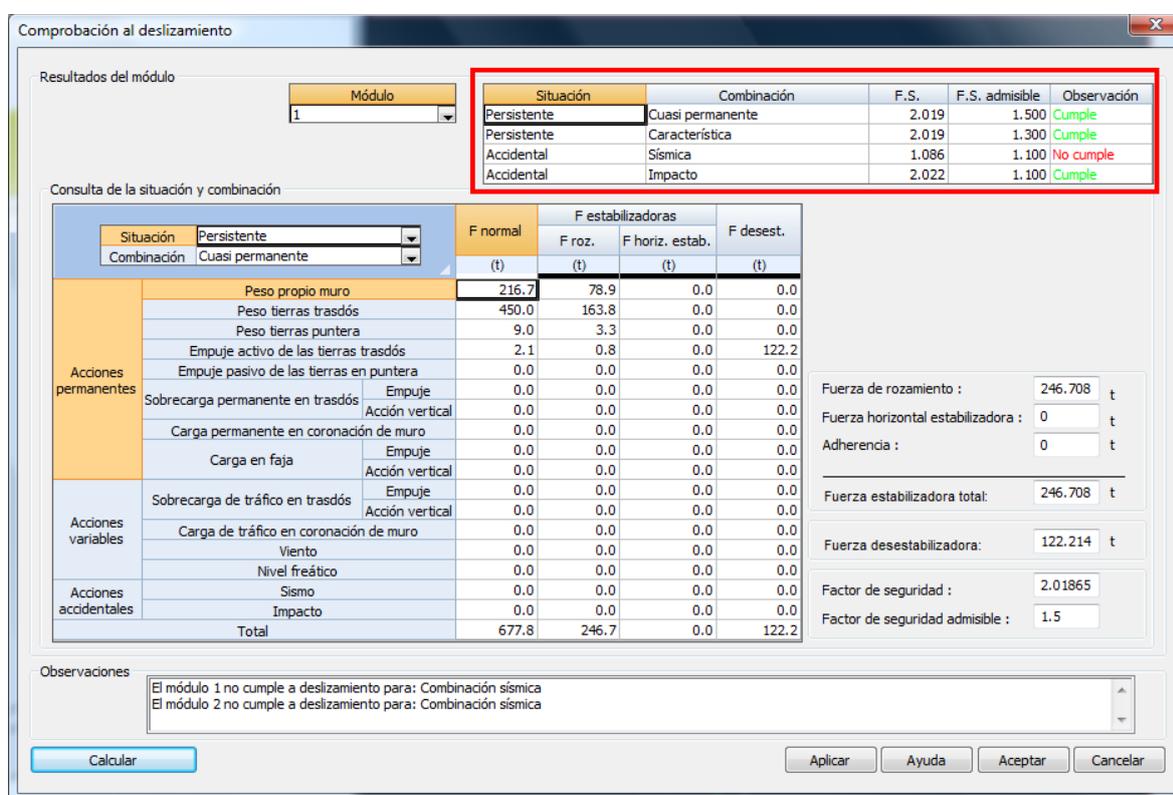
En el caso de que no exista acción sísmica o la acción de impacto, no se mostrará las combinaciones correspondientes.

Tal como se ha mencionado, el resumen de resultados se muestra en la parte superior derecha de la ventana (ver recuadro en rojo de la Figura 4.2.1.1-2). Para cada situación se proporciona el Factor de seguridad calculado (F.S.), el Factor de seguridad admisible (F.S.

admisible) y el resultado de la verificación; en caso de que se cumpla la verificación ($FS > FS$ admisible) aparecerá la palabra *Cumple* en color verde, y en caso contrario *No cumple* en color rojo.

Recuérdese que el Factor de Seguridad se define como el cociente entre las fuerzas estabilizadoras (se oponen al deslizamiento) y las fuerzas desestabilizadoras (las que provocan el deslizamiento).

$$FS = \frac{F_{estabilizadora}}{F_{desestabilizadora}} \quad (Ex. 4.2.1.1 - 1)$$



Resultados del módulo

Módulo: 1

Situación	Combinación	F.S.	F.S. admisible	Observación
Persistente	Cuasi permanente	2.019	1.500	Cumple
Persistente	Característica	2.019	1.300	Cumple
Accidental	Sísmica	1.086	1.100	No cumple
Accidental	Impacto	2.022	1.100	Cumple

Consulta de la situación y combinación

Situación: Persistente
Combinación: Cuasi permanente

	F normal (t)	F estabilizadoras (t)		
		F roz.	F horiz. estab.	F desest.
Acciones permanentes				
Peso propio muro	216.7	78.9	0.0	0.0
Peso tierras trasdós	450.0	163.8	0.0	0.0
Peso tierras puntera	9.0	3.3	0.0	0.0
Empuje activo de las tierras trasdós	2.1	0.8	0.0	122.2
Empuje pasivo de las tierras en puntera	0.0	0.0	0.0	0.0
Sobrecarga permanente en trasdós	0.0	0.0	0.0	0.0
Empuje	0.0	0.0	0.0	0.0
Acción vertical	0.0	0.0	0.0	0.0
Carga permanente en coronación de muro	0.0	0.0	0.0	0.0
Carga en faja	0.0	0.0	0.0	0.0
Empuje	0.0	0.0	0.0	0.0
Acción vertical	0.0	0.0	0.0	0.0
Acciones variables				
Sobrecarga de tráfico en trasdós	0.0	0.0	0.0	0.0
Empuje	0.0	0.0	0.0	0.0
Acción vertical	0.0	0.0	0.0	0.0
Carga de tráfico en coronación de muro	0.0	0.0	0.0	0.0
Viento	0.0	0.0	0.0	0.0
Nivel freático	0.0	0.0	0.0	0.0
Acciones accidentales				
Sismo	0.0	0.0	0.0	0.0
Impacto	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	677.8	246.7	0.0	122.2

Parámetros de cálculo:

Fuerza de rozamiento: 246.708 t
 Fuerza horizontal estabilizadora: 0 t
 Adherencia: 0 t
 Fuerza estabilizadora total: 246.708 t
 Fuerza desestabilizadora: 122.214 t
 Factor de seguridad: 2.01865
 Factor de seguridad admisible: 1.5

Observaciones:
 El módulo 1 no cumple a deslizamiento para: Combinación sísmica
 El módulo 2 no cumple a deslizamiento para: Combinación sísmica

Botones: Calcular, Aplicar, Ayuda, Aceptar, Cancelar

Figura 4.2.1.1-2: Diálogo resumen de verificaciones para el módulo seleccionado.

En la parte central de la ventana el usuario puede consultar los resultados detallados para cada una de las situaciones y combinaciones; los valores mostrados corresponden a la hipótesis más desfavorable. Para consultar los resultados de una combinación concreta se debe seleccionar en el diálogo señalado en el recuadro rojo de la Figura 4.2.1.1-3 la situación y combinación a analizar.

Comprobación al deslizamiento

Resultados del módulo

Módulo	Situación	Combinación	F.S.	F.S. admisible	Observación
1	Persistente	Cuasi permanente	2.019	1.500	Cumple
	Persistente	Característica	2.019	1.300	Cumple
	Accidental	Sísmica	1.086	1.100	No cumple
	Accidental	Impacto	2.022	1.100	Cumple

Consulta de la situación y combinación

Situación: Persistente
Combinación: Cuasi permanente

	F normal (t)	F estabilizadoras		F desest. (t)
		F roz. (t)	F horiz. estab. (t)	
Peso propio muro	216.7	78.9	0.0	0.0
Peso tierras trasdós	450.0	163.8	0.0	0.0
Peso tierras puntera	9.0	3.3	0.0	0.0
Empuje activo de las tierras trasdós	2.1	0.8	0.0	122.2
Empuje pasivo de las tierras en puntera	0.0	0.0	0.0	0.0
Sobrecarga permanente en trasdós	Empuje	0.0	0.0	0.0
	Acción vertical	0.0	0.0	0.0
Carga permanente en coronación de muro	Empuje	0.0	0.0	0.0
	Acción vertical	0.0	0.0	0.0
Carga en faja	Empuje	0.0	0.0	0.0
	Acción vertical	0.0	0.0	0.0
Sobrecarga de tráfico en trasdós	Empuje	0.0	0.0	0.0
	Acción vertical	0.0	0.0	0.0
Carga de tráfico en coronación de muro	Empuje	0.0	0.0	0.0
	Acción vertical	0.0	0.0	0.0
Viento	0.0	0.0	0.0	0.0
Nivel freático	0.0	0.0	0.0	0.0
Sismo	0.0	0.0	0.0	0.0
Impacto	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	677.8	246.7	0.0	122.2

Fuerza de rozamiento : 246.708 t
 Fuerza horizontal estabilizadora : 0 t
 Adherencia : 0 t
 Fuerza estabilizadora total : 246.708 t
 Fuerza desestabilizadora : 122.214 t
 Factor de seguridad : 2.01865
 Factor de seguridad admisible : 1.5

Observaciones

El módulo 1 no cumple a deslizamiento para: Combinación sísmica
 El módulo 2 no cumple a deslizamiento para: Combinación sísmica

Calcular Aplicar Ayuda Aceptar Cancelar

Figura 4.2.1.1-3 Selección de la situación y combinación que se desea consultar.

Para cada acción se proporcionan los siguientes resultados:

- La fuerza normal a la base de la zapata (F_{normal}).
- La fuerza de rozamiento que se opone al deslizamiento (F_{roz}).
- La fuerza horizontal estabilizadora ($F_{horiz. estab.}$) que corresponde a las fuerzas horizontales que se oponen al deslizamiento (empuje pasivo y fuerzas horizontales actuando en coronación de muro).
- La fuerza desestabilizadora ($F_{desest.}$).

Los valores presentados corresponden a los valores mayorados por el coeficiente de mayoración de acciones, afectados por el coeficiente de combinación y calculados para la totalidad del módulo.

En el lado derecho de la ventana se muestra el total de las fuerzas estabilizadores, que están compuestas por la *Fuerza de rozamiento*, las *Fuerzas horizontales estabilizadoras* y la fuerza de adherencia en el contacto zapata-terreno (*Adherencia*), y la *Fuerza desestabilizadora* total. Finalmente se muestra el *Factor de seguridad* obtenido y el *Factor de seguridad admisible*.

Finalmente en la parte inferior encontramos la casilla *Observaciones*, en la que se muestran los mensajes correspondientes a los incumplimientos de la verificación de deslizamiento de todos los módulos del muro. Se puede ver así de forma rápida en que módulos no se verifica la comprobación del deslizamiento.

4.2.1.2 Normativa europea

Al seleccionar la opción *Consulta* aparece en pantalla la ventana de la Figura 4.2.1.2-1. En la parte superior izquierda de la ventana el usuario debe seleccionar el módulo del cual se quieren consultar los resultados (recuadro en rojo de la Figura 4.2.1.2-1); una vez seleccionado se debe ejecutar el cálculo activando el botón *Calcular* situado en la parte inferior izquierda de la ventana (recuadro verde de la Figura 4.2.1.2-1)

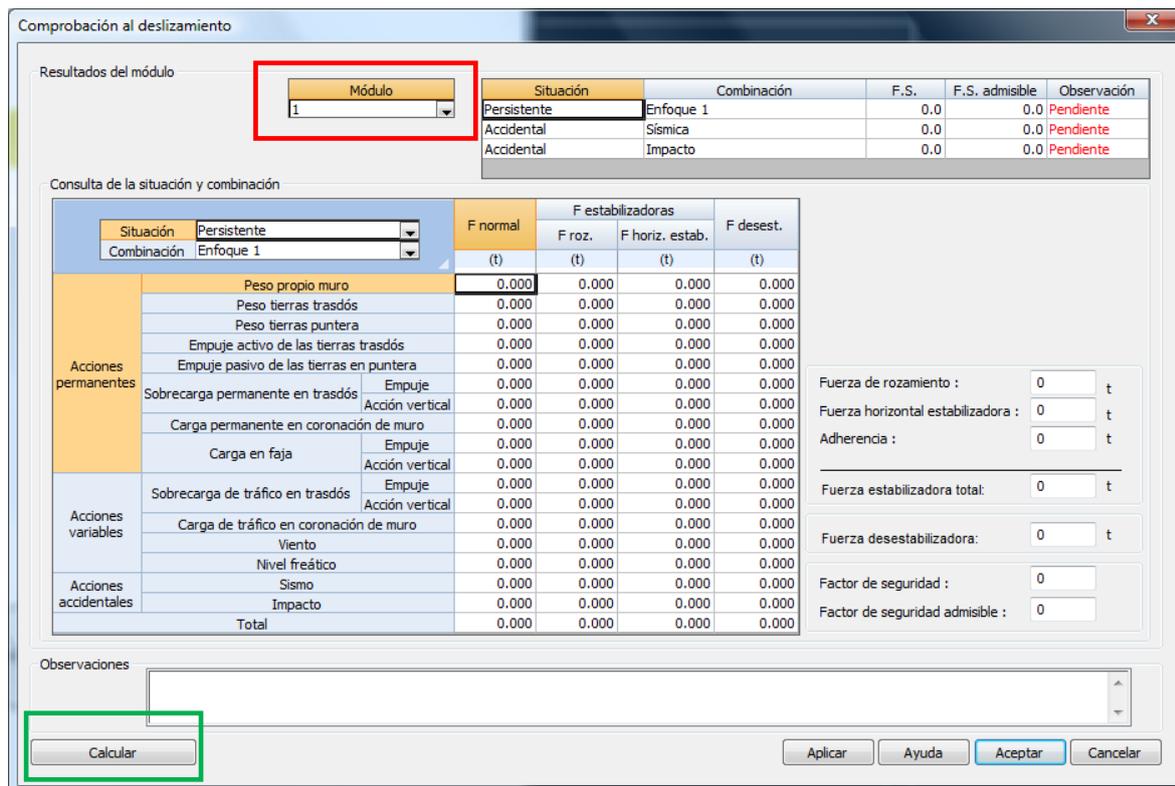


Figura 4.2.1.2-1: Ventana de consulta de los resultados de deslizamiento con la normativa europea.

Una vez ejecutado el cálculo se mostraran en pantalla los resultados; en la parte superior derecha se muestra el resumen de resultados para las distintas combinaciones y situaciones, que para la normativa europea son las siguientes:

- Situación persistente (Enfoque 1, 2 o 3).
- Situación accidental:
 - Combinación sísmica.
 - Combinación de impacto de vehículos.

En el caso de que no exista acción sísmica o la acción de impacto, no se mostrará las combinaciones correspondientes.

Como se ha mencionado, el resumen de resultados se muestra en la parte superior derecha de la ventana (ver recuadro en rojo de la Figura 4.2.1.2-2). Para cada situación se proporciona el Factor de seguridad calculado (F.S.), el Factor de seguridad admisible (F.S. admisible) y el resultado de la verificación; en caso de que se cumpla la verificación (FS>FS admisible) aparecerá la palabra *Cumple* en color verde, y, en caso contrario, *No cumple* en color rojo.

Recuérdese que el Factor de Seguridad se define como el cociente entre las fuerzas estabilizadoras (las que se oponen al deslizamiento) y las fuerzas desestabilizadoras (las que provocan el deslizamiento).

$$FS = \frac{F_{estabilizadora}}{F_{desestabilizadora}} \quad (Ex. 4.2.1.2 - 1)$$

Los Eurocódigos no definen explícitamente ningún factor de seguridad global FS, ya que introducen la seguridad mayorando las acciones y aplicando los factores de resistencia R (γ_R), por lo que la condición que debe verificarse es que la Fuerza estabilizadora sea superior a la desestabilizadora, lo que equivale a considerar un Factor admisible igual a la unidad (FSadmisible = 1,0), que es el valor que se muestra en el diálogo. Para mayor detalle consultar el Manual Técnico del módulo Muros.

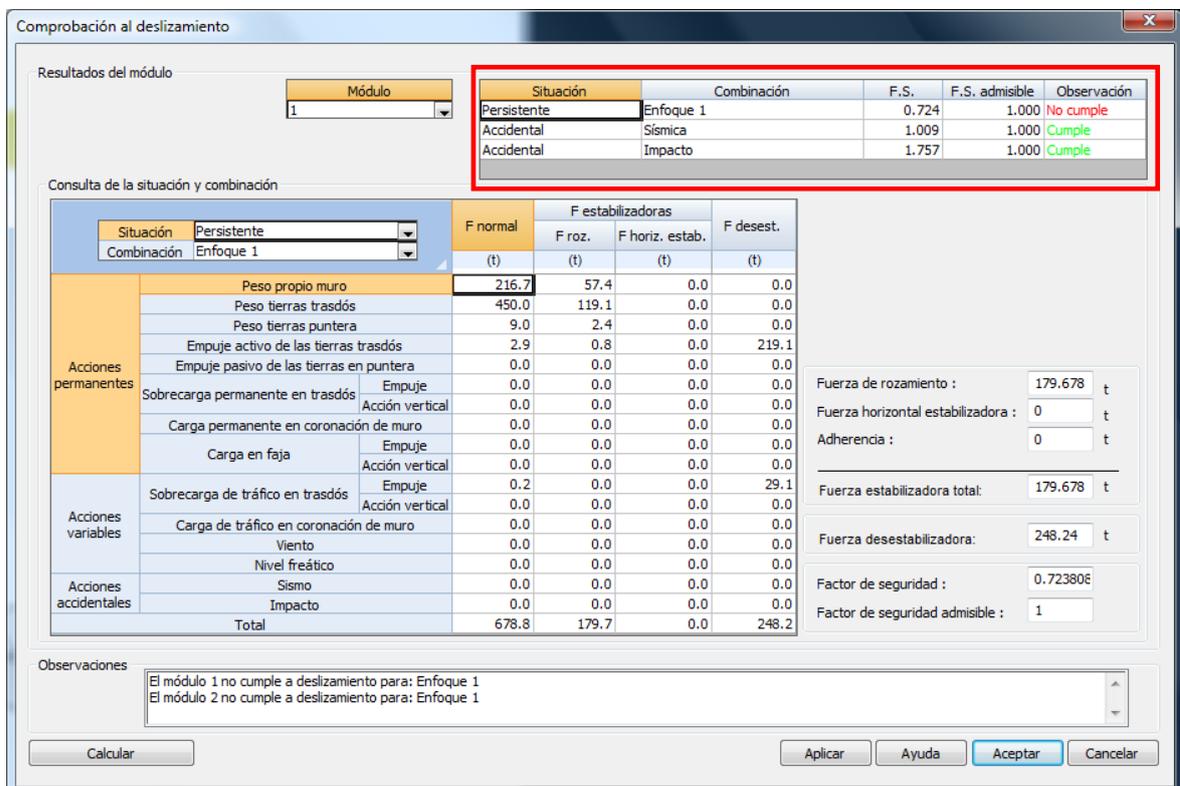
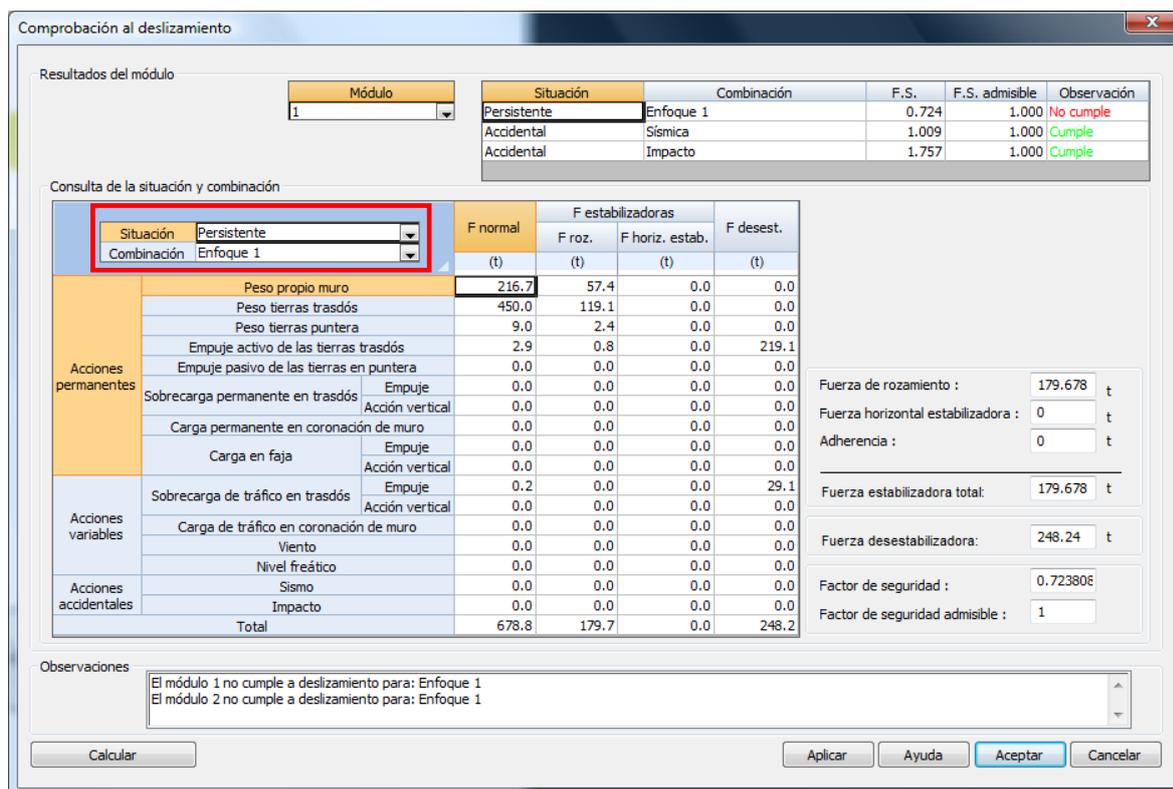


Figura 4.2.1.2-2: Diálogo resumen de verificaciones para el módulo seleccionado.

En la parte central de la ventana el usuario puede consultar los resultados detallados para cada una de las situaciones y combinaciones; los valores mostrados corresponden a la hipótesis más desfavorable. Para elegir una combinación concreta a analizar se debe seleccionar en el diálogo señalado en el recuadro rojo de la Figura 4.2.1.2-3 la situación y combinación deseada.



Comprobación al deslizamiento

Resultados del módulo

Módulo	Situación	Combinación	F.S.	F.S. admisible	Observación
1	Persistente	Enfoque 1	0.724	1.000	No cumple
	Accidental	Sísmica	1.009	1.000	Cumple
	Accidental	Impacto	1.757	1.000	Cumple

Consulta de la situación y combinación

Situación: Persistente
Combinación: Enfoque 1

	F normal (t)	F estabilizadoras		F desest. (t)
		F roz. (t)	F horiz. estab. (t)	
Peso propio muro	216.7	57.4	0.0	0.0
Peso tierras trasdós	450.0	119.1	0.0	0.0
Peso tierras puntera	9.0	2.4	0.0	0.0
Empuje activo de las tierras trasdós	2.9	0.8	0.0	219.1
Empuje pasivo de las tierras en puntera	0.0	0.0	0.0	0.0
Sobrecarga permanente en trasdós	0.0	0.0	0.0	0.0
Empuje	0.0	0.0	0.0	0.0
Acción vertical	0.0	0.0	0.0	0.0
Carga permanente en coronación de muro	0.0	0.0	0.0	0.0
Empuje	0.0	0.0	0.0	0.0
Acción vertical	0.0	0.0	0.0	0.0
Carga en faja	0.0	0.0	0.0	0.0
Empuje	0.2	0.0	0.0	29.1
Acción vertical	0.0	0.0	0.0	0.0
Sobrecarga de tráfico en trasdós	0.0	0.0	0.0	0.0
Empuje	0.0	0.0	0.0	0.0
Acción vertical	0.0	0.0	0.0	0.0
Carga de tráfico en coronación de muro	0.0	0.0	0.0	0.0
Viento	0.0	0.0	0.0	0.0
Nivel freático	0.0	0.0	0.0	0.0
Sismo	0.0	0.0	0.0	0.0
Impacto	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	678.8	179.7	0.0	248.2

Fuerza de rozamiento: 179.678 t
Fuerza horizontal estabilizadora: 0 t
Adherencia: 0 t
Fuerza estabilizadora total: 179.678 t
Fuerza desestabilizadora: 248.24 t
Factor de seguridad: 0.723808
Factor de seguridad admisible: 1

Observaciones
El módulo 1 no cumple a deslizamiento para: Enfoque 1
El módulo 2 no cumple a deslizamiento para: Enfoque 1

Botones: Calcular, Aplicar, Ayuda, Aceptar, Cancelar

Figura 4.2.1.2-3: Selección de la situación y combinación que se desea consultar.

Para cada acción se proporcionan los siguientes resultados:

- La fuerza normal a la base de la zapata (F_{normal}).
- La fuerza de rozamiento que se opone al deslizamiento (F_{roz}).
- La fuerza horizontal estabilizadora ($F_{horiz. estab.}$), que corresponde a las fuerzas horizontales que se oponen al deslizamiento (empuje pasivo y fuerzas horizontales actuando en coronación de muro).
- La fuerza desestabilizadora ($F_{desest.}$).

Los valores presentados corresponden a los valores mayorados por el coeficiente de mayoración de acciones, afectados por el coeficiente de combinación y por el coeficiente R de minoración de la resistencia y calculados para la totalidad del módulo.

En el lado derecho de la ventana se muestra el total de las fuerzas estabilizadoras compuestas por la *Fuerza de rozamiento*, las *Fuerzas horizontales estabilizadoras* y la fuerza de adherencia en el contacto zapata-terreno (*Adherencia*), y la *Fuerza*

desestabilizadora total. Finalmente se muestra el *Factor de seguridad* obtenido y el *Factor de seguridad admisible*.

Finalmente, en la parte inferior encontramos la casilla *Observaciones* en la que se muestran los mensajes correspondientes a los incumplimientos de la verificación de deslizamiento de todos los módulos del muro. Se puede ver así de forma rápida en que módulos no se verifica la comprobación del deslizamiento.

4.2.1.3 Normativa americana

Al seleccionar la opción *Consulta* aparece en pantalla la ventana de la Figura 4.2.1.3-1. En la parte superior izquierda de la ventana el usuario debe seleccionar el módulo del cual se quieren consultar los resultados (recuadro en rojo de la Figura 4.2.1.3-1); una vez seleccionado se debe ejecutar el cálculo activando el botón *Calcular* situado en la parte inferior izquierda de la ventana (recuadro verde de la Figura 4.2.1.3-1)

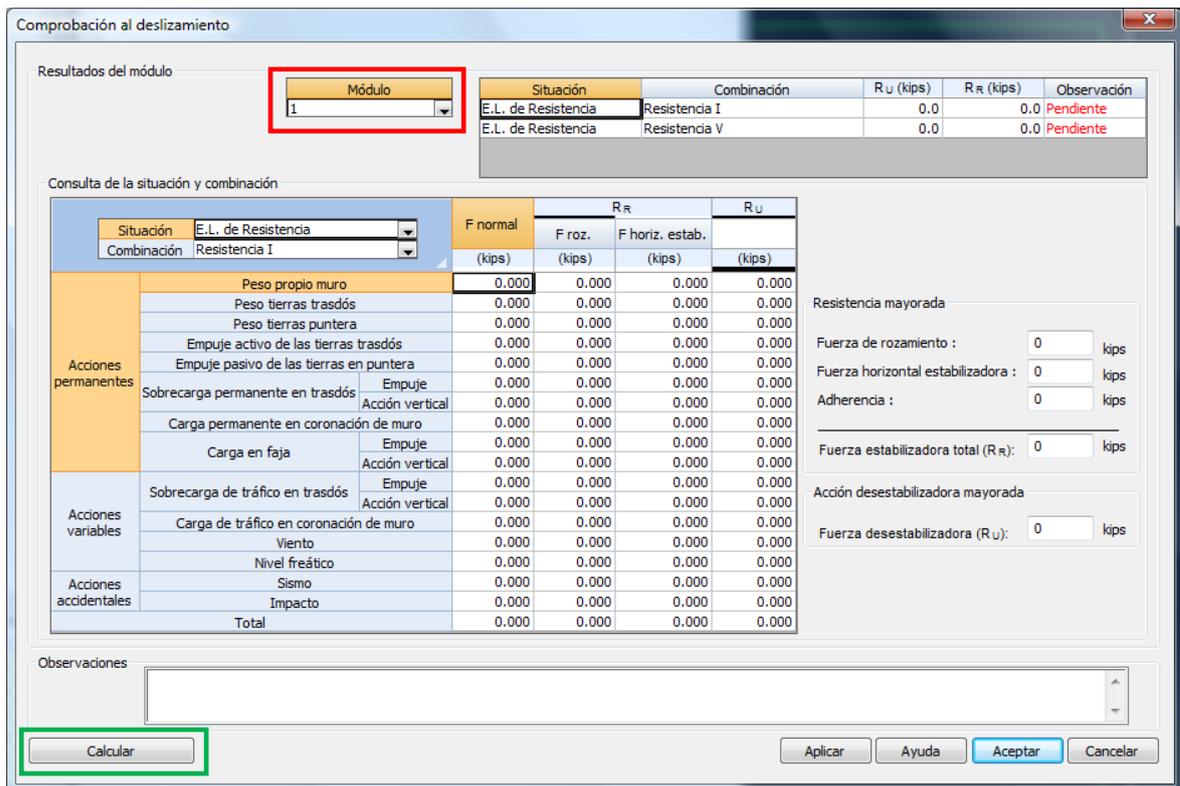


Figura 4.2.1.3-1: Ventana de consulta de los resultados de deslizamiento con la normativa americana (AASHTO).

Una vez ejecutado el cálculo se mostrarán en pantalla los resultados; en la parte superior derecha se muestra el resumen de resultados para cada combinación y situación, que para la normativa AASHTO son las siguientes:

- Situación: Estado límite de resistencia:
 - Combinación: Resistencia I.

- Combinación: Resistencia III o V.
- Situación: Estado límite de evento extremo
 - Combinación sísmica: Evento extremo I.
 - Combinación de impacto de vehículos: Evento extremo II.

En el caso de que no se haya definido la acción sísmica o la acción de impacto sobre el muro, no se mostrará las combinaciones correspondientes.

Tal como se ha mencionado, el resumen de resultados se muestra en la parte superior derecha de la ventana (ver recuadro en rojo de la Figura 4.2.1.3-2). Para cada situación se proporciona la Fuerza desestabilizadora (R_u), la Fuerza Resistente mayorada (R_R) y el resultado de la verificación; en caso de que se cumpla la verificación ($R_R > R_u$) aparecerá la palabra *Cumple* en color verde, y, en caso contrario, *No cumple* en color rojo.

La Fuerza resistente mayorada se obtiene como el producto del factor de resistencia (φ) por la fuerza resistente nominal (R_n). Para mayor detalle consultar el Manual Técnico del módulo muros.

$$R_R = \varphi \cdot R_n \quad (\text{Ex. 4.2.1.3 - 1})$$

Resumen de resultados (recuadro rojo):

Situación	Combinación	R_u (t)	R_R (t)	Observación
E.L. de Resistencia	Resistencia I	501.3	399.0	No cumple
E.L. de Resistencia	Resistencia V	502.5	399.2	No cumple
E.L. de Evento Extremo	Evento Extremo I. Sísmica	609.9	585.3	No cumple
E.L. de Evento Extremo	Evento Extremo II. Impacto	489.8	574.6	Cumple

Tabla de Fuerzas (F normal, F roz., F horiz. estab., R_R, R_U):

	F normal (t)	F _R (t)		R _U (t)
		F roz.	F horiz. estab.	
Peso propio muro	366.9	118.6	0.0	0.0
Peso tierras trasdós	750.1	242.5	0.0	0.0
Peso tierras puntera	23.3	7.5	0.0	0.0
Empuje activo de las tierras trasdós	11.8	3.8	0.0	264.7
Empuje pasivo de las tierras en puntera	-36.6	-11.8	103.8	0.0
Sobrecarga permanente en trasdós	0.3	0.1	0.0	11.5
Carga permanente en coronación de muro	6.6	2.1	0.0	0.0
Carga en faja	13.0	4.2	0.0	1.9
Sobrecarga de tráfico en trasdós	0.8	0.3	0.0	30.1
Carga de tráfico en coronación de muro	6.8	2.2	0.0	4.1
Nivel freático	-229.5	-74.2	0.0	189.0
Sismo	0.0	0.0	0.0	0.0
Impacto	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	913.4	295.2	103.8	501.3

Resistencia mayorada:
 Fuerza de rozamiento: 295.219 t
 Fuerza horizontal estabilizadora: 103.769 t
 Adherencia: 0 t
 Fuerza estabilizadora total (R_R): 398.989 t

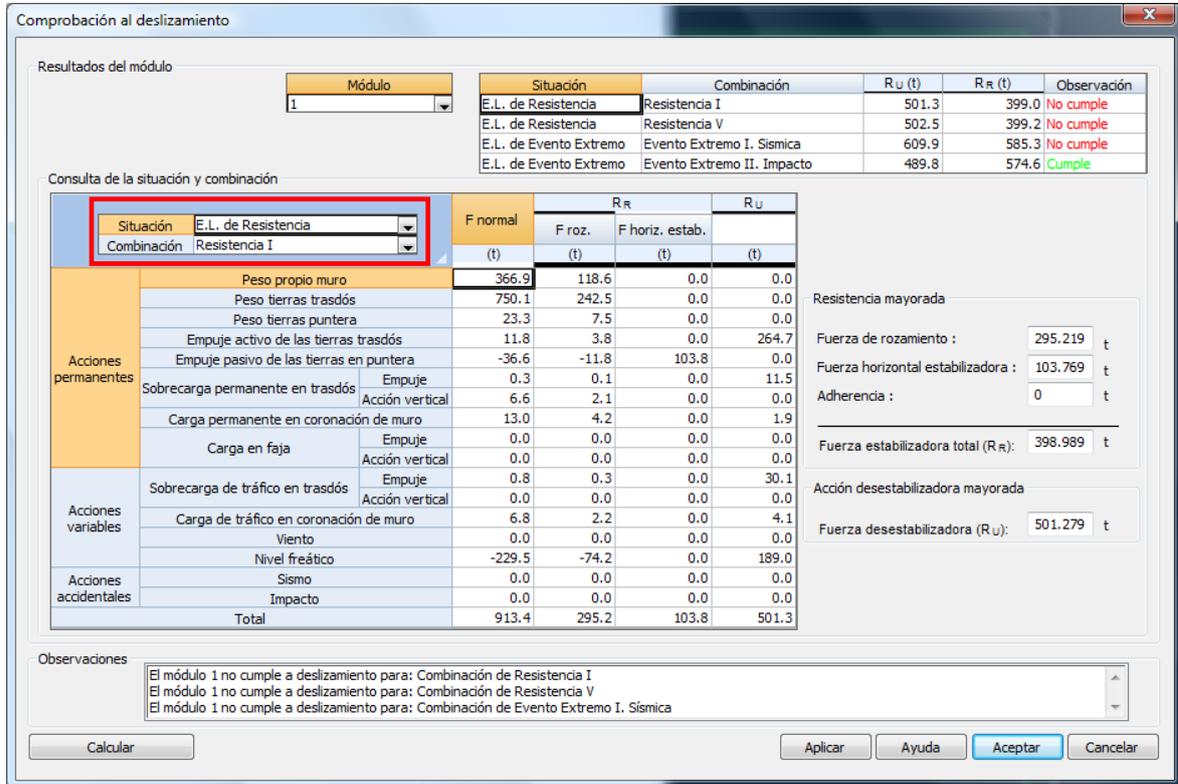
Acción desestabilizadora mayorada:
 Fuerza desestabilizadora (R_U): 501.279 t

Observaciones:
 El módulo 1 no cumple a deslizamiento para: Combinación de Resistencia I
 El módulo 1 no cumple a deslizamiento para: Combinación de Resistencia V
 El módulo 1 no cumple a deslizamiento para: Combinación de Evento Extremo I. Sísmica

Figura 4.2.1.3-2: Diálogo resumen de verificaciones para el módulo seleccionado.

En la parte central de la ventana el usuario puede consultar los resultados detallados para cada una de las situaciones y combinaciones; los valores mostrados corresponden a la hipótesis más desfavorable. Para consultar los resultados relativos a una combinación

concreta se debe seleccionar en el diálogo señalado en el recuadro rojo de la Figura 4.2.1.3-3 la situación y combinación que se desee analizar.



Resultados del módulo		Módulo	Situación	Combinación	R _U (t)	R _R (t)	Observación
1	E.L. de Resistencia	Resistencia I	501.3	399.0	No cumple		
E.L. de Resistencia	Resistencia V	502.5	399.2	No cumple			
E.L. de Evento Extremo	Evento Extremo I. Sísmica	609.9	585.3	No cumple			
E.L. de Evento Extremo	Evento Extremo II. Impacto	489.8	574.6	Cumple			

	F normal (t)	R _R		R _U (t)
		F roz. (t)	F horiz. estab. (t)	
Acciones permanentes				
Peso propio muro	366.9	118.6	0.0	0.0
Peso tierras trasdós	750.1	242.5	0.0	0.0
Peso tierras puntera	23.3	7.5	0.0	0.0
Empuje activo de las tierras trasdós	11.8	3.8	0.0	264.7
Empuje pasivo de las tierras en puntera	-36.6	-11.8	103.8	0.0
Sobrecarga permanente en trasdós	Empuje	0.3	0.1	0.0
	Acción vertical	6.6	2.1	0.0
Carga permanente en coronación de muro	13.0	4.2	0.0	1.9
Carga en faja	Empuje	0.0	0.0	0.0
	Acción vertical	0.0	0.0	0.0
Acciones variables				
Sobrecarga de tráfico en trasdós	Empuje	0.8	0.3	0.0
	Acción vertical	0.0	0.0	30.1
Carga de tráfico en coronación de muro	6.8	2.2	0.0	4.1
Viento	0.0	0.0	0.0	0.0
Nivel freático	-229.5	-74.2	0.0	189.0
Sismo	0.0	0.0	0.0	0.0
Acciones accidentales				
Impacto	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	913.4	295.2	103.8	501.3

Resistencia mayorada	
Fuerza de rozamiento :	295.219 t
Fuerza horizontal estabilizadora :	103.769 t
Adherencia :	0 t
Fuerza estabilizadora total (R_R) :	398.989 t

Acción desestabilizadora mayorada	
Fuerza desestabilizadora (R_U) :	501.279 t

Observaciones

El módulo 1 no cumple a deslizamiento para: Combinación de Resistencia I
 El módulo 1 no cumple a deslizamiento para: Combinación de Resistencia V
 El módulo 1 no cumple a deslizamiento para: Combinación de Evento Extremo I. Sísmica

Figura 4.2.1.3-3: Selección de la situación y combinación que se desea consultar

Para cada acción se proporcionan los siguientes resultados:

- La fuerza normal a la base de la zapata (F_{normal}).
- La fuerza de rozamiento que se opone al deslizamiento ($F_{roz.}$).
- La fuerza horizontal estabilizadora ($F_{horiz. estab.}$), que corresponde a las fuerzas horizontales que se oponen al deslizamiento (empuje pasivo y fuerzas horizontales actuando en coronación de muro).
- La fuerza desestabilizadora (R_U).

Los valores presentados corresponden a los valores mayorados por el coeficiente de mayoración de acciones y calculados para la totalidad del módulo.

En el lado derecho de la ventana se muestra el total de la Resistencia mayorada R_R (fuerzas estabilizadoras) compuesta por la Fuerza de rozamiento, las Fuerzas horizontales estabilizadoras y la fuerza de adherencia en el contacto zapata-terreno (*Adherencia*), y la Fuerza desestabilizadora total mayorada (R_U).

Finalmente, en la parte inferior encontramos la casilla *Observaciones* en la que se muestran los mensajes correspondientes a los no cumplimientos de la verificación de deslizamiento

de todos los módulos del muro. Se puede ver así de forma rápida en qué módulos no se verifica la comprobación del deslizamiento.

4.2.2 Informe

La opción *Informe* del cálculo a deslizamiento permite obtener un documento con el resultado del cálculo realizado.

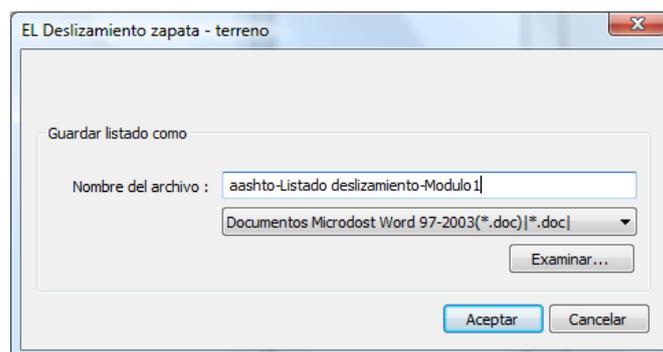


Figura 4.2.2-1: Ventana para la introducción del nombre y formato del documento.

Para ello se debe introducir el nombre del archivo con el que se quiere guardar el documento de la memoria y el formato del documento en la ventana que aparecerá al seleccionar la opción de Informe (Figura 4.2.2-1).

Por defecto el documento se guardará en el mismo directorio en el que está el archivo del muro (directorio de trabajo). No obstante, con el botón *Examinar* se podrá seleccionar una ruta alternativa en la que se desea guardar el documento.

En el informe se mostrará la misma información que la que se muestra con la opción *Consulta* (ver apartado 4.2.1).

4.3 Orden *Vuelco*

Con la orden *Vuelco* se pueden consultar los resultados del cálculo a vuelco rígido para cada una de las situaciones. Los resultados se pueden consultar directamente por pantalla (opción *Consulta*) o bien sacando un informe de los resultados (opción *Informe*).

Para cada situación y combinación se proporcionan los momentos estabilizadores y los momentos desestabilizadores correspondientes a la hipótesis más desfavorable para cada una de las acciones así como los valores totales a partir de los cuales se realiza la verificación del vuelco. El formato concreto de salida de los resultados depende de la normativa con la que se está trabajando.

4.3.1 Consulta

En este apartado se explica para cada una de las normativas los resultados que proporciona CivilCAD3000 para el cálculo a vuelco.

4.3.1.1 Normativa española

Al seleccionar la opción *Consulta* aparece en pantalla la ventana de la Figura 4.3.1.1-1. En la parte superior izquierda de la ventana el usuario debe seleccionar el módulo del cual se quieren consultar los resultados (recuadro en rojo de la Figura 4.3.1.1-1); una vez seleccionado se debe ejecutar el cálculo activando el botón *Calcular* situado en la parte inferior izquierda de la ventana (recuadro verde de la Figura 4.3.1.1-1).

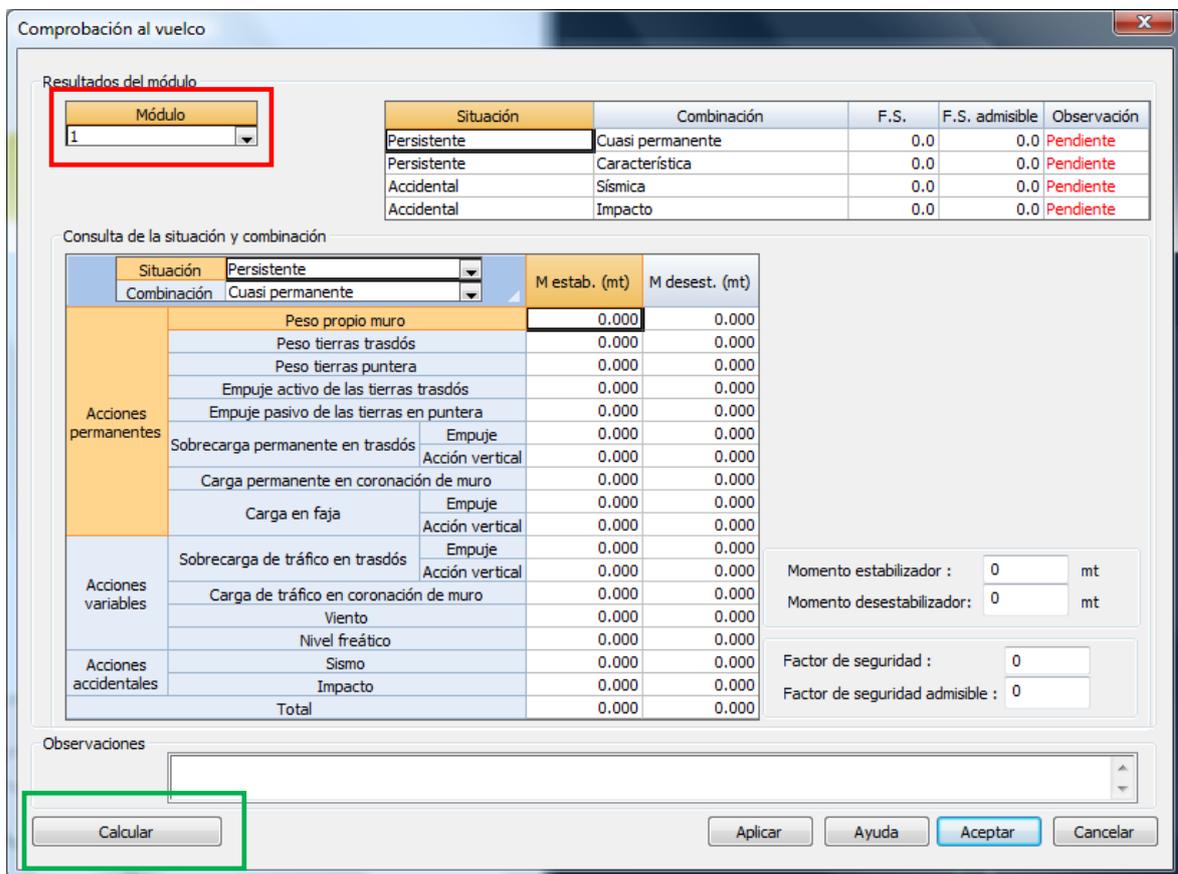


Figura 4.3.1.1-1: Ventana de consulta de los resultados de vuelco con la normativa española.

Una vez ejecutado el cálculo se mostraran en pantalla los resultados; en la parte superior derecha se muestra el resumen de resultados para cada combinación y situación, que para la normativa española son las siguientes:

- Situación persistente:
 - Combinación cuasi permanente.
 - Combinación Característica.

- Situación accidental:
 - Combinación sísmica.
 - Combinación de impacto de vehículos.

En el caso de que no exista acción sísmica o la acción de impacto, no se mostrará las combinaciones correspondientes.

Como se ha mencionado, el resumen de resultados se muestra en la parte superior derecha de la ventana (ver recuadro en rojo de la Figura 4.3.1.1-2). Para cada situación se proporciona el Factor de seguridad calculado (F.S.), el Factor de seguridad admisible (F.S. admisible) y el resultado de la verificación; en caso de que se cumpla la verificación (FS>FS admisible) aparecerá la palabra *Cumple* en color verde, y, en caso contrario, *No cumple* en color rojo.

Recuérdese que el Factor de Seguridad se define como el cociente entre el momento estabilizador (el que se oponen al vuelco) y el momento volcador (el que provoca el vuelco).

$$FS = \frac{M_{estabilizador}}{M_{desestabilizador}} \quad (Ex. 4.3.1.1 - 1)$$

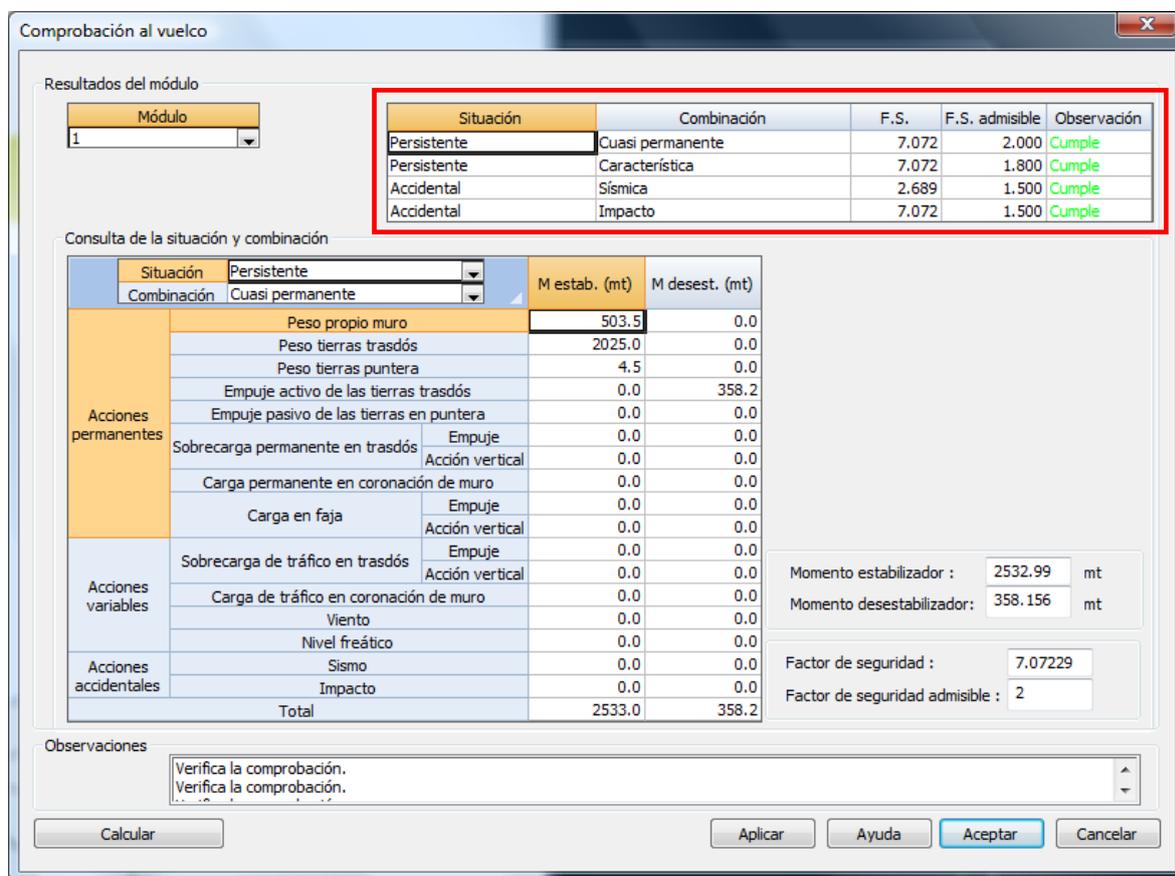
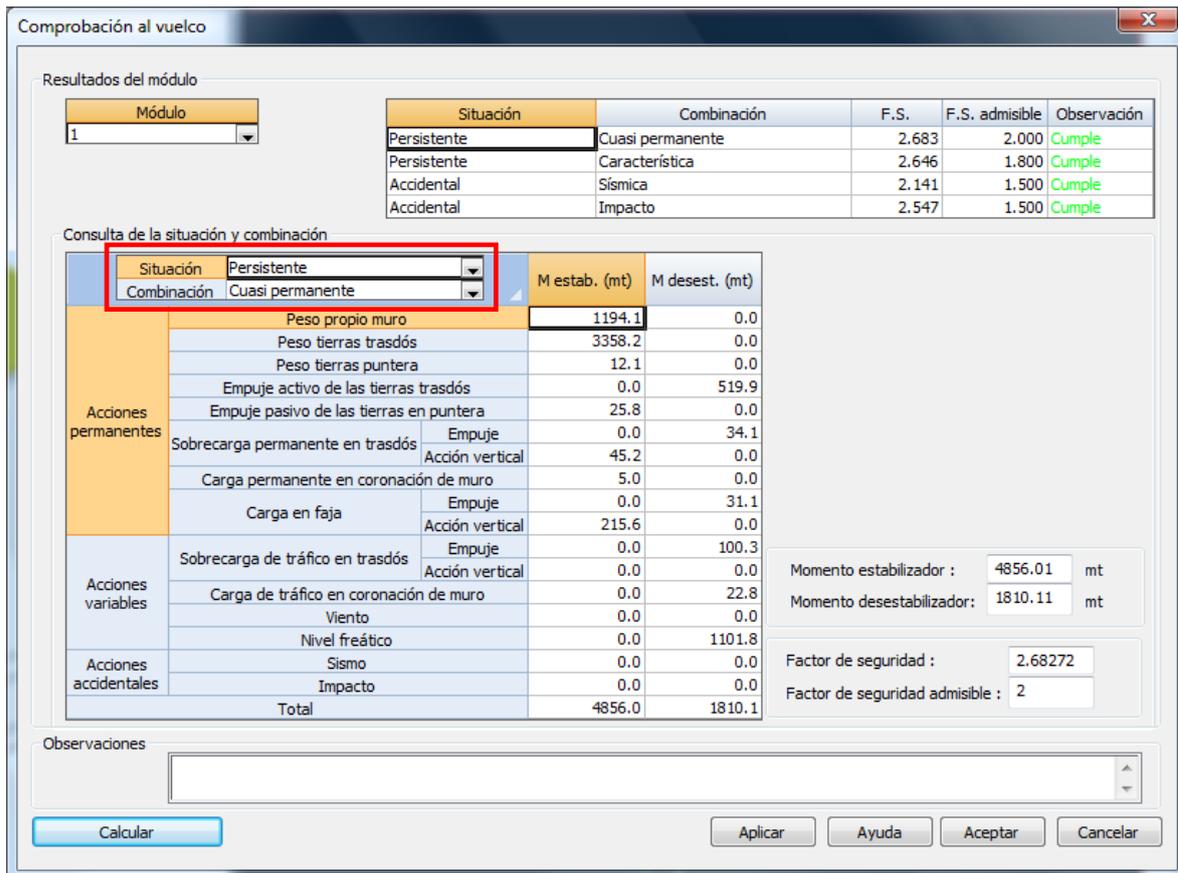


Figura 4.3.1.1-2: Diálogo resumen de verificaciones para el módulo seleccionado.

En la parte central de la ventana el usuario puede consultar los resultados detallados para cada una de las situaciones y combinaciones; los valores mostrados corresponden a la hipótesis más desfavorable. Para consultar los resultados relativos a una combinación concreta se debe seleccionar en el diálogo señalado en el recuadro rojo de la Figura 4.3.1.1-3 la situación y combinación que se desee analizar.



Comprobación al vuelco

Resultados del módulo

Módulo	Situación	Combinación	F.S.	F.S. admisible	Observación
1	Persistente	Cuasi permanente	2.683	2.000	Cumple
	Persistente	Característica	2.646	1.800	Cumple
	Accidental	Sísmica	2.141	1.500	Cumple
	Accidental	Impacto	2.547	1.500	Cumple

Consulta de la situación y combinación

Situación: Persistente
Combinación: Cuasi permanente

	M estab. (mt)	M desest. (mt)
Acciones permanentes		
Peso propio muro	1194.1	0.0
Peso tierras trasdós	3358.2	0.0
Peso tierras puntera	12.1	0.0
Empuje activo de las tierras trasdós	0.0	519.9
Empuje pasivo de las tierras en puntera	25.8	0.0
Sobrecarga permanente en trasdós	0.0	34.1
Acción vertical	45.2	0.0
Carga permanente en coronación de muro	5.0	0.0
Carga en faja	0.0	31.1
Empuje	0.0	100.3
Acción vertical	215.6	0.0
Acciones variables		
Sobrecarga de tráfico en trasdós	0.0	0.0
Acción vertical	0.0	0.0
Carga de tráfico en coronación de muro	0.0	22.8
Viento	0.0	0.0
Nivel freático	0.0	1101.8
Acciones accidentales		
Sismo	0.0	0.0
Impacto	0.0	0.0
Total	4856.0	1810.1

Momento estabilizador : 4856.01 mt
Momento desestabilizador : 1810.11 mt

Factor de seguridad : 2.68272
Factor de seguridad admisible : 2

Observaciones

Calcular Aplicar Ayuda Aceptar Cancelar

Figura 4.3.1.1-3: Selección de la situación y combinación que se desea consultar.

Para cada acción se proporcionan los siguientes resultados:

- El momento estabilizador (*M estab.*)
- El momento desestabilizador (*M desest.*)

Los valores presentados corresponden a los valores mayorados por el coeficiente de mayoración de acciones y afectados por el coeficiente de combinación y calculados para la totalidad del módulo.

En el lado derecho de la ventana se muestra el *Momento total estabilizador* y el *Momento total desestabilizador*. Finalmente se muestra el *Factor de seguridad* obtenido y el *Factor de seguridad admisible*.

Finalmente en la parte inferior encontramos la casilla *Observaciones* en la que se muestran los mensajes correspondientes a los no cumplimientos de la verificación de vuelco de todos los módulos del muro. Se puede ver así de forma rápida en que módulos no se verifica la comprobación a vuelco.

4.3.1.2 Normativa europea

Al seleccionar la opción *Consulta* aparece en pantalla la ventana de la Figura 4.3.1.2-1. En la parte superior izquierda de la ventana el usuario debe seleccionar el módulo del cual se quieren consultar los resultados (recuadro en rojo de la Figura 4.3.1.2-1); una vez seleccionado se debe ejecutar el cálculo activando el botón *Calcular* situado en la parte inferior izquierda de la ventana (recuadro verde de la Figura 4.3.1.2-1)

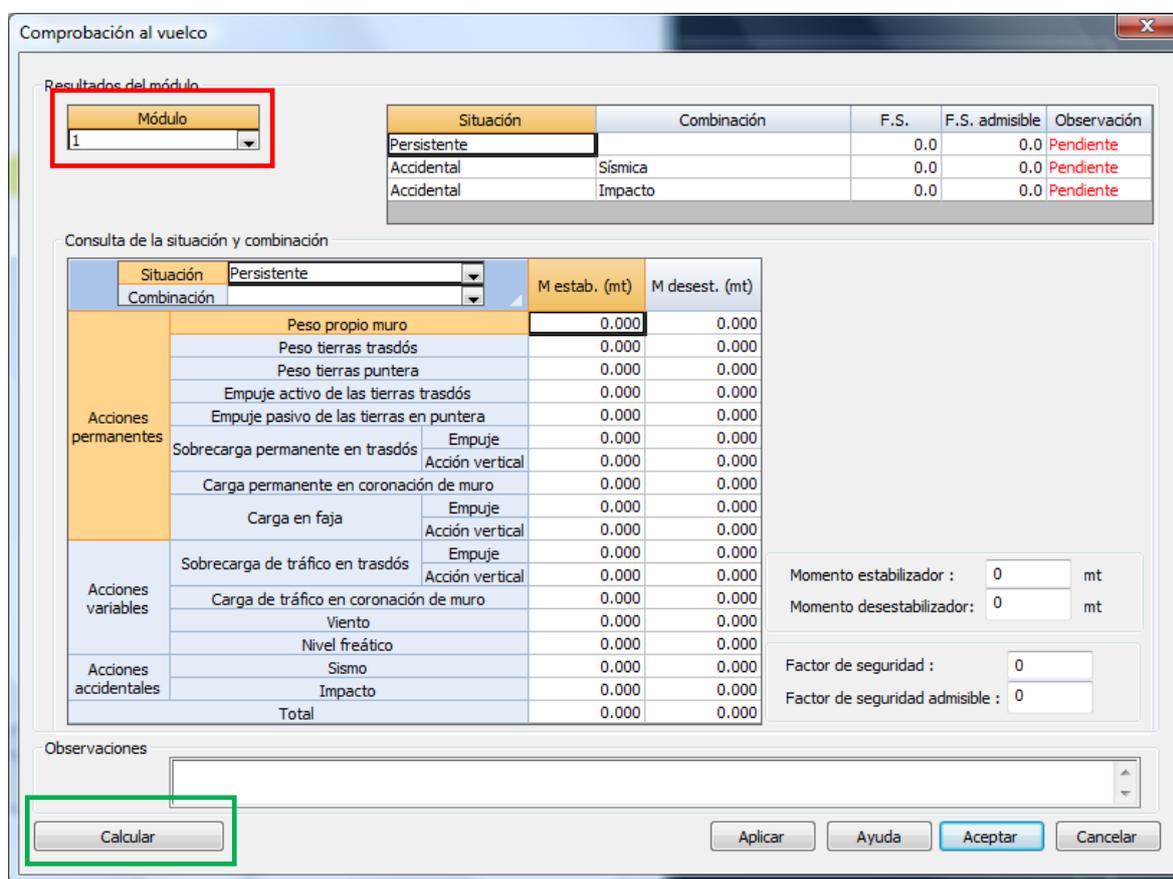


Figura 4.3.1.2-1: Ventana de consulta de los resultados de vuelco con la normativa europea.

Una vez ejecutado el cálculo se mostrarán en pantalla los resultados; en la parte superior derecha se muestra el resumen de resultados para cada combinación y situación, que para la normativa europea son las siguientes:

- Situación persistente.

- Situación accidental:
 - Combinación sísmica.
 - Combinación de impacto de vehículos.

En caso de que no se haya definido en el muro la acción sísmica o la acción de impacto no se mostrará las combinaciones correspondientes.

Como se ha mencionado, el resumen de resultados se muestra en la parte superior derecha de la ventana (ver recuadro en rojo de la Figura 4.3.1.2-2). Para cada situación se proporciona el Factor de seguridad calculado (F.S.), el Factor de seguridad admisible (F.S. admisible) y el resultado de la verificación; en caso de que se cumpla la verificación ($FS > FS$ admisible) aparecerá la palabra *Cumple* en color verde, y en caso contrario *No cumple* en color rojo.

Recuérdese que el Factor de Seguridad se define como el cociente entre los momentos estabilizadores (los que se oponen al vuelco) y los momentos desestabilizadores (los que provocan el vuelco).

$$FS = \frac{M_{estabilizador}}{M_{desestabilizador}} \quad (Ex. 4.3.1.2 - 1)$$

Los Eurocódigos no definen explícitamente ningún factor de seguridad global FS, ya que introducen la seguridad mayorando las acciones y aplicando los factores de resistencia R (γ_R), por lo que la condición que debe verificarse es que el Momento estabilizador sea superior al momento de vuelco, lo que equivale a considerar un Factor admisible igual a la unidad ($FS_{admisible} = 1,0$), que es el valor que se muestra en el diálogo. Para mayor detalle consultar el Manual Técnico del módulo Muros.

Comprobación al vuelco

Resultados del módulo

Módulo	Situación	Combinación	F.S.	F.S. admisible	Observación
1	Persistente		1.626	1.000	Cumple
	Accidental	Sísmica	2.071	1.000	Cumple
	Accidental	Impacto	2.470	1.000	Cumple

Consulta de la situación y combinación

Situación	Combinación	M estab. (mt)	M desest. (mt)	
Persistente		1134.3	0.0	
Acciones permanentes	Peso propio muro	1134.3	0.0	
	Peso tierras trasdós	3190.3	0.0	
	Peso tierras puntera	11.4	0.0	
	Empuje activo de las tierras trasdós	0.0	769.4	
	Empuje pasivo de las tierras en puntera	17.4	0.0	
	Sobrecarga permanente en trasdós	Empuje	0.0	47.7
		Acción vertical	42.9	0.0
	Carga permanente en coronación de muro	4.8	0.0	
	Carga en faja	Empuje	0.0	0.0
		Acción vertical	0.0	0.0
Acciones variables	Sobrecarga de tráfico en trasdós	0.0	169.0	
	Carga de tráfico en coronación de muro	Empuje	0.0	0.0
		Acción vertical	0.0	30.8
Acciones accidentales	Viento	0.0	37.5	
	Nivel freático	0.0	1652.8	
	Sismo	0.0	0.0	
	Impacto	0.0	0.0	
Total		4401.2	2707.1	

Momento estabilizador : 4401.22 mt
Momento desestabilizador: 2707.07 mt

Factor de seguridad : 1.62582
Factor de seguridad admisible : 1

Observaciones

Calcular Aplicar Ayuda Aceptar Cancelar

Figura 4.3.1.2-2: Diálogo resumen de verificaciones para el módulo seleccionado.

En la parte central de la ventana el usuario puede consultar los resultados detallados para cada una de las situaciones y combinaciones; los valores mostrados corresponden a la hipótesis más desfavorable. Para ello se debe seleccionar en el diálogo señalado en el recuadro rojo de la Figura 4.3.1.2-3 la situación y combinación que se desee.

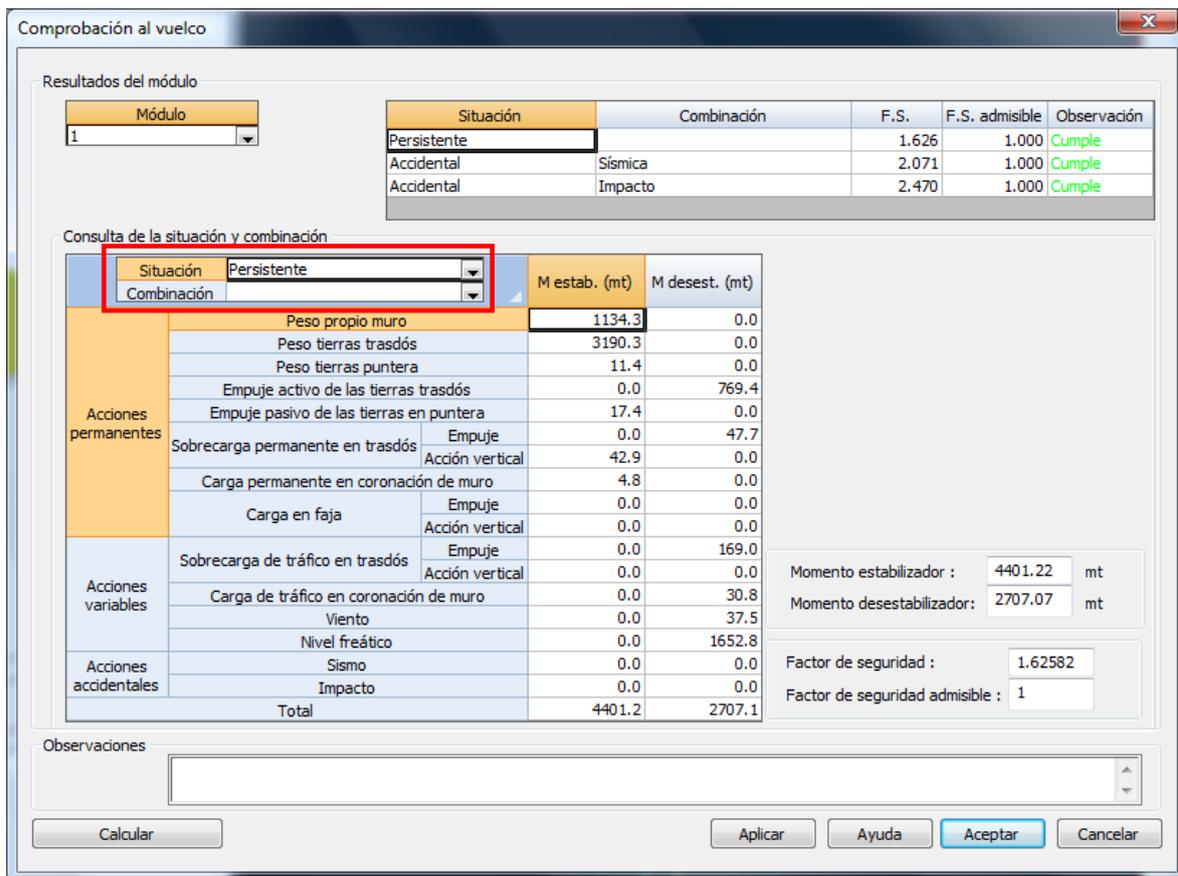


Figura 4.3.1.2-3: Selección de la situación y combinación que se desea consultar.

Para cada acción se proporcionan los siguientes resultados:

- El momento estabilizador (*M estab.*)
- El momento desestabilizador (*M desest.*)

Los valores presentados corresponden a los valores mayorados por el coeficiente de mayoración de acciones, afectados por el coeficiente de combinación y por el coeficiente R de minoración de la resistencia y calculados para la totalidad del módulo.

En el lado derecho de la ventana se muestra el *Momento estabilizador* total y el *Momento desestabilizador* total. Finalmente se muestra el *Factor de seguridad* adicional obtenido y el *Factor de seguridad admisible*.

Finalmente en la parte inferior encontramos la casilla *Observaciones*, en la que se muestran los mensajes correspondientes a los incumplimientos de la verificación de vuelco de todos los módulos del muro. Se puede ver así de forma rápida en qué módulos no se verifica la comprobación a vuelco.

4.3.1.3 Normativa americana

Al seleccionar la opción *Consulta* aparece en pantalla la ventana de la Figura 4.3.1.3-1. En la parte superior izquierda de la ventana el usuario debe seleccionar el módulo del cual se quieren consultar los resultados (recuadro en rojo de la Figura 4.3.1.3-1); una vez seleccionado se debe ejecutar el cálculo activando el botón *Calcular* situado en la parte inferior izquierda de la ventana (recuadro verde de la Figura 4.3.1.3-1)

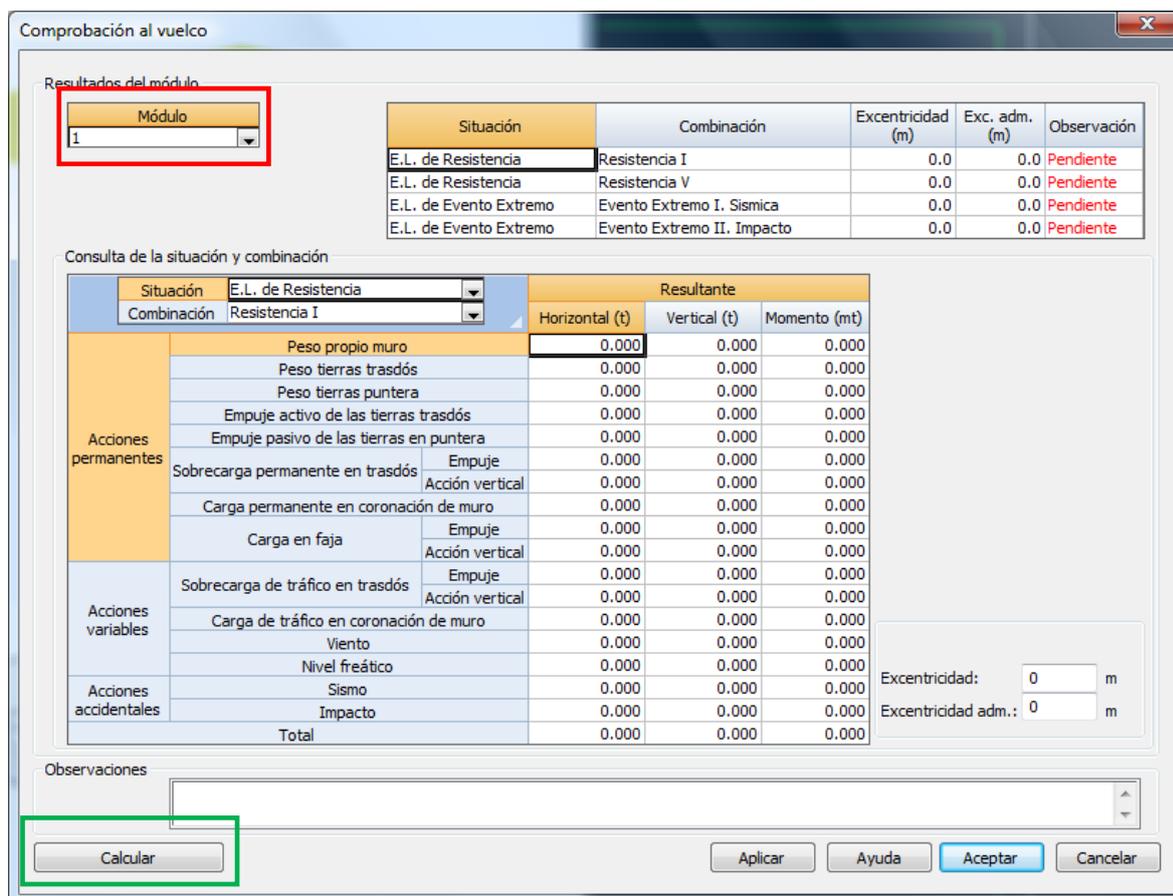


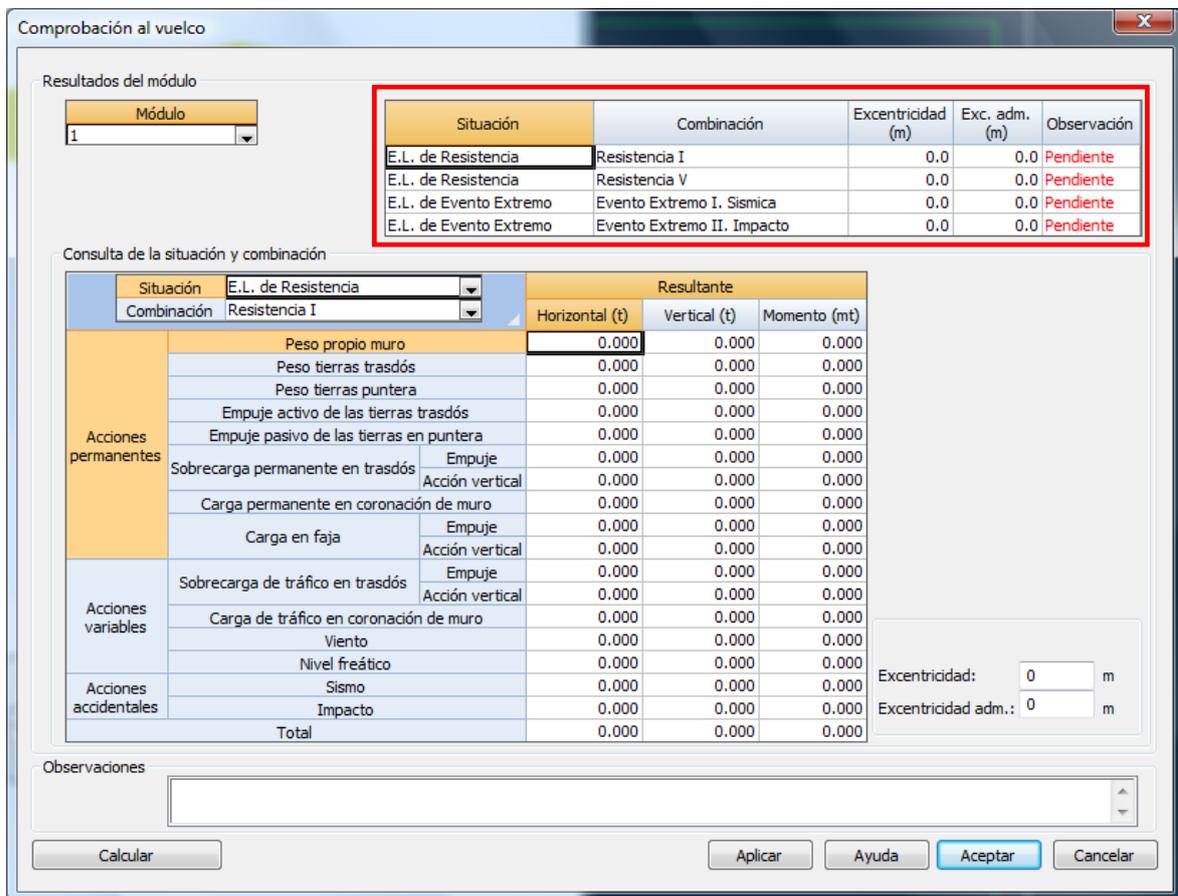
Figura 4.3.1.3-1: Ventana de consulta de los resultados de vuelco con la normativa americana (AASHTO).

Una vez ejecutado el cálculo se mostraran en pantalla los resultados; en la parte superior derecha se muestra el resumen de resultados para cada combinación y situación, que para la normativa AASHTO son las siguientes:

- Situación: Estado límite de resistencia:
 - Combinación: Resistencia I
 - Combinación: Resistencia III o V
- Situación: Estado límite de evento extremo
 - Combinación sísmica: Evento extremo I
 - Combinación de impacto de vehículos: Evento extremo II

En el caso de que no exista acción sísmica o la acción de impacto, no se mostrará las combinaciones correspondientes.

Como se ha mencionado, el resumen de resultados se muestra en la parte superior derecha de la ventana (ver recuadro en rojo de la Figura 4.3.1.3-2). Para cada situación y combinación se proporciona la Excentricidad de la resultante en la base de la zapata respecto al centro de la misma, la Excentricidad máxima admisible y el resultado de la verificación; en caso de que se cumpla la verificación (Excentricidad < Excentricidad admisible) aparecerá la palabra *Cumple* en color verde, y en caso contrario *No cumple* en color rojo.



Resultados del módulo

Módulo: 1

Situación	Combinación	Excentricidad (m)	Exc. adm. (m)	Observación
E.L. de Resistencia	Resistencia I	0.0	0.0	Pendiente
E.L. de Resistencia	Resistencia V	0.0	0.0	Pendiente
E.L. de Evento Extremo	Evento Extremo I. Sísmica	0.0	0.0	Pendiente
E.L. de Evento Extremo	Evento Extremo II. Impacto	0.0	0.0	Pendiente

Consulta de la situación y combinación

Situación: E.L. de Resistencia
Combinación: Resistencia I

	Resultante		
	Horizontal (t)	Vertical (t)	Momento (mt)
Acciones permanentes			
Peso propio muro	0.000	0.000	0.000
Peso tierras trasdós	0.000	0.000	0.000
Peso tierras puntera	0.000	0.000	0.000
Empuje activo de las tierras trasdós	0.000	0.000	0.000
Empuje pasivo de las tierras en puntera	0.000	0.000	0.000
Sobrecarga permanente en trasdós	Empuje	0.000	0.000
	Acción vertical	0.000	0.000
Carga permanente en coronación de muro	Empuje	0.000	0.000
Carga en faja	Acción vertical	0.000	0.000
	Empuje	0.000	0.000
	Acción vertical	0.000	0.000
Acciones variables			
Sobrecarga de tráfico en trasdós	Empuje	0.000	0.000
	Acción vertical	0.000	0.000
Carga de tráfico en coronación de muro	Empuje	0.000	0.000
	Acción vertical	0.000	0.000
Viento		0.000	0.000
Nivel freático		0.000	0.000
Acciones accidentales			
Sismo		0.000	0.000
Impacto		0.000	0.000
Total		0.000	0.000

Excentricidad: 0 m
Excentricidad adm.: 0 m

Observaciones:

Calcular Aplicar Ayuda Aceptar Cancelar

Figura 4.3.1.3-2: Diálogo resumen de verificaciones para el módulo seleccionado

En la parte central de la ventana el usuario puede consultar los resultados detallados para cada una de las situaciones y combinaciones correspondientes a la hipótesis más desfavorable. Para consultar los resultados relativos a una combinación concreta se debe seleccionar en el diálogo señalado en el recuadro rojo de la Figura 4.3.1.3-3 la situación y combinación que se desee analizar.

Comprobación al vuelco

Resultados del módulo

Módulo: 1

Situación	Combinación	Excentricidad (m)	Exc. adm. (m)	Observación
E.L. de Resistencia	Resistencia I	1.240	1.750	Cumple
E.L. de Resistencia	Resistencia V	1.252	1.750	Cumple
E.L. de Evento Extremo	Evento Extremo I. Sismica	1.814	2.800	Cumple
E.L. de Evento Extremo	Evento Extremo II. Impacto	1.214	2.800	Cumple

Consulta de la situación y combinación

Situación: E.L. de Resistencia
Combinación: Resistencia I

	Resultante		
	Horizontal (t)	Vertical (t)	Momento (mt)
Acciones permanentes			
Peso propio muro	0.0	366.9	271.2
Peso tierras trasdós	0.0	750.1	-800.0
Peso tierras puntera	0.0	23.3	69.5
Empuje activo de las tierras trasdós	264.7	11.8	777.4
Empuje pasivo de las tierras en puntera	-55.1	-9.7	-59.8
Sobrecarga permanente en trasdós	Empuje	11.5	0.3
	Acción vertical	0.0	6.6
Carga permanente en coronación de muro	Empuje	1.9	13.0
	Acción vertical	0.0	0.0
Carga en faja	Empuje	0.0	0.0
	Acción vertical	0.0	0.0
Sobrecarga de tráfico en trasdós	Empuje	30.1	0.8
	Acción vertical	0.0	0.0
Acciones variables			
Carga de tráfico en coronación de muro	4.1	6.8	54.4
Viento	0.0	0.0	0.0
Nivel freático	189.0	-229.5	622.0
Acciones accidentales			
Sismo	0.0	0.0	0.0
Impacto	0.0	0.0	0.0
Total	446.2	940.2	1165.7

Excentricidad: 1.23977 m
Excentricidad adm.: 1.75 m

Observaciones

Calcular Aplicar Ayuda Aceptar Cancelar

Figura 4.3.1.3-3: Selección de la situación y combinación que se desea consultar.

Para cada acción se proporcionan los siguientes resultados:

- La fuerza horizontal en la base de la zapata (*Horizontal*).
- La fuerza vertical en la base de la zapata (*Vertical*).
- El momento respecto al centro de la zapata (*Momento*).

En la última fila se muestra el valor total de la contribución de todas las acciones.

Los valores presentados corresponden a los valores mayorados por el coeficiente de mayoración de acciones y calculados para la totalidad del módulo.

Como resumen de la verificación en el lado derecho de la ventana se muestra la *Excentricidad* resultante, obtenida como cociente entre el momento y la fuerza vertical, y la *Excentricidad admisible*.

Finalmente en la parte inferior encontramos la casilla *Observaciones* en la que se muestran los mensajes correspondientes a los incumplimientos de la verificación de vuelco de todos los módulos del muro. Se puede ver así de forma rápida en qué módulos no se verifica la comprobación del vuelco.

4.3.2 Informe

La opción *Informe* del cálculo a vuelco permite obtener un documento con el resultado del cálculo realizado.

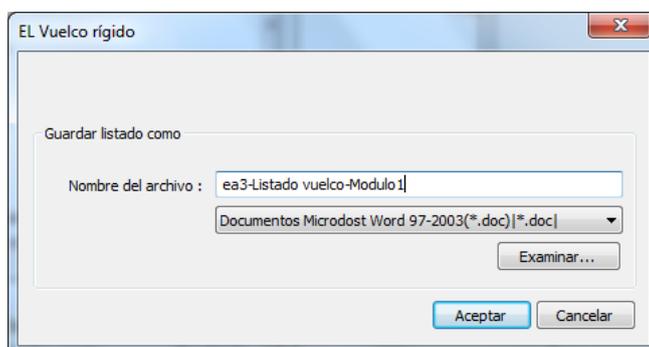


Figura 4.3.2-1: Ventana para la introducción del nombre y formato del documento.

Se debe introducir el nombre del archivo con el que se quiere guardar el documento de la memoria y elegir el formato del mismo en la ventana que aparecerá al seleccionar la opción de Informe (Figura 4.3.2-1).

Por defecto el documento se guardará en el mismo directorio en el que está el archivo del muro (directorio de trabajo). No obstante, con el botón *Examinar* se podrá seleccionar una ruta alternativa en la que se desea guardar el documento.

En el listado se mostrará la misma información que la que se muestra con la opción *Consulta* (ver apartado 4.3.1).

4.4 Orden *Estabilidad global*

La orden *Estabilidad global* permite configurar, calcular y consultar el cálculo de la estabilidad global. Es importante señalar que el cálculo se realiza con el método aproximado de *Fellenius*, considerando únicamente superficies de rotura circulares y con distribuciones de presiones intersticiales hidrostáticas (con variación lineal entre la zarpa delantera y la trasera).

El proyectista deberá valorar la verificación de la estabilidad global con métodos más precisos en función de la geometría, la estratificación y el flujo de agua.

Al seleccionar la opción *Estabilidad global* se desplegarán en el menú principal las tres opciones siguientes.

- Configuración.
- Consulta.
- Informe.

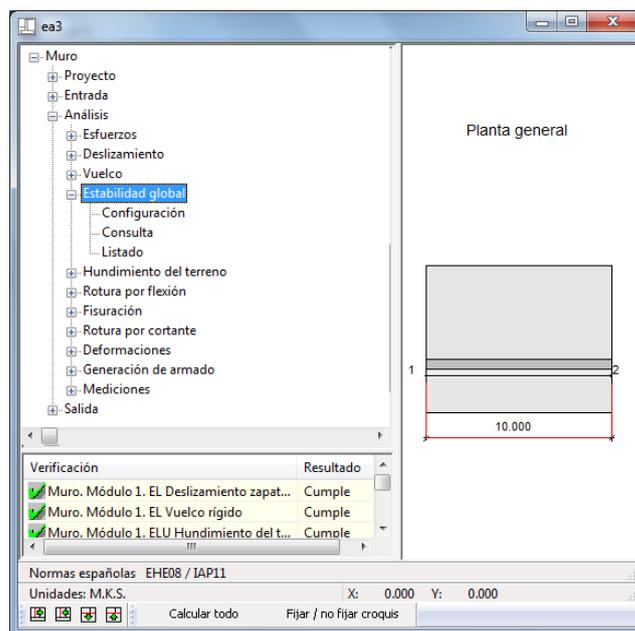


Figura 4.4-1: Opciones del menú principal para la Estabilidad global.

El cálculo a estabilidad global, se realiza con el método aproximado de *Fellenius*, considerando únicamente superficies de rotura circulares y con distribuciones de presiones intersticiales hidrostáticas (con variación lineal entre la zarpa delantera y la trasera).

El proyectista deberá valorar la verificación de la estabilidad global con métodos más precisos en función de la geometría, la estratificación y el flujo de agua.

4.4.1 Orden *Configuración*

El análisis de la estabilidad global se realiza a partir del análisis de posibles centros de los círculos de rotura definidos a partir de su centro y con distintos radios para cada uno de ellos. Para ello se establece una cuadrícula de los centros de los círculos a analizar, obteniéndose para cada uno de ellos el Factor de seguridad mínimo de entre todas las hipótesis y todos los radios posibles generados con dicho centro.

CivilCAD3000 permite que la determinación de la cuadrícula de centros y de los radios de los círculos se haga de forma automática o bien que la generación de la cuadrícula sea configurada por el usuario. En el primer caso el usuario debe seleccionar la opción *Cálculo automático*, mientras que en el segundo caso debe seleccionar la opción *Configurar cálculo* (ver Figura 4.4.1-1)

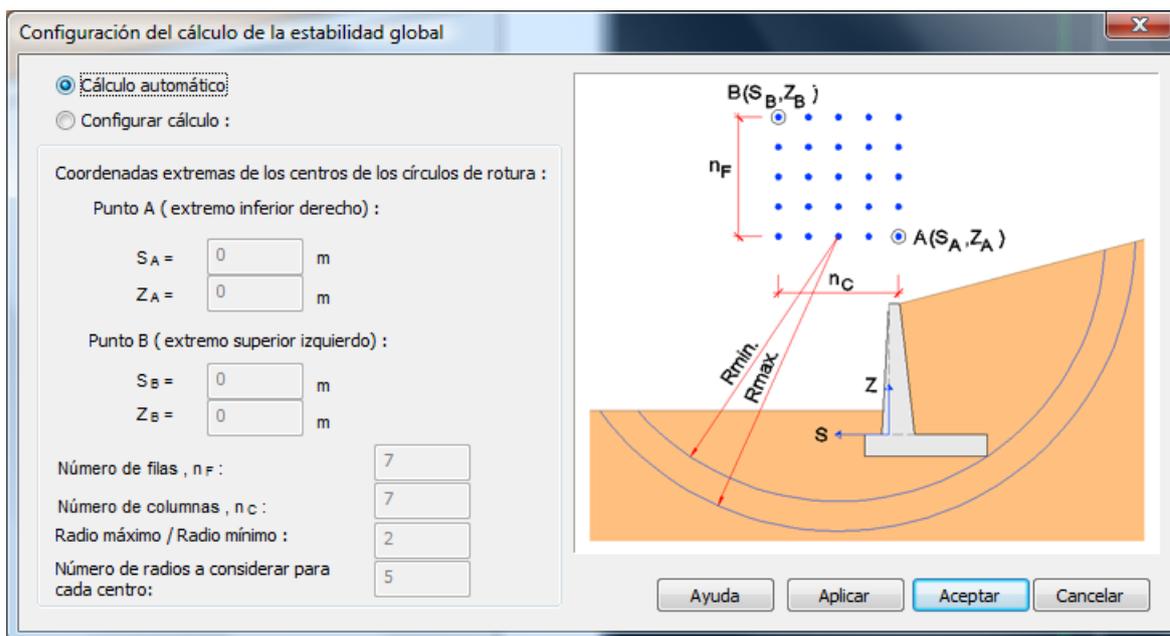


Figura 4.4.1-1: Ventana de configuración del cálculo a estabilidad global.

En la opción del cálculo automático, *CivilCAD3000* parte de una cuadrícula inicial, a partir de la cual y mediante un proceso iterativo modifica dicha cuadrícula hasta que el punto de Factor de seguridad mínimo se sitúa en el interior de la cuadrícula. El radio máximo considerado es de una vez y media (1,5) el radio mínimo (radio menor que no intersecta al muro). El número de círculos considerado para cada centro es de siete (7).

Si se selecciona la opción de *Configurar cálculo* se activará la parte inferior del diálogo (ver Figura 4.4.1-2), donde el usuario debe introducir la siguiente información:

- Coordenadas de la esquina inferior derecha y de la esquina superior izquierda de la cuadrícula de centros que se considerará en el cálculo a estabilidad. Las coordenadas se definen respecto a los ejes locales (S, Z) cuyo origen se sitúa en la intersección del plano de referencia (ver apartado 3.1.2) con la cara superior de la zapata.
- Número de filas de la malla de centros de círculos de rotura (este valor debe ser superior o igual a tres (3)).
- Número de columnas de la malla de centros de círculos de rotura (este valor debe ser superior o igual a tres (3)).
- Cociente entre el radio máximo que se desea considerar y el radio mínimo. El radio mínimo se obtiene buscando el radio menor que no intersecta al muro.
- Número de círculos de rotura considerados para cada centro.

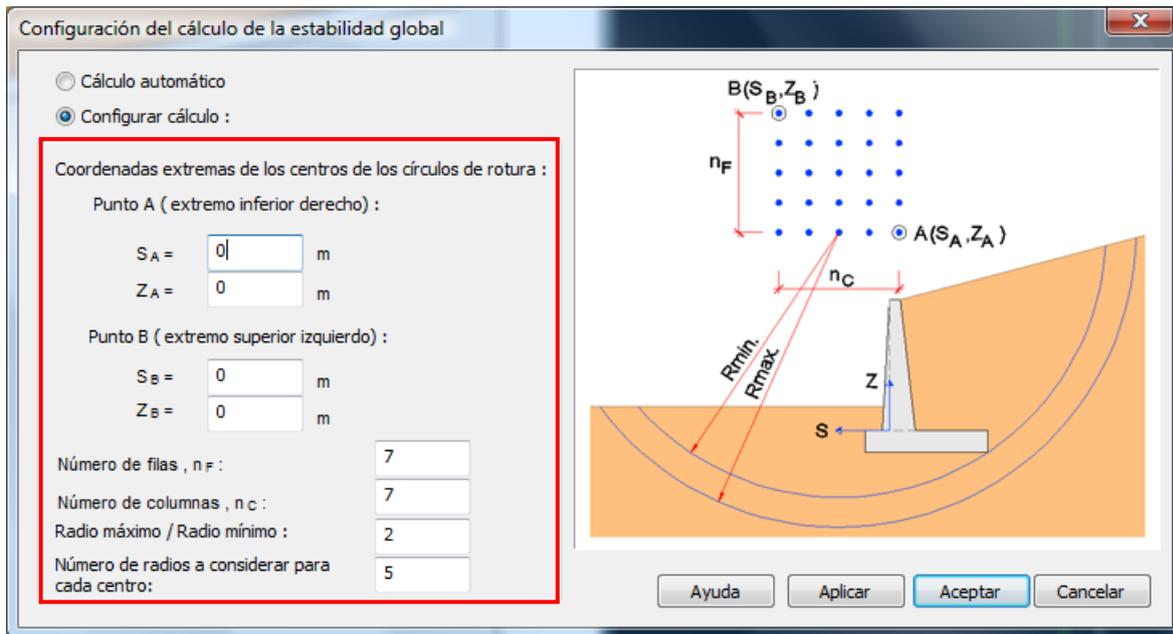


Figura 4.4.1-2: Ventana de configuración personalizada de la estabilidad global.

4.4.2 Orden Consulta

Al seleccionar la opción *Consulta* aparecerá en pantalla la ventana de la Figura 4.4.2-1.

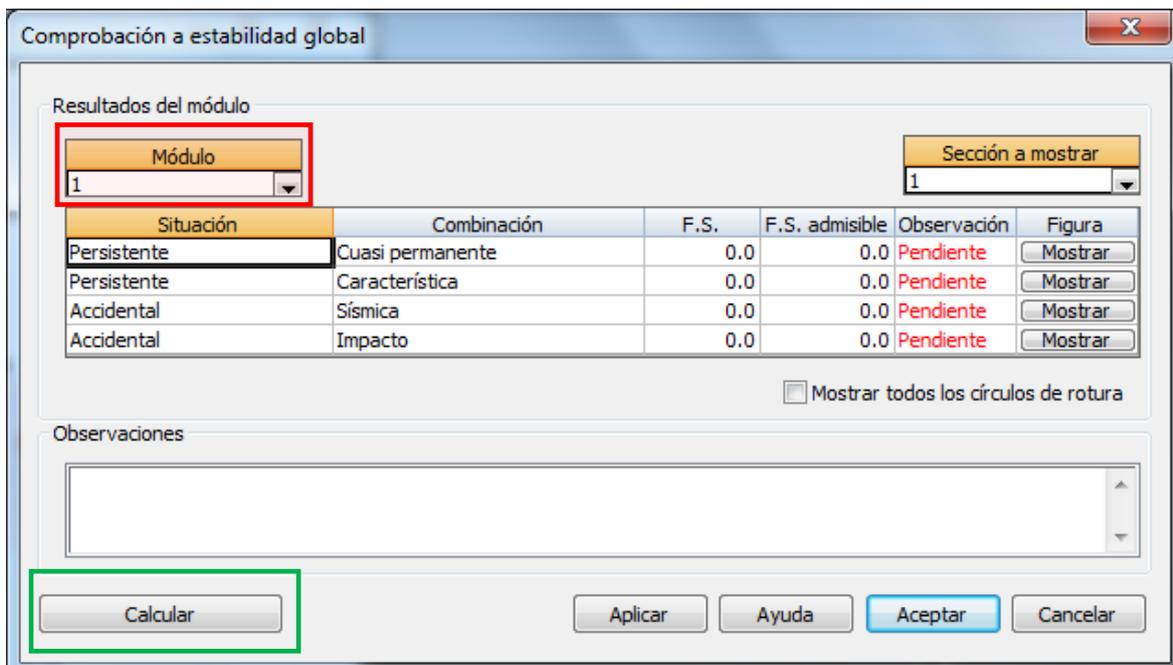


Figura 4.4.2-1: Ventana de consulta de los resultados de la estabilidad global.

Con esta opción se pueden consultar los resultados del cálculo a estabilidad para cada situación y combinación. En la parte superior izquierda de la ventana el usuario debe seleccionar el módulo del cual se quieren consultar los resultados (recuadro en rojo de la Figura 4.4.2-1), así como la sección transversal que se desea mostrar, la cual solo se elige a efectos de dibujo, ya que el cálculo se realiza a nivel de módulo.

Una vez configurado, se debe ejecutar el cálculo activando el botón *Calcular* situado en la parte inferior izquierda de la ventana (recuadro verde de la Figura 4.4.2-1).

Al ejecutarse el cálculo se mostrarán en el diálogo señalado en la Figura 4.4.2-2 los resultados correspondientes a todas las situaciones y combinaciones; los resultados mostrados corresponden en cada caso a la hipótesis más desfavorable.

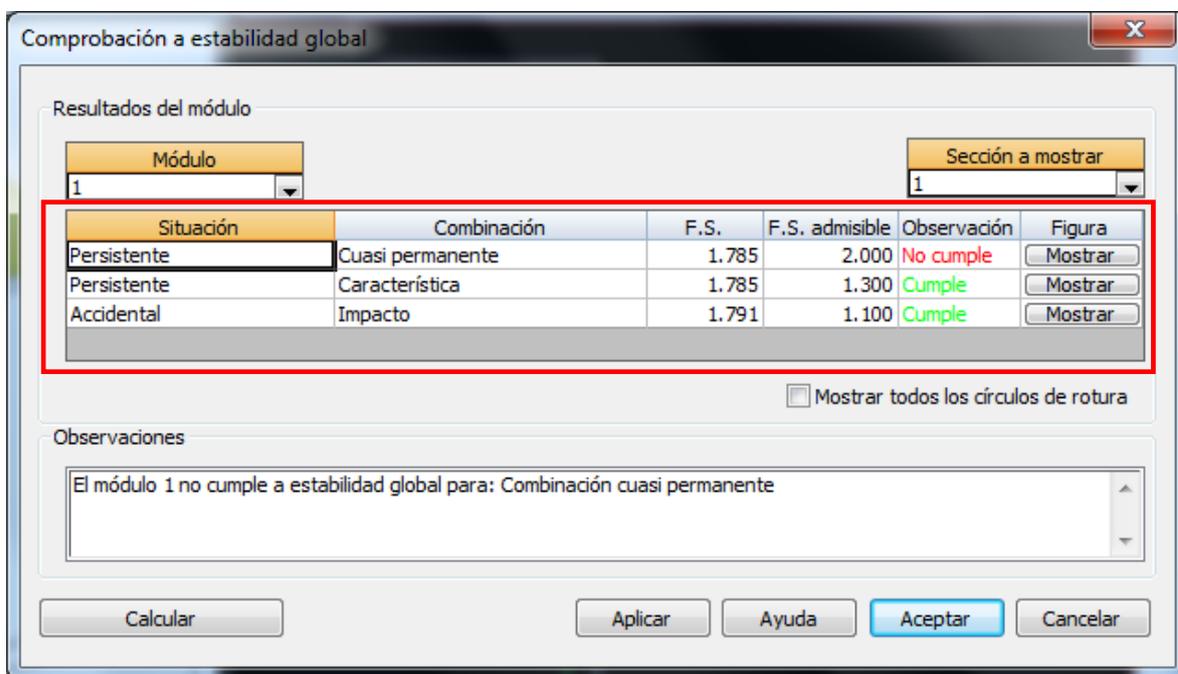


Figura 4.4.2-2: Diálogo de resumen de resultados del cálculo a estabilidad global.

Para cada situación y combinación se proporciona el Factor de seguridad obtenido (*F.S.*), el Factor de seguridad admisible (*F.S. admisible*) y el resultado de la verificación; en caso de que se cumpla la verificación ($F.S. > F.S. \text{ admisible}$) aparecerá la palabra *Cumple* en color verde, y en caso contrario *No cumple* en color rojo.

A la derecha del diálogo encontramos el botón *Mostrar* para cada una de las situaciones; si se aprieta este botón aparecerá en pantalla la gráfica del círculo de rotura con el mapa de isovalores de los coeficientes de seguridad mínimos obtenidos para cada centro del círculo de rotura.

Si además se ha seleccionado la opción *Mostrar todos los círculos de rotura* en la gráfica aparecerán en color amarillo los círculos de rotura de cada uno de los centros correspondiente al factor de seguridad mínimo, y en color azul el círculo con FS mínimo.

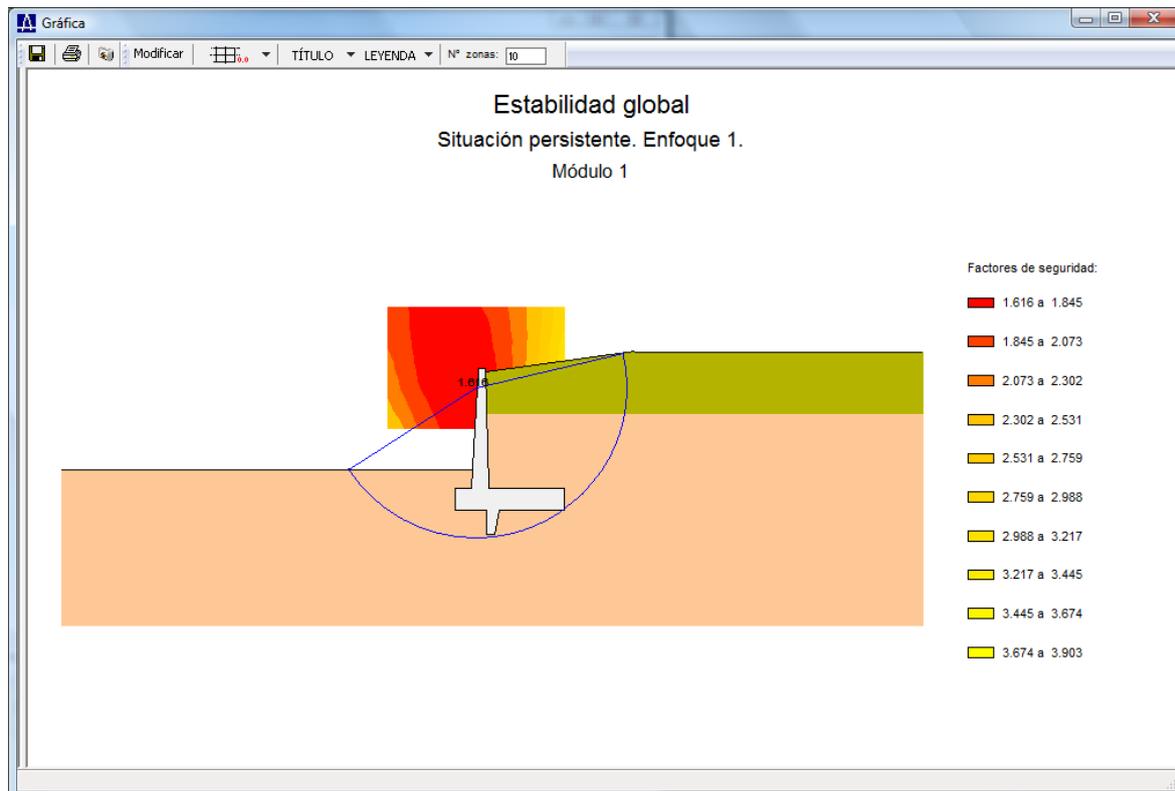


Figura 4.4.2-3: Diálogo de resumen de resultados del cálculo a estabilidad global.

Finalmente en la parte inferior encontramos la casilla *Observaciones*, en la que se muestran los mensajes correspondientes a los incumplimientos de la verificación a vuelco de todos los módulos del muro. Se puede ver así de forma rápida en que módulos no se verifica la comprobación del vuelco.

4.4.3 Orden *Informe*

La opción *Informe* del cálculo a estabilidad global permite obtener un documento con el resultado del cálculo realizado.

Para ello se debe introducir el nombre del archivo con el que se quiere guardar el documento del cálculo de estabilidad global y el formato del mismo en la ventana que aparecerá al seleccionar la opción de *Informe* (Figura 4.3.3-1).

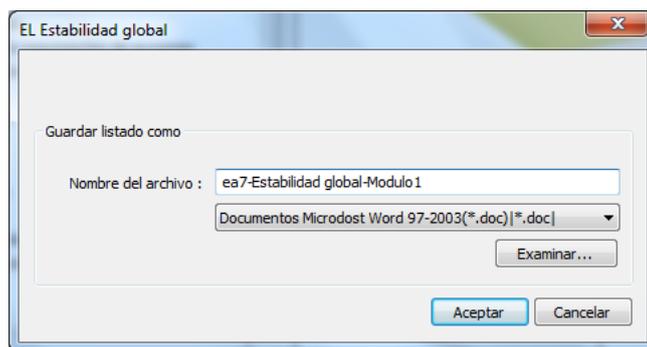


Figura 4.3.3-1: Ventana para la introducción del nombre y formato del documento.

Por defecto el documento se guardará en el mismo directorio en el que está el archivo del muro (directorio de trabajo). No obstante, con el botón *Examinar* se podrá seleccionar una ruta alternativa en la que se desee guardar el documento.

En el listado se mostrará la misma información que la que se muestra con la opción *Consulta* (ver apartado 4.4.2).

4.5 Orden *Hundimiento del terreno*

Al seleccionar esta opción y activar la orden *Informe* que aparece en el menú principal, se obtiene un informe con los resultados del cálculo de hundimiento del terreno de todos los módulos del muro.

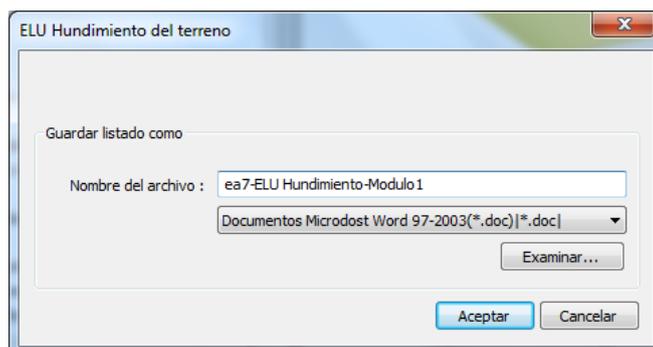


Figura 4.5-1: Ventana para la introducción del nombre y formato del documento.

Al ejecutar esta opción se debe introducir el nombre del archivo con el que se quiere guardar el documento del cálculo de hundimiento y el formato del documento en la ventana que aparecerá al seleccionar la opción de *Informe* (Figura 4.5-1).

Por defecto el documento se guardará en el mismo directorio en el que está el archivo del muro (directorio de trabajo). No obstante, con el botón *Examinar* se podrá seleccionar una ruta alternativa en la que se desea guardar el documento.

En el listado se presentan para cada módulo y para cada situación y combinación los siguientes resultados:

- Reacciones en la base de la zapata para cada sección transversal de cálculo:
 - Reacción vertical (N).
 - Reacción horizontal (H).
 - Momento (M) respecto al centro de la zapata.
- Presiones en la base de la zapata:
 - Tensiones en los extremos de la ley de distribución de tensiones (σ_1 y σ_2) y anchura (b) de la ley de presiones y tipo de la distribución (uniforme o lineal).
- Resultados de la verificación de hundimiento:
 - Presión máxima.
 - Presión de hundimiento.
 - Factor de seguridad mínimo (en normativa española y Eurocódigos).
 - Factor de seguridad admisible (en normativa española y Eurocódigos).
 - Resultado de la verificación.

4.6 Orden Rotura por flexión

Al seleccionar esta opción y activar la opción *Informe* que aparece en el menú principal, se obtiene un informe con los resultados del cálculo a flexión de todos los módulos del muro.

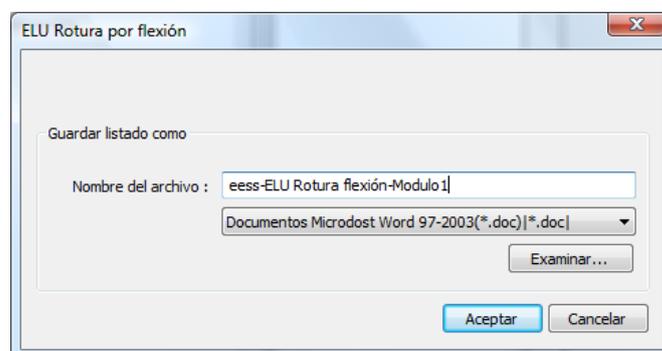


Figura 4.6-1: Ventana para la introducción del nombre y formato del documento.

Al ejecutar esta opción se debe introducir el nombre del archivo con el que se quiere guardar el documento de la memoria y el formato del documento en la ventana que aparecerá al seleccionar la opción de *Informe* (Figura 4.6-1).

Por defecto el documento se guardará en el mismo directorio en el que está el archivo del muro (directorio de trabajo). No obstante, con el botón *Examinar* se podrá seleccionar una ruta alternativa en la que se desea guardar el documento.

En el listado se presentan para el alzado, la zapata y el tacón si lo hubiere, los esfuerzos de cálculo, las armaduras de flexión necesarias y las cuantías mínimas geométricas y mecánicas para cada una de las secciones transversales que se hayan definido, y para cada

una de las situaciones y combinaciones. Se proporciona también una tabla final con la envolvente de armaduras.

Las cuantías que figuran en este listado corresponden únicamente al cálculo de rotura por flexión; es decir, no incluyen la eventual armadura que pueda ser necesaria por fisuración, la cual se muestra en el listado de fisuración.

4.7 Orden *Fisuración*

Al seleccionar esta opción y activar la opción *Informe* que aparece en el menú principal, se obtiene un informe con los resultados del cálculo a fisuración de todos los módulos del muro.

Al ejecutar esta opción se debe introducir el nombre del archivo con el que se quiere guardar el documento del cálculo a fisuración y el formato del documento en la ventana que aparecerá al seleccionar la opción de *Informe* (Figura 4.7-1).

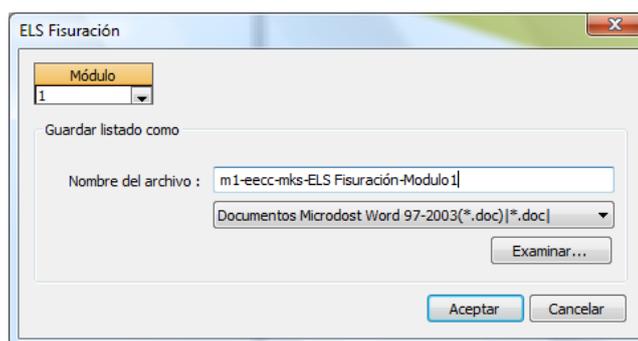


Figura 4.7-1: Ventana para la introducción del nombre y formato del documento.

Por defecto el documento se guardará en el mismo directorio en el que está el archivo del muro (directorio de trabajo). No obstante, con el botón *Examinar* se podrá seleccionar la ruta en la que se desea guardar el documento.

En el informe se presentan para el alzado, la zapata y el tacón si lo hubiere, los resultados del cálculo a fisuración, esto es, los esfuerzos de cálculo y la armadura necesaria para que se cumpla la verificación de fisuración. En el caso de la normativa española y la europea, *CivilCAD3000* va aumentando la armadura de forma progresiva hasta que la anchura de fisura calculada sea inferior a la anchura de fisura máxima admisible; en el caso de la normativa americana se procede de igual forma pero la condición a verificar es que la separación de las armaduras sea inferior a la separación máxima admisible. En ambos casos la iteración parte de la armadura obtenida del cálculo a flexión, por lo que la armadura que se proporciona en este informe corresponde a la armadura a disponer en el armado del muro.

4.8 Orden *Rotura por cortante*

Al seleccionar esta opción y activar la opción *Informe* que aparece en el menú principal, se obtiene un informe con los resultados del cálculo a cortante de todos los módulos del muro.

Al ejecutar esta opción se debe introducir el nombre del archivo con el que se quiere guardar el documento del cálculo a cortante y el formato del documento en la ventana que aparecerá al seleccionar la opción de *Informe* (Figura 4.8-1).

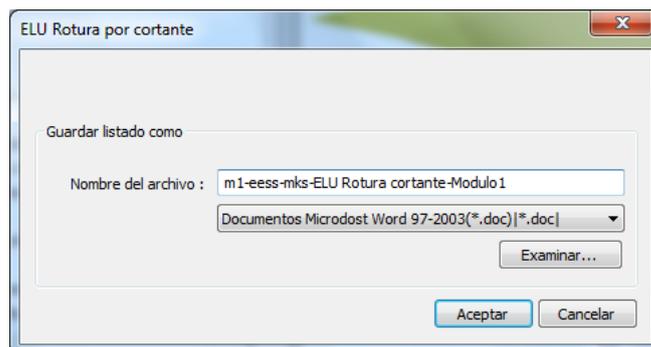


Figura 4.8-1: Ventana para la introducción del nombre y formato del documento.

Por defecto el documento se guardará en el mismo directorio en el que está el archivo del muro (directorio de trabajo). No obstante, con el botón *Examinar* se podrá seleccionar la ruta en la que se desea guardar el documento.

El informe presenta los resultados de forma diferenciada para el alzado, la zapata y el tacón si lo hubiese. En cada caso se proporcionan las envolventes de esfuerzos así como los esfuerzos que proporcionan la armadura máxima; a continuación se presentan los resultados del cálculo a cortante con la verificación de resistencia de las bielas de compresión, la armadura de cortante necesaria por cálculo y la mínima fijada por la normativa. Se incluye también una tabla final con la envolvente de armaduras para el alzado, la zapata y el tacón.

4.9 Orden *Deformaciones*

Al seleccionar esta opción y activar la opción *Informe* que aparece en el menú principal, se obtiene un informe con los resultados del cálculo de los movimientos en la coronación de todos los módulos del muro.

Al ejecutar esta opción se debe introducir el nombre del archivo con el que se quiere guardar el documento del cálculo a cortante y el formato del documento en la ventana que aparecerá al seleccionar la opción de *Listado* (Figura 4.9-1).

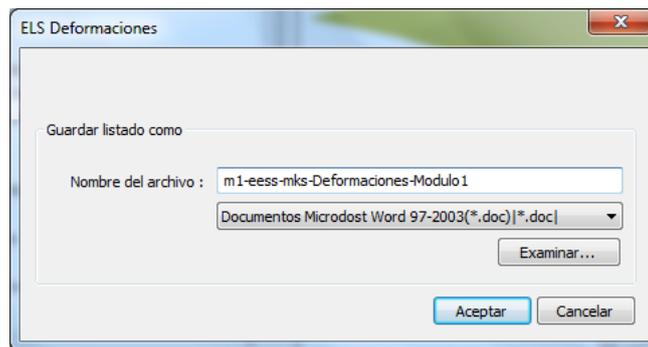


Figura 4.9-1: Ventana para la introducción del nombre y formato del documento.

Por defecto el documento se guardará en el mismo directorio en el que está el archivo del muro (directorio de trabajo). No obstante, con el botón *Examinar* se podrá seleccionar una ruta alternativa en la que se desea guardar el documento.

Los movimientos calculados corresponden a la deformación del alzado del muro, no incluyendo por tanto los movimientos derivados del giro de la cimentación. Así mismo, los movimientos y giros corresponden a las deformaciones elásticas, es decir, considerando inercias no fisuradas. Tampoco incluyen la deformación por efectos reológicos (fluencia).

El informe presenta en primer lugar el movimiento horizontal y el giro de la coronación del muro de cada una de las acciones por separado, obtenidos con el valor característico de las acciones (es decir, no mayorados).

A continuación se muestran los movimientos totales para cada una de las situaciones y combinaciones de cálculo, dándose los valores correspondientes a la hipótesis más desfavorable.

Finalmente se compara el valor máximo del movimiento horizontal con el movimiento máximo admisible.

4.10 Orden *Generación de armado*

Al seleccionar esta opción y activar la opción *Consulta* que aparece en el menú principal, aparece la ventana de la Figura 4.10-1. En la parte superior derecha de la ventana el usuario debe seleccionar el módulo y el elemento estructural (alzado, zapata o tacón) del cual se quiere consultar el despiece de armado; una vez seleccionado se debe ejecutar el cálculo activando el botón *Calcular* situado en la parte inferior izquierda de la ventana (recuadro rojo de la Figura 4.10-1)

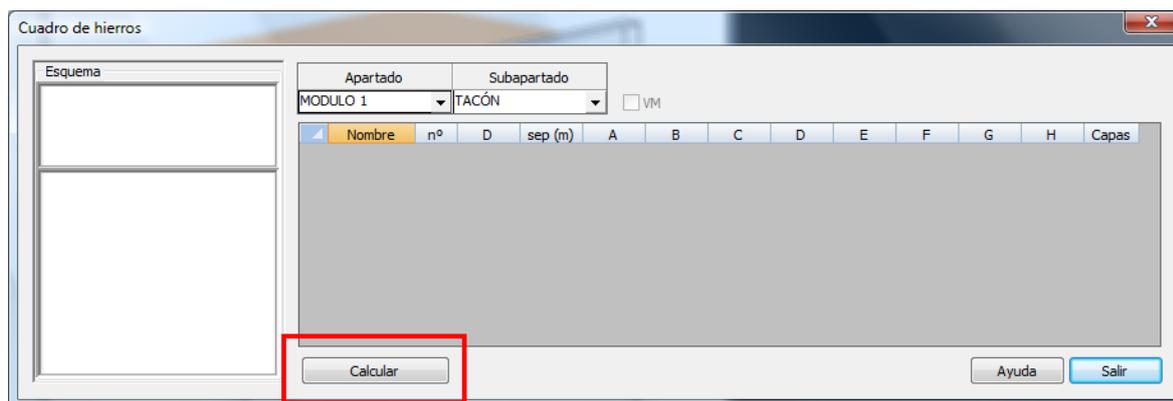


Figura 4.10-1: Ventana de consulta del armado.

Una vez ejecutado el cálculo en el diálogo señalado en la Figura 4.10-2 se mostrará para cada posición de armado del elemento estructural el número que identifica la posición (Nombre), el número de barras (nº), la identificación del diámetro de la barra (D), la separación entre barras (*sep*) y las dimensiones de los trozos de la misma (A, B, C, etc.); en la Figura superior de la ventana se muestra la forma de la barra seleccionada.

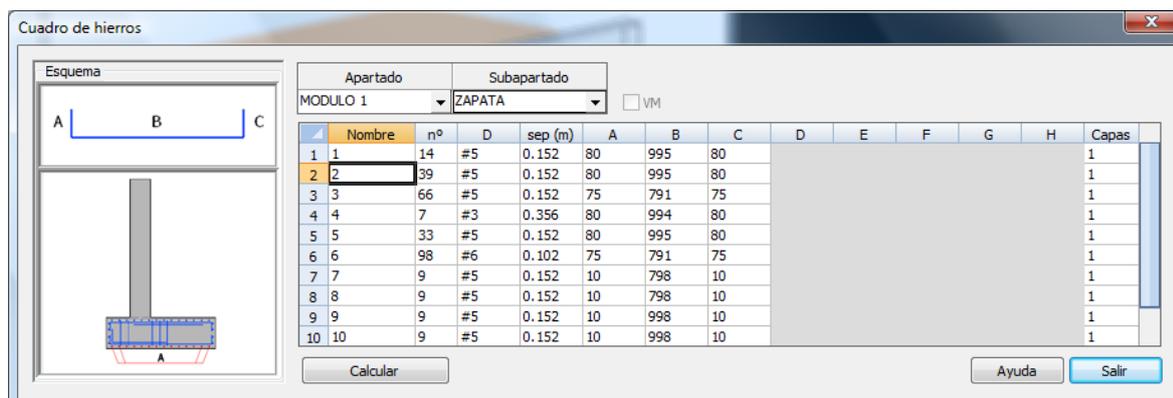


Figura 4.10-2: Diálogo de definición de cada posición del armado.

4.11 Orden Mediciones

5 SALIDA

Bajo el epígrafe *Salida* se engloban las opciones de salida de resultados, que se organizan en las tres opciones siguientes (ver Figura 5-1):

- Memoria de cálculo.
- Planos.
- Mediciones.

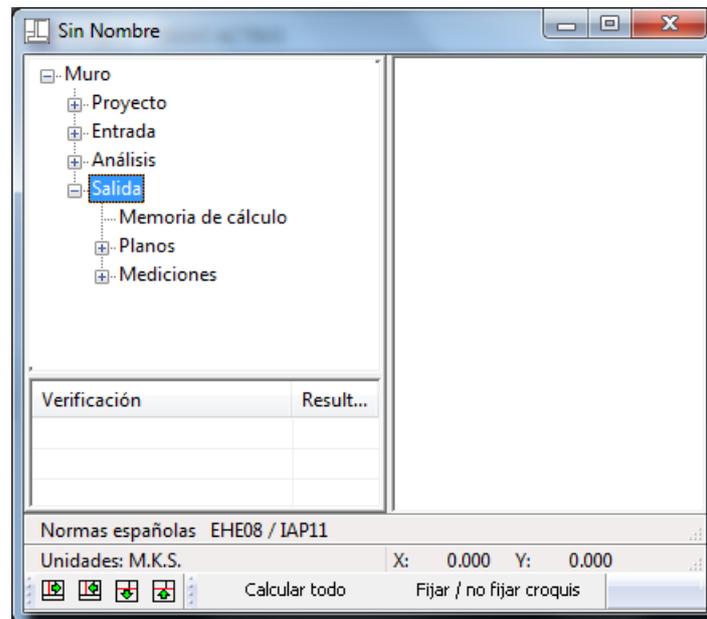


Figura 5-1: Opciones de salida de resultados.

En los siguientes apartados se explican los resultados que se pueden obtener con cada una de las órdenes definidas.

5.1 Orden *Memoria de cálculo*

Al seleccionar la opción *Memoria de cálculo*, aparece en pantalla la ventana de la Figura 5.1-1 que permite configurar el contenido de la memoria de cálculo.

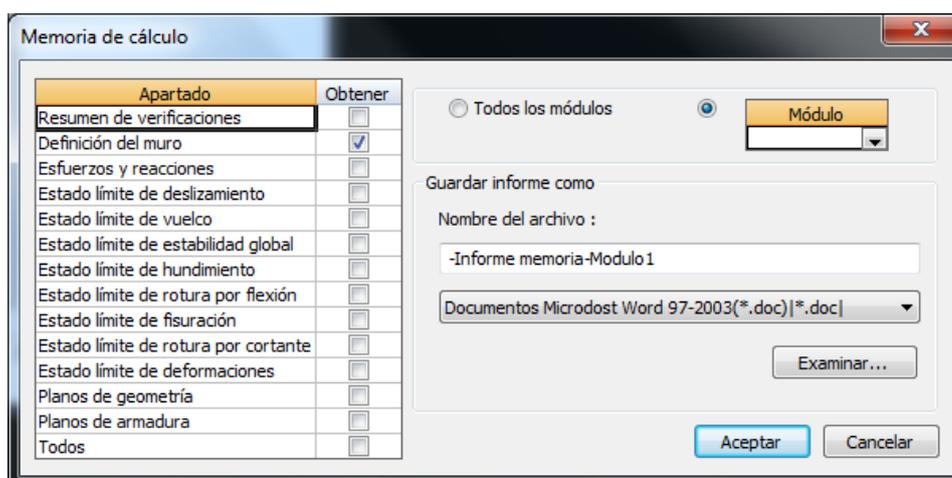


Figura 5.1-1: Ventana correspondiente a la memoria de cálculo.

La memoria se estructura en los siguientes apartados:

- *Resumen de verificaciones:* Relación de las verificaciones para cada uno de las comprobaciones (hundimiento, vuelco, deslizamiento, etc.) en la que se indica si se cumple (verifica) o no la comprobación.
- *Definición del muro:* Corresponde a la definición del muro, tanto de la geometría y del terreno como de las cargas. En este apartado se escriben todos los datos correspondientes a la Entrada de Datos.
- *Esfuerzos y reacciones:* Se incluyen en este apartado los esfuerzos característicos (sin mayorar) en el alzado del muro para cada una de las acciones, así como las cargas actuando sobre el alzado y sobre la zapata, y la resultante de esfuerzos en la base de la zapata.
- *Estado límite de deslizamiento:* Presenta los resultados del cálculo a deslizamiento para la hipótesis más desfavorable de cada combinación.
- *Estado límite de vuelco:* Presenta los resultados del cálculo a vuelco para la hipótesis más desfavorable de cada combinación.
- *Estado límite de estabilidad global:* Presenta los resultados del cálculo de la estabilidad global para la hipótesis más desfavorable de cada combinación.
- *Estado límite de hundimiento:* Presenta los resultados del cálculo a hundimiento para la hipótesis más desfavorable de cada combinación.
- *Estado límite de rotura por flexión:* Presenta los esfuerzos de diseño y las armaduras resultantes para las distintas secciones de cálculo. La armadura de este informe no incluye la armadura necesaria para la fisuración.
- *Estado límite de fisuración:* Presenta los resultados del cálculo a fisuración, incluyendo los esfuerzos de cálculo, las aberturas de fisura y la armadura resultante del cálculo indicando diámetro y separación de las barras. La armadura obtenida en este apartado ya incluye la armadura de rotura por flexión.
- *Estado límite de rotura por cortante:* Presenta los esfuerzos de diseño y las armaduras resultantes para las distintas secciones de cálculo, así como las verificaciones correspondientes en función de la normativa.

- *Estado límite de deformaciones*: Presenta los movimientos y giros máximos en coronación de muro y las verificaciones correspondientes respecto al movimiento máximo admisible.
- *Planos de geometría*: Al seleccionar esta opción se incluyen en la memoria los planos de geometría del muro.
- *Planos de armadura*: Al seleccionar esta opción se incluyen en la memoria los planos de armaduras del muro.

Con el diálogo que se señala en la Figura 5.1-2 se deben seleccionar las opciones que se desea que se incluyan en la memoria. Si se selecciona la opción *Todos* se marcarán automáticamente todas las opciones.

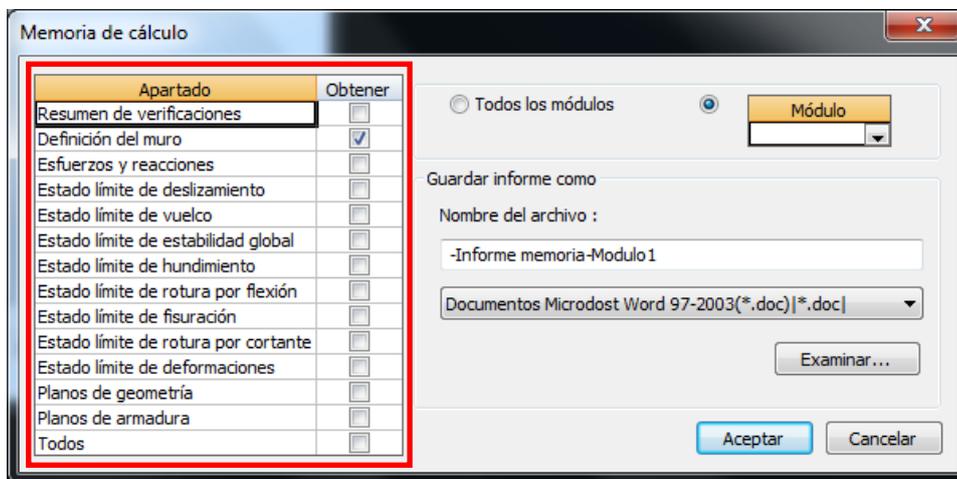


Figura 5.1-2: Diálogo para seleccionar las opciones que se desean listar.

Además existe la opción de obtener la memoria de todos los módulos que componen el muro o solo el de un módulo. Para ello debe seleccionarse la opción de un módulo y seleccionar a continuación el módulo que se desea analizar (ver Figura 5.1-3).

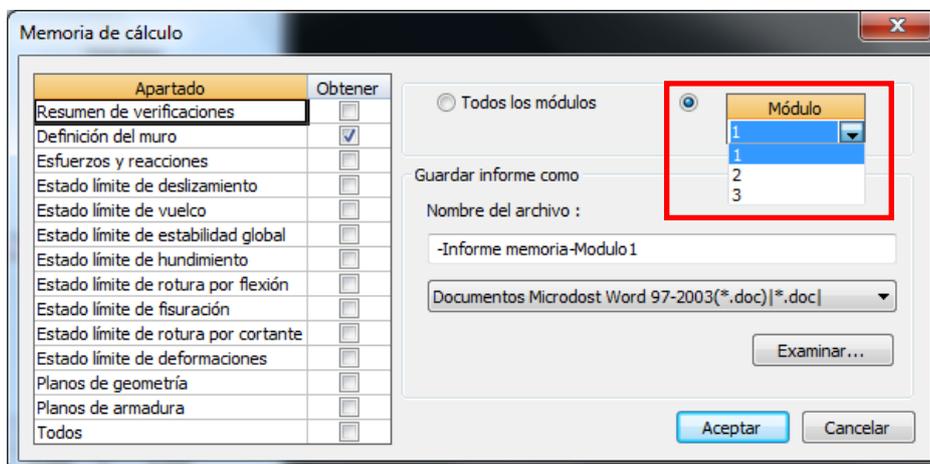


Figura 5.1-3: Selección del módulo del cual se quiere obtener la memoria de cálculo.

Finalmente se debe introducir el nombre del archivo con el que se quiere guardar el documento de la memoria y el formato del documento. Para ello debe apretarse el botón señalado en la Figura 5.1-4 para desplegar las distintas opciones de formato disponibles.

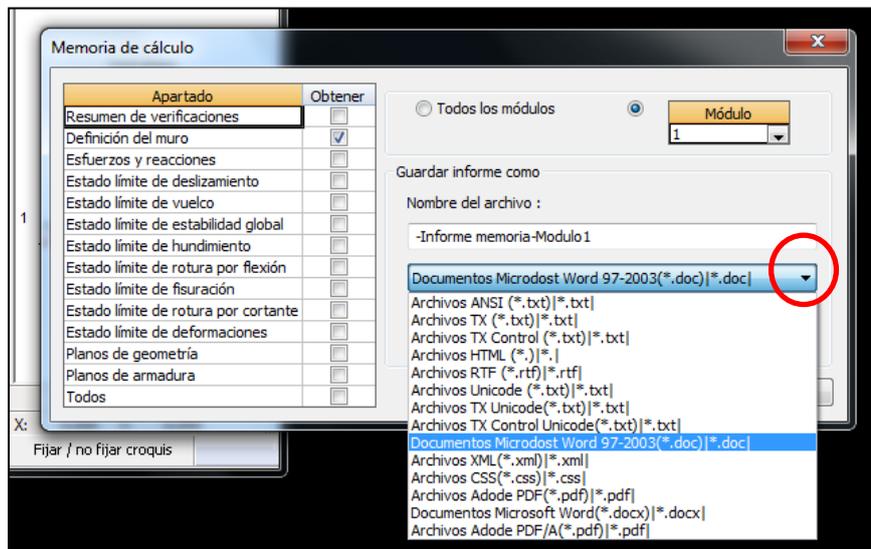


Figura 5.1-4: Selección del formato del documento de la memoria.

Por defecto el documento de la memoria se guardará en el mismo directorio en el que está el archivo del muro (directorio de trabajo). No obstante, con el botón *Examinar* se podrá seleccionar una ruta alternativa en la que se desea guardar el documento.

5.2 Orden Planos

La orden Planos permite generar los planos de geometría y los planos de armadura del muro. Al activar esta orden se despliega en el menú principal dos opciones, que a su vez permiten acceder a las órdenes de generación de los distintos planos:

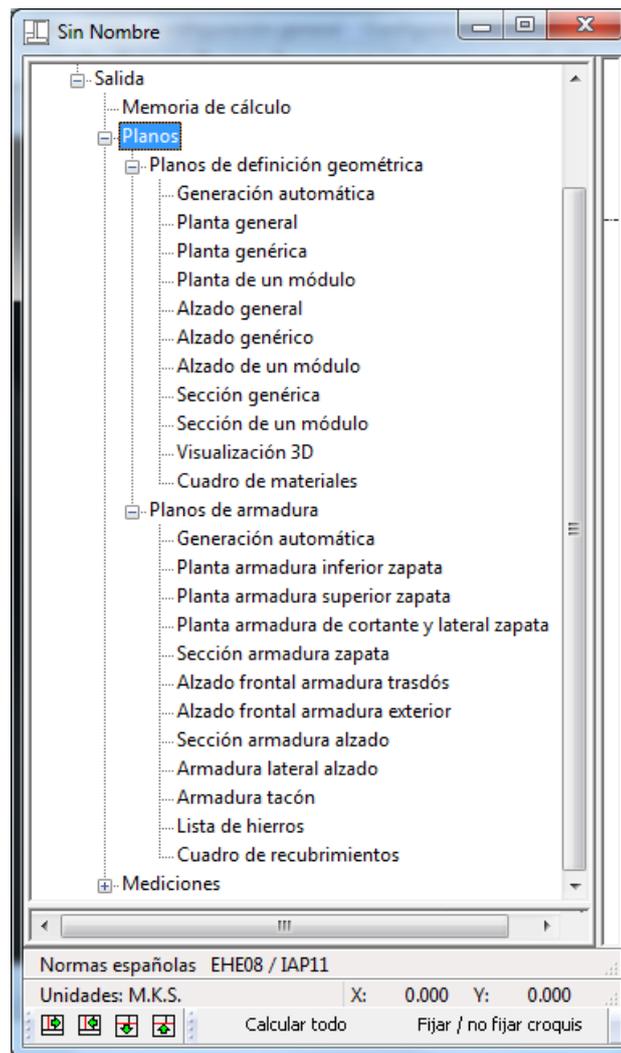


Figura 5.2-1: Opciones de la orden Planos en el menú principal.

5.2.1 Orden *Planos de definición geométrica*

Al seleccionar la orden *Planos de definición geométrica* se despliegan en el menú principal las distintas opciones de figuras que se pueden generar para la composición del plano (ver Figura 5.2-1). A continuación se describen las figuras que pueden obtenerse con cada una de las opciones.

- *Generación automática:* Esta opción permite obtener de forma automática los planos de geometría del muro; se incluyen por tanto todas las figuras necesarias para la definición del muro. *CivilCAD3000* selecciona las escalas adecuadas para cada una de las figuras para una correcta configuración del plano. Una vez generados los planos automáticamente, el usuario puede modificarlos, añadiendo o eliminando figuras o bien cambiando las características que definen las figuras (para ello hay que pinchar la figura a cambiar con el botón derecho del ratón y elegir la orden deseada del menú emergente).
- *Planta general:* Esta orden permite generar la figura de planta del muro incluyendo todos los módulos.

- *Planta genérica*: Esta orden genera la planta de un módulo genérico del muro y la *acota* con letras a modo de parámetros, los cuales quedan definidos en una tabla que se genera conjuntamente con la figura.
- *Planta de un módulo*: Genera la figura de la planta del módulo seleccionado. Al seleccionar esta opción aparece en pantalla una ventana en la que debe seleccionarse el módulo y la escala del dibujo.
- *Alzado general*: Esta opción genera el alzado frontal desplegado del muro; se incluyen por tanto todos los módulos que forman el muro.
- *Alzado genérico*: Esta orden genera el alzado frontal de un módulo genérico del muro y lo *acota* con letras a modo de parámetros, los cuales quedan definidos en una tabla que se genera conjuntamente con la figura.
- *Alzado de un módulo*: Genera la figura del alzado del módulo seleccionado. Al seleccionar esta opción aparece en pantalla una ventana en la que debe seleccionarse el módulo y la escala del dibujo.
- *Sección genérica*: Esta orden genera la sección transversal de un módulo genérico del muro y la *acota* con letras a modo de parámetros, los cuales quedan definidos en una tabla que se genera conjuntamente con la figura.
- *Sección de un módulo*: Genera la figura de la sección transversal del módulo seleccionado; la sección representada corresponde a la sección media. Al seleccionar esta opción aparece en pantalla una ventana en la que debe seleccionarse el módulo y la escala del dibujo.
- *Visualización 3D*: Con esta orden se obtiene una representación 3D del conjunto de todos los módulos en perspectiva axonométrica.
- *Cuadro de materiales*: Con esta opción se genera del cuadro de definición de los materiales utilizados en cada elemento estructural (zapata y alzado), tanto en lo que se refiere al hormigón como al acero.

Al seleccionar cualquiera de las opciones anteriores *CivilCAD3000* pregunta la escala con la cual se desea generar la figura y el punto de inserción de la ventana del plano en la que debe insertarse la figura.

5.2.2 Orden *Planos de armadura*

Al seleccionar la orden *Planos de armadura* se despliegan en el menú principal las distintas opciones de figuras que se pueden generar para la composición del plano (ver Figura 5.2-1). A continuación se describen las figuras que pueden obtenerse con cada una de las opciones.

- *Generación automática*: Esta opción permite obtener de forma automática los planos de armadura del muro; incluye por tanto todas las figuras necesarias para la definición de las armaduras del muro. *CivilCAD3000* selecciona las escalas adecuadas para cada una de las figuras para la adecuada configuración del plano. Una vez generados los planos automáticamente, el usuario puede modificarlos, añadiendo o eliminando figuras o bien cambiando las características que definen las figuras (para ello hay que pinchar la figura a modificar con el botón derecho del ratón y elegir la orden deseada del menú emergente).
- *Planta armadura inferior zapata*: Esta orden permite generar la figura de la planta de las armaduras de la cara inferior de la zapata del módulo seleccionado. Al seleccionar

esta opción aparece en pantalla la ventana de la Figura 5.2.2-1 donde debe introducirse la escala de la figura y seleccionar el módulo del cual se quiere obtener la armadura.

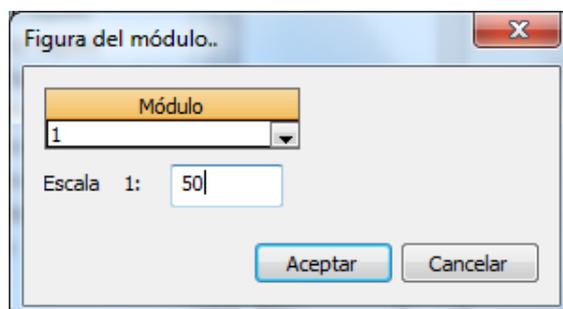


Figura 5.2.2-1: Ventana para la entrada de la escala y la selección del módulo

- *Planta armadura superior zapata:* Esta orden permite generar la figura de la planta de las armaduras de la cara superior de la zapata del módulo seleccionado.
- *Planta armadura de cortante y lateral zapata:* Esta orden permite generar la figura de la planta de las armaduras de cortante y la armadura de piel de las caras laterales de la zapata del módulo seleccionado.
- *Sección armadura zapata:* Esta opción genera la figura de armado de la sección transversal de la zapata del módulo seleccionado; la sección representada se corresponde con la sección central del módulo.
- *Alzado frontal armadura trasdós:* Esta orden genera la figura del armado del trasdós del alzado frontal del módulo seleccionado.
- *Alzado frontal armadura exterior:* Esta orden genera la figura del armado del trasdós del alzado frontal del módulo seleccionado.
- *Sección armadura alzado:* Esta opción genera la figura de armado de la sección transversal del alzado del módulo seleccionado; la sección representada se corresponde con la sección central del módulo.
- *Armadura lateral alzado:* Con esta opción se generan las figuras de los dos alzados laterales del alzado del módulo seleccionado.
- *Armadura tacón:* Al seleccionar esta opción se genera la figura de armado de la sección transversal del tacón.
- *Lista de hierros:* Al seleccionar esta opción *CivilCAD3000* dibujará la lista de hierros del muro. Para ello el usuario debe seleccionar el punto de inserción en el dibujo; en este momento aparecerá la ventana de la Figura 5.2.2-2 que permite configurar las posiciones que se desea que salgan en la Lista de hierros, fijando la posición inicial y final y la dimensión de la altura de cada una de las posiciones de armado en la lista.

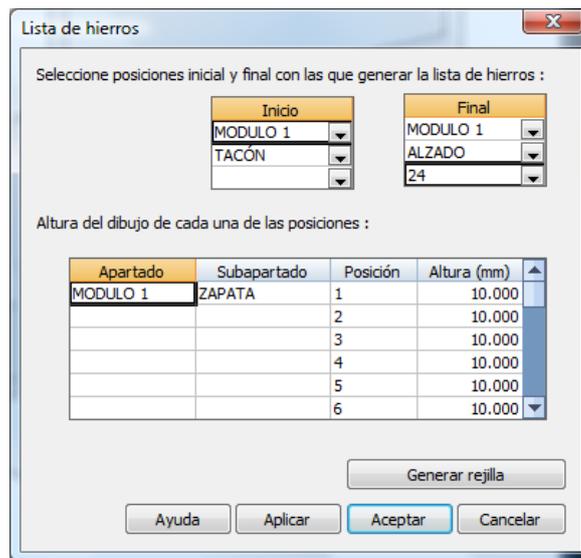


Figura 5.2.2-2: Ventana de configuración de la Lista de hierros.

- *Cuadro de recubrimientos:* Con esta opción se genera el cuadro de recubrimientos en que se especifican los recubrimientos geométricos para la zapata y el alzado.

Al seleccionar cualquiera de las opciones anteriores *CivilCAD3000* pregunta la escala con la cual se desea generar la figura y el punto de inserción de la ventana del plano en la que debe insertarse la figura.

5.3 Orden Mediciones

Al seleccionar esta opción se despliegan en el menú principal las órdenes *Listado de mediciones* y *Listado de mediciones y precios* (ver Figura 5.3-1). La primera de ellas permite obtener un listado de las mediciones del muro en base a las actividades de obra definidas en la Base de Precios (ver apartado 2.1.6). La segunda genera un listado con las mediciones y la valoración económica en base a los precios de la Base de Precios.

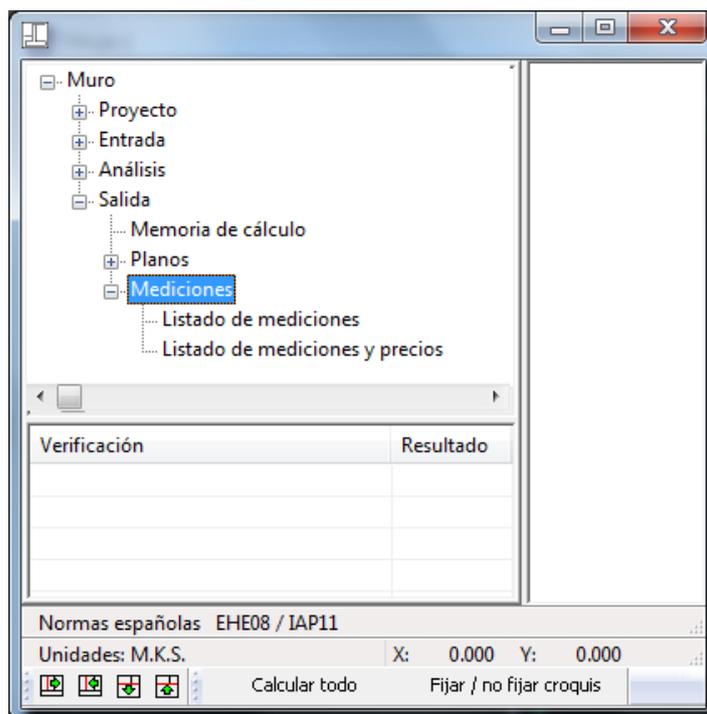


Figura 5.3-1: Opciones del menú principal para la obtención de las mediciones.

5.3.1 Orden *Listado de mediciones*

Al seleccionar esta opción aparece en pantalla la ventana de la Figura 5.3.1-1.

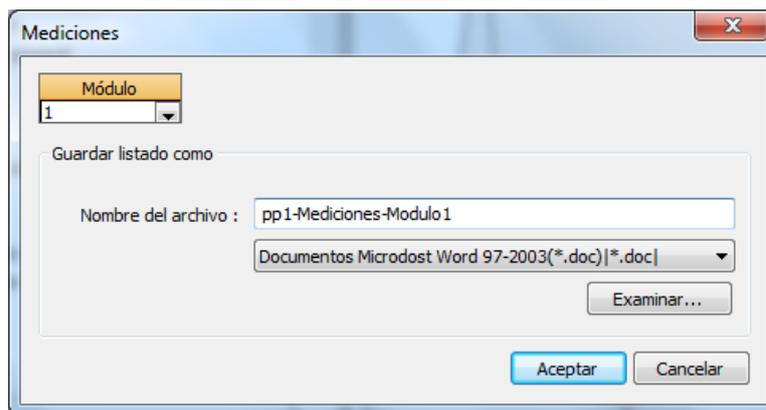


Figura 5.3.1-1: Selección del formato del documento de la memoria.

En este diálogo se debe seleccionar el módulo del cual se quieren obtener las mediciones e introducir el nombre del documento que se generará con las mediciones (cadena alfanumérica) y finalmente seleccionar el formato del documento. Para ello debe apretarse el botón señalado en la Figura 5.3.1-2 para desplegar las distintas opciones de formato disponibles.

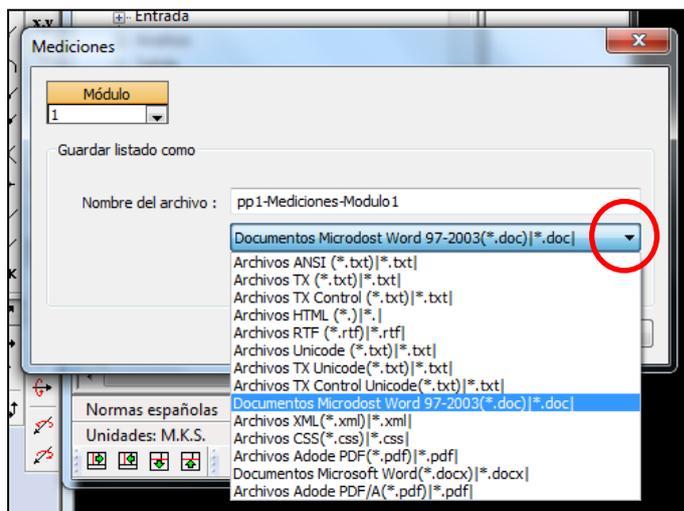


Figura 5.3.1-2: Selección del formato del documento de la memoria.

Por defecto el documento de las mediciones se guardará en el mismo directorio en el que está el archivo del muro (directorio de trabajo). No obstante, con el botón *Examinar* se podrá seleccionar la ruta en la que se desea guardar el documento.

5.3.2 Orden *Listado de mediciones y precios*

En esta opción se opera de igual forma que en la obtención del Listado de mediciones (ver apartado 5.3.1, pero el documento que se genera contiene además de las mediciones la valoración económica de cada unidad y la valoración total del módulo del muro seleccionado. La valoración se realiza en base a los precios de la Base de Precios seleccionada en la opción *Proyecto/Configuración* del menú principal.

6 REFERENCIAS

- [1] JOSÉ MARÍA RODRIGUEZ ORTIZ. “Curso aplicado de cimentaciones”. Ed. Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, 1986. 3ª Edición.
- [2] “Guía de cimentaciones en obras de carreteras”. Ed. Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica. Ministerio de Fomento, 2004. 2ª Edición.
- [3] “Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera”. Ed. Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica. Ministerio de Fomento, 2011. 1ª Edición.
- [4] “Norma de construcción sismorresistente: Puentes (NCSP-07)”. Ed. Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica. Ministerio de Fomento, 2007. 1ª Edición.
- [5] “EHE-08. Instrucción de Hormigón”. Ed. Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica. Ministerio de Fomento, 2008. 1ª Edición revisada.
- [7] “Eurocódigo 0: EN-1990:2001. Bases de diseño estructural”.
- [8] “Eurocódigo 0: EN-1990:2003/A2. Bases de diseño estructural. Anejo 2. Aplicación en puentes”.
- [9] “Eurocódigo 1: EN-1991:2003. Acciones en estructuras”.
- [10] “Eurocódigo 2: EN-1992:2005. Diseño de estructuras de hormigón”.
- [11] “Eurocódigo 7: EN-1997:2004. Diseño geotécnico”.
- [12] “Eurocódigo 8. Parte 1: EN-1998-1:2004. Diseño de estructuras resistentes al sismo. Normas generales, acciones sísmicas y normas para edificación”.
- [13] “Eurocódigo 8. Parte 2: EN-1998-2:2005. Diseño de estructuras resistentes al sismo. Puentes”.
- [14] “Eurocódigo 8. Parte 5: EN-1998-5:2004. Diseño de estructuras resistentes al sismo. Cimentaciones, estructuras de retención y aspectos geotécnicos”.
- [15] “AASHTO LRFD Design Specifications”. Ed. American Association of State Highway and Transportation Officials, 2010. 1ª Edición
- [16] “Código Técnico de la Edificación. Documento Básico SE Seguridad Estructural”. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo (BOE núm. 74, de 28 de marzo).