

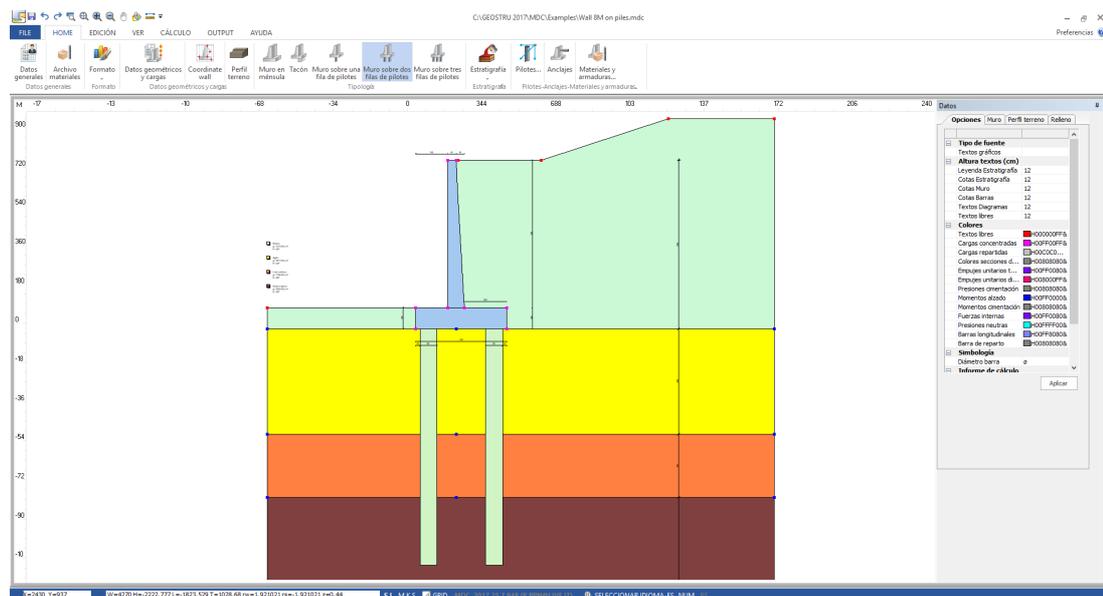
# MDC

<b>Part I MDC</b>	<b>1</b>
1 Datos Generales .....	2
2 Database materiales .....	4
3 Datos geométricos y cargas .....	6
4 Perfil terreno .....	10
5 Relleno .....	11
6 Estratigrafía .....	12
7 Pilotes .....	14
8 Anclajes .....	16
9 Materiales y armaduras .....	19
10 Cálculo .....	22
11 Cómputo .....	25
12 Análisis de estabilidad global .....	25
13 Diagramas .....	27
14 Armadura .....	28
15 Traslazione piano-campaga .....	30
16 Coordinate muro .....	30
17 Mensola a valle .....	31
18 Opciones .....	32
19 Exportar .....	33
20 Contrafuertes .....	33
Muro a gravità .....	35
21 Utility .....	36
Tabelle di conversione .....	36
Database caratteristiche fisiche terreno .....	37
22 Geoapp .....	41
Sección Geoapp .....	42
23 Cenni teorici .....	42
Modelo de cálculo .....	42
Normativa .....	44
Cálculo del empuje activo con Coulomb .....	45
Carga límite cimentaciones superficiales sobre terreno .....	51
Cálculo de pilotes de cimentación .....	56
Estabilidad global .....	60
Cálculo deslizamientos .....	61
Amplitud de las fisuras .....	63
Sismo .....	64
Acción sísmica .....	64
Eurocodice 8 .....	65
24 Configuración inicial .....	65
25 Bibliografía .....	69
26 Comandos short cut .....	70
27 Contatti .....	71



# 1 MDC

Programa para el análisis de muros de contención en hormigón armado con cimentaciones directas o sobre pilotes y con anclajes. El software efectúa un cálculo geotécnico utilizando, a elección del usuario, las teorías adoptadas normalmente en geotecnia y efectúa todas las verificaciones prescritas por la normativa actual, entre ellas la de estabilidad global, incluso en condiciones sísmicas.



MDC permite, gracias a sus numerosas opciones, realizar el análisis de muros de contención con una amplia casuística.

Muros en CA; Muros a gravedad; Muros sobre pilotes y micropilotes; Muros con anclajes; Muros en ménsula lado monte; Tacón de cimentación; Muro a escalones lato montaña; Muro svasato lado valle y lado monte; Acciones agentes en el muro: FX, FY, MZ en n puntos; Muros de sótano.

Terreno estratificado; Con terraplén; Cargas sobre terraplén; Terreno con tramos inclinados lado monte y valle; Presencia de nivel freático, incluso suspendido; Posibilidad de incluir el relleno (drenaje) lado monte.

Diagramas de las tensiones; Editor de las armaduras con vista 3D.

Análisis de estabilidad global con: FELLENIUS, BISHOP, JANBU, BELL, SARMA, SPENCER, MORGENSTERN e PRICE, DEM.

## 1.1 Datos Generales

En esta ventana el usuario debe hacer ciertas elecciones de las cuales dependerá el resultado del cálculo.

### Descripción trabajo

En este espacio se puede incluir una descripción sintética del proyecto e indicar el lugar, el proyectista y la fecha.

### Zona

Incluyendo la ubicación con el siguiente formato: calle, ciudad, provincia, país; se especificará automáticamente la zona del trabajo. Como alternativa se asignan las coordenadas en el sistema WGS84, en grados decimales. La zona aparecerá en las impresiones generales y se utilizará para la localización sísmica.

Para poder individuar la zona, el sistema requiere la conexión a internet.

### Normativa

El usuario puede elegir la normativa de referencia a utilizar respectivamente para el cálculo GEO y STR.

### Condiciones ambientales

La elección incide en la verificación del agrietamiento.

### Tipología

Seleccionar la tipología de muro en hormigón armado entre los propuestos (muro en ménsula, con tacón, con una, dos o tres filas de pilotes) con posibilidad de seleccionar muros de gravedad o muros de sótano.

**⚠** Si se elige efectuar el cálculo de un muro a gravedad, el programa hace el cálculo del empuje y las verificaciones del deslizamiento, vuelco y carga última. Además lleva a cabo la verificación de la sección de unión muro-cimentación para controlar que la sección examinada no presente tensiones de tracción, sino solo de compresión. Dicha verificación aparecerá en el informe.

**⚠** Si se elige efectuar el cálculo de un muro de sótano, se aconseja elegir calcular el empuje en régimen de reposo ( $K_0$ ) y considerar una contribución de empuje pasivo muy bajo (mínimo 1%). En la síntesis de resultados el programa da la presión sobre el terreno, la cual tendrá un movimiento casi constante.

El esquema de cálculo adoptado para los muros de sótano es el de una ménsula vinculada en la cabeza de manera tal de no hacerlo desplazar en dirección vertical u horizontal.

Para tal tipología de muro el desplazamiento en cabeza resulta impedido, por lo tanto el programa efectúa solo la verificación de carga última sobre el terreno de cimentación y omite las de vuelco y deslizamiento.

## Empuje

En este campo el usuario puede elegir entre efectuar el cálculo del empuje del terreno en régimen de empuje en reposo (por ej. para muros de sótano) o de empuje activo. Para este último, se puede optar por la teoría de Rankine, válida para terraplenes horizontales y ausencia de rozamiento suelo-muro ( $d = 0$ ), o por la de Mononobe & Okabe (válida en condiciones sísmicas) que se remonta a la teoría de Coulomb en ausencia de sismo. Además para el terreno del lado externo del muro, en régimen de empuje pasivo, se puede elegir el porcentaje de empuje efectivamente movilizado. El empuje pasivo viene evaluado por el programa solo en el tramo de terreno de la puntera y no sobre el de recubrimiento de la misma (Ver panel Relleno).

Para el análisis del aumento de empuje sísmico se requiere elegir el punto de aplicación: el diagrama de los empujes sísmicos se puede considerar triangular, eligiendo el punto de aplicación del resultado a  $1/3$  de  $H$  de la base del muro o a  $2/3$  de  $H$  (diagrama triangular invertido), o constante en la altura del muro, eligiendo el punto de aplicación del resultado en  $1/2$ .

## Coeficientes globales margen de seguridad

Representan el margen de seguridad requerido en las cuatro verificaciones. Tales valores los elige el usuario y una vez establecidos se pueden guardar como valores predefinidos para otros proyectos.

## 1.2 Database materiales

Cuando se abre el programa o se inicia un nuevo cálculo, se visualiza el archivo fijo en el cual es posible agregar nuevos tipos de conglomerado y acero o modificar los valores presentes.

Cuando se guardan los datos de la sección calculada, se memoriza también el archivo modificado. El programa modifica la nomenclatura usada para definir la resistencia del hormigón dependiendo de si el operador elige el sistema S.I. (internacional) o M.K.S. (técnico).

The screenshot displays the 'Archivo materiales' window, which is divided into several sections:

- Hormigón (Concrete):** A table with columns for N°, Clase Hormigón, fck, cubos [MPa], Ec [MPa], fcd, fctd [MPa], fctm [MPa], Poisson, AlfaT [1/C°], and P.S. [kN/m³]. It lists four concrete classes: C20/25, C25/30, C28/35, and C40/50.
- TIPO ACERO: Coef. de adherencia acero-hormig. con cargas de larga duración o repetidas [generalmente=0.5]**: A table with columns for N°, Tipo Acero, Es [MPa], fyk [MPa], fyd [MPa], ftk [MPa], ftd [MPa], ep\_tk, epd\_ult, β1\*β2 inicial, and β1\*β2 final. It lists three steel types: B450C, B450C\*, and B450C\*\*.
- PARÁMETROS ESTADOS LÍMITE SERVICIO (Abert. fisura - Tensiones Normales)**: A table with columns for Cond. Ambientales, Tipo combinac., Abertura fisuras [mm], aliq. fck, and aliq. fyk. It lists environmental conditions: Rara, Ordinarias, and Agresivas.

On the right side of the interface, there are two stress-strain graphs. The top graph shows the stress-strain curve for concrete, with a peak stress labeled 'fcd' and strain values of 0.20% and 0.35% marked. The bottom graph shows the stress-strain curve for steel, with a yield stress labeled 'fyd' and a strain value of 6.8% marked.

### Hormigón

Clase Hormigón: denominación de la clase de resistencia del conglomerado mediante una definición alfanumérica de no más de 10 caracteres. La normativa establece el empleo de denominaciones normalizadas, por ejemplo: 20/25; 25/30; 28/35; 35/45 etc. definidas

con base en la resistencia característica, respectivamente cilíndrica  $f_{ck}$  y en cubos  $f_{ck,cubos}$  ( $=R_{ck}$ ).

$f_{ck,cubos}$ : Resistencia característica en compresión en cubos del conglomerado.

$E_c$ : Módulo elástico.

$f_{ck}$ : Resistencia cilíndrica característica en compresión.

$f_{cd}$ : Resistencia última de cálculo en compresión,  $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / 1,5$  donde  $\alpha_{cc} = 0,85$  = coef. reducción de las resistencias de larga duración y 1,5 es el coef. seguridad parcial del hormigón

$f_{ctd}$ : Resistencia de cálculo a tracción

$f_{ctm}$ : Resistencia media a tracción

Poisson: Coeficiente de contracción transversal (Poisson)

AlfaT: Coeficiente de dilatación térmica

P.S.: Peso específico del hormigón armado

## Tipo acero

Tipo acero: Denominación del tipo de acero mediante una definición libre alfanumérica de no más de 10 caracteres.

$E_s$ : Módulo elástico instantáneo.

$f_{yk}$ : Límite elástico característico.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo =  $f_{yk} / Y_s$  [ $Y_s$  = coeficiente parcial de seguridad].

$f_{tk}$ : Tensión característica de rotura nominal.

$f_{td}$ : Tensión de rotura de cálculo. Es la tensión reducida con el coeficiente correspondiente a la deformación unitaria a rotura de cálculo igual al 90% de la deformación a rotura característica.

$ep_{tk}$ : Deformación unitaria  $\epsilon_{uk}$  a rotura en el diagrama idealizado del acero igual a 0.01.

$epd_{ult}$ : deformación última de cálculo igual a  $\epsilon_{ud} = 0.9 \epsilon_{uk}$ .

$\beta_{1,*\beta_2}$  (inic.): coef. de adherencia acero hormigón en la primer aplicación de la carga. El programa lo utiliza para verificar la abertura de fisuras en las combinaciones raras de servicio (ELS).

$\beta_{1,*\beta_2}$  (final): coef. de adherencia acero hormigón en cargas de larga duración. El programa lo utiliza para verificar la abertura de fisuras en las combinaciones frecuentes y casi-permanentes de servicio (ELS).

## Parámetros estados límite de servicio (Abert. fisura - Tensiones normales)

**Abert. fisura:** en esta columna se presentan los valores límite de la abertura fisura a según del estado límite y de las condiciones ambientales fijadas (estas últimas se indican en la ventana de los [Datos Generales](#)).

**S.h [alic. fck]:** tensión límite de servicio del hormigón expresada como alícuota de la tensión característica de rotura del hormigón.

**S.a [alic. fyk]:** tensión límite de servicio del acero expresada como alícuota de la tensión característica de rotura del acero.

Los parámetros aparecen por default igual a los previstos en la normativa.

### 1.3 Datos geométricos y cargas

El comando abre una ventana que muestra los paneles de introducción de datos para la definición de la geometría del muro y de las condiciones de cargas sobre el terraplén y el muro.

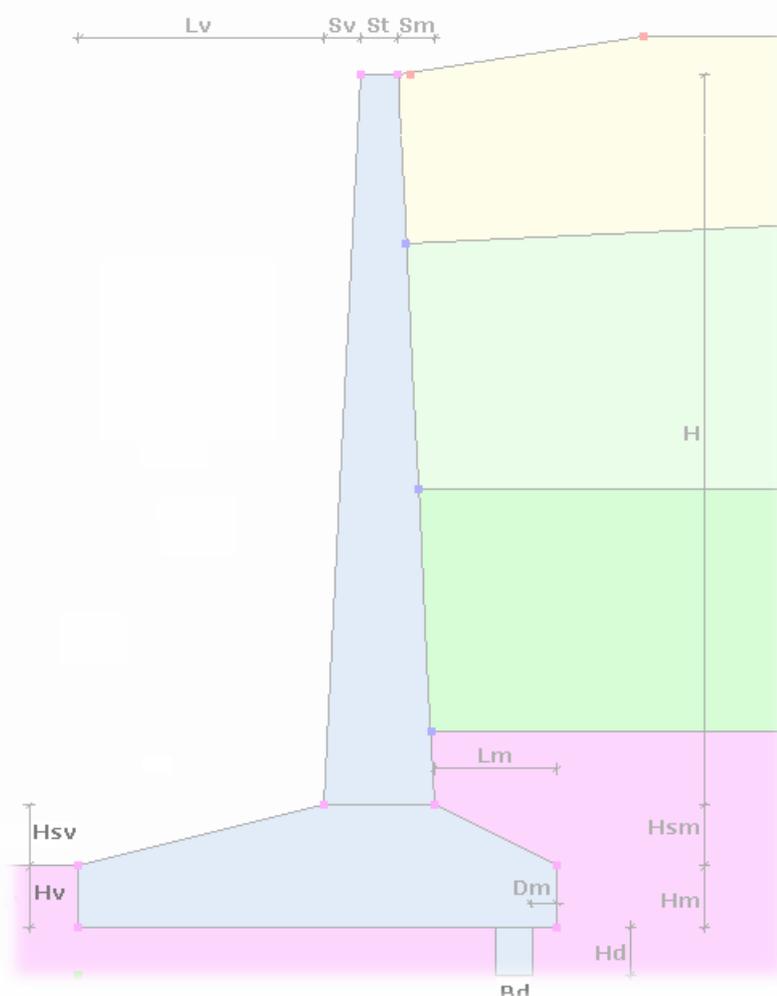
#### Geometría muro

La geometría del muro se define elemento por elemento, es decir, se asignan los respectivos datos geométricos del alzado, de la cimentación, del tacón y de la placa. Además para el paramento interno se puede crear un modelo a escalones con base y altura diferentes. En la

misma ventana de diálogo es posible asignar la presencia de contrafuertes y del hormigón magro de cimentación: estos son visibles solo en muros sin pilotes y se consideran solo en la verificación del estado límite de deslizamiento.

Es posible además indicar la traslación de la coronación y seleccionar la opción "*Cimentación continua*" para indicar 1 como valor del factor de corrección en la forma de la cimentación.

💡 [Véase también muros de contrafuertes](#)



La asignación de las cargas en el programa MDC se puede efectuar eligiendo los respectivos íconos en la barra de Herramientas o en el Menú Home, en "Datos geométricos y cargas".

En los muros de contención se contemplan dos tipos de cargas:

1. cargas repartidas sobre el terraplén;
2. cargas concentradas sobre el muro.

Las primeras se asignan tomando la coronación del muro (arista interna) como origen del sistema de referencia, por lo tanto su posición se define por la distancia desde ese punto (abscisa inicial). Para las segundas (cargas concentradas) el origen del sistema de referencia está en el ángulo inferior de la puntera: cada carga se identifica con las coordenadas X e Y de tal sistema de referencia.

### **Cargas repartidas**

Su extensión está definida por la abscisa inicial y final y el valor puede ser constante o variable linealmente con la misma amplitud. La profundidad de la carga sitúa la posición vertical con respecto a la coronación del muro.

Es posible incluir varias cargas las cuales, en fase de cálculo, se podrán combinar según varios factores de combinación. El Programa evalúa el efecto de las sobrecargas en el empuje activo solo si estas se dan en la cuña de rotura. Cada carga en el terraplén se reparte automáticamente a lo largo de la cuña de rotura. Se puede elegir entre carga uniforme, franja o carga trapezoidal.





The image shows a software interface window titled 'Datos'. It has four tabs: 'Opciones', 'Muro', 'Perfil terreno', and 'Relleno'. The 'Perfil terreno' tab is selected. The window is divided into two main sections: 'Perfil terreno [cm]' and 'Terraplén'. The 'Perfil terreno' section contains six input fields: 'Primer tramo lado interno' (200), 'Inclinación' (0), 'Secondo tratto monte' (200), 'Inclinación' (0), 'Third upstream' (0), 'Primer tramo lado exterior' (300), and 'Inclinación' (0). The 'Terraplén' section contains two input fields: 'Altura' (0 [cm]) and 'Peso terreno' (0 [KN/m³]). An 'Aplicar' button is located at the bottom right of the window.

## 1.5 Relleno

El relleno de la parte interna del muro y en la cimentación se puede asignar en la ficha de **relleno** que aparece a la derecha del área de trabajo

- **Sobre puntera**

Para insertar el relleno sobre la puntera es necesario asignar el peso específico del material, el ángulo de resistencia al corte y altura.

- **Sobre el talón**

Para definir el relleno sobre el talón es necesario asignar el peso específico, el ángulo de resistencia al corte y el de rozamiento terreno-muro.

Los parámetros geotécnicos que caracterizan los dos rellenos son necesarios para el cálculo de las solicitaciones en la cimentación y en el alzado.



**Nota:** Para un correcto funcionamiento del programa, los estratos se deben asignar de arriba abajo.

**Terreno DB:** El usuario puede acceder a una base de datos de terrenos con características geotécnicas comúnmente conocidas.

**Cota inicial estrato [cm]:** Insertar la cota inicial del estrato comenzando desde arriba. Para los estratos sucesivos al primero la cota inicial debe coincidir con la cota final del estrato superior.

**Cota final estrato [cm]:** Insertar la cota final del estrato.

**Incl. [°]:** Inclinación del estrato.

**Nivel freático:** Indicar si el estrato cuenta con nivel freático para considerar el efecto del empuje del agua y el análisis en términos de tensiones eficaces. En tal caso insertar el peso específico total.

**K:** Permeabilidad del estrato.

**Peso específico:** Peso específico del terreno.

**Fi [°]:** Ángulo de resistencia al corte del terreno. En presencia del nivel freático indicar el parámetro eficaz.

**c:** Cohesión terreno. En presencia de nivel freático indicar el parámetro eficaz.

**delta [°]:** Ángulo de rozamiento terreno-muro.

**Módulo Elástico:** Módulo elástico del estrato, necesario para el cálculo de los asentos en presencia de pilotes.

**Textura:** Hacer clic en esta casilla para obtener la paleta de colores y elegir los colores de los estratos.

**Descripción:** Insertar una descripción sintética de la litología.



*En las verificaciones globales (carga última, vuelco, deslizamiento), la pared de empuje sería el plano que pasa por el lado interno de la fundación. A lo largo de este plano, el rozamiento que se genera en presencia de talón es rozamiento terreno-terreno y no terreno-pared. En cambio, en los casos en que no haya talón o que el mismo sea*

*insignificante, se puede asumir que a lo largo del mencionado plano se genere rozamiento terreno-muro y por lo tanto el empuje calculado con la teoría de Coulomb será inclinado cuanto el ángulo de rozamiento terreno-muro. En tales casos se le puede imponer al programa que use el ángulo de rozamiento terreno-muro para las verificaciones globales, marcando la opción presente en la parte inferior del área de definición de la estratigrafía.*

**⚠ Atención:**

Si no se asignan los datos en colapso por deslizamiento y carga última, el software asume los valores del estrato en donde se encuentra la cimentación del muro.

En caso que se asignen manualmente, es necesario hacerlo para ambos. Por ejemplo, si se desea asignar una adhesión de 100 Kpa, se debe asignar también el rozamiento en cimentación.

Una vez seleccionado el estrato será también posible asignar el valor de  $N_{spt}$  y automáticamente el software asignará las características geotécnicas, en caso que estas son se supieran.

## 1.7 Pilotes

Cuando se selecciona la tipología muros sobre pilotes se activa el comando Pilotes, con el cual se definen la geometría, los materiales y la modalidad de cálculo.

**Pilotes**

**Materiales y armaduras...**  
El tipo de armadura y las características de los materiales se asignan en Materiales y armaduras

**Características pilotes**

Tipo: Perforados

Diámetro: 80 [cm]

Longitud: 1120 [cm]

Módulo de reacción del suelo Ks: 137293.1 [KN/m<sup>3</sup>]

Incremento Ks con la profundidad: Constante

Coef. Poisson: 0.3

Representación: Entero

Color para representar el pilote: ...

**Posición en la cimentación**

Distancia eje borde externo: 60 [cm]

Intereje longitudinal: 250 [cm]

Alineación: Alineados

**Inclinación pilotes**

Inclínac. pilote lado externo: 0 °

Inclínac. pilote lado interno: 0 °

Inclínación pilote central: 0 °

**Opciones de análisis**

Acciones sobre pilotes: Momento de vuelco

**Verticales examinadas**

Número verticales examinadas: 0

Factor correlación verticales indagadas: x<sub>3</sub> 0 x<sub>4</sub> 0

OK Deshacer ?

### Características pilotes

En esta sección se indica la modalidad de ejecución (barrenado o hincado), el diámetro y la longitud. Además, para el cálculo de los asientos se solicita el módulo reacción del suelo horizontal, constante o lineal a la profundidad, y el coeficiente de Poisson del estrato en el cual se encuentra la punta del pilote.

### Verticales examinadas

Es posible indicar el número de verticales examinadas y los relativos factores de correlación para obtener la resistencia característica de los ensayos geotécnicos, en función del número de perfiles indagados.

### Posición en la cimentación

Para establecer la posición de los pilotes en la sección se debe indicar la distancia del eje desde el borde externo de la cimentación: cuando se trata de dos pilotes, los mismos se disponen simétricamente, mientras en caso de tres pilotes, el tercero se dispone en forma de triángulo. Después, para establecer el número de pilotes por metro lineal de muro, se requiere el intereje longitudinal.

### Inclinación pilotes

A cada pilote se le puede asignar una inclinación positiva en sentido contrario a las agujas del reloj.

### Opciones de análisis

Para el cálculo de pilotes se da la posibilidad de elegir cuáles acciones transmite la estructura dominante, ya sea el momento resultante o solo el momento a vuelco (v. Fase IV - [Modelo de cálculo](#)).

## Verificación de corte de secciones circulares, pilotes de cimentación

En una primera fase, el programa diseña el refuerzo de cortante de los pilotes y luego realiza la verificación.

La verificación se realiza entre las condiciones de diseño y los datos establecidos por el usuario (en materiales y refuerzos), por ejemplo el paso de los estribos.

Si el paso establecido por el usuario es menor al paso calculado, las verificaciones se realizan con el paso asignado por el usuario, en caso contrario el programa considera el paso del proyecto.

## 1.8 Anclajes

El programa considera el anclaje como una fuerza aplicada al muro cuyo valor equivale al tesado y esta misma fuerza se tiene en cuenta para el análisis de estabilidad global cada vez que una potencial superficie de deslizamiento intercepta el anclaje.

**Anclajes** ✕

**i** Se utiliza la fórmula de cálculo de Schneebeli para estimar la carga de tesado último. Esto en la hipótesis de superficie de deslizamiento cilíndrica con directriz espiral logarítmica. El tesado de servicio es el mínimo entre: la carga última del terreno reducida con un factor de seguridad y el esfuerzo último de la armadura.

---

**Datos generales anclaje**

Diámetro tirantes (mm) [mm]	0	▼	Coeficiente caída de tensión	1	▼
Factor de seguridad fuerza límite última anclaje	1	▼	Resistencia tangencial límite mortero [N/mm <sup>2</sup> ]	0	▼
Factor correlación verticales indagadas <sup>x</sup> a3=a4	1.8				

N.º	DH [cm]	Long. libre [cm]	Long. anclada [cm]	Diám. orificio [cm]	Diám. bulbo [cm]	Inter. [cm]	Inclin. [°]	Roz. Terreno anclaje [°]	Adhesión [kPa]	N.º tirantes	Resist. Cálculo Acero [N/mm <sup>2</sup> ]	Tesado [kN]	Color

## Datos generales anclaje

### **Diámetro tirantes**

Indicar el diámetro de los tirantes.

### **Factor de seguridad fuerza límite última anclaje**

Indicare el factor de seguridad a aplicar a la fuerza límite última del anclaje en función de la durabilidad y del riesgo.

### **Factor de correlación verticales indagadas**

Indicar el factor de correlación para obtener la resistencia característica de los ensayos geotécnicos, en función del número de perfiles en examen.

### **Coefficiente caída de tensión**

Es la relación entre el tesado inicial y el tesado en condiciones de servicio. Este valor depende de la tecnología usada y puede asumir valores entre 1.2 y 1.5.

### **Resistencia tangencial límite mortero**

Indicar la resistencia tangencial límite del mortero.

### **Nº**

Número de orden del anclaje.

### **DH [cm]**

Indicar la distancia desde anclaje hasta la coronación del muro.

### **LI [cm]**

Indicar la longitud del tramo inicial del anclaje.

### **La [cm]**

Indicar la longitud del tramo anclado.

### **Df [cm]**

Indicar el diámetro del foro.

### **Db [cm]**

Indicar el diámetro del bulbo.

### **Inter. [cm]**

Indicar el intereje longitudinal.

**Incl. [°]**

Indicar el ángulo de inclinación del anclaje con la horizontal.

**Roz. Terreno-Anclaje [°]**

Indicar el ángulo de rozamiento entre el terreno y el bulbo del anclaje.

**Adhesión**

Indicar la adhesión anclaje terreno

**N.º Tirantes**

Indicar el número de tirantes utilizados.

**Tesado**

Insertar el valor del tesado. El programa calcula un valor de tesado, sin embargo el usuario puede considerar otro valor escribiéndolo en la casilla.

**Color**

Elegir en la paleta un color para representar el anclaje.

**Para anclar del muro seguir las siguientes fases:**

1. Calcular el muro sin anclaje;
2. Definir la geometría del anclaje y las características geométricas: durante la introducción de los datos el programa calcula automáticamente el tesado de proyecto del anclaje. Si bien el tesado lo calcula el programa, el proyectista lo podrá modificar.
3. Rehacer el cálculo y controlar el diagrama de las tensiones en cimentación: Es preferible que este diagrama sea posiblemente rectangular o por lo menos con la base mayor dirigida hacia el interno; además es necesario cumplir con las verificaciones de seguridad al deslizamiento y al vuelco.
4. Si el diagrama de las presiones en cimentación no cuenta con las condiciones del punto precedente, entonces es necesario disminuir o aumentar el tesado.
5. Si no se satisface la verificación de la carga última, entonces es necesario inserir pilotes.

6. La longitud libre tiene que ser tal que coloque el bulbo fuera de la zona de rotura individuada directamente por el programa después de haber incluido el anclaje.

## 1.9 Materiales y armaduras

Con este comando se procede a la asignación de los materiales del muro y de los pilotes y la elección de los parámetros de verificación de las secciones en hormigón armado.

Materiales y armaduras muro

Parámetros verific. Sec. horm. armado Muro Pilotes

Opciones armaduras

Relación armadura tensa comprimida 0.5

Armadura de reparto 20 [%]

Barras de continuación la 0 [cm]

Normativa

Normativa SLU (EC2)

Factor de seguridad parcial hormigón 1.5

Factor de seguridad parcial acero 1.05

Armadura de normativa

Rectangular Circular

Área mínima armadura 0.003 0.00001

OK Deshacer ?

### Parámetros de verificación de las secciones en C.A.

#### Relación armadura tensa comprimida

En cada sección, la relación entre la armadura tensa y la comprimida, se mantiene igual al valor asignado por el usuario.

## Armadura de reparto

La armadura de reparto se calcula en una cantidad igual al porcentaje expresado por el usuario sobre la armadura tesa de la sección mayormente armada.

Materiales y armaduras muro

Parámetros verific. Sec. horm. armado **Muro** Pilotes

**Caract. de los materiales**

Hormigón  
 C-30  
 Clase de hormigón (Rck) 37  
 Peso específico 25 [kN/m³]

Armaduras  
 B-450C  
 Límite elástico característico. 440 [N/mm²]  
 Tensión admisible 265 [N/mm²]  
 Módulo elástico 210000 [N/mm²]  
 Relación módulo elástico 15  
 Recubrimiento [Alzado] 3 [cm]

**Barras ménsula vertical**  
 Diámetro barras 20 [mm]  
 Número mínimo barras 5  
 Número máximo barras 30

**Barras cimentación**  
 Diámetro barras 20 [mm]  
 Número mínimo barras 5  
 Número máximo barras 20

**Barras tacón**  
 Diámetro barras 12 [mm]  
 Número mínimo barras 2  
 Número máximo barras 20

**Armadura de reparto**  
 Diámetro barras 10 [mm]  
 Intervalo máximo 30 [cm]

OK Deshacer ?

## Muro

### Características materiales

Para el hormigón se requiere la resistencia característica cúbica Rck y el peso específico; mientras que para el acero se requiere respectivamente el límite elástico característico Fyk, la tensión admisible (para las verificaciones de las tensiones admisibles), el módulo elástico, la relación de homogenización y el valor del recubrimiento.

### Barra ménsula vertical - Barra cimentaciones - Barra tacón - Armadura de reparto

Para cada elemento estructural del muro es posible diferenciar la armadura estableciendo el diámetro de las barras, el número mínimo y máximo. Basándose en las elecciones del usuario, el programa efectúa

las verificaciones en varias cotas partiendo del número mínimo de barras hasta el número máximo y si estas dan un resultado negativo, se aumenta el diámetro hasta alcanzar las condiciones de verificación.

## Recubrimiento

Indicar recubrimiento de cada elemento estructural.

## Barras de continuación

En la sección de unión alzado-cimentación, la armadura del alzado se puede dividir introduciendo barras de continuación de la cimentación. Con esta opción se solicita al usuario la longitud del anclaje de las barras de continuación.

Materiales y armaduras muro

Parámetros verific. Sec. horm. armado Muro Pilotes

**Caract. de los materiales**

Hormigón

C-25

Clase de hormigón (Rck) 30

Peso específico 25 [kN/m<sup>3</sup>]

Armaduras

S 275

Límite elástico característico. 275 [N/mm<sup>2</sup>]

Tensión admisible 254.9729 [N/mm<sup>2</sup>]

Módulo elástico 210000 [N/mm<sup>2</sup>]

Relación módulo elástico 15

Recubrimiento 5 [cm]

**Barras longitudinales**

Diámetro barras 20 [mm]

Número mínimo barras 10

**Estribos**

Diámetro estribos 10 [mm]

Intervalo mínimo 20 [cm]

**Armadura tubular**

Descripción

Diámetro externo 200 [mm]

Diámetro interno 190 [mm]

**Armadura**

Armadura con barras longitudinales

Armadura con tubular

OK Deshacer ?

## Pilotes

### Características materiales

Para el hormigón se solicita la resistencia característica cúbica Rck y el peso específico; mientras que para el acero se solicita el límite elástico característico Fyk, la tensión admisible (para verificaciones de las tensiones admisibles), el módulo elástico, la relación de homogenización y el valor del recubrimiento.

**Barra longitudinal - Estribos - Armadura con tubular**

Para las verificaciones de las secciones del pilote se solicita la cantidad mínima de acero a utilizar y, si se arma el pilote con barras longitudinales y estribos, su diámetro. Para armaduras con tubulares de acero se solicita el diámetro interno y el externo y el usuario tiene la posibilidad de obtener estos datos de un database en el cual aparecen los más comúnmente utilizados.

**Recubrimiento**

Indicar el Recubrimiento.

## 1.10 Cálculo

**Cálculo**

Con este comando se efectúa el cálculo geotécnico y estructural del muro y se visualiza la síntesis de los resultados. Este comando muestra una ventana de diálogo con las condiciones de carga: las definidas por el usuario, como por ejemplo cargas del terraplén y cargas sobre el muro, y las que calcula el programa (por ej. peso, empuje, sismo, empuje del agua, etc.). En esta fase el operador puede definir las diferentes combinaciones entre las acciones con los relativos coeficientes, con el fin de verificar la resistencia estructural de la obra; además de las resistencias del terreno, con la definición de los coeficientes de reducción de los valores característicos, para las verificaciones geotécnicas.

SISMICO

Normativa GEO Euro códigos Normativa STRU SLU (EC2) Rehacer combinación

Nombre DA1 Tipo  GEO  EQU  STR

Coefficientes sísmicos Kh 0 Kv 0 amax  S.L.E.

Desplazamientos  Con acelerograma Método de cálculo Richards Elms

Combinaciones de carga

- SLU
  - DA1
  - DA2
  - SISMICO

N.º	Acciones	Factores combinaciones [A]
1	Peso muro	1
2	Empuje terreno	1.3
3	Peso terreno ménsula	1.3
4	Empuje nivel freático	1
5	Empuje sísmico en x	1
6	Empuje sísmico en y	1

N.º	Parámetro	Coef. parciales [M]
1	Tangente ángulo resist. al corte	1
2	Cohesión efectiva	1
3	Resistencia sin drenaje	1
4	Peso específico	1
5	Ángulo de rozamiento terreno muro	1

Nr	Carga límite	Coefficientes resistencias
10	Punta	1
11	Lateral compresión	1
12	Total	1
13	Lateral (tracción)	1

Muro en ménsula Muro sobre pilotes Desplazamientos

Momentos

Momento de vuelco 374.99 kNm

Momento estabilizador -1371.07 kNm

Solicitaciones

Esfuerzo normal de proyecto 0.0 kN

Cortante de proyecto 0.0 kN

Momento de proyecto 0.0 kNm

Carga límite

Carga límite 0.0 kN

Factor de seguridad 0.0

Calcular Ok Deshacer ?

## Combinaciones de carga

En general, el programa ya cuenta con dos combinaciones, una para la definición de la capacidad estructural del muro y la otra para el dimensionamiento geotécnico:

- la primera (A1 + M1), relevante para establecer la capacidad estructural de la obra, considera las acciones de cálculo amplificadas según los coeficientes parciales (A1) que se enumeran a continuación y los parámetros geotécnicos con sus valores característicos (M1);
- la segunda (A2 + M2), necesaria para el dimensionamiento geotécnico de la obra, considera las acciones con su valor característico (A2) y reduce el valor de los parámetros geotécnicos mediante los coeficientes parciales (M2).

**Parámetro de resistencia**

**Coefficiente parcial  $\gamma_m$**

	M1	M2
<b>Tangente ángulo de resistencia al corte <math>\tan \varphi'_k</math></b>	1,00	1,25
<b>cohesión efectiva <math>c'_k</math></b>	1,00	1,25
<b>cohesión sin drenar <math>c_{uk}</math></b>	1,00	1,40
<b>peso específico <math>\gamma</math></b>	1,00	1,00

Acción	Coeficiente parcial	
	A1	A2
<b>Constante desfavorable</b>	1,40	1,00
<b>Constante favorable</b>	1,00	1,00
<b>Variable desfavorable</b>	1,50	1,30
<b>Variable favorable</b>	0,00	0,00

El usuario puede cambiar las dos combinaciones propuestas, seleccionando la que le interese y variando los coeficientes parciales. Estas se visualizan en una lista a la izquierda y se identifican por el nombre que les ha asignado el usuario.

Con cada combinación el programa efectúa el cálculo completo del muro ([estructural y geotécnico](#)) y da, en forma resumida, las informaciones más importantes sobre las verificaciones que se han llevado a cabo (vuelco, deslizamiento, capacidad portante). Si alguna de las combinaciones no logra satisfacer una o más verificaciones, entonces el programa evidencia la combinación que no se ha logrado verificar.

En la ventana de cálculo es posible agregar o eliminar una combinación usando los respectivos botones de la barra de herramientas o con la tecla derecha del mouse.

### Nueva combinación

Se pueden agregar otras combinaciones con el botón "Nueva combinación" de la barra: en este caso el programa visualiza todas las condiciones de carga calculadas (peso propio, peso terreno, empuje, sismo) y las definidas por el usuario (cargas repartidas y concentradas) con coeficiente parcial igual a 1, el cual el usuario podrá variar según las propias exigencias, además de los parámetros de resistencia (ángulo de

resistencia al corte, cohesión, etc.) siempre con coeficiente parcial igual a 1.

### **Eliminar combinación**

Para eliminar una combinación de carga colocarse con el mouse sobre la combinación a eliminar en la lista de combinaciones y presionar el botón "Eliminar combinación" de la barra.

### **Cambiar nombre a una combinación**

Para cambiar el nombre de una combinación, colocarse con el mouse sobre la combinación y escribir el nuevo nombre en la casilla Nombre combinación (arriba a la derecha).

### **Verificar combinaciones**

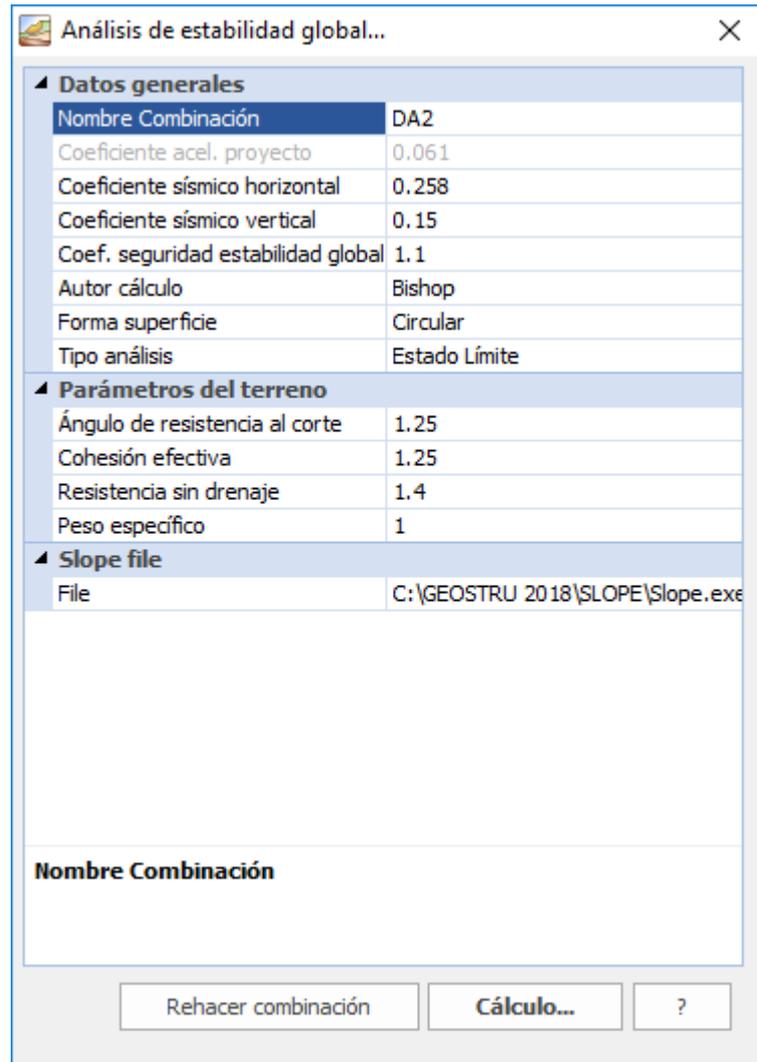
Con el botón Calcular, el programa efectúa el cálculo para cada combinación evidenciando (triángulo amarillo) las que no se han verificado total o parcialmente (verificación al vuelco, desplazamiento y carga última). Seleccionando una combinación de la lista con un clic del mouse, es posible obtener informaciones sobre la combinación seleccionada.

## **1.11 Cómputo**

Visualiza el cómputo métrico de las cantidades de acero y hormigón.

## **1.12 Análisis de estabilidad global**

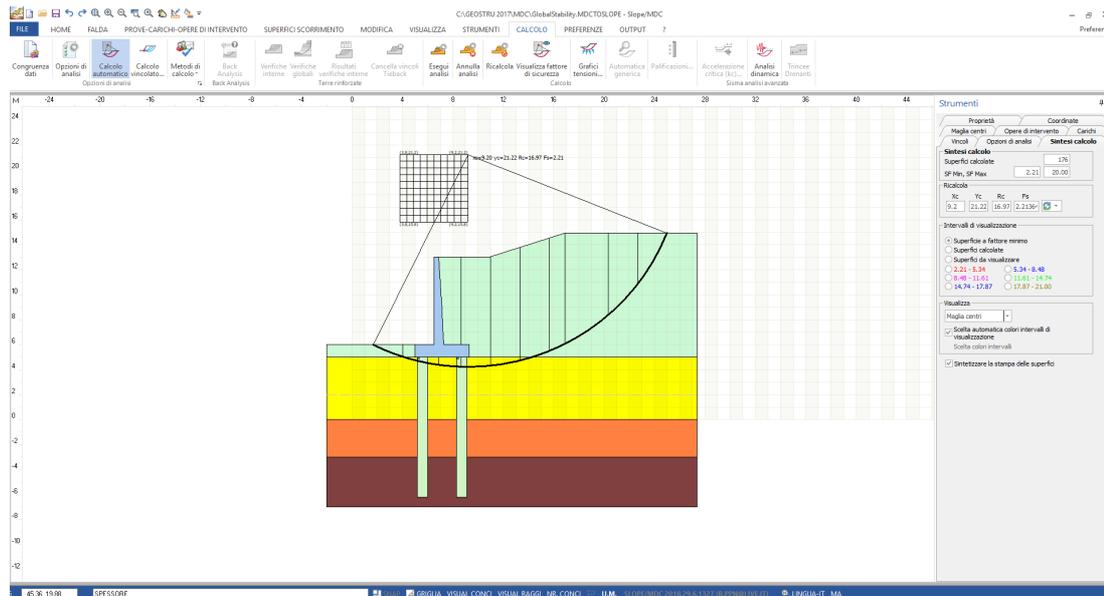
Con este comando el software efectúa el análisis de estabilidad global.



Efectúa la verificación de estabilidad global con los métodos clásicos del Equilibrio Límite con el método DEM. La verificación se puede efectuar ya sea para superficies circulares que para superficie de forma genérica. El programa propone una malla centros para el análisis, pero el usuario puede modificarla o desplazarla.

La verificación se hace para la combinación de carga seleccionada. El pasaje de los datos al módulo de estabilidad global es automático, se aconseja el control de los datos de input.

Una vez que desde el menú cálculo se haya abierto el módulo de estabilidad global, se puede comenzar el análisis.



## 1.13 Diagramas

### Vista estratigrafía

Visualizar el muro con la con la estratigrafía asignada.

### Cuña estática dinámica

Visualiza la amplitud de la cuña de empuje.

### Discretización

Visualiza las secciones de cálculo.

### Presiones terreno

Visualiza el diagrama de las presiones del terreno sobre el muro.

### Presiones nivel freático

Visualiza el diagrama de las presiones del agua.

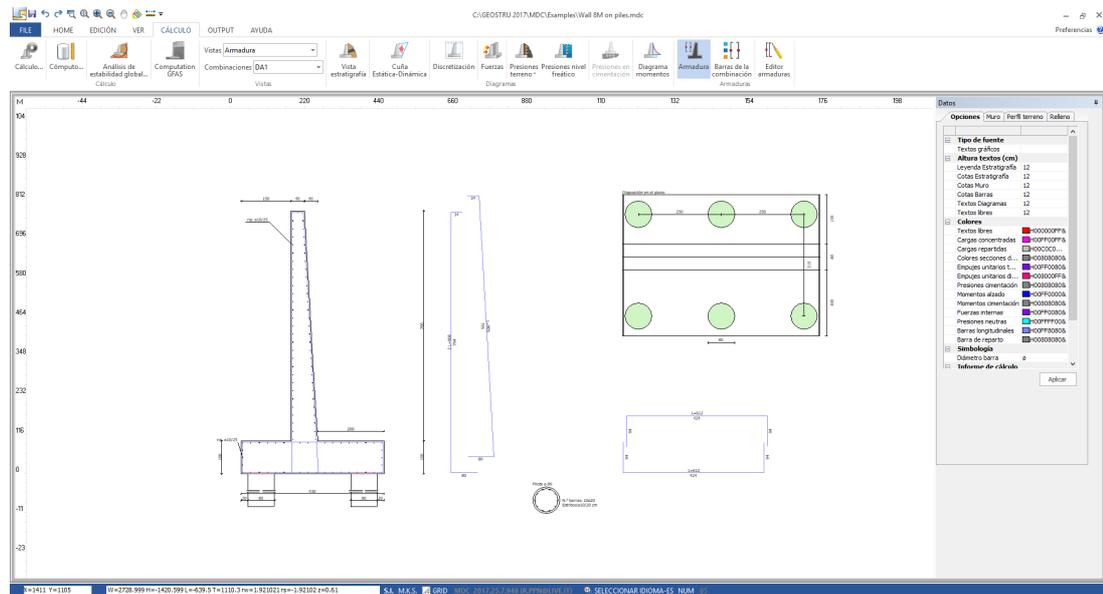
### Presiones en cimentación

Visualiza el curso de las presiones en la cimentación (solo en ausencia de pilotes).

### Diagrama momentos

Visualiza el diagrama de momentos en el alzado y en la ménsula.

## 1.14 Armadura



### Armadura

Muestra el plano de despiece de las armaduras: la armadura es dada por la curva envolvente de las combinaciones de armaduras.

### Barras de la combinación

Muestra la armadura correspondiente a cada combinación seleccionada. La combinación a visualizar se selecciona en la barra de herramientas.

### Editor armaduras

Este comando muestra el **Editor armaduras** y permite al usuario modificar los resultados de armaduras que propone el programa y llevar a cabo la verificación, exceptuando la armadura de los pilotes.

### Cómo seleccionar una barra

Para seleccionar una barra a modificar es necesario elegir el comando Seleccionar del panel lateral Editor Armaduras, colocarse en el área definida por el perfil del muro (área resaltada con el color de fondo del muro) y hacer clic sobre la barra: La barra seleccionada en el plano de despiece se puede solo desplazar, no modificar. Cuando la barra es editable, los vértices de la misma se resaltan con puntos colorados y en el panel Editor Armaduras aparecen todas las características de la misma: número, diámetro, largura del tramo y ángulo de inclinación. En esta fase es posible cambiar las características de la barra seleccionada en el panel lateral.

### **Bloquear (vincular)/Desbloquear (desvincular) una barra**

Para impedir modificaciones accidentales en una barra, el programa cuenta con el comando Bloquear que se activa con el menú que aparece pulsando el lado derecho del mouse. El bloqueo de una barra impide realizar modificaciones en la misma. Para que la barra vuelva a ser editable, seleccionar el comando "Desbloquear todas" en el menú antes citado y que aparece pulsando el lado derecho del mouse. Éste comando desvincula todas las barras.

### **Modificar una barra**

Modificaciones que permite el programa: cada barra se puede cortar (Cortar), perfilar, insertando uno o más vértices (Introducir vértice) o eliminar (Borrar). Todas las modificaciones a la barra se pueden activar con el menú que aparece pulsando el lado derecho del mouse y se deben siempre confirmar con el comando Aplicar de este mismo menú. Cada modificación se debe efectuar en el área definida por el perfil del muro. Una barra eliminada (Borrar) no se puede volver a insertar; solo se puede ejecutar el comando Deshacer.

### **Verificar las secciones de cálculo**

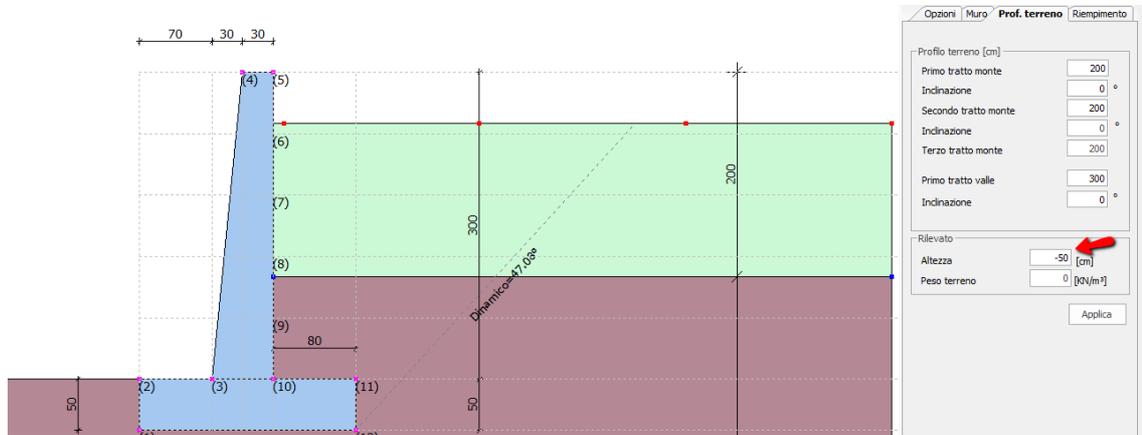
Luego de haber modificado el plano de las barras se debe efectuar la verificación de la armadura modificada. Para tal operación es necesario elegir el comando "Verificar secciones" en la barra de las herramientas visualizada: la ventana de diálogo que aparece muestra los resultados de la armadura para las diferentes partes del muro (alzado, puntera, talón, tacón) antes de las modificaciones. Para proponer la nueva armadura modificada es necesario pulsar el botón Barras del cálculo en la misma ventana: ejecutando este comando se actualizan las armaduras con las modificaciones realizadas por el usuario.

Finalmente, presionando el pulsante Verificación Secciones se lleva a cabo la verificación de las secciones con las nuevas armaduras. Si no aparece ningún mensaje, entonces la verificación puede retenerse satisfactoria de acuerdo las decisiones tomadas por el usuario. La armadura modificada aparece en el informe de cálculo junto con las verificaciones.

**Nota:** *En el alzado, para un mismo lado (trasdós o intradós) se puede utilizar solo un tipo de diámetro.*

## 1.15 Traslazione piano-campaga

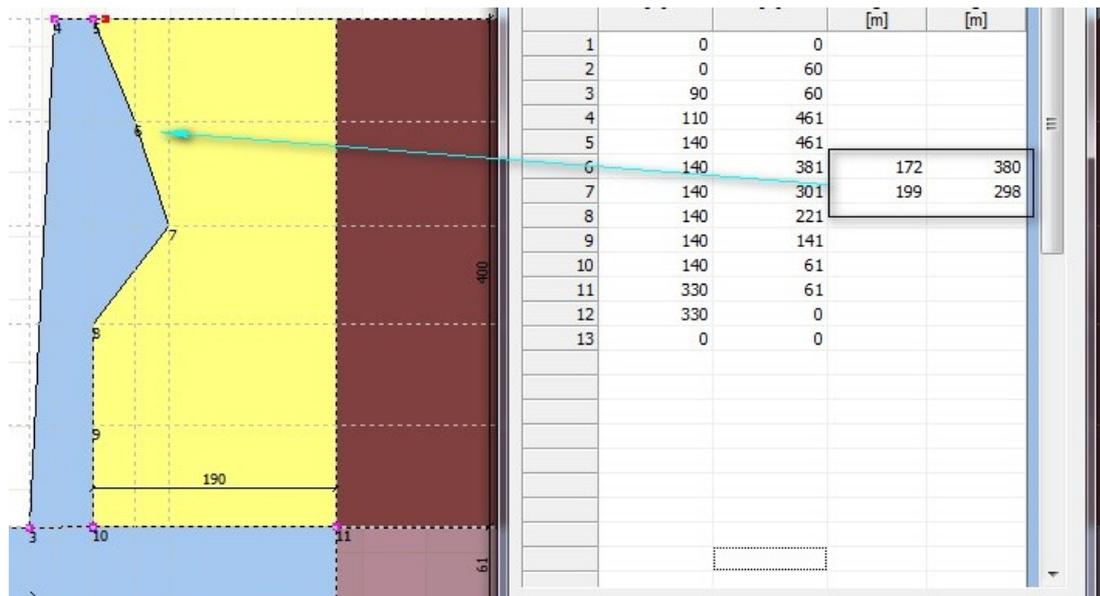
Per abbassare il profilo topografico assegnare una altezza di rilevato negativa.



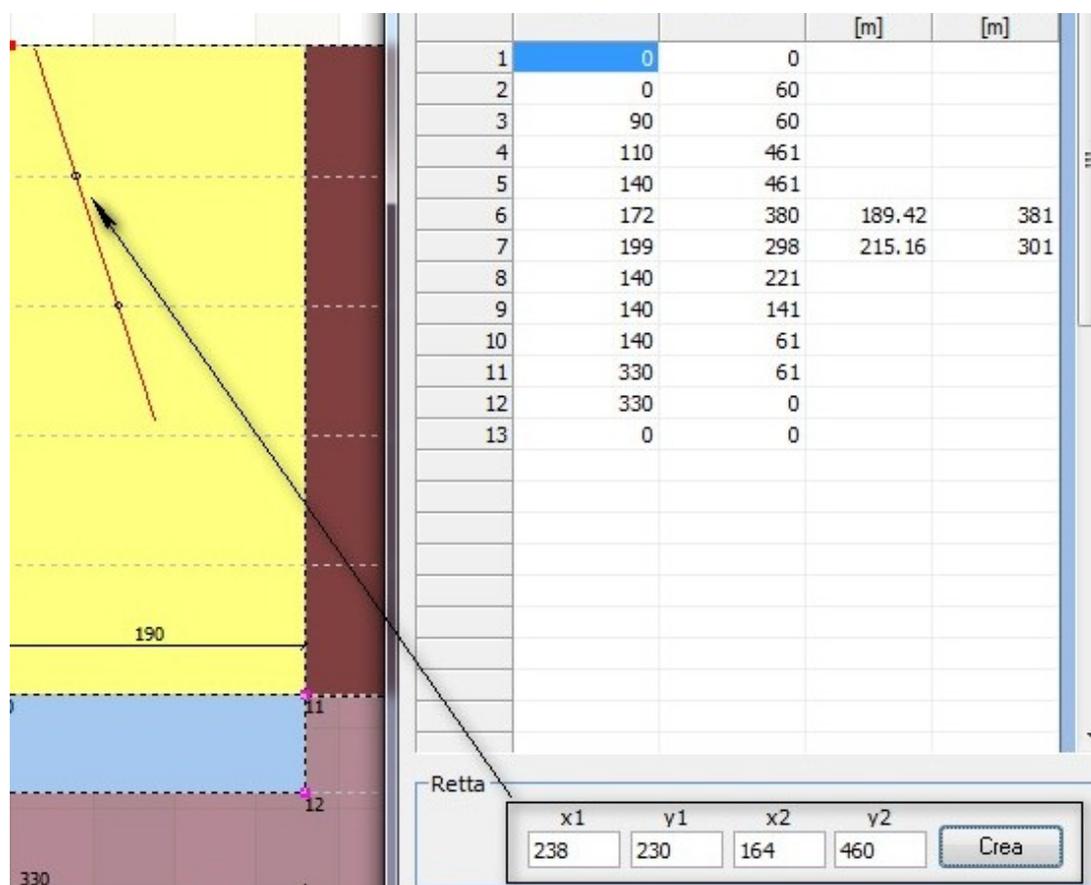
## 1.16 Coordinate muro

Il comando per la gestione avanzata delle coordinate della sezione del muro "Coordinate Muro" si attiva solo dopo averne definito una tipologia ed avere assegnato le grandezze geometriche in geometria muro.

Per modificare le coordinate occorre assegnarle nella 4° e 5° colonna della griglia, è necessario assegnarle entrambe come indicato in figura.



Per agevolare il sistema di immissione è possibile definire una retta di modifica come indicato in figura:

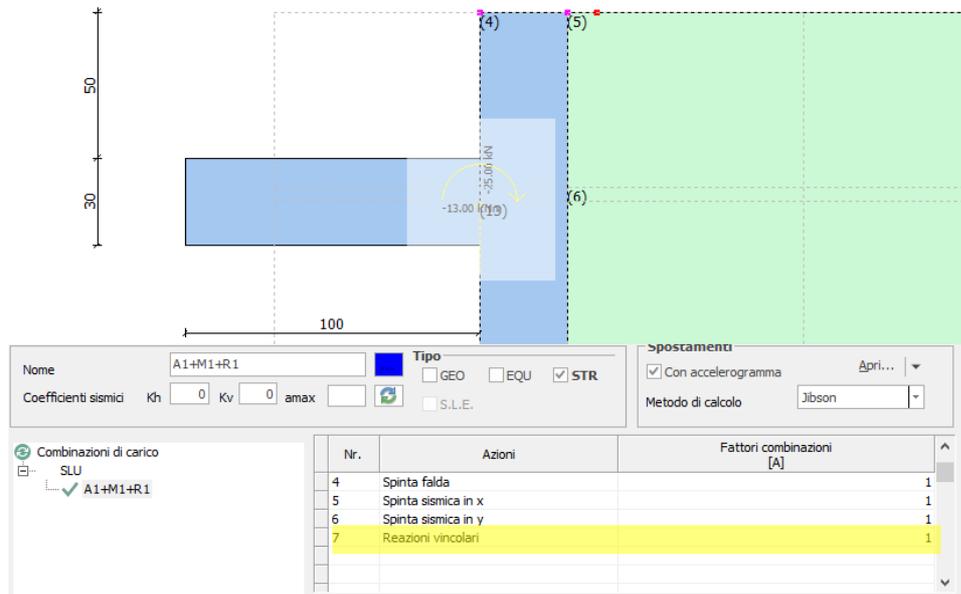


Con il comando *crea* saranno create e visualizzate in 4° e 5° colonna le coordinate da assegnare al profilo.

Con il comando *Ripristina* è possibile ritornare alle coordinate iniziali.

## 1.17 Mensola a valle

Dopo aver inserito geometricamente la mensola a valle occorre introdurre le azioni come carichi esterni ed i fattori di combinazione nella finestra di calcolo. Le azioni saranno assemblate nel sistema per le verifiche geotecniche globali e strutturali.

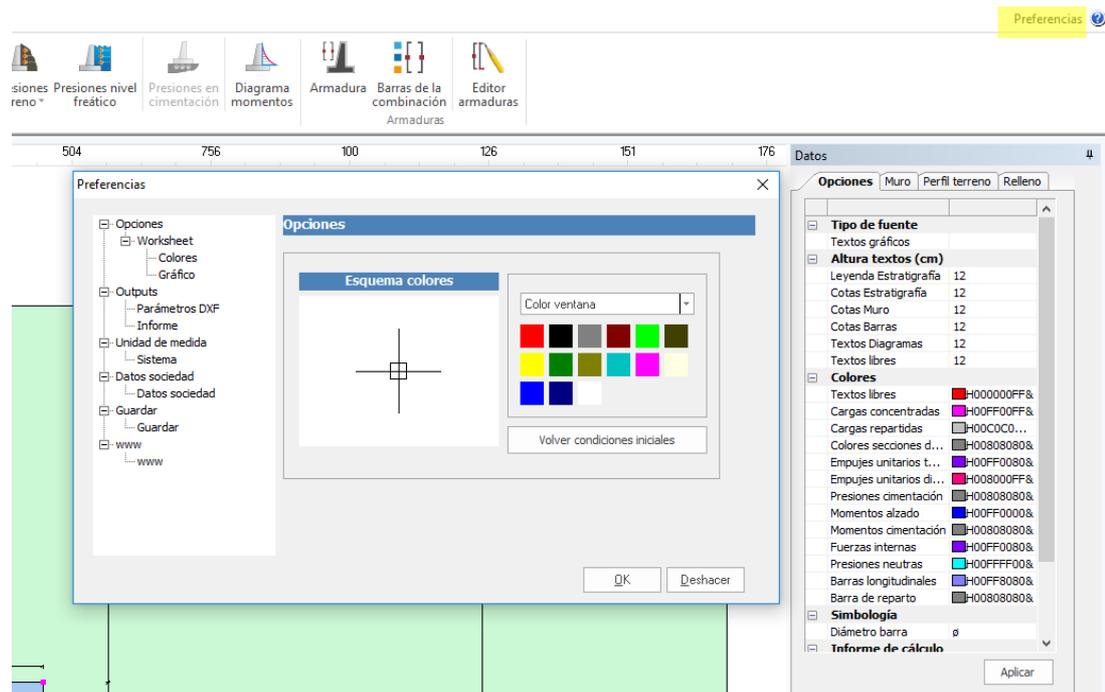


*mensola a valle per la modifica delle armature*

## 1.18 Opzioni

Visualizza la finestra di dialogo per il ajuste de los parámetros del área de trabajo: se pueden personalizar los colores del fondo y de las líneas, la posición de las texturas y su dimensión porcentual, además del espesor de las líneas, la tolerancia del cursor y el intervalo de la malla de trabajo.

Si accede da *Preferenze*, selezionando *opzioni* viene visualizzata la finestra di dialogo per il settaggio dei parametri relativi all'area di lavoro: Si possono personalizzare i colori di sfondo e delle linee; la posizione dei retini e la loro dimensione in percento, nonché lo spessore delle linee, la tolleranza del cursore e il passo della griglia di lavoro.



## 1.19 Exportar

### Exportar en formato RTF

Muestra el informe de cálculo, exportándolo en formato .doc, .pdf....(legible también en el Word de Vista).

### Exportar DXF

Exporta el contenido de la ventana de trabajo en formato DXF.

### Exportar en BMP

Exportar el gráfico de la hoja de trabajo en formato Bitmap;

**Nota:** Todos los archivos exportados tienen el mismo nombre que el archivo principal y una extensión que los identifica.

## 1.20 Contrafuertes

### Calculo de muros con contrafuertes

El caso de muros con contrafuertes requiere introducir los datos geométricos, o sea espesor e intereje longitudinal. El contrafuerte se puede posicionar al interno o al externo.

La altura del contrafuerte se asume igual a la altura del muro, mientras que la base se iguala al ancho del talón para contrafuertes internos o al ancho de la puntera para los externos.

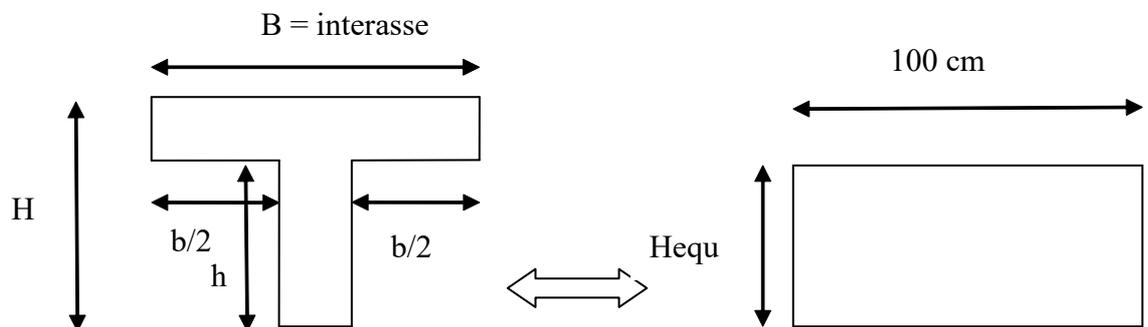
El cálculo del empuje sobre el muro prescinde de la presencia del elemento y se lleva a cabo con el mismo procedimiento del muro en ménsula.

La presencia del contrafuerte tiene efecto, con la fuerza peso, tanto a nivel de solicitaciones en el alzado como en las comprobaciones globales al vuelco, carga última y deslizamiento.

La fuerza peso del contrafuerte se computa en la resultante  $F_y$  de las solicitaciones en el muro, al igual que una fuerza externa, pero no aparece en la condiciones de carga del Menú Cálculo: esto implica que no es posible asignar a esta un factor de combinación que no sea la unidad.

### Verificación de la sección en h.a. y cálculo armadura

En cada sección de cálculo a lo largo de la altura del muro, el programa considera la sección de verificación en forma de T como una sección rectangular equivalente con igual momento de inercia baricéntrico.



O sea que la sección en forma de T de dimensión B igual al intereje de los contrafuertes se elabora como una sección rectangular equivalente con 1 m de anchura y altura  $Hequ$ , tal que el momento de inercia baricéntrico de las dos secciones sea igual.

$$\frac{100 \cdot H^3 equ}{12} = \frac{(BH^2 - bh^2)^2 - 4BHbh(H-h)^2}{12(BH - bh)}$$

Con esta premisa se proyectan y se verifican las secciones rectangulares equivalentes.

### 1.20.1 Muro a gravità

La verifica a schiacciamento della sezione di attacco mensola di elevazione-fondazione si esegue tenendo conto delle forze agenti (momento flettente e sforzo normale).

Nella tabella di sintesi riportata in relazione (sollecitazioni sul muro) le azioni sono riferite al baricentro della relativa sezione.

L'eccentricità si calcola dalla relazione :

$$e = \frac{M}{F_y}$$

Sfruttando l'eccentricità così calcolata si determina  $u$  ovvero la distanza tra il punto di applicazione della risultante delle azioni verticali  $F_y$  e il bordo esterno della fondazione:

$$u = \frac{B}{2} - e$$

Se  $u < B/3$  ed  $e > B/6$ , la risultante delle azioni verticali  $F_y$  è esterna al nocciolo centrale d'inerzia, la sezione si parzializza e la tensione massima di compressione si calcola dalla relazione:

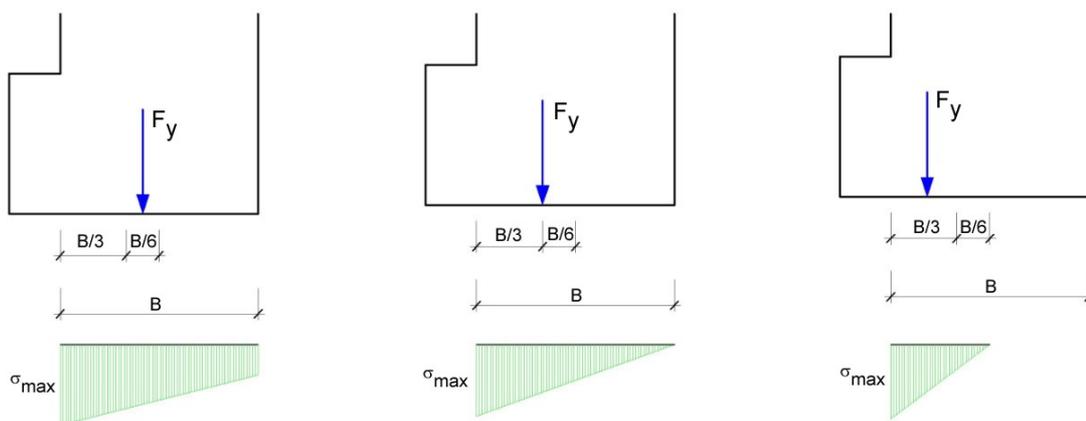
$$\sigma_{\max} = \frac{2 \cdot N}{3 \cdot u}$$

Se  $u > B/3$  ed  $e < B/6$ , la risultante delle azioni verticali  $F_y$  è interna al nocciolo centrale d'inerzia, la sezione è interamente compressa, la tensione massima di compressione vale:

$$\sigma_{\max} = \frac{F_y}{B} \cdot \left( 1 + \frac{6e}{B} \right)$$

e  $u = B/3$  ed  $e = B/6$ ,  $F_y$  è coincidente con il nocciolo centrale d'inerzia, la sezione è interamente sollecitata a compressione con diagramma triangolare, la tensione massima di compressione è data da:

$$\sigma_{\max} = \frac{2 \cdot F_y}{B}$$



## 1.21 Utility

Enter topic text here.

### 1.21.1 Tabelle di conversione

#### Tabella conversione da gradi in % e viceversa

Pendenza (%)	Angolo (°)	Pendenza (%)	Angolo (°)
1	0.5729	26	14.5742
2	1.1458	27	15.1096
3	1.7184	28	15.6422
4	2.2906	29	16.1722
5	2.8624	30	16.6992
6	3.4336	31	17.2234
7	4.0042	32	17.7447
8	4.5739	33	18.2629
9	5.1428	34	18.7780
10	5.7106	35	19.2900
11	6.2773	36	19.7989
12	6.8428	37	20.3045
13	7.4069	38	20.8068
14	7.9696	39	21.3058
15	8.5308	40	21.8014
16	9.0903	41	22.2936
17	9.6480	42	22.7824

18	10.2040	43	23.2677
19	10.7580	44	23.7495
20	11.3099	45	24.2277
21	11.8598	46	24.7024
22	12.4074	47	25.1735
23	12.9528	48	25.6410
24	13.4957	49	26.1049
25	14.0362	50	26.5651

### Tabella di conversione delle forze

Da	A	Operazione	Fattore
N	kg	Dividere per	9.8
kN	kg	Moltiplicare per	102
kN	tonn	Dividere per	9.8
kg	N	Moltiplicare per	9.8
kg	kN	Dividere per	102
tonn	kN	Moltiplicare per	9.8

Conversione forze: 1 Newton (N) = 1/9.81 Kg = 0.102 Kg ; 1 kN = 1000 N

### Tabella di conversione delle pressioni

Da	A	Operazione	Fattore
tonn/m <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	Dividere per	10
kg/m <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	Dividere per	10000
a	kg/cm <sup>2</sup>	Dividere per	98000
kPa	kg/cm <sup>2</sup>	Dividere per	98
Mpa	kg/cm <sup>2</sup>	Moltiplicare per	10.2
kPa	kg/m <sup>2</sup>	Moltiplicare per	102
Mpa	kg/m <sup>2</sup>	Moltiplicare per	102000

Conversione pressioni: 1 Pascal (Pa) = 1 Newton/mq ; 1 kPa = 1000 Pa

## 1.21.2 Database caratteristiche fisiche terreno

### Valori indicativi del peso di volume in Kg/m<sup>3</sup>

Terreno	Valore minimo	Valore massimo
Ghiaia asciutta	1800	2000
Ghiaia umida	1900	2100
Sabbia asciutta compatta	1700	2000
Sabbia umida compatta	1900	2100

Terreno	Valore minimo	Valore massimo
Sabbia bagnata compatta	2000	2200
Sabbia asciutta sciolta	1500	1800
Sabbia umida sciolta	1600	1900
Sabbia bagnata sciolta	1900	2100
Argilla sabbiosa	1800	2200
Argilla dura	2000	2100
Argilla semisolida	1900	1950
Argilla molle	1800	1850
Torba	1000	1100

### Valori indicativi dell'angolo di attrito, in gradi, per terreni

Terreno	Valore minimo	Valore massimo
Ghiaia compatta	35	35
Ghiaia sciolta	34	35
Sabbia compatta	35	45
Sabbia sciolta	25	35
Marna sabbiosa	22	29
Marna grassa	16	22
Argilla grassa	0	30
Argilla sabbiosa	16	28
Limo	20	27

### Valori indicativi della coesione in Kg/cm<sup>2</sup>

Terreno	Valore
Argilla sabbiosa	0.20
Argilla molle	0.10
Argilla plastica	0.25
Argilla semisolida	0.50
Argilla solida	1
Argilla tenace	2÷10
Limo compatto	0.10

### Valori indicativi del modulo elastico, in Kg/cm<sup>2</sup>

Terreno	Valore massimo di E	Valore minimo di E
Argilla molto molle	153	20.4
Argilla molle	255	51

Terreno	Valore massimo di E	Valore minimo di E
Argilla media	510	153
Argilla dura	1020	510
Argilla sabbiosa	2550	255
Loess	612	153
Sabbia limosa	204	51
Sabbia sciolta	255	102
Sabbia compatta	816	510
Argilloscisto	51000	1530
Limo	204	20.4
Sabbia e ghiaia sciolta	1530	510
Sabbia e ghiaia compatte	2040	1020

### Valori indicativi del coefficiente di Poisson per terreni

Terreno	Valore massimo di $\nu$	Valore minimo di $\nu$
Argilla satura	0.5	0.4
Argilla non satura	0.3	0.1
Argilla sabbiosa	0.3	0.2
Limo	0.35	0.3
Sabbia	1.0	-0.1
Sabbia ghiaiosa comunemente usata	0.4	0.3
Loess	0.3	0.1
Ghiaccio	0.36	
Calcestruzzo	0.15	

### Valori indicativi del peso specifico di alcune rocce in Kg/m<sup>3</sup>

Roccia	Valore minimo	Valore massimo
Pomice	500	1100
Tufo vulcanico	1100	1750
Calcere tufaceo	1120	2000
Sabbia grossa asciutta	1400	1500
Sabbia fine asciutta	1400	1600
Sabbia fine umida	1900	2000
Arenaria	1800	2700
Argilla asciutta	2000	2250
Calcere tenero	2000	2400

Roccia	Valore minimo	Valore massimo
Travertino	2200	2500
Dolomia	2300	2850
Calcere compatto	2400	2700
Trachite	2400	2800
Porfido	2450	2700
Gneiss	2500	2700
Serpentino	2500	2750
Granito	2550	2900
Marmo saccharoide	2700	2750
Sienite	2700	3000
Diorite	2750	3000
Basalto	2750	3100

### Valori indicativi dell' angolo di attrito in gradi

Roccia	Valore minimo	Valore massimo
Granito	45	60
Dolerite	55	60
Basalto	50	55
Arenaria.	35	50
Argilloscisto	15	30
Calcere	35	50
Quarzite	50	60
Marmo	35	50

### Valori indicativi del modulo elastico e del coefficiente di Poisson per rocce

Roccia	E		n	
	Valore massimo	Valore minimo	Valore massimo	Valore minimo
Basalto	1071000	178500	0.32	0.27
Granito	856800	142800	0.30	0.26
Scisto cristallino	856800	71400	0.22	0.18
Calcere	1071000	214200	0.45	0.24
Calcere poroso	856800	35700	0.45	0.35
Arenaria	428400	35700	0.45	0.20
Argilloscisto	214200	35700	0.45	0.25
Calcestruzzo	Variabile		0.15	

## 1.22 Geoapp

**Geoapp: la suite más grande de la web para cálculos en línea**

Las aplicaciones que componen [Geostru Geoapp](#) han sido diseñadas para brindar soporte profesional en la solución de múltiples casos técnicos. Geoapp comprende más de 40 [aplicaciones](#) para: Ingeniería, Geología, Geofísica, Hidrología e Hidráulica.

La mayoría de las aplicaciones son gratuitas, mientras algunas requieren suscripción mensual o anual.

Suscribirse en Geoapp significa:

- usar aplicaciones profesionales en cualquier momento, lugar y dispositivo;
- guardar los archivos en la nube y en el propio PC;
- abrir los archivos para elaboraciones sucesivas;
- servicios de impresión de los informes y las elaboraciones gráficas;
- información sobre nuevas aplicaciones e inclusiones automáticas en la propia cuenta de usuario;
- disponibilidad de versiones siempre actualizadas;
- servicios de asistencia técnica por medio de Tickets.

### 1.22.1 Sección Geoapp

#### **General e Ingeniería, Geotecnia y Geología**

Entre las aplicaciones presentes, se puede utilizar una amplia gama para **MDC**. Para este propósito, se recomiendan las siguientes aplicaciones:

- [Newmark](#)
- [Clasificación de tierras](#)
- [Coeficiente de reacción horizontal](#)
- [Prueba GILG-GAVARD](#)
- [Prueba HAEFELI](#)

### 1.23 Cenni teorici

#### 1.23.1 Modelo de cálculo

El programa, al efectuar el cálculo de las verificaciones del muro, sigue las siguientes fases:

##### **Fase I**

Se evalúan las presiones del terreno y las eventuales sobrecargas en el alzado. Este último se subdivide en un número fijo de secciones que sucesivamente serán las secciones de verificación. En esta fase se

considera el paramento interno del muro como superficie de empuje y, en el caso que se elija trabajar con el método de Coulomb, la inclinación de tal superficie se considera equivalente al ángulo de rozamiento terreno-muro definido en las características geotécnicas. En cambio, con el método de Rankine, el empuje se considera siempre horizontal. En la fase I, el programa determina las solicitaciones solo en el alzado y efectúa las verificaciones estructurales en función de los materiales definidos por el usuario y del tipo de criterio seleccionado (tensiones admisibles o estados límite).

## **Fase II**

En esta fase se vuelven a realizar los cálculos de las presiones del terreno considerando como superficie de empuje la vertical pasante por el intradós del talón. En este caso, cuando se elige el Método de Coulomb, ya no se considera el ángulo de rozamiento terreno-muro, sino que se considera el ángulo de resistencia del terreno. La segunda fase, por lo tanto, comprende la determinación de las solicitaciones totales (momento de vuelco y estabilizador) respecto a la arista inferior de la cimentación en el extremo de la puntera. Sucesivamente, el programa efectúa las consuetas verificaciones de estado límite último de vuelco, deslizamiento y carga última.

## **Fase III**

En esta fase de cálculo se determinan las solicitaciones en ménsula, que se dividen en un número fijo de secciones y por lo tanto en tales secciones se efectúan también las verificaciones estructurales. En caso de muro en ménsula, con la fase III se concluye el cálculo.

## **Fase IV**

Esta fase es necesaria solo en presencia de pilotes. Las solicitaciones transmitidas desde el muro a los pilotes de cimentación están representadas por los momentos obtenidos en la fase II. A este respecto, el usuario puede elegir transmitir a los pilotes el momento resultante (diferencia entre el de vuelco y el estabilizador) o solo el momento de vuelco. Es evidente que esta última elección es razonable solo en los casos en los cuales el estado límite de vuelco represente el más gravoso, es decir si el momento de vuelco es mucho mayor que el momento estabilizador. El programa, cuando hay dos o tres filas de pilotes, efectúa los cálculos con el más solicitado (generalmente a compresión).

### 1.23.2 Normativa

Para las fases de cálculo geotécnico y estructural, el usuario puede elegir operar según las siguientes normas:

#### **Eurocódigo 2**

Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-1: Reglas generales

#### **Eurocódigo 7**

Proyecto geotécnico. Parte 1: Reglas generales.

#### **Eurocódigo 8**

Disposiciones para el proyecto de estructuras sismorresistentes . Parte 5: Cimentaciones, estructuras de contención de tierras y aspectos geotécnicos.

#### **NTC 2008 (Normativa italiana)**

Ministerio Infraestructura y Transportes Normas técnicas para las construcciones 2008.

#### **NTC 2018-D.M. 17 GENNAIO 2018 (Normativa italiana)**

#### **Ordenanza de la Presidencia del Consejo de Ministros n. 3274 del 20 marzo 2003 y sucesivas modificaciones e integraciones:**

- Primeros elementos en materia de criterios generales para la clasificación sísmica del territorio nacional y de normativas técnicas para las construcciones en zona sísmica.
- Anexo 2 – Normas técnicas para el proyecto, la evaluación y la adecuación sísmica de los edificios.
- Anexo 4 – Normas técnicas para el proyecto sísmico de obras de cimentación y contención de terrenos.

#### **D.M. 11 Marzo 1988**

"Normas técnicas con respecto a las investigaciones sobre terrenos y sobre rocas, la estabilidad de taludes naturales, los criterios generales y

las prescripciones para proyectar y comprobar las obras de contención de las tierras y de las obras de cimentación".

### **D.M. 9 Enero 1996**

"Normas técnicas para el cálculo, la ejecución y la prueba de las estructuras en cemento armado, normal y precomprimido y para las estructuras metálicas".

### **D.M. 16 Enero 1996**

"Normas técnicas para las construcciones en zonas sísmicas".

### **STAS 3300-10107/0-90**

#### **1.23.3 Cálculo del empuje activo con Coulomb**

El cálculo del empuje activo con el método de Coulomb se basa en el estudio del equilibrio límite global de un sistema cuyos componentes son el muro y la cuña de terreno homogéneo detrás de la obra implicada en la rotura, asumiendo una pared rugosa.

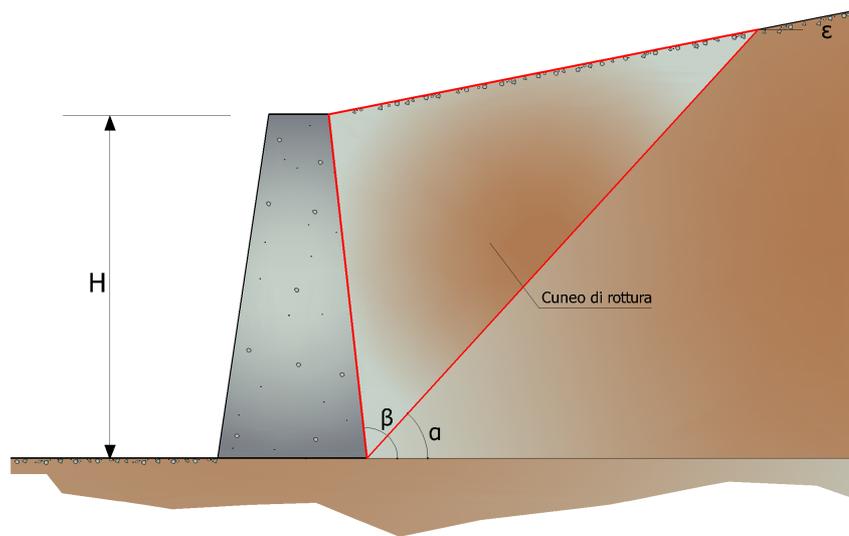
Para terreno homogéneo y seco el diagrama de las presiones es lineal con distribución:

$$P_t = K_a \gamma_t z$$

El empuje  $S_t$  es aplicado a  $1/3 H$  con valor:

$$S_t = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a$$

Tenemos:



$$K_a = \frac{\sin^2(\beta - \varphi)}{\sin^2 \beta \cdot \sin^2(\beta + \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\varphi - \varepsilon)}{\sin(\beta + \delta) \cdot \sin(\beta - \varepsilon)}} \right]^2}$$

Valores límite de  $K_A$  :

$$\delta < (\beta - \varphi - \varepsilon) \text{ según Muller-Breslau}$$

$\gamma_t$  = Peso específico del terreno;

$\beta$  = Inclinación de la pared interna respecto al plano horizontal pasante por el pie;

$\varphi$  = Ángulo de resistencia al corte del terreno;

$\delta$  = Ángulo de rozamiento terreno-muro;

$\varepsilon$  = Inclinación del plano del terreno respecto al plano horizontal, positiva si va contra de las manecillas del reloj;

H = Altura de la pared.

### Cálculo de empuje activo con Rankine

Si  $\varepsilon = \delta = 0$  y  $\beta = 90^\circ$  (muro con pared vertical lisa y terraplén horizontal) el empuje  $St$  se simplifica de la siguiente forma:

$$S_t = \frac{\gamma \cdot H^2 (1 - \sin \varphi)}{2(1 + \sin \varphi)} = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \operatorname{tg} \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

coincidiendo con la ecuación de Rankine para el cálculo del empuje activo del terreno con terraplén horizontal.

De hecho, Rankine adoptó esencialmente la mismas hipótesis de Coulomb, con excepción del hecho que omitió el rozamiento terreno-muro y la presencia de cohesión. En su formulación general la expresión de  $K_a$  de Rankine se presenta como sigue:

$$K_a = \cos \varepsilon \frac{\cos \varepsilon - \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \varphi}}{\cos \varepsilon + \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \varphi}}$$

### Cálculo del empuje activo con Mononobe & Okabe

El cálculo del empuje activo con el método de Mononobe & Okabe tiene en cuenta el análisis del empuje en condiciones sísmicas con el método pseudo-estático. Se basa en el estudio del equilibrio límite global de un sistema cuyos componentes son el muro y la cuña de terreno homogéneo detrás de la obra implicada en la rotura, con una configuración ficticia de cálculo en la cual el ángulo  $\varepsilon$ , de inclinación del plano del terreno respecto al plano horizontal, y el ángulo  $\beta$ , de inclinación de la pared interna respecto al plano horizontal pasante por el pie, se aumentan en una cantidad  $\theta$  tal que:

$$\operatorname{tg} \theta = k_h / (1 \pm k_v)$$

donde  $k_h$  coeficiente sísmico horizontal y  $k_v$  vertical.

En ausencia de estudios específicos, los coeficientes  $k_h$  y  $k_v$  deben ser calculados de la siguiente manera:

$$k_h = S \cdot a_g / r \quad k_v = 0,5 k_h$$

donde  $S \cdot a_g$  representa el valor de aceleración sísmica máxima del terreno para las diversas categorías de perfil estratigráfico. Al factor  $r$  se le puede asignar el valor  $r = 2$  en caso de obras suficientemente flexibles (muros libres de gravedad), mientras que en los otros casos es igual a 1 (muros en h.a. resistentes a flexión, muros en h.a. con pilotes o anclajes, muros de sótano).

## Efecto de la cohesión

La cohesión induce presiones negativas constantes iguales a:

$$P_c = -2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

No siendo posible establecer a priori el decremento inducido en el empuje por efecto de la cohesión, ha sido calculada una altura crítica  $Z_c$ :

$$Z_c = \frac{2 \cdot c}{\gamma} \cdot \frac{1}{\sqrt{K_a}} - \frac{Q \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \varepsilon)}}{\gamma}$$

donde:

$Q$  = Carga agente en el terraplén.

Si  $Z_c < 0$  el efecto se puede aplicar directamente como un decremento cuyo valor es:

$$Z_c = P_c \times H$$

aplicable en  $H/2$ .

## Carga uniforme en el terraplén

Una carga  $Q$ , uniformemente distribuida sobre el plano terreno provoca presiones constantes iguales a:

$$P_q = K_a \cdot Q \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \varepsilon)}$$

Por integración, un empuje igual a  $S_q$ :

$$S_q = K_a \cdot Q \cdot H \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \varepsilon)}$$

Aplicable en el punto  $H/2$ , habiendo indicado con  $K_a$  el coeficiente de empuje activo según Muller-Breslau.

## Empuje activo en condiciones sísmicas

En presencia de sismo la fuerza de cálculo ejercida por el terraplén sobre el muro está dado por:

$$E_d = \frac{1}{2} \gamma (1 \pm k_v) \cdot K \cdot H^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

donde:

H = altura muro

$k_v$  = coeficiente sísmico vertical

$\gamma$  = peso específico del terreno

K = coeficiente de empuje activo total (estático + dinámico)

$E_{ws}$  = Empuje hidrostático del agua

$E_{wd}$  = Empuje hidrodinámico

En terrenos impermeables el empuje hidrodinámico  $E_{wd} = 0$ , pero viene efectuada una corrección en el valor del ángulo  $\theta$  de la fórmula de Mononobe & Okabe tal que:

$$\text{tg } \theta = \frac{\gamma_{\text{sat}}}{\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w} \cdot \frac{k_h}{1 \pm k_v}$$

En terrenos con alta permeabilidad en condiciones dinámicas vale siempre la corrección anterior, pero el empuje hidrodinámico asume la siguiente expresión:

$$E_{wd} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H'^2$$

Con H' altura del agua medida a partir de la base del muro.

## Empuje hidrostático

El nivel freático con superficie distante  $H_w$  de la base del muro provoca presiones hidrostáticas normales en la pared que, en profundidad z, se expresan así:

$$P_w(z) = \gamma_w \cdot z$$

Con resultante:

$$S_w = 1/2 \cdot \gamma_w \cdot H^2$$

El empuje del terreno sumergido se obtiene sustituyendo  $\gamma_t$  con  $\gamma'_t$  ( $\gamma'_t = \gamma_{\text{saturado}} - \gamma_w$ ), peso eficaz del material sumergido en agua.

### Resistencia pasiva

Para terreno homogéneo el diagrama de las presiones es lineal del tipo:

$$P_t = K_p \cdot \gamma_t \cdot z$$

Por integración se obtiene el empuje pasivo:

$$S_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_p$$

Habiendo indicado con:

$$K_p = \frac{\sin^2(\phi + \beta)}{\sin^2 \beta \times \sin(\beta - \delta) \times \left[ 1 - \frac{\sin(\delta + \phi) \times \sin(\phi + \varepsilon)}{\sin(\beta - \delta) \times \sin(\beta - \varepsilon)} \right]^2}$$

(Muller-Breslau) con valores límites de  $\delta$  iguales a:

$$\delta < \beta - \phi - \varepsilon$$

La expresión de  $K_p$  según Rankine asume la siguiente forma:

$$K_p = \frac{\cos \varepsilon + \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \phi}}{\cos \varepsilon - \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \phi}}$$

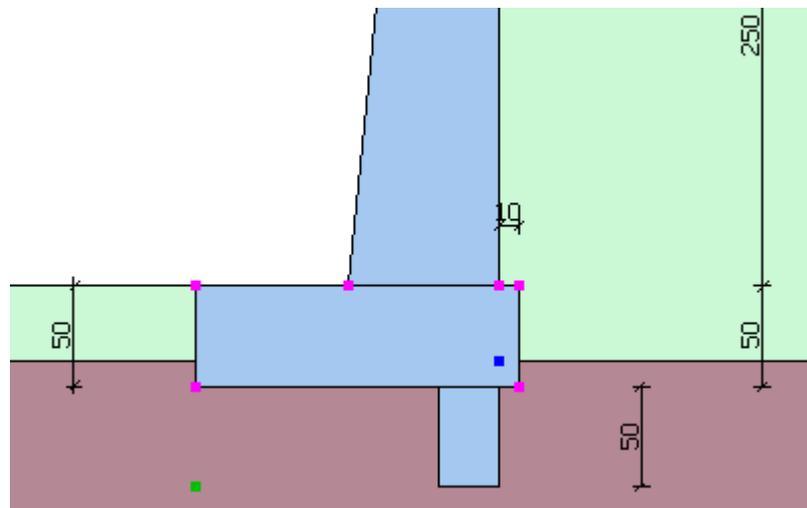
### 1.23.4 Carga límite cimentaciones superficiales sobre terreno

#### 💡 Observación

En el caso de que la estratigrafía sea diferente entre la cimentación y el alzado, si es posible, evitar que la cota de la estratigrafía de base coincida perfectamente con la cota de cimentación.

En la figura se indica el esquema correcto a seguir.

**Atención:** esto es solo una medida de precaución ya que, haciéndoles coincidir, MDC asume las características geotécnicas del estrato de base para llevar a cabo las pruebas de la carga última.



### VESIC (1973)

Para que la cimentación de un muro pueda resistir la carga de proyecto con seguridad con respecto a la rotura general se debe cumplir la siguiente desigualdad:

$$V_d \leq R_d$$

donde:

$V_d$  es la carga de proyecto, normal en la base de la cimentación, que comprende también el peso del muro;

Rd es la carga última de proyecto de la cimentación con respecto a las cargas normales, teniendo en cuenta el efecto de cargas inclinadas o excéntricas.

En el examen analítico de la carga última de proyecto Rd se deben considerar las situaciones a corto y a largo plazo de los suelos de grano fino.

La carga última de proyecto **en condiciones no drenadas** se calcula como:

$$\frac{R}{A} = (2 + \pi)c_u \cdot s_c \cdot i_c + q$$

donde:

Área de la cimentación eficaz de proyecto, entendida, en caso de carga excéntrica, como el área reducida en cuyo centro se aplica el resultado de la carga.

$$A' = B' \cdot L'$$

$c_u$  = cohesión no drenada.

$q$  = presión litostática total en el plano de cimentación.

$s_c$  = factor de forma

Para cimentaciones rectangulares.

$$s_c = 1 + 0.2 \left( \frac{B'}{L'} \right)$$

Para cimentaciones cuadradas o circulares.

$$s_c = 1.2$$

Factor correctivo de la inclinación de la carga a causa de una carga H.

$$i_c = 0.5 \left( 1 + \sqrt{1 - H/A' \cdot c_u} \right)$$

**En condiciones drenadas** la carga última de proyecto se calcula así:

$$\frac{R}{A} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma$$

donde:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi'}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi'$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \varphi'$$

### Factores de forma

$$s_q = 1 + \left( \frac{B'}{L'} \right) \tan \varphi'$$

para forma rectangular

$$s_q = 1 + \tan \varphi'$$

para forma cuadrada o circular

$$s_\gamma = 1 - 0.3 \left( \frac{B'}{L'} \right)$$

para forma rectangular

$$s_\gamma = 0.7$$

para forma cuadrada o circular

$$s_c = (s_q \cdot N_q - 1)(N_q - 1)$$

para forma rectangular, cuadrada o circular

### Factores de inclinación resultante:

$$i_q = \left[ -H / (V + A' \cdot c' \cdot \cot \varphi') \right]^n$$

$$i_\gamma = \left[ -H / (V + A' \cdot c' \cdot \cot \varphi') \right]^{m+1}$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$$

Además de los factores de corrección anteriores, se consideran otros complementarios de la profundidad del plano de cimentación y de la inclinación del plano de cimentación y del plano terreno (Hansen).

### Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot K$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan \varphi \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot K$$

$$\text{con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \leq 1 \text{ altrimenti } K = \arctan \frac{D}{B}$$

$$d_\gamma = 1$$

### HANSEN - Analisi a breve termine

$$\frac{R}{A'} \leq (2 + \pi) \cdot c_u \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q$$

Dove:

$A'$  =  $B' L'$  area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

$c_u$  = coesione non drenata;

$q$  = pressione litostatica totale sul piano di posa;

$s_c$  = fattore di forma,  $s_c = 0$  per fondazioni nastriformi;

$d_c$  = fattore di profondità;

$$d_c \leq 0.4 \cdot K \text{ con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \leq 1 \text{ altrimenti } K = \arctan \frac{D}{B}$$

$i_c$  = fattore correttivo di inclinazione del carico;

$$i_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}}$$

$A_f$  = area efficace della fondazione;

$c_a$  = aderenza alla base, pari alla coesione o ad una sua frazione.

## HANSEN- Analisi a lungo termine

$$\frac{R}{A'} \leq c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan^2 \varphi'} \tan^2 \left( 45 + \frac{\varphi'}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \varphi'$$

$$N_\gamma = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi'$$

## Fattori di forma

Per forma rettangolare

$$s_q = 1 + \left( \frac{B'}{L'} \right) \cdot \tan \varphi'$$

Per forma rettangolare

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \left( \frac{B'}{L'} \right)$$

Per forma rettangolare, quadrata o circolare.

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'}$$

Per fondazione nastriforme

$$s_c = s_q = s_\gamma = 1$$

## Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'

$$i_q = \left( 1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \cot \varphi'} \right)^3$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \cot \varphi'} \right)^3$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan \varphi'}$$

### Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot K$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan \varphi \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot K$$

$$\text{con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \leq 1 \text{ altrimenti } K = \arctan \frac{D}{B}$$

$$d_\gamma = 1$$

#### 1.23.5 Cálculo de pilotes de cimentación

##### Convenciones sobre los signos

1. La fuerza vertical  $F_y'$  positiva si se dirige hacia abajo;
2. La fuerza horizontal  $F_x$  positiva si va de izquierda a derecha;
3. El par  $M$  es positivo si produce desplazamientos concordantes con los de la fuerza horizontal  $F_x$ .

##### Analisi del palo in presenza di carichi trasversali: Matlock & Reese

Il comportamento del palo singolo nei confronti dei carichi trasversali potrà essere trattato facendo riferimento alla nota teoria di **Matlock e Reese (1960)**.

In base a tale teoria, nel caso di:

- pali interamente immorsati in un terreno omogeneo;
- pali caricati in testa da una forza orizzontale ( $H_t$ ) e da un momento ( $M_t$ );

si ottengono le espressioni generali sotto riportate:

- spostamento orizzontale

$$s_h = (H_t \times T^3 / E_p \times I_p) \times A_y + (M_t \times T^2 / E_p \times I_p) \times B_y$$

- rotazione

$$\theta = (H_t \times T^2 / E_p \times I_p) \times A_s + (M_t \times T / E_p \times I_p) \times B_s$$

- momento

$$M = (H_t \times T) \times A_m + M_t \times B_m$$

- taglio

$$H = H_t \times A_v + (M_t / T) \times B_v$$

essendo:

$s_h$  = spostamento orizzontale lungo il fusto del palo.

$\theta$  = rotazione lungo il fusto del palo

$M$  = momento lungo il fusto del palo.

$H$  = taglio lungo il fusto del palo

$A_y, B_y, A_s, B_s, A_m, B_m, A_v, B_v$  coefficienti adimensionali

$E_p$  = modulo di Young del palo

$I_p$  = momento d'inerzia del palo

$T = (E_p I_p / E_s)^{0.25}$  nel caso di  $E_s$  costante con la profondità

$E_s$  modulo di reazione orizzontale secante del terreno pari a  $k_h \times D$ .

$k_h$  coefficiente di reazione orizzontale del terreno.

I coefficienti adimensionali sopra indicati sono funzione della flessibilità relativa, rappresentata dai rapporti  $L_p/T$  e  $z/T$ , essendo  $L_p$  la lunghezza del palo e  $z$  la profondità generica riferita alla testa palo.

Nel caso di modulo  $E_s$  costante con la profondità e di pali flessibili i coefficienti adimensionali sono ricavabili dalle soluzioni in forma chiusa di trave su suolo alla Winkler caricata in una estremità da una forza e da una coppia, avendo cura di sostituire la larghezza  $B$  della trave con il diametro  $D$  del palo.

Nel caso di modulo  $E_s$  variabile con la profondità, in prima approssimazione, l'analisi può essere effettuata con le equazioni sopra indicate considerando un valore medio di  $E_s$  riferito ad una profondità pari a 3-4 volte il diametro  $D$  del palo.

## Carga última vertical

La carga última vertical ha sido calculada con las fórmulas estáticas, que expresan lo mismo en función de la geometría del pilote y de las características del suelo y de la interfaz pilote-terreno.

Para fines de cálculo, convencionalmente la carga última  $Q_{lim}$  se subdivide en dos partes alícuotas, la resistencia en punta  $Q_p$  y la resistencia lateral  $Q_s$ .

### Resistencia unitaria en punta

La resistencia unitaria  $q_p$  de punta, en caso de terreno con rozamiento ( $j$ ) y con cohesión ( $c$ ), es dada por la expresión:

$$q_p = c \times N_c + \gamma \times D \times N_q$$

Donde:

$\gamma$  = Peso específico del terreno;

$D$  = Longitud del pilote;

$N_c$  e  $N_q$  = Factores de capacidad portante que comprenden ya el efecto forma (circular).

El factor  $N_q$  ha sido calculado según la teoría de Berezantzev.

### Resistencia del tallo

La contribución a la resistencia por fuste se calcula utilizando una combinación de esfuerzos totales y eficaces. Son previstos tres procedimientos de cálculo de uso corriente, dos de los cuales de validez general para la resistencia lateral de pilotes colocados en suelos cohesivos. Estos métodos se denominan a, b y l debido a los coeficientes multiplicativos usados en el término de la capacidad portante lateral.

Método utilizado para calcular la capacidad portante lateral, método A, propuesto por Tomlinson (1971). La resistencia lateral se calcula de la siguiente manera:

$$f_s = A \cdot c + q \cdot K \cdot \text{tg } \delta$$

$c$  = valor promedio de la cohesión o de la resistencia al corte en condiciones no drenadas.

$q$  = presión vertical del terreno

$k$  = coeficiente de empuje horizontal dependiente de la tecnología del pilote y del precedente estado de densificación calculado como sigue:

Para pilotes hincados  $K = 1 + \text{tg}^2 \phi$

Para pilotes barrenados  $K = 1 - \text{tg}^2 \phi$

$\delta$  = rozamiento pilote-terreno, función de la rugosidad de la superficie del pilote.

Para pilotes hincados  $\delta = 3/4 \times \text{tg} \phi$

Para pilotes barrenados  $\delta = \text{tg} \phi$

$\alpha$  = es un coeficiente obtenido como se indica a continuación:

### Coeficiente $\alpha$ para pilotes hincados

$c < 0.25$	$\alpha = 1.00$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.85$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.65$
$0.75 < c < 2.4$	$\alpha = 0.50$
$c > 2.4$	$\alpha = 1.2 / c$

### Coeficiente $\alpha$ para pilotes barrenados

$c < 0.25$	$\alpha = 0.9$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.8$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.6$
$0.75 < c < 2$	$\alpha = 0.4$
$c > 2$	$\alpha = 0.8 / c$

Además, según las indicaciones de Okamoto, en presencia de efectos sísmicos la resistencia lateral se reduce en función de coeficiente sísmico  $k_h$  como sigue:

$$C_{\text{reduct\_coeff}} = 1 - k_h$$

En conclusión:

1. Para pilotes barrenados, tanto las características de resistencia ( $c, \phi$ ) como el coeficiente del módulo horizontal del terreno han sido reducidos en un 10%.

2. En caso de acciones de tracción la carga en punta es nula mientras la lateral ha sido reducida al 70%.
3. En el coeficiente de seguridad vertical se ha tenido en debida cuenta también el peso del pilote.

### Asientos

El asiento vertical ha sido calculado con el método *Davis-Poulos*, según el cual el pilote se considera rígido (indeformable) inmerso en un medio elástico, semi espacio o estrato de espesor finito.

Se supone que la interacción pilote terreno sea constante por tramos a lo largo de las  $n$  superficies cilíndricas en las cuales viene subdividida la superficie lateral del pilote.

El asiento de la superficie genérica  $i$ , por efecto de la carga que transmite el pilote al terreno a lo largo de la  $j$  ésima superficie, se puede expresar:

$$W_{i,j} = (\tau_j / E) \times B \times I_{i,j}$$

Habiendo indicado con:

$\tau_j$  = Incremento de tensión relativo al punto medio de la rebanada;

$E$  = Módulo elástico del terreno;

$B$  = Diámetro del pilote;

$I_{i,j}$  = Coeficiente de influencia.

El asiento total se obtiene sumando  $W_{i,j}$  para todas las  $j$  áreas.

### 1.23.6 Estabilidad global

La estabilidad global determina el grado de seguridad del complejo muro-terraplén con respecto a deslizamientos a lo largo de potenciales superficies de rotura.

El factor de seguridad se puede expresado según el método ordinario de las rebanadas, como sigue:

$$F_s = \frac{\sum c \cdot l + \sum [(W + Q + F) \cdot \cos \alpha - K_s (W + Q + F) \cdot \sin \alpha + F_0 \sin \alpha \cdot l \cdot u] \cdot \operatorname{tg} \phi}{\sum \left[ (W + Q + F) \cdot \sin \alpha + K_s (W + Q + F) \cdot \frac{e_s}{r_0} \right] - \sum \left( F_0 \cdot \frac{e_t}{r_0} \right)}$$

donde:

$W$  = peso de la rebanada genérica;

$Q$  = carga repartida;

$F$  = carga concentrada;

$K_s W$  = fuerza inercial;

$K_s$  = coeficiente de intensidad sísmica;

$l$  = longitud de la base de la rebanada genérica;

$\alpha$  = ángulo entre la base de la rebanada y el plano horizontal;

$c$  = cohesión del terreno;

$\phi$  = ángulo de resistencia al corte del terreno;

$\rho_o$  = radio superficie de desplazamiento genérica;

$u$  = presión generada por el nivel freático;

$F_o$  = carga horizontal generada por los anclajes;

$e_t$  = excentricidad de la fuerza de anclaje respecto al centro de rotación;

$e_s$  = excentricidad de las fuerzas sísmicas respecto al centro de rotación.

### 1.23.7 Cálculo deslizamientos

Mediante métodos de I nivel (correlaciones empíricas) es posible calcular los deslizamientos de las obras de contención ocasionados por sismo como resultado de un cinematismo de empuje activo. En las diferentes bibliografías se proponen correlaciones extraídas de la elaboración de resultados de deslizamientos, calculados generalmente mediante análisis dinámicos simplificados. En estos análisis la interacción entre el muro y el terreno de cimentación se estudia con el modelo clásico de bloque rígido deslizante en plano horizontal propuesto por Newmark (1965), o bien con modelos un poco más sofisticados derivados del mismo. Las correlaciones se basan en su mayoría en la curva envolvente de los deslizamientos calculados, resultando estas bastante cautelosas; mientras que otras veces se basan en el análisis de las probabilidades de ocurrencia de los deslizamientos.

La correlación más citada en la literatura es la de **Richards y Elms** (1979), la cual se basa en los resultados de las adiciones hechas por Franklin y Chang (1977) para un conjunto de acelerogramas relativos a 27 terremotos reales y 10 terremotos sintéticos de los cuales se consideraron solo los componentes horizontales. El modelo de integración muro-terreno utilizado es el original de **Newmark**. Richards y

Elms individuaron la curva envolvente superior de los deslizamientos trazados en función de la relación de aceleración crítica ( $N/A$ ), definida como la relación entre el coeficiente  $N$  de la aceleración crítica  $a_c$  (donde  $a_c = N \cdot g$ ) y el coeficiente  $A$  de la aceleración máxima suelo ( $A \cdot g$ ); la ecuación de la curva (llamada upperband) es:

$$d = \frac{V^2}{A \cdot g} \left( \frac{N}{A} \right)^{-4}$$

Donde

$d$  es el deslizamiento relativo en metros;

$V$  es la máxima velocidad del acelerograma expresada en m/seg

Cabe señalar que esta fórmula fue propuesta por los autores también como instrumento para proyectar el muro, una vez que se ha fijado el valor del deslizamiento admisible y que se conocen los valores máximos de la aceleración  $A \times g$  y de la velocidad  $V$  del acelerograma.

Otras correlaciones acreditadas en la literatura son:

Método	Deslizamiento	Magnitud	Notas
Newmark (1965)	$S_{0(\max)} = \frac{v_{\max}^2}{2a_c} \left( \frac{a_{\max}}{a_c} \right)$		
Whitman y Liao (1984)	$S_{0(av)} = \frac{37v_{\max}^2}{a_{\max}} e^{-\frac{9.4a_c}{a_{\max}}}$	6.3 ÷ 6.7	$a_{\max} > 0.15 g$
Jibson (1993)	$\log(S_{0(av)}) = 1.460 \cdot \log(I_A) - 6.642 \frac{a_c}{g}$	5.8 ÷ 7.5	$a_{\max} > 0.13g$ $I_A = 0.2 \div 9.96 m$ $S_{0(av)} (cm)$
Crespellani y al. (1998)	$S_{0(av)} = 0.011 \cdot P_D^{0.997} \left( \frac{a_c}{g} \right)^{-1.338}$		$P_D (10^{-4} g \cdot s^3)$ $S_{0(av)} (cm)$

$I_A$  = intensidad de Arias

$$I_A = \frac{\pi}{2g} \int_0^{t_0} a^2(t) \cdot dt$$

$P_D$  = potencial sísmico destructivo

$$P_D = \frac{I_A}{v_0^2} (10^{-4} g \cdot s^3)$$

$v_0$  = intensidad de las intersecciones con el eje del tiempo del acelerograma de proyecto (en  $s^{-1}$ )

### 1.23.8 Amplitud de las fisuras

Según los conocimientos actuales es oportuno limitar las aberturas (o amplitud) de fisura en relación con la agresividad del ambiente, a fin de contrastar, junto con el recubrimiento de las barras, la corrosión de las mismas.

Además de esta exigencia de durabilidad, limitar la entidad de las fisuras puede ser importante a nivel estético o de junta estanca (para depósitos y tanques se puede evitar casi siempre la colocación de un estrato impermeable si se contiene la amplitud de las fisuras en no más de 0,1 mm).

No se examinarán aquí los estados últimos de descompresión y de formación de las fisuras ya que estos se refieren esencialmente a estructuras pretensadas.

Aunque el cálculo directo de las aberturas de fisura es poco seguro debido al carácter tan aleatorio de la fisuración, los eurocódigos lo requieren expresamente e indican valores nominales ( $w_1=0,2$  mm;  $w_2=0,3$  mm;  $w_3=0,4$  mm) que no se deben superar, en función de las condiciones ambientales, de la combinación de carga y de la sensibilidad de las armaduras.

Para armaduras poco sensibles, como las empleadas en estructuras de h.a. normal, los eurocódigos fijan los siguientes valores límite a las aberturas de fisura en función de las condiciones ambientales y de la combinación de las acciones:

Condiciones ambientales	Combinaciones de acciones	Abertura fisura $w_m$
a - ordinarias	frecuentes	$\leq w_3$
	casi permanentes	$\leq w_2$

b – moderadamente agresivas	frecuentes	$\leq w_2$
	casi permanente	$\leq w_1$
c - muy agresivas	rara	$\leq w_1$
	frecuente	$\leq w_1$

Los valores nominales seleccionados no deben ser superados por los de cálculo en la zona de eficacia de las armaduras, y dados por:

$$w_d = 1,7 w_m$$

donde:

$$w_m = \epsilon_{s,m} \Delta_{r,m} = \text{valor promedio abertura}$$

$$\epsilon_{s,m} = \text{deformación promedio de las barras}$$

$$\Delta_{r,m} = \text{distancia promedio entre las fisuras}$$

### 1.23.9 Sismo

Para el cálculo de la acción sísmica el programa se adapta al tipo de normativa seleccionada por el usuario.

### 1.23.10 Acción sísmica

Los valores de los coeficientes sísmicos horizontales y verticales se pueden asignar manualmente.

Además el software los puede calcular automáticamente sobre la base de la aceleración máxima en el sitio

► [Eurocódigo 8](#)

### 1.23.10.1 Eurocodice 8

Para la aplicación del Eurocódigo 8 (Diseño de estructuras sismoresistentes), el coeficiente sísmico horizontal se define:

$$K_h = \frac{a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S}{g}$$
$$K_v = \pm 0.5 \cdot K_h$$

donde:

$a_{gR}$  = aceleración pico de referencia en suelo rígido aflorante,

$\gamma_I$  = factor de importancia,

S = soil factor que depende del tipo de suelo (de A a E).

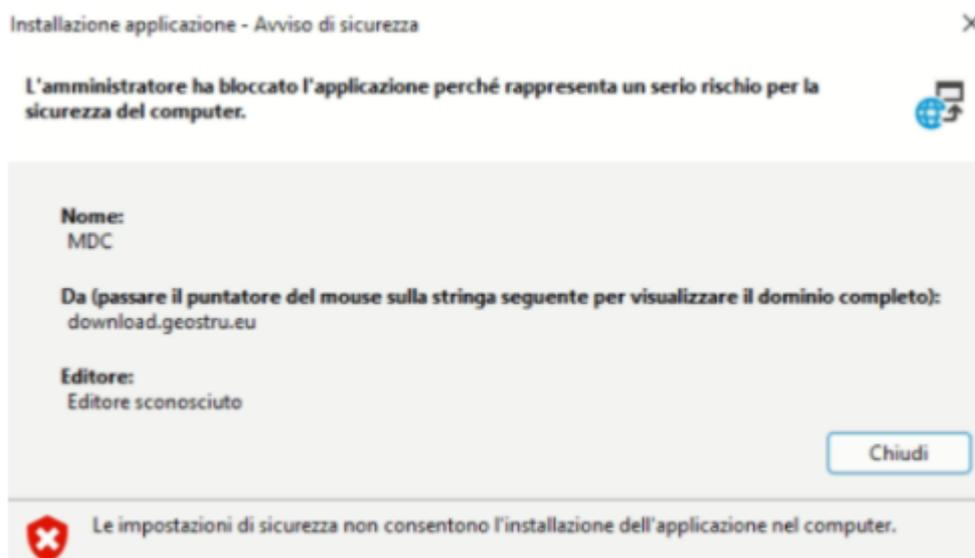
$$a_g = a_{gR} \cdot \gamma_I$$

es la "design ground acceleration on type A ground".

## 1.24 Configuración inicial

El administrador ha bloqueado esta aplicación porque puede representar un riesgo para la seguridad del equipo durante la instalación de MDC.

Puede ocurrir que durante la instalación de MDC, se muestra el siguiente mensaje de error:



### Causas:

El mensaje de solicitud de confianza de Windows ClickOnce está deshabilitado. ClickOnce, un componente de .NET Framework, debe estar habilitado para que MDC se ejecute.

### Solución:

Para solucionar el problema, active esta clave del registro.

1. Abra el editor del registro.
2. Busque la siguiente clave de registro.

**\ HKEY\_LOCAL\_MACHINE \ SOFTWARE \ Microsoft \ .NETFramework \ Security \ TrustManager \ PromptingLevel \ Internet**

Si la clave no existe, créarla.

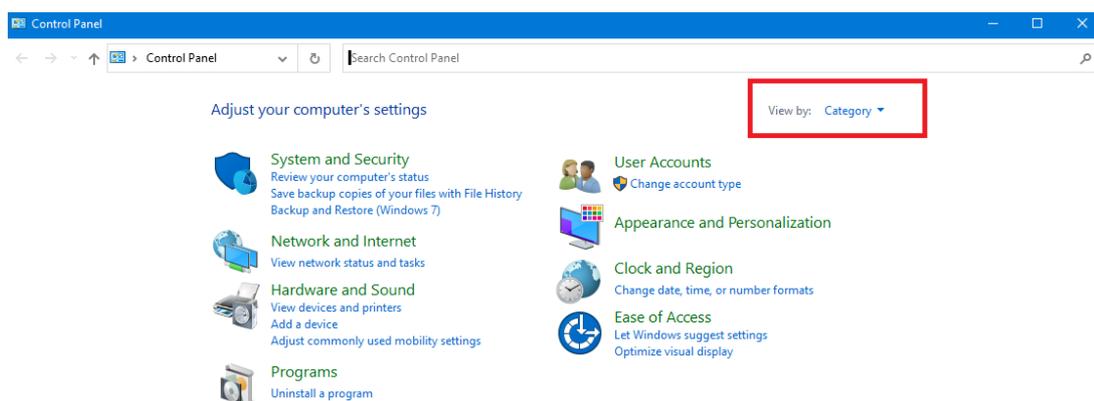
3. Establecer el valor en Activado, guardar

Configuración del separador decimal y el símbolo de agrupar dígitos del panel de control (para la versión 2022)

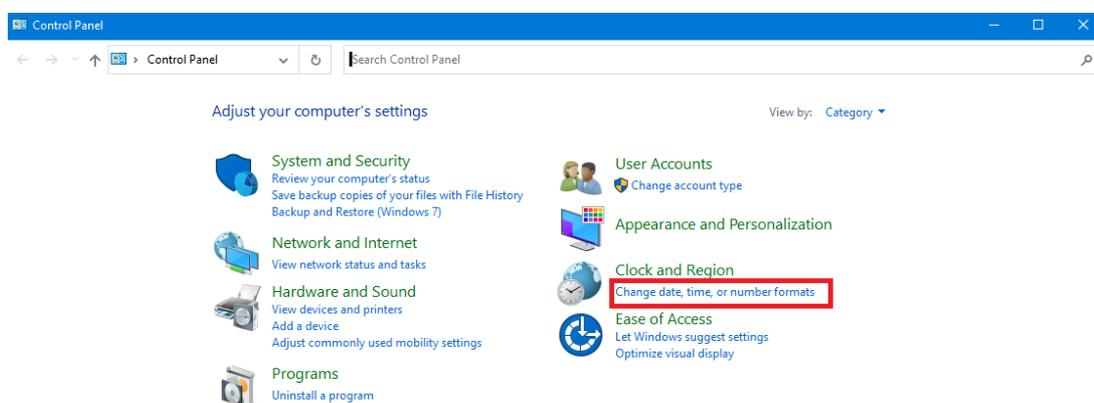
El programa requiere, para un correcto funcionamiento, como separador decimal, el "punto" y el símbolo "coma" para agrupar los dígitos.

- **Cómo hacer la configuración**

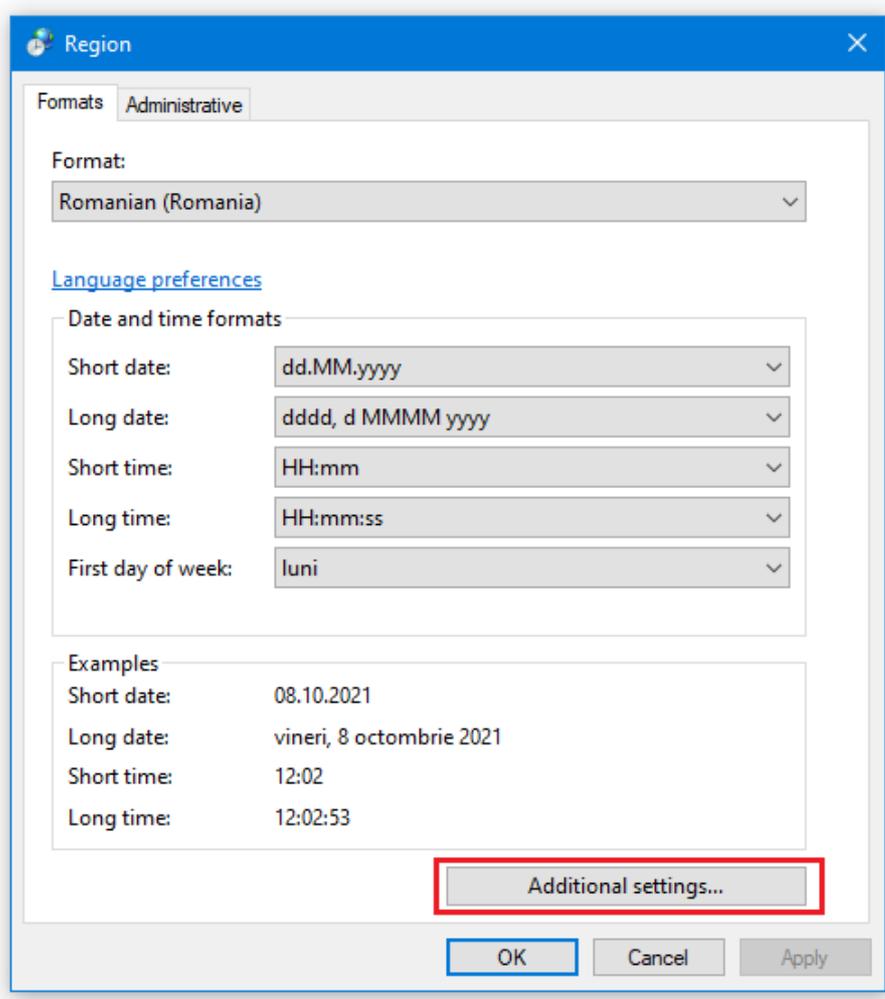
Vaya al panel de control y seleccione la vista por categoría



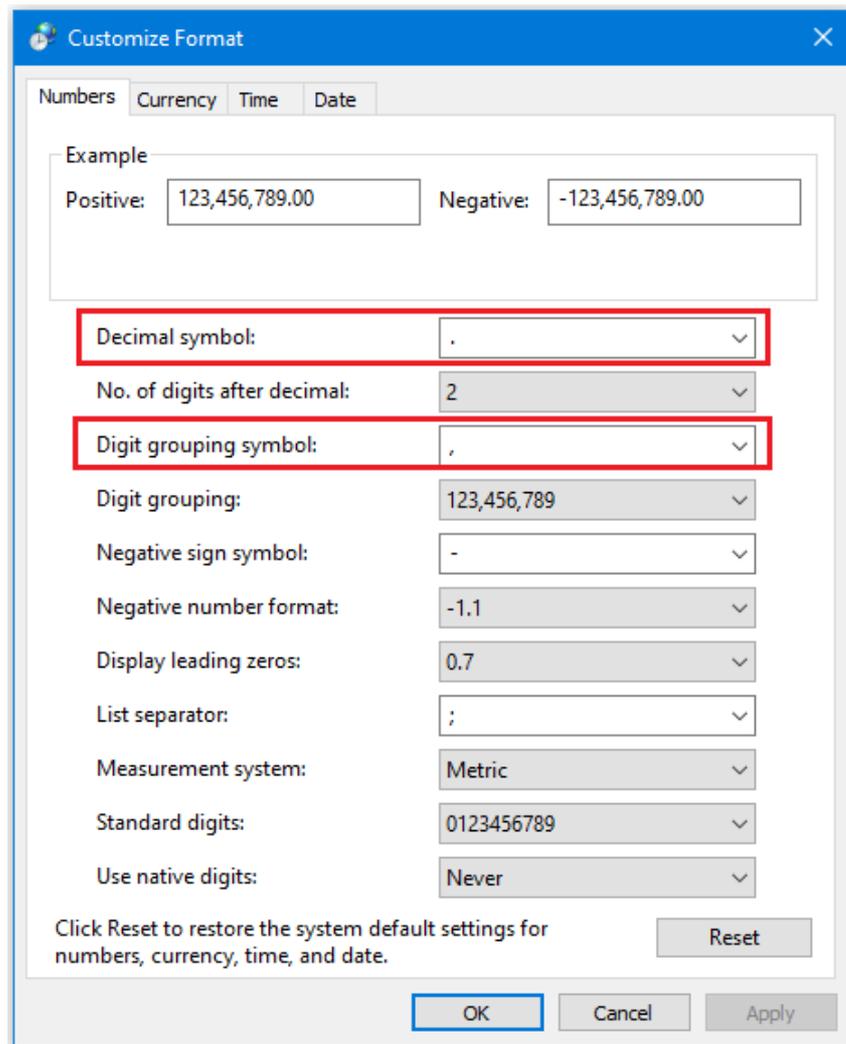
Elija la opción **Cambiar formato de fecha, hora o número**



Seleccione **Configuración adicional**



Establecer el "punto" como separador decimal y la "coma" como símbolo de agrupamiento de dígitos.



Confirmar con el botón **Aplicar y Aceptar**.

## 1.25 Bibliografía

- Arias, A.** (1970). A measure of earthquake intensity in Seismic Design of Nuclear Power Plants, R. J. Hansen, Editor, The Mass. Inst. Tech. Press.
- Bishop A. W.,** 1955. The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Siopes. Geotechnique, Vol. 5:7-17.
- Coulomb, C.A.** 1776. Essai sur une application des regles de maximis et minimis a quelques problemes de statique, relatifs a l'architecture. Memoires de Mathematique et de Physique présentés a l'Academic Royale des Sciences, Paris, 1773, 1, 343-382.
- Matlock H. e Reese L.C.,** 1960. Generalised solutions for laterally loaded piles. Journ. Soil Mech. Found. Div., ASCE, Vol. LXXXVI, SM5, pp. 63-91

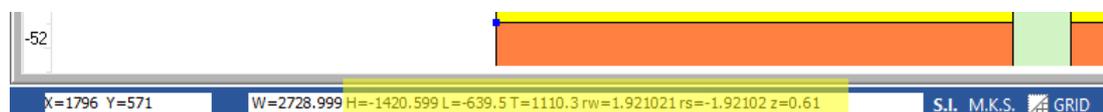
- Newmark N.M., 1965. Effects of Earthquakes on Dams and Embankments. Geotechnique, 15, 139-160.
- Poulos H. G. and Davis E. H., 1980. Pile foundation analysis and design. Wiley Ed. 397 p.
- Poulos H. G. and Davis E. H., 1991. Elastic Solutions for Soil and Rock Mechanics. Centre for geotechnical research, University of Sidney.
- Richards R. and Elms D.G., 1979. Seismic Behavior of Gravity Retaining Walls. Journal of the Geotechnical Engineering Division, 105, 449-464.
- Vesic A.S., 1970. "Tests on Instrumented Piles, Ogeehee River Site," Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 96, No. SM2, pp. 561-584.

## 1.26 Comandos short cut

La barra que se muestra en la imagen tiene varias funciones:

- 1) Con las letras de short cut de los menús, seguidas de Enter, se obtiene acceso veloz a los comandos.  
Ejemplo: **N+Enter** para crear un nuevo archivo.
- 2) Para búsquedas avanzadas en el manual, se le puede hacer una pregunta al programa seguida de ?+Enter  
Ejemplo: **Sismo+?+Enter** para informaciones sobre el análisis sísmico.
- 3) Apertura de un programa en modo rápido.  
Ejemplo: **Slope+Enter** para abrir este otro software GeoStru.
- 4) Acceso rápido a los contactos GeoStru.  
Ejemplo: **Contactos+?+Enter** para acceder a la lista de los contactos.
- 5) Acceso rápido a funciones web:  
Ejemplo: [www.geostru.eu](http://www.geostru.eu)+Enter o [info@geostru.eu](mailto:info@geostru.eu)

Escribir **geostru ps + Enter** para acceso rápido al cálculo de los parámetros sísmicos.



## 1.27 Contatti

	 Telefono
	+506 83094208 (orario de nuestra sede en Costa Rica) En Europa (+39) 6 90 28 90 85.
	 E-mail
	<a href="mailto:info@geostru.eu">info@geostru.eu</a> - <a href="mailto:info.es@geostru.eu">info.es@geostru.eu</a>
	 Working hours
	de las 9 AM a las 4 PM
 Customer support	
<a href="mailto:info@geostru.eu">info@geostru.eu</a>	