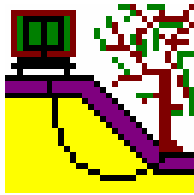


Análisis de estabilidad de taludes y estructuras de  
refuerzo mediante tierra armada, geotextiles, anclajes  
clavos

---

# GGU-STABILITY

VERSIÓN 8



---

Última revisión:  
Copyright:  
Capacitación y Ventas:

Noviembre 2007  
Civilsolve GmbH  
Dpto. Técnico y Ventas Civilsolve GmbH, BS

---

## Contenido

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Propiedades Técnicas</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Protección de la Licencia</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Selección de idioma</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Primeros Pasos</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>Ejemplo práctico 1: ingreso mediante el ratón</b>	<b>12</b>
6.1	Descripción del sistema	12
6.2	Paso 1: Opciones de cálculo	13
6.3	Paso 2: Ajuste de las coordenadas del gráfico	13
6.4	Paso 3: Definición de la cuadrícula	13
6.5	Paso 4: Ingreso de puntos superficiales y puntos de presiones de agua	14
6.6	Paso 5: Ingreso de estratos de suelo	15
6.7	Paso 6: Ingreso de niveles de agua y cargas	15
6.8	Paso 7: Ingreso de las propiedades del suelo	16
6.9	Paso 8: Preferencias de refuerzo del talud	17
6.10	Paso 9: Generación de cuerpos de geosintéticos y superficies de falla	18
6.11	Paso 10: Generación de superficies de falla	19
6.12	Paso 11: Modelación del talud	20
6.13	Paso 12: Análisis y Resultados	20
<b>7</b>	<b>Ejemplo práctico 2: ingreso de datos manual</b>	<b>22</b>
7.1	Paso 1: Opciones de cálculo	22
7.2	Paso 2: Ingreso de Datos del Sistema	22
7.2.1	Ptos. de Sup. (Puntos de Superficie)	23
7.2.2	Prop. de suelo (Propiedades del suelo)	24
7.2.3	Estratos suelo	25
7.2.4	Presión de poros	27
7.2.5	Cargas permanentes + Cargas vivas	27
7.2.6	Cargas puntuales	28
7.2.7	Anclajes	28
7.2.8	Artesianos	29
7.2.9	Acciones sísmicas	29
7.2.10	Pilotes (pernos de anclaje)	30
7.2.11	Clavos	31
7.2.12	Geosintéticos	32
7.3	Paso 3: Ingreso de datos finales	33
7.4	Paso 4: Definición de los círculos de falla	34
7.4.1	Definición de cuerpos de falla	34
7.4.2	Definición del rango de búsqueda	35
7.5	Paso 5: Cálculo del talud con círculos de falla	38
7.6	Paso 6: Evaluación y Resultados	38
7.7	Paso 7: Cálculo con superficies poligonales	39
7.7.1	Definición de superficies con el ratón	39

7.7.2	Definición de cuerpos de falla mediante tablas .....	40
7.7.3	Paso 8: Cálculo de estabilidad con mecanismos de falla poligonales.....	41
<b>8</b>	<b>Fundamentos Teóricos .....</b>	<b>42</b>
8.1	Información general de los métodos de Janbu y Bishop .....	42
8.2	Información general sobre el mecanismo de falla de cuerpos rígidos y el deslizamiento vertical de bloques.....	44
8.3	Teoría de Consolidación.....	45
8.4	Definición de Factores de Seguridad .....	47
8.5	Cargas Sísmicas.....	47
8.6	Empuje pasivo de suelo.....	48
8.7	Varios cuerpos de falla.....	49
8.8	Refuerzo del Talud.....	49
8.8.1	Notas generales sobre el refuerzo con Clavos .....	49
8.8.2	Terminología.....	49
8.8.3	Verificación de la estabilidad interna .....	50
8.8.4	Verificación al deslizamiento .....	50
8.8.5	Verificación al vuelco .....	52
8.8.6	Verificación de la Capacidad de Carga.....	52
8.8.7	Verificación de la estabilidad global.....	52
8.8.8	Verificación de la placa de hormigón .....	52
8.8.9	Fuerza máxima del refuerzo y verificación al punzonamiento .....	53
8.8.10	Etapas constructivas.....	54
<b>9</b>	<b>Descripción de los menús .....</b>	<b>55</b>
9.1	Menú "Archivo" .....	55
9.1.1	"Nuevo" .....	55
9.1.2	"Abrir" .....	55
9.1.3	"Guardar" .....	55
9.1.4	"Guardar como" .....	55
9.1.5	"Abrir cuerpos de falla" .....	55
9.1.6	"Guardar cuerpo de falla" .....	55
9.1.7	"Configurar impresora".....	55
9.1.8	"Imprimir y exportar" .....	56
9.1.9	"Impresión múltiple".....	58
9.1.10	"Imprimir tabla de resultados" .....	59
9.1.10.1	Selección del modo de salida .....	59
9.1.10.2	Resultados como gráfico .....	59
9.1.10.3	Impresión en ASCII .....	62
9.1.11	"Salir" .....	62
9.1.12	Menús "1, 2, 3, 4" .....	63
9.2	Menú "Datos" .....	63
9.2.1	"Preferencias de cálculo" .....	63
9.2.2	"Ingreso de datos" .....	64
9.2.3	"Estratos consolidados" .....	65
9.2.4	"Elementos estructurales " .....	67
9.2.5	"Factores parciales de seguridad" .....	69

9.2.6	"Asignar nombre al proyecto" .....	69
9.2.7	"Probar el sistema" .....	70
9.2.8	"Espejo" .....	70
9.2.9	"Sistemas predefinidos " .....	70
9.2.10	"Preferencias de gráficos" .....	71
9.2.11	"Leyenda general" .....	71
9.2.12	"Leyenda de suelos" .....	73
9.2.13	"Mostrar cotas" .....	75
9.2.14	" Mover objetos" .....	75
9.2.15	"Fundación" .....	76
9.3	Menú "Editor gráfico" .....	77
9.3.1	"Cuadrícula" .....	77
9.3.2	"Superficie" .....	77
9.3.3	"Presión de poros" .....	77
9.3.4	"Estratos" .....	77
9.3.5	"Cargas/ Cargas puntuales " .....	78
9.3.6	"Anclajes/Pilotes/Clavos/Geosintéticos/PT " .....	78
9.3.7	"Condiciones Artesianas" .....	78
9.3.8	"Niveles de agua" .....	79
9.3.9	"Estratos consolidados" .....	79
9.3.10	"Elementos estructurales" .....	79
9.3.11	"Inclinaciones" .....	79
9.3.12	"Coordenadas" .....	80
9.3.13	"Tensiones" .....	80
9.3.14	"Deshacer" .....	80
9.3.15	"Restaurar" .....	80
9.3.16	"Preferencias" .....	81
9.4	Red PP (Red de presiones de poros) .....	81
9.4.1	Fundamentos teóricos .....	81
9.4.2	"Archivo ASCII" .....	82
9.4.3	"Red mediante puntos" .....	83
9.4.4	"Isolíneas" .....	83
9.4.5	"Determinar PP" .....	84
9.4.6	"Definir nodos" .....	84
9.4.7	"Editar nodos múltiples" .....	84
9.4.8	"Mover nodos (Ratón)" .....	84
9.4.9	"Editar nodos individuales" .....	85
9.4.10	"Generar red manualmente" .....	85
9.4.11	"Generar red automáticamente" .....	85
9.4.12	"Filtrar elementos angulares" .....	86
9.4.13	"Eliminar" .....	86
9.4.14	"Afinar elementos individuales" .....	86
9.4.15	"Afinar elementos múltiples" .....	87
9.4.16	"Afinar todos los elementos" .....	87
9.5	Cuerpos de falla (solo para círculos de falla) .....	88
9.5.1	"Semi-automático" .....	88

9.5.2	"Puntos en cuadrilátero" .....	88
9.5.3	"Puntos en rectángulo".....	89
9.5.4	"Puntos individuales (gráfico)".....	89
9.5.5	"Puntos individuales (editor)".....	89
9.5.6	"Afinar".....	89
9.5.7	"Info" .....	89
9.5.8	"Definir rango de búsqueda".....	89
9.5.9	"Eliminar individualmente" .....	89
9.5.10	"Eliminar" .....	89
9.5.11	"Mostrar" .....	90
9.6	Cuerpos deslizantes (sólo para cuerpos poligonales deslizantes).....	90
9.6.1	"Info" .....	90
9.6.2	"Definir nuevo".....	90
9.6.3	"Cuerpos existentes" .....	91
9.6.4	"Duplicar".....	91
9.6.5	"Editar" .....	91
9.6.6	"Mostrar" .....	91
9.6.7	"Eliminar individualmente" .....	92
9.6.8	"Eliminar todo".....	92
9.6.9	"Espiral logarítmica" (Método Janbu).....	92
9.6.10	"Animación" (sólo con: "Método de cuerpos rígidos" y "Método de bloques")....	93
9.6.11	"Ver deslizamientos" (sólo con "Método de cuerpos rígidos" y "Método de bloques").....	93
9.7	Factores de Seguridad/Uso (sólo para círculos de falla) .....	94
9.7.1	Indicaciones .....	94
9.7.2	"Calcular".....	94
9.7.3	"Mostrar/Detalles" .....	94
9.7.4	"Preferenciasde resultados" .....	95
9.7.5	"Mostrar círculo más desfavorable".....	95
9.7.6	"Mostrar círculo específico" .....	95
9.7.7	"Mostrar todos" .....	96
9.7.8	"Isolíneas".....	96
9.7.9	"Isolíneas a colores".....	98
9.8	Factores de seguridad/uso (sólo para cuerpos poligonales) .....	98
9.8.1	Indicaciones .....	98
9.8.2	"Calcular cuerpos definidos" .....	99
9.8.3	"Mostrar cuerpo de falla específico".....	100
9.8.4	"Mostrar todos".....	100
9.8.5	"Mostrar resultados" .....	100
9.8.6	"Calcular cuerpos de falla intermedios".....	101
9.8.7	"Mostrar cuerpos intermedios" .....	102
9.8.8	"Definir nuevos cuerpos de falla" .....	102
9.8.9	"Calcular cuerpos nuevos".....	102
9.8.10	"Mostrar cuerpos nuevos" .....	102
9.8.11	"Importar/Guardar cuerpos nuevos" .....	102
9.8.12	"Preferencias de resultados" .....	102

9.8.13	"Diagrama de Fuerzas (sólo para "Método de cuerpos rígidos" y "Método de bloques").....	103
9.8.14	"Diagrama de desplazamientos" (sólo para "Método de cuerpos rígidos") .....	103
9.9	Preferencias de gráficos .....	103
9.9.1	"Actualizar y zoom".....	103
9.9.2	"Zoom de hoja".....	103
9.9.3	"Color y grosor de pluma".....	103
9.9.4	"Tipo de fuente en leyendas".....	104
9.9.5	"Barra de herramientas Mini-CAD" y "Barra de herramientas CAD de encabezados" .....	104
9.9.6	"Barra de herramientas y estado".....	104
9.9.7	"Líneas de acotado".....	106
9.9.8	"Guardar preferencias de gráficos".....	106
9.9.9	"Importar preferencias de gráficos".....	106
9.10	Formato de página.....	107
9.10.1	"Cambiar coordenadas automáticamente" .....	107
9.10.2	"Cambiar coordenadas (tabla)".....	107
9.10.3	"Zoom de gráfico" .....	107
9.10.4	"Cambiar coordenadas (ratón)".....	107
9.10.5	"Guardar coordenadas".....	107
9.10.6	"Importar coordenadas" .....	107
9.10.7	"Formato de hoja".....	107
9.10.8	"Tamaño de fuente" .....	108
9.11	Muro de refuerzo.....	108
9.11.1	Información General de Uso.....	108
9.11.2	"Tipo de refuerzo" .....	109
9.11.3	"Mostrar gráficos".....	110
9.11.4	"Verificación / Seguridad".....	111
9.11.5	"Leyenda del Muro".....	111
9.11.6	"Leyenda de refuerzos".....	112
9.11.7	"Ingresar refuerzos manualmente".....	113
9.11.8	"Generar" .....	113
9.11.9	"Editar" .....	115
9.11.10	"Generar superficies de falla " (no aparece con círculos de falla).....	117
9.11.11	"Deslizamiento, Vuelco, Falla del suelo" .....	117
9.11.12	"Fuerza máxima de refuerzo".....	118
9.11.13	"Fuerza máx. en refuerzo + punzonamiento" .....	119
9.11.14	"Calcular empuje de suelo + peso".....	120
9.11.15	"Exportar a GGU-SLAB".....	121
9.12	Menú "?" .....	124
9.12.1	"Derechos reservados".....	124
9.12.2	"Ayuda" .....	124
9.12.3	"GGU en la web" .....	124
9.12.4	"GGU - Soporte técnico" .....	124
9.12.5	"¿Qué es lo nuevo?".....	124
9.12.6	"Configuración de idioma" .....	124

<b>10 Consejos útiles.....</b>	<b>125</b>
<b>Índice temático.....</b>	<b>126</b>

**Lista de Figuras:**

<i>Figura 1 Ejemplo del sistema (Ejemplo práctico 1).....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 2 Estratos y numeración de suelos.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 3 Pernos de anclaje.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 4 Clavos.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 5 Geosintéticos.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 6 Geosintéticos con dos intersecciones.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 7 Rango de búsqueda mediante radio máximo y mínimo.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 8 Rango de búsqueda mediante tangentes horizontales.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 9 Superficie de falla intermedia y superficies de falla principal.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 10 Estrato en proceso de consolidación.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 11 Drenes Verticales.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 12 Cuña de empuje pasivo.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 13 Sistema equivalente para el cálculo del peso propio.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 14 Sección vertical para la determinación del empuje activo.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 15 Líneas potenciales.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 16 Numeración de caras superficiales.....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 17 Sistema estático para una placa rellena.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 18 Sistema estático para una placa horizontal contínua.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 19 Sistema estático para una placa individual.....</i>	<i>123</i>

**Indices de Tablas:**

<i>Tabla 1 Coordenadas de puntos superficiales (Surface points of worked example 1).....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 2 Puntos Superficiales (Surface points of worked example 2).....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 3 Propiedades del suelo (Soil properties of worked example 2).....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 4 Estratos de suelo (Soil layers of worked example 2).....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 5 Puntos de la línea de presión de poros (of worked example 2).....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 6 Cargas Permanentes (Permanent loads of worked example 2).....</i>	<i>28</i>

---

## 1 Introducción

---

El programa **GGU-STABILITY** realiza el cálculo de falla de taludes de acuerdo a la Norma Alemana DIN 4084 y DIN 4084 (nueva), mediante el análisis de superficies circulares de Bishop o el método de las cuñas deslizantes de Janbu (mecanismo de falla de cuerpos rígidos poligonales o desplazamiento de bloques poligonales). Además es posible el análisis de estructuras de contención con clavos y tierra armada. Para todos los cálculos se emplean las fórmulas recomendadas por la norma alemana DIN 4084 y DIN 4084 (nueva), o DIN 1054 (nueva).

Los fundamentos para el cálculo mediante factores de seguridad parciales son tomados de la norma DIN 1054 (nueva). Los procedimientos de cálculo (Bishop, Janbu, bloques deslizantes, etc.) se encuentran en la DIN 4084 (nueva). Aunque por lo general se hace mención en este manual únicamente a la DIN 4084 (nueva), se recomienda consultar también la norma DIN 1054 (nueva).

Para el diseño a flexión de las placas de hormigón de acuerdo a la DIN 1045, es posible exportar la información al programa **GGU-SLAB**. En el programa existe un módulo implementado para la verificación al punzonamiento de acuerdo a la DIN 1045. El análisis puede ser realizado de acuerdo al concepto de factores parciales según la norma DIN 1045 (nueva).

Una de las propiedades del programa, es el ingreso de la línea de presión de poros de forma manual o mediante el uso de una red de presiones. En una red de presiones de agua es posible modelar con mayor exactitud condiciones de flujo complicadas en un talud, para el cálculo de estabilidad del mismo. Para este fin existe también una interfaz con el programa **GGU-SS-FLOW2D** para el cálculo de redes de flujo.

El manual de uso asume que usted ya está en posesión de las normas alemanas actuales. En la norma DIN 4084, DIN 4084 (nueva) y DIN 1054 (nueva) están descritos todos los fundamentos de cálculo detalladamente, por lo tanto no requieren ser todos revisados nuevamente en este manual.

La interfaz del programa ofrece el ingreso de datos muy cómodo, el mismo que puede ser realizado casi siempre mediante el ratón directamente en pantalla. Múltiples opciones de presentaciones gráficas de gran calidad le permiten presentar sus resultados tal como los desea. La salida gráfica es del tipo true-type de Windows, de tal forma de garantizar la resolución de resultados. Para editar o importar nuevos gráficos al proyecto (BMP, JPG, PSP, TIF, etc) y archivos .DXF, se puede emplear el módulo integrado Mini-CAD (véase manual "**Mini-CAD**").

El programa ha sido cuidadosamente probado y no se han encontrado errores en el mismo. Sin embargo, no es posible garantizar en su totalidad la perfección del programa y de los manuales de uso, o asumir responsabilidad por los daños que posibles errores puedan causar.

---

## 2 Propiedades Técnicas

---

El programa **GGU-STABILITY** tiene las siguientes características:

- Marcado de la superficie con max. 100 puntos.
- 100 puntos para el marcado de la línea de presión de poros.
- 100 estratos (no es necesario el ingreso mediante polígonos)
- 50 anclajes
- 50 cargas puntuales
- 50 pernos de anclaje
- 50 clavos
- 50 geosintéticos
- 1000 dovelas
- 50 tipos de suelo
- 1000 puntos centrales de círculos de falla con cantidad ilimitada de radios
- 20 cargas permanentes
- 20 cargas variables
- 50 cuerpos deslizantes poligonales con max. 200 puntos de polígono
- Cuerpos deslizantes según Janbu, método de las cuñas y método de deslizamiento vertical.
- Determinación de la seguridad según el principio de movimientos virtuales del método de las cuñas. (Goldscheider y Gudehus)
- Variación entre dos cuerpos poligonales deslizantes vecinos.
- Consideración precisa de la presión de poros mediante una red de presiones. (opcional)
- Interfaz con el programa **GGU-SS-FLOW2D** para la importación automática de una red de presiones de agua.
- Herramienta para importar datos en código ASCII de una red de presión de poros modelada en otro programa.
- Ingreso y corrección de la geometría del sistema completamente a través del ratón.
- Consideración de una cuña de empuje de suelo pasivo. (opcional)
- Consideración de elementos estructurales.
- Uso de cualquier tipo de letra true-type, garantizando una excelente salida gráfica.
- Presentación a colores de casi todos los sistemas geométricos. Los colores pueden ser especificados libremente por el usuario. Particularmente, los estratos de suelo pueden tener relleno a colores. Los colores de tipos de suelo pueden ser determinados de igual forma de acuerdo a las convenciones de la norma alemana DIN 4022.
- Función de zoom
- Sistema "**Mini-CAD**" para la creación de elementos gráficos adicionales (líneas, rectángulos, círculos, gráficos, fotos, textos, etc.)
- Importación de archivos DXF vía "**Mini-CAD**"

- Todos los ejemplos en la norma DIN 4084 y DIN 4084 (nueva) pueden ser editados y recalculados sin restricciones. Los ejemplos se envían como archivos adjuntos al programa. Debido a que en la DIN se calculan todos los ejemplos a mano, y no son del todo comprensibles, aparecen pequeñas diferencias en los resultados al recalcular. La diferencia de resultados se hace particularmente notoria en el ejemplo 3. (Planos poligonales deslizantes; factor de seguridad de acuerdo a la DIN: 1.65 / de acuerdo al programa: 1,60).
- El programa trabaja con el principio *Lo que ve es lo que obtiene*. Esto significa que el contenido en la pantalla aparecerá sin modificaciones en el momento de la impresión, y que la impresión de la vista en pantalla puede ser realizada en cualquier instante del cálculo.

---

### 3 Protección de la Licencia

---

Para garantizar el mejor nivel de calidad, el programa **GGU-STABILITY** utiliza el sistema de protección contra copias mediante un hardware externo.

El software de GGU está protegido por el sistema **WIBU-KEY**, el mismo que solo funciona en acompañamiento del componente **WIBU-BOX** o **WIBU-Codemeter** (Hardware externo o "**WIBU dongle**" que se conecta a la PC por el puerto paralelo o USB). Debido a la configuración del software, el mismo solo funcionará si se encuentra conectada la llave WIBU dongle al computador. Esta dependencia crea una conexión directa entre la licencia del software y el hardware de protección WIBU dongle, por lo que el software correspondiente de WIBU-BOX o WIBU-Codemeter deberá estar de igual forma instalado en su computador.

El momento de iniciar el programa y durante el uso del mismo, éste realiza un chequeo de la conexión del hardware WIBU dongle al computador. Si se quita la llave de seguridad no se podrá seguir ejecutando el programa.

Para la Instalación y el consiguiente Registro del Software de GGU por favor revise las recomendaciones contenidas en la hoja informativa: "**Indicaciones para la Instalación de GGU-Software Internacional**" que se le entregará junto con el programa.

---

### 4 Selección de idioma

---

**GGU-STABILITY** le da la opción de elegir de acuerdo a sus preferencias entre el uso del programa en Alemán, Inglés o Español.

Si desea trabajar con **GGU-STABILITY** en alemán o inglés, inicie el programa **GGU-STABILITY** y haga clic en el menú "**Archivo / Nuevo**". Aparecerán nuevos comandos en el menú principal. Haga clic en el menú "?", ingrese a la opción "**Configuración de idioma**" y seleccione el idioma de su preferencia.

---

### 5 Primeros Pasos

---

Luego de iniciar el programa aparecerán dos nuevos menús en la parte superior:

- File (Archivo)
- ?

Al hacer clic en el menú "**Archivo**" es posible elegir entre abrir un proyecto antiguo "**Abrir**" o iniciar un proyecto nuevo "**Nuevo**".

El programa contiene un menú de inicio rápido en "**Datos / Sistemas prededfinidos**" desde el cual se pueden elegir distintos modelos comunes de cálculo. En esta misma ventana podrá seleccionar directamente el método de análisis que desea utilizar (Ej. Bishop, etc.).

Si no desea trabajar con sistemas predefinidos, deberá seleccionar el botón "**No**" en la ventana de consulta o "**Cancelar**" en las ventanas subsiguientes. El programa inicia un nuevo proyecto con el tipo de cálculo estándar utilizando la norma "**DIN 4084 (antigua)**" y el tipo de cálculo de las dovelas según "**Bishop**" (véase el menú "**Datos / Preferencias de cálculo**" ).

Luego de iniciado o abierto un nuevo proyecto, aparecen 10 nuevos menús en la parte superior de la ventana:

- Archivo
- Datos
- Editor gráfico
- Red PP
- Cuerpos de Falla / Cuerpos deslizantes
- Factores de Seguridad / Factores de Uso
- Formato de Página
- Muro de Refuerzo
- ?

Al hacer clic sobre cada uno de los menús aparecen todos los submenús correspondientes, que le ofrecen acceso a todas las funciones del programa.

El programa trabaja bajo el principio *Lo que ve es lo que obtiene*. Esto significa que la presentación en pantalla será la misma que se enviará a impresión. Por motivos de eficiencia, **GGU-STABILITY** no renueva la vista en pantalla automáticamente cada vez que se realiza un cambio en la misma, ya que esto puede tomar varios segundos en casos complejos.

Si se desea renovar el contenido de la pantalla de tal forma de volver a la vista global del sistema, presione **[F2]** o **[Esc]**. La tecla **[Esc]** está configurada adicionalmente para volver a la vista estándar de pantalla con zoom igual a 1.0.

## 6 Ejemplo práctico 1: ingreso mediante el ratón

### 6.1 Descripción del sistema

El siguiente talud simple será calculado utilizando el método de **Janbu** de acuerdo a la norma **DIN 4084 (nueva)**:

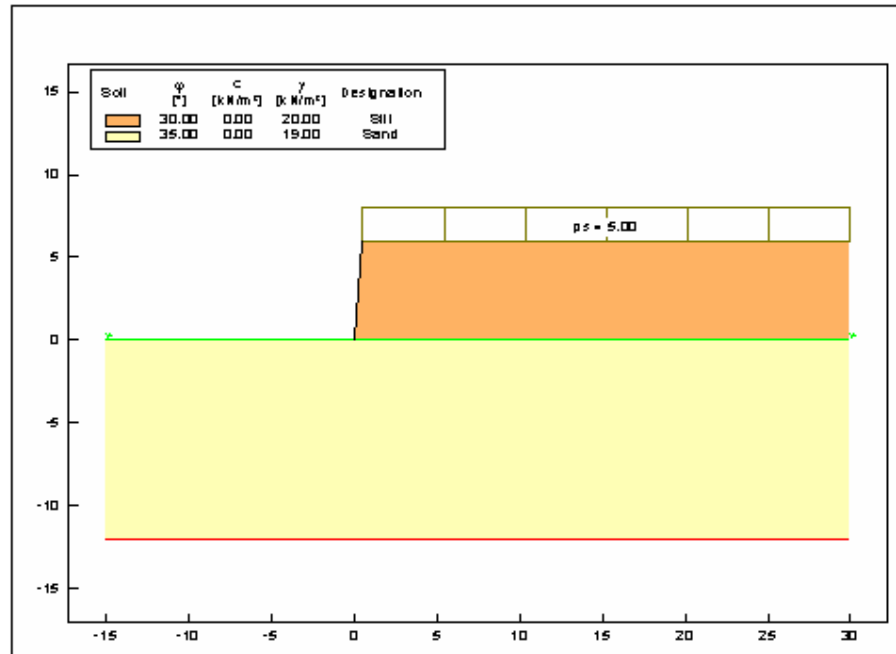


Figura 1. Ejemplo del sistema (Ejemplo práctico 1)

Se trata de un talud de 6.0 m de altura, que debe ser reforzado mediante geosintéticos. El nivel de la napa freática queda exactamente en el pie del talud sobre la superficie. El sistema tiene dos estratos de suelo. Las propiedades del Limo (Silt) y la Arena (Sand) están detalladas en la leyenda. Se considera además una carga distribuida permanente de 5 kN/m² en la parte superior.

El ingreso de datos del sistema puede ser realizado mediante tablas o directamente en pantalla utilizando el ratón. También es posible, naturalmente, utilizar ambos métodos conjuntamente. El ingreso de datos de forma numérica está descrito en el capítulo 7: **Ejemplo práctico 2: ingreso de datos manual**. Para el presente ejemplo se empleará el ingreso de datos directamente utilizando el ratón.

## 6.2 Paso 1: Opciones de cálculo

---

Luego de iniciar el programa aparece el logotipo y dos menús iniciales en la barra de herramientas. Seleccione el menú "**Archivo / Nuevo**" para iniciar un proyecto nuevo. La configuración estándar de cálculo es con la norma "**DIN 4084 (antigua)**" y el modelo de cálculo según "**Bishop (círculos / dovelas)**".

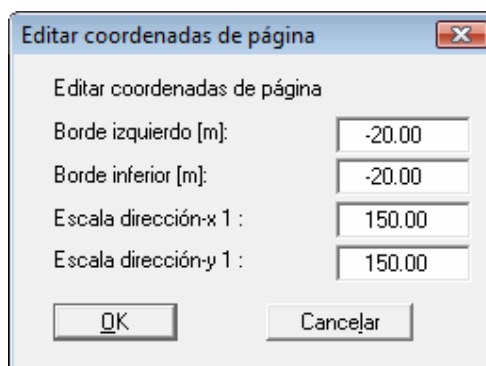
Ingrese al menú "**Datos / Preferencias de cálculo**" y cambie a la norma alemana nueva "**DIN 4084 (nueva)**". En la misma ventana elija para el cálculo el método de Janbu de las cuñas deslizantes "**Janbu (polígonos / dovelas)**".

Una vez confirmados los cambios con "**OK**" aparecerá una ventana de diálogo en la que puede elegir los factores de seguridad parciales que se utilizarán en el cálculo. Los valores estándar corresponden a los de la norma alemana para la combinación de carga 1 (Load Case 1). Utilizando el botón "**Valores estándar**" puede acceder a los factores parciales recomendados por la DIN 4084 (nueva) para los distintos estados de carga. En el ejemplo utilizaremos el estado de carga 1 que corresponde a un estado de cargas comunes durante la vida útil de la estructura.

## 6.3 Paso 2: Ajuste de las coordenadas del gráfico

---

Si el gráfico no aparece completo con las coordenadas estándar del programa, debemos cambiar las mismas. Para esto, seleccione la opción "**Cambiar coordenadas (tabla)**" en el menú "**Formato de página**".

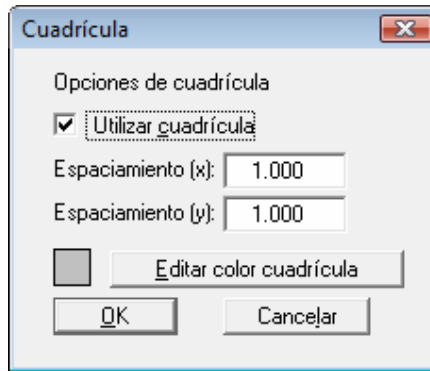


Ingrese luego los valores nuevos de márgenes y escala que desea utilizar.

## 6.4 Paso 3: Definición de la cuadrícula

---

Seleccione la opción "**Cuadrícula**" en el menú "**Editor gráfico**".



Active la casilla "**Utilizar cuadrícula**". De esta forma podrá ajustar el cursor del ratón en los puntos de la cuadrícula y ayudarse con el ingreso de la geometría del talud. Si la geometría del sistema es muy complicada y no se ajusta a una cuadrícula, puede desactivar en cualquier momento esta casilla.

Si usted tiene un escáner puede crear un archivo Bitmap del sistema que quiere modelar. Luego puede importar este archivo utilizando la herramienta "**Preferencias de gráficos / Barra de herramientas Mini-CAD**". De esta manera puede simplificar significativamente su trabajo (Véase también el manual de uso de "**Mini-CAD**").

#### **6.5 Paso 4: Ingreso de puntos superficiales y puntos de presiones de agua**

Elija del menú "**Editor gráfico**" la opción "**Superficie**". Usted verá inicialmente una ventana informativa con las aclaraciones para el uso del ratón. Haga clic izquierdo en los puntos que marcarán la superficie, éstos serán numerados de izquierda a derecha. Cualquier ingreso erróneo puede ser corregido haciendo clic derecho. Con la tecla [**Retroceso**] puede deshacer la última acción.

Para el ejemplo, haga clic en las siguientes coordenadas:

x [m]	y [m]
-15,0	0,0
0,0	0,0
15,0	6,0
30,0	6,0

Tabla 1. Puntos superficiales (Ejemplo 1)

Seleccione luego del menú "**Editor gráfico**" la opción "**Presión de poros**". Ingrese la línea de presión de poros de forma análoga a la línea superficial. El programa calcula las presiones de poros en cada dovela, a partir de la diferencia de niveles entre la base de la dovela y la línea de presiones de poros. Para el ejemplo, elija una línea de presiones horizontal a una altura de 0.0 m. La línea, consistente de dos puntos, se extiende desde  $x = -15$  m hasta  $x = +30$  m.

## 6.6 Paso 5: Ingreso de estratos de suelo

Seleccione en el menú "Editor gráfico" la opción "Estratos". Un estrato está siempre compuesto de dos puntos extremos. A diferencia de otros programas, **GGU-STABILITY** no necesita que se ingrese una línea poligonal a través de todo el sistema. Cada estrato tiene un número asignado, el mismo que luego se usará para asignar las propiedades de suelo (véase el punto 6.8). Las propiedades se aplicarán al sector que se encuentre sobre las dos coordenadas extremas, hasta encontrar la línea superficial o la línea inferior de otro estrato. Luego del ingreso las coordenadas son ordenadas automáticamente de acuerdo a su profundidad y número. El número de suelo que se le asigne a un estrato es independiente del número de estrato.

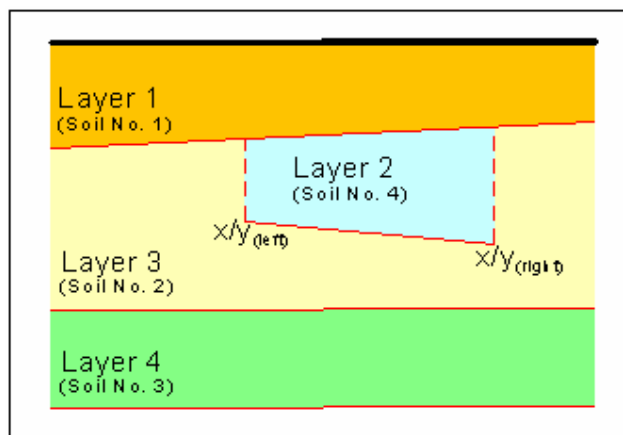


Figura 2. Estratos y numeración de suelos

Durante el ingreso gráfico, observe que las líneas extremas de los estratos no deben interceptarse. Tampoco es admisible la intersección con la línea superficial. Ambas condiciones son verificadas por el programa inmediatamente luego del ingreso gráfico. Los ingresos erróneos son corregidos automáticamente o rechazados junto con un mensaje de error.

Para el ejemplo, elija dos estratos con las siguientes coordenadas:

- Estrato 1 con número de suelo 1  
x (izq) = 0.0  
y (izq) = 0.0  
x (der.) = 30.0  
y (der.) = 0.0
- Estrato 2 con número de suelo 2  
x (izq) = -15.0  
y (izq) = -12.0  
x (der.) = 30.0  
y (der.) = -12.0

## 6.7 Paso 6: Ingreso de niveles de agua y cargas

El programa requiere los niveles de agua fuera del talud tanto del lado frontal izquierdo como del lado frontal derecho. Con estos datos se calcularán las presiones externas verticales y horizontales que se ejercen sobre el talud. Al iniciar el programa, los niveles estándar son 0.0 m. Los niveles externos de agua pueden ser definidos con el ratón luego de seleccionar la opción "Editor gráfico"

/ Niveles de agua". El ejemplo no contempla un talud con agua externa, por lo que los valores estándar no necesitan ser cambiados.

En el ejemplo se modelará una carga permanente de 5 kN/m<sup>2</sup> directamente con el ratón. El ingreso es análogo a los demás. Para insertar la carga elija la opción "Editor gráfico / Cargas/Cargas puntuales".

### 6.8 Paso 7: Ingreso de las propiedades del suelo

Una vez creada la geometría del sistema, el siguiente paso es la definición de las propiedades del suelo. Para ello elija del menú "Datos" la opción "Ingreso de datos". Aparecerá una ventana de diálogo en la que podrá realizar el ingreso manual de datos del sistema. Los valores entre paréntesis en cada botón, indican la cantidad de puntos, estratos, etc. que fueron definidos.

The 'Ingreso de datos' dialog box includes the following elements:

- Nuevas coordenadas de imagen después de 'Aceptar'
- Cuerpo de falla hacia la:  izq.  der.
- Nivel de agua en el frente del talud izquierdo [m]: 0.000
- Nivel de agua en el frente del talud derecho [m]: 0.000
- gamma Agua [kN/m<sup>3</sup>]: 10.000
- No. de dovelas: 25
- Buttons: Ptos. de Sup. [ 4 ], Prop. de Suelo [ 1 ], Estratos Suelo [ 2 ], Presión de poros [ 2 ], Cargas permanentes [ 1 ] + Cargas vivas [ 0 ], Carga puntual [ 0 ], Anclajes [ 0 ], Artesianos, Acciones Sísmicas, Pilotes [ 0 ], Clavos [ 0 ], Geosintéticos [ 0 ], Pilotes Tensados [ 0 ], Aceptar

Seleccione el botón "Prop. de Suelo [x]" y luego haga clic en "1 suelo(s) a editar" en la nueva ventana. Ingrese un nuevo valor de "2" en la casilla respectiva y confirme los cambios con "OK". Ingrese luego las propiedades de suelo detalladas en la figura siguiente:

The 'Prop. de suelo' dialog box contains the following table:

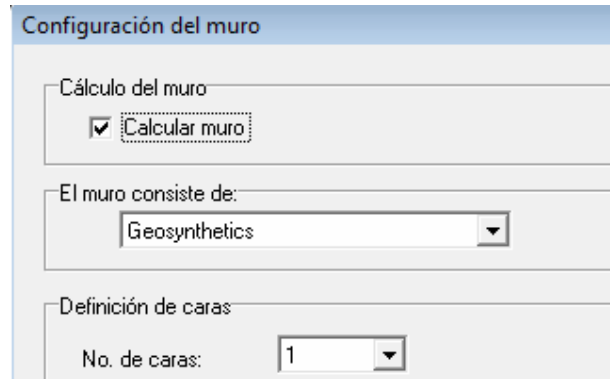
No.	phi [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	gamma [kN/m <sup>3</sup> ]	PP [-]	rs,k [kN/m <sup>2</sup> ]	Denominación	drenado
1	30.00	0.00	20.00	0.0000	5.00	Limo	<input type="checkbox"/>
2	35.00	0.00	19.00	0.0000	5.00	Arena	<input type="checkbox"/>

Cuando haya terminado de llenar los datos puede aceptar los cambios con el botón "**Aceptar**".

### 6.9 Paso 8: Preferencias de refuerzo del talud

---

Seleccione el menú "**Muro de refuerzo / Preferencias**" y active luego la casilla "**Calcular muro**". Entre las opciones siguientes elija la correspondiente a un muro de refuerzo con geosintéticos ("**Geosintéticos**"):



The image shows a software dialog box titled "Configuración del muro". It contains three main sections:

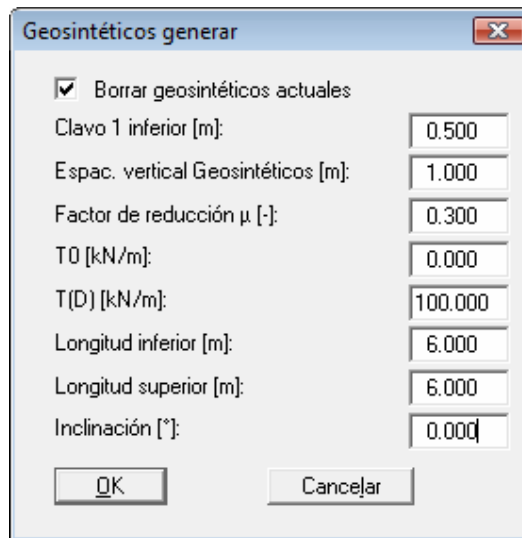
- Cálculo del muro:** A checkbox labeled "Calcular muro" is checked.
- El muro consiste de:** A dropdown menu is set to "Geosynthetics".
- Definición de caras:** A dropdown menu for "No. de caras" is set to "1".

Las caras del talud en las que se modelarán los refuerzos, deben ser ingresadas mediante el valor de línea del polígono superficial, las mismas que están numeradas de izquierda a derecha. Al asignar un número de cara indica al programa en que línea del polígono se construirá el refuerzo (véase la figura en 9.11.2). Elija una sola cara reforzada en la casilla "**No. de caras**" y luego asigne el número **2** en la casilla "**Cara 1**", ya que ésta es la cara en el ejemplo que deseamos reforzar. Confirme luego los cambios con el botón "**OK**".

## 6.10 Paso 9: Generación de cuerpos de geosintéticos y superficies de falla

---

Elija la opción "**Muro de refuerzo / Generar**". Aparecerá una ventana de diálogo. El programa reconoce automáticamente el tipo de muro de refuerzo elegido en "**Muro de refuerzo / Preferencias**". Si ya fueron generados algunos sintéticos por ejemplo, puede eliminarlos y crear nuevos activando la casilla "**Borrar geosintéticos actuales**".



Parámetro	Valor
<input checked="" type="checkbox"/> Borrar geosintéticos actuales	
Clavo 1 inferior [m]:	0.500
Espac. vertical Geosintéticos [m]:	1.000
Factor de reducción $\mu$ [-]:	0.300
T0 [kN/m]:	0.000
T(D) [kN/m]:	100.000
Longitud inferior [m]:	6.000
Longitud superior [m]:	6.000
Inclinación [*]:	0.000

Confirme inicialmente los valores estándar del programa con OK. Se generaron seis nuevos geosintéticos. Estos están representados en el gráfico del sistema y los valores de cálculo detallados en una leyenda exclusiva. Edite las propiedades de la leyenda o elimínela del gráfico en "**Leyenda de refuerzos**".

## 6.11 Paso 10: Generación de superficies de falla

Como estamos trabajando con el método de Janbu, entonces aparece una nueva ventana de consulta: "**¿Generar nuevas superficies de falla ?**". Acepte con "**Sí**". A continuación aparece una nueva ventana de diálogo, que también puede ser accedida desde la opción "**Muro de refuerzo / Generar superficies de falla**" (Muro de refuerzo / Generar superficies de deslizamiento) (Véase también 9.11.10).

Generar superficies de falla

Eliminar superficies de falla existentes

Cuña del empuje activo de suelo

Inclinación mín. [°] 45.0

Inclinación máx. [°] 65.0

No. de subdivisiones 2

Superficies de falla

Sólo desde el refuerzo más inferior

Punto de inicio bajo la cabeza del refuerzo [m]: 0.50

No. de intersecciones con refuerzos 5

Generar solamente curvatura unidireccional

OK Cancelar

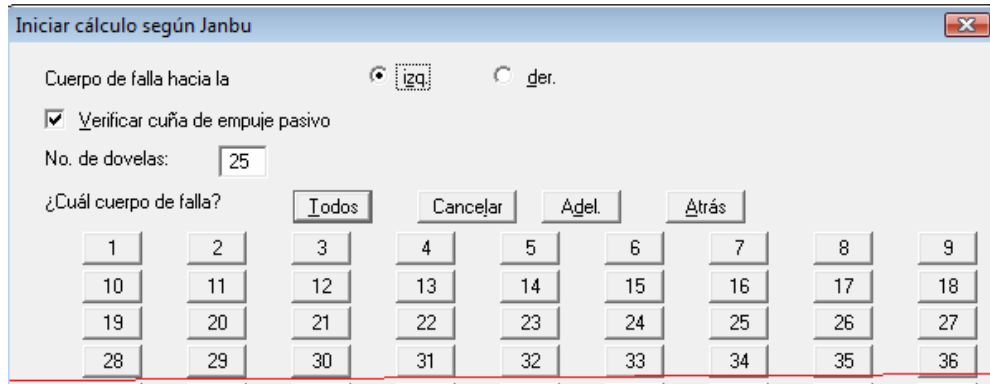
En la parte superior de la ventana, puede definir la inclinación de la superficie de deslizamiento que se encuentra atrás, la misma que es *responsable* del empuje de tierra activo actuante sobre el sistema. Las dos inclinaciones que se ingresan son usadas como valores límites. Entre estos límites puede ingresar un número de subdivisiones en la casilla "**No. de subdivisiones**".

En la parte inferior de la ventana puede definir la colocación de las superficies de deslizamiento. Si desactiva la casilla "**sólo desde el refuerzo más inferior**", se generarán líneas de falla adicionales sobre cada uno de los refuerzos superiores. Las líneas partirán desde la cabeza de cada refuerzo, o a partir de la distancia dada bajo estos en la casilla "**Punto de inicio bajo la cabeza del refuerzo [m]**". Las líneas terminan en el pie de los refuerzos si éstas tienen una inclinación positiva, de lo contrario se rechazará la línea (exceptuando la del refuerzo inferior). Si el valor ingresado en "**No. de intersecciones con refuerzos**" es mayor a 0.0, se generan líneas adicionales que interceptan el refuerzo respectivo.

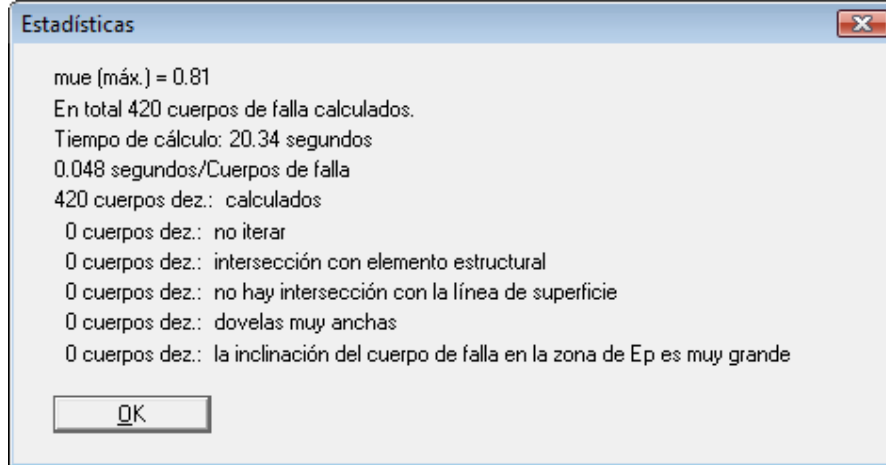
La cantidad de nuevas superficies de deslizamiento generadas se muestra luego en una ventana de mensajes. Después de cerrar esta ventana puede ver las superficies de deslizamiento generadas en pantalla.

## 6.12 Paso 11: Modelación del talud

Una vez definidos los cuerpos de falla puede empezar el análisis del sistema. Seleccione del menú "Factores de uso" la opción "Calcular cuerpos de falla".



Ajuste la cantidad de cuerpos de falla a su criterio. Si activa la casilla "Verificar cuña de empuje pasivo", el programa revisará si la pendiente de esta cuña es mayor a un ángulo de  $45^\circ - \phi/2$ . Las cuñas que cumplan con este criterio no serán analizadas. El movimiento del mecanismo de falla en el ejemplo es hacia la izquierda, por tanto, mantenga marcada la casilla "izq.". Inicie el cálculo de todos los mecanismos de falla presionando el botón "Todos". Al concluir el análisis verá una ventana informativa con las estadísticas de cálculo. El programa determina además de la estabilidad del talud, las fuerzas máximas actuantes en los refuerzos que resultan de la variación de los cuerpos de falla.



Confirme la ventana de estadísticas. En la pantalla se desplegará la superficie de falla con el menor Factor de Uso (FS). Ingrese al menú "Factores de uso" y elija la opción "Mostrar cuerpo específico" para mostrar otros cuerpos de falla. Elija la opción "Mostrar todos" si desea ver todos los cuerpos de falla modelados.


## 6.13 Paso 12: Análisis y Resultados

Si desea puede calcular ahora la seguridad al deslizamiento, al vuelco y realizar la verificación de la capacidad portante del suelo. (Véase el menú "Muro de refuerzo / Deslizamiento, Vuelco

**Falla del suelo**", en la sección 9.11.11). El empuje de suelo activo actuante sobre el muro reforzado, usado en el cálculo de las tres verificaciones, se calculará incluyendo la cohesión.

Si desea realizar cálculos adicionales, como la fuerza máxima actuante, la verificación al punzonamiento en los refuerzos, o el empuje y el peso del suelo, utilice lo submenús "**Muro de refuerzo / Fuerza máxima de refuerzo**" (Sección 9.11.12) o "**Muro de refuerzo / Fuerza máxima de refuerzo + punzonamiento**" (Sección 9.11.13) y "**Muro de refuerzo / Calcular empuje de suelo + peso**" (Sección 9.11.14).

Toda la información relevante del sistema será mostrada, junto con los resultados del cálculo, en leyendas en la hoja de salida. Puede cambiar la posición de las leyendas utilizando la opción "**Datos / Mover objetos**" (véase también 9.2.14). Una forma más directa de mover los gráficos en la hoja, es mediante el uso de la tecla [F11]. Las leyendas pueden ser además fácilmente editadas y modificadas, haciendo doble clic sobre ellas para ingresar a la ventana de preferencias correspondiente.

Inserte luego el logotipo de su empresa como encabezado. Para ello, active la herramienta Mini-CAD en el menú "**Preferencias de encabezados / Barra de herramientas CAD de encabezados**". Elija en la barra de encabezados el icono  (Abrir) y busque luego el archivo de ejemplo: "**GGU-STABILITY.KPF**". Si desea, puede guardar el archivo en su disco duro (en el menú "**Archivo / Guardar como**").

En cualquier etapa del proyecto (incluso si aun no ha calculado el sistema), puede enviar el contenido de la pantalla actual a impresión. Seleccione del menú "**Archivo**" la opción "**Imprimir y exportar**". En la ventana que aparece elija la opción "**Impresora**". Ahora puede cambiar la posición de la hoja "**Vertical**"/"**Horizontal**". Si la escala del gráfico es muy grande y no entra en el tamaño de hoja que eligió en "**Formato de página**" (véase también 9.10.7), elija el botón "**Ajustar página**". Con esto obtendrá una reducción automáticamente de la escala (factor zoom), de tal forma de obtener todo el gráfico en la hoja. Si no elige esta opción se imprimirá el gráfico en varias hojas.

Acepte los cambios en la ventana con OK para iniciar la impresión. Los gráficos que se imprimen tienen una excelente calidad.

---

## 7 Ejemplo práctico 2: ingreso de datos manual

---

### 7.1 Paso 1: Opciones de cálculo

---

La experiencia ha demostrado que el ingreso de datos "**manual**" se usa generalmente para corregir la geometría ingresada anteriormente con el ratón. No obstante, veremos este método mediante un ejemplo más complicado. Para mejorar la comprensión se recomienda utilizar paralelamente el programa.

Luego de iniciar el programa verá el logotipo de GGU-Software. Para iniciar un proyecto nuevo vaya al menú "**Archivo / Nuevo**". El tipo de cálculo establecido en el programa por defecto es con la norma DIN antigua "**DIN 4084 (ant.)**" y el método de las dovelas de "**Bishop (círculos / dovelas)**". Para verificar estos datos o cambiar de método, ingrese a la opción "**Datos / Preferencias de cálculo**".

### 7.2 Paso 2: Ingreso de Datos del Sistema

---

Ingrese a la opción "**Ingreso de datos**" dentro del menú "**Datos**". Aparece una ventana de diálogo con todos los elementos disponibles para la modelación del sistema. Ingrese los siguientes valores:

**Ingreso de datos**

Nuevas coordenadas de imagen después de 'Aceptar'

Cuerpo de falla hacia la  izq.  der.

Nivel de agua en el frente del talud izquierdo [m]: 70.000

Nivel de agua en el frente del talud derecho [m]: 70.000

gamma Agua [kN/m³]: 10.000

No. de dovelas: 25

Ptos. de Sup. [ 8] Prop. de Suelo [ 3]

Estratos Suelo [10] Presión de poros [ 5]

Cargas permanentes [ 1] + Cargas vivas [ 0]

Carga puntual [ 0] Anclajes [ 0]

Artesianos Acciones Sísmicas

Pilotes [ 0] Clavos [ 0]

Geosintéticos [ 0] Pilotes Tensados [ 0]

Aceptar

Si se va a calcular un muro de refuerzo, solo se pueden considerar momentaneamente taludes con movimiento de falla hacia la izquierda.

**Nota sobre los niveles de agua:**

A partir de los niveles de agua externa, el programa calcula la carga de agua en el área de una dovela y la carga horizontal de la dovela debida a la presión de agua. Si el nivel de agua se encuentra por debajo de la superficie, no tendrá ningún efecto sobre el cálculo. Note que el peso del agua externo en el pie del talud actúa favorablemente en la estabilidad del mismo.

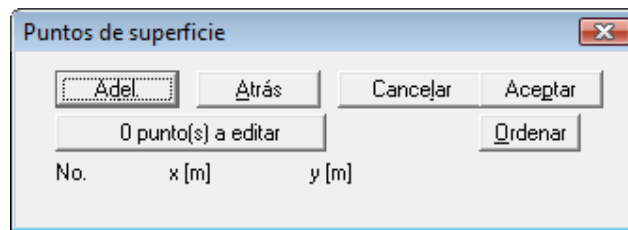
**Nota sobre la cantidad de dovelas:**

Una pequeña cantidad de dovelas significa una reducción en la precisión y tiempos más cortos de cálculo. Por el contrario, un número alto de dovelas generan mayor precisión y mayores tiempos de cálculo. El mínimo valor de dovelas depende entonces de la complejidad del sistema. Un talud con estratigrafía complicada requerirá un mayor número de dovelas que uno de estratigrafía homogénea. La norma DIN 4084 establece como suficiente una cantidad de dovelas mayor o igual a 30.

El ingreso de datos del sistema puede realizarse ingresando a cada una de las opciones de la ventana. Las secciones siguientes describen el uso de cada botón.

**7.2.1 Ptos. de Sup. (Puntos de Superficie)**

A continuación se deben introducir las coordenadas de los puntos superficiales. Seleccione para ello el botón "**Ptos. de Sup.**" de la ventana "**Ingreso de datos**".



El sistema del ejemplo tiene 8 puntos superficiales. Para cambiar la cantidad de puntos superficiales, elija "**0 punto(s) a editar**". Ingrese luego un nuevo valor 8 y confirme con "**OK**". Ahora puede ingresar las 8 coordenadas de la superficie. Para el ejemplo ingrese las siguientes coordenadas:

No. de punto superficial	x [m]	y [m]
1	0,0	70,0
2	6,0	70,0
3	16,0	75,0
4	21,0	75,0
5	36,0	70,0
6	44,0	70,0
7	53,0	67,0
8	60,0	67,0

Tabla 2. Puntos Superficiales (Ejemplo 2)

**Nota sobre puntos de superficie:**

Luego de abandonar la ventana de coordenadas (con el botón "**Aceptar**"), se ordenarán los pares de coordenadas según el incremento de los valores "x". Esto permite eliminar o insertar nuevas coordenadas fácilmente. Usted puede eliminar un punto superficial ingresando un valor de "x" mayor y luego reduciendo la cantidad de puntos en 1. Para insertar un punto debe aumentar la cantidad de puntos en 1 y luego ingresar la nueva coordenada en la casilla nueva de la tabla. La forma más simple de editar puntos superficiales es sin embargo con el uso directo del ratón (Véase 9.3.2).

En la ventana de coordenadas es posible ver 32 pares a la vez. Si el sistema tiene una mayor cantidad de coordenadas, puede moverse en la tabla hacia adelante o atrás con los botones "**Adel.**" y "**Atrás**".

**7.2.2 Prop. de suelo (Propiedades del suelo)**

El siguiente paso es el ingreso de las propiedades del suelo. Para cada tipo de suelo se deberá ingresar la siguiente información:

- "Angulo de fricción interna" ,
- "cohesión" ,
- "Peso específico" y
- "Coeficiente de presión de poros"

Bajo ninguna circunstancia se deberá ingresar el peso específico boyante en la casilla correspondiente. El programa considera la presión vertical del agua a partir de las presiones de poros, con lo que logra mayor precisión en los resultados.

El coeficiente de presión de poros ha sido insertado en el programa, ya que la norma DIN 4084 ofrece esta opción para el cálculo de procesos de consolidación. Este método es considerado en la actualidad como *obsoleto*, toda vez que se sabe que los resultados son erróneos, especialmente en el caso de taludes de baja pendiente. Un método más preciso para el análisis de procesos de consolidación es posible mediante el análisis " $\varphi_u = 0$ ".

Para el cálculo deberá ingresar las propiedades del suelo en condiciones no drenadas (UU-test)  $\phi_u$  y  $c_u$ . Deje entonces el coeficiente de presiones de poros en **cero**. De forma alternativa, el programa le da la opción de calcular el sistema con estratos en procesos de consolidación (consolidation layers, véase 8.3). En este caso, en la ventana de propiedades del suelo deberá ingresar los parámetros del suelo en condición drenada ( $\phi'$ ,  $c'$ ) y puede despreocuparse por el coeficiente de presión de poros.

En el ejemplo, el sistema tiene 3 tipos de suelo. Primero seleccione el botón "**Prop. de suelo**" (Propiedades del suelo) de la ventana "**Ingreso de datos**". Para editar el número de suelos elija luego el botón "**x suelo(s) a editar**". Ingrese el valor 3 en la casilla correspondiente y acepte con "**OK**".

Ahora puede ingresar las propiedades para los 3 suelos del sistema. Para el ejemplo ingrese los siguientes parámetros:

No. Suelo	Angulo de fricción [°]	Cohesión [kN/m <sup>2</sup> ]	Peso Unitario [kN/m <sup>3</sup> ]	Coef. Pp [-]
1	32,5	0,0	19,0	0,0
2	20,0	20,0	20,0	0,0
3	15,0	5,0	16,0	0,0

Tabla 3. Propiedades del suelo (Ejemplo 2)

### 7.2.3 Estratos suelo

En este punto ingresaremos las posiciones de los estratos de suelo, que describirán la estratigrafía del talud. La posición de los estratos siempre está dada por dos pares de coordenadas extremas  $x_1y_1-x_2y_2$ . Al área sobre la línea establecida entre estas dos coordenadas se le asignarán las propiedades del suelo que ya fueron ingresadas (La numeración de los estratos corresponde a la numeración dada en la ventana "**Prop. de suelo**"). El área del estrato sobre la línea se extenderá hasta tocar una línea superior (otro estrato superior) o la superficie del terreno. El ingreso de los estratos debe ser realizado del tal forma, que el estrato superior tenga el número de estrato menor (no confunda el numero de estrato con el numero de suelo!). Esta condición es siempre verificada por el programa. Si la condición no se cumple, aparecerá un mensaje de error, con los valores de los estratos y las opciones de corrección. De esta forma se elimina la opción de un ingreso de datos equivocados del sistema.

El sistema del ejemplo tiene 10 estratos. Elija inicialmente el botón "**Estratos de suelo**" (Estratos de suelo) de la ventana "**Ingreso de datos**". Para editar la cantidad de estratos seleccione el botón "**x estrato(s) a editar**". Ingrese por ultimo un nuevo valor de 10 y acepte con "**OK**".

Para el ejemplo ingrese la siguiente información:

No. Estrato	x (izq)	y (izq)	x (der.)	y (der.)	No. Suelo
1	17,84	75,00	34,84	69,00	2
2	34,84	69,00	42,84	69,00	2
3	42,84	69,00	51,84	66,00	2
4	51,84	66,00	60,00	66,00	2
5	8,00	67,00	20,00	68,00	1
6	20,00	68,00	35,00	66,50	1
7	8,00	67,00	19,00	65,00	3
8	19,00	65,00	27,00	65,00	3
9	27,00	65,00	35,00	66,50	3
10	0,00	60,00	60,00	60,00	1

Tabla 4. Estratos de suelo (Ejemplo 2)

Mark.	No.	x(izq.) [m]	y(izq.) [m]	x(der.) [m]	y(der.) [m]	Suelo No.
<input type="radio"/>	1	17.8400	75.0000	34.8400	69.0000	2
<input type="radio"/>	2	34.8400	69.0000	42.8400	69.0000	2
<input type="radio"/>	3	42.8400	69.0000	51.8400	66.0000	2
<input type="radio"/>	4	51.8400	66.0000	60.0000	66.0000	2
<input type="radio"/>	5	8.0000	67.0000	20.0000	68.0000	1
<input type="radio"/>	6	20.0000	68.0000	35.0000	66.5000	1
<input type="radio"/>	7	8.0000	67.0000	19.0000	65.0000	3
<input type="radio"/>	8	19.0000	65.0000	27.0000	65.0000	3
<input type="radio"/>	9	27.0000	65.0000	35.0000	66.5000	3
<input type="radio"/>	10	0.0000	60.0000	60.0000	60.0000	1

La ventana de diálogo de los estratos cuenta con dos botones adicionales, en comparación con las de propiedades de suelo y puntos superficiales:

- "Cortar" y
- "Pegar"

Advierta también las casillas delante de la numeración. Para eliminar un estrato, debe marcar la casilla correspondiente y luego seleccionar el botón "Cortar". Los valores del estrato serán copiados a una memoria provisional y pueden ser luego utilizados si se aplica el botón "Pegar". Con esta opción puede reorganizar fácilmente los estratos. El pegado se realiza siempre delante del estrato marcado. La correcta ubicación de los estratos puede ser también analizada automáticamente por el programa si se utiliza la opción "Prueba" en el menú "Datos". El programa encontrará automáticamente cualquier irregularidad y dará opciones de corrección.

#### 7.2.4 Presión de poros

Las coordenadas de la línea de presiones de poros son ingresadas de forma similar a la línea superficial. Los valores "x" del polígono deben ser crecientes de izquierda a derecha. El programa calcula la presión de poros de agua (u) en cada dovela, a partir de la distancia vertical entre el pie de la dovela a la línea de presiones sobre ésta. Si la línea de presiones de poros pasa por debajo del pie de la dovela, el programa determinará una presión de agua nula.

La línea de presión de poros deberá cubrir toda el área modelada del sistema. Si no existen presiones de agua puede definir simplemente las dos coordenadas extremas de la línea de presiones a una altura mínima "y" del sistema, de tal forma que no influya sobre ninguna dovela.

Si existe agua freática en el talud, este nivel corresponde por lo general al nivel de la línea de presión de poros.

El sistema del ejemplo tiene 5 puntos coordenados que modelan la línea de presiones de poros. Elija el botón "**Presión de poros**" en la ventana "**Ingreso de datos**". Para cambiar la cantidad de puntos de la línea de presiones, elija la opción "**x punto(s) PP a editar**" e ingrese un nuevo valor igual 5.

Ingrese luego los siguientes valores en la tabla:

No. de punto PP	x [m]	y [m]
1	<b>0,00</b>	<b>70,00</b>
2	<b>6,00</b>	<b>70,00</b>
3	<b>22,49</b>	<b>73,45</b>
4	<b>22,50</b>	<b>74,50</b>
5	<b>60,00</b>	<b>74,50</b>

Tabla 5. Puntos de la línea de presión de poros (Ejemplo 2)

Para eliminar o insertar nuevos puntos en la tabla utilice los botones de la misma forma que en "**Ptos. de Sup.**" (Véase 7.2.1).

#### 7.2.5 Cargas permanentes + Cargas vivas

En este punto ingresaremos las cargas permanentes y variables existentes. En cada caso habrá que introducir la magnitud de la carga inicial y final, las coordenadas "x" inicial y final, y la coordenada de altura "y" en la que actúa la carga.

El ejemplo del sistema tiene una única carga permanente. Elija inicialmente el botón "**Cargas permanentes + cargas vivas**" de la ventana "**Ingreso de datos**" y seleccione luego el botón "**x carga(s) a editar**". Introduzca finalmente un nuevo valor igual a 1 y confirme con "**OK**".

Los siguientes valores pertenecen al ejemplo:

No. Carga	Carga (izq)	Carga (der.)	x (izq)	x (der.)	y
1	5,0	5,0	16,00	21,00	75,00

Tabla 6. Cargas Permanentes (Ejemplo 2)

El ingreso de cargas vivas sigue el mismo procedimiento que el de cargas permanentes, con la diferencia que deberá seleccionar la casilla "**Como viva**". Al contrario que para las cargas permanentes, las cargas vivas solo se aplican de acuerdo a la norma DIN 4084, si la resultante del ángulo de fricción en el pie de la dovela no tiene un componente resistente. Si desea aplicar de todos modos la carga viva, puede activar la casilla "**Adoptar cargas vivas 'más' desfavorables**" (Véase también el botón informativo "**Info**"). El ejemplo no contiene cargas vivas.

### 7.2.6 Cargas puntuales

Ingrese el número de cargas puntuales de acuerdo a lo descrito en los anteriores botones. Ingrese luego las coordenadas y la magnitud de las fuerzas puntuales (componente horizontal y vertical). El componente horizontal de una fuerza puntual será comprobado por el programa, si el punto de actuación cae dentro del cuerpo de falla. Este componente será utilizado en el numerador de la fórmula. El componente vertical será modelado como una carga permanente. El ejemplo de cálculo no considera ninguna carga puntual.

### 7.2.7 Anclajes

En este punto es posible modelar cualquier sistema de anclajes. Luego de seleccionar el botón "**Anclajes**" en la ventana "**Ingreso de datos**", ingrese la cantidad de anclajes de acuerdo a lo descrito en los anteriores puntos. Ingrese luego las coordenadas de la cabeza y el pie del anclaje, así como la magnitud de la fuerza de resistencia al arranque.

Naturalmente, la fuerza de los anclajes será solamente considerada por el programa, cuando la cabeza del anclaje esté dentro del cuerpo de falla y la punta del anclaje fuera del mismo.

Aparte de la posibilidad de generar anclajes *pretensados*, también es posible usar anclajes *no pretensados* (Ej. en el caso de geosintéticos, véase preferiblemente la sección referente a estructuras de refuerzo). La diferencia es, en el caso de anclajes pretensados, que en el área que intercepta la dovela, será considerada adicionalmente la fuerza de fricción generada por el pretensado. De acuerdo a la norma DIN 4084, solo este componente será dividido por el factor de seguridad y utilizado en el numerador de la fórmula. El componente de momentos (componente horizontal para superficies de deslizamiento poligonal) de la fuerza de anclaje con respecto al punto central del círculo de falla, es considerado en el denominador.

Especifique si el anclaje es o no pretensado, seleccionando la casilla que está delante de cada anclaje. El método de cálculo utilizado según la DIN 4084 está descrito con más detalle en el punto 8.1. Si especifica una longitud del bulbo de pretensado > 0.0 y esta longitud es interceptada durante el cálculo posterior, la fuerza del anclaje se distribuirá en toda la longitud del bulbo y únicamente el componente de la fuerza que quede fuera del cuerpo de falla será considerado.

No. Pretensado	Fuerza [kN/m]	x (cabz) [m]	y (cabz) [m]	Inclinación [°]	Longitud [m]	L (Grout) [m]
<input checked="" type="checkbox"/> 1	100.0000	10.0000	-3.0000	-45.000	21.0000	2.00

La inclinación es medida a partir del eje "x" en el sentido de las agujas del reloj. El presente ejemplo no considera ningún anclaje. El ejemplo 1 del segundo suplemento de la norma DIN 4084 muestra el uso de anclajes.

En el caso del cálculo con el método "**Método de cuerpos rígidos**" o el método "**Método de bloques**", el uso de la casilla "**Pretensado**" solo tiene sentido si se realiza un análisis de las situaciones *auto tesado* y *actúa favorablemente* - (véase también 8.1). La influencia de la fuerza de fricción de la componente normal del miembro tesado se considera siempre en estos métodos, toda vez que la seguridad se obtiene del equilibrio en el diagrama de fuerzas y por tanto no puede ser desactivada.

### 7.2.8 Artesianos

Con esta herramienta, puede modelar un sistema de agua freática confinada en condiciones artesianas. Ingrese con el botón "**Artesianos**" e introduzca el número de puntos del polígono que conforman el acuífero de la misma forma que para los otros botones que fueron descritos. A continuación deberá ingresar las coordenadas "x" del acuífero confinado y el valor correspondiente a:

- La base del acuífero
- Parte superior y
- Nivel freático debajo de la base del acuífero

Si el pie de una dovela está por encima de la parte superior del acuífero, la presión de poros será calculada con la línea de presiones de poros (Véase 7.2.4). Si el pie de la dovela está por debajo de la base del acuífero confinado, la presión de poros se calculará con el nivel del agua por debajo de la base. Si el pie de la dovela está dentro del acuífero, se realizará una interpolación lineal.

### 7.2.9 Acciones sísmicas

Con el botón "**Acciones sísmicas**" puede especificar cargas de sismo en el sistema. El programa considera los valores de aceleración horizontal y vertical, como factores de la aceleración de la gravedad (Véase 8.5). En el presente ejemplo ambas aceleraciones son "**0.0**".

### 7.2.10 Pilotes (pernos de anclaje)

El mecanismo de acción de los pilotes de anclaje se muestra en la siguiente figura:

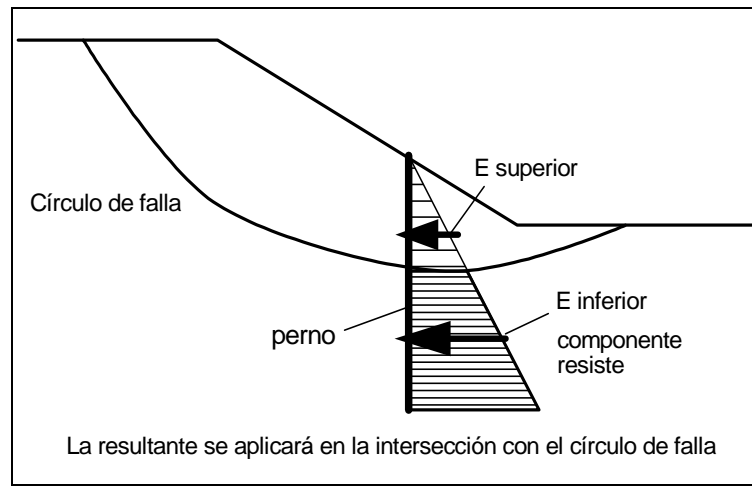


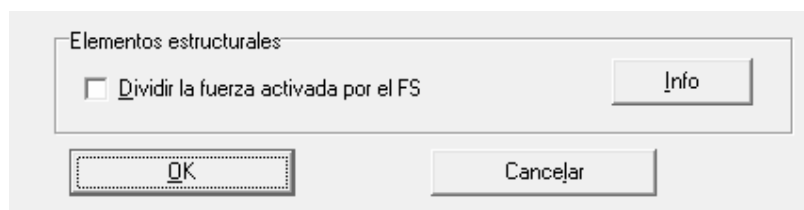
Figura 3. Pernos de anclaje

Modele el refuerzo con pernos de anclaje con el botón "**Pilotes**" e ingrese luego la cantidad de pernos existentes de acuerdo a las descripciones de los menús previos. Posteriormente deberán ser ingresadas las coordenadas de los pernos y la fuerza resistente que resisten los mismos. Por ejemplo, si el perno tiene 0,75 m de diámetro, puede activar una fuerza de empuje lateral constante en toda su longitud de 25 kN/m<sup>2</sup>, y el espaciamiento vertical entre pernos es de 2,1 m, entonces la fuerza resistente será:

$$25 * 0,75 / 2,1 = 8,9 \text{ kN/m}^2 * \text{m} / \text{m} = 8,9 \text{ kN/m/m}$$

Los pernos de anclaje serán considerados naturalmente, solo si los mismos interceptan la superficie de falla.

La resultante de la fuerza de empuje que queda fuera de la superficie de falla es determinada y luego aplicada en la intersección del perno con el círculo de falla con el respectivo brazo de palanca. En el caso de cuerpos de falla poligonales, solo se considerará el componente horizontal de la fuerza resistente de empuje del perno. En el caso en que el punto inicial y final queden fuera del cuerpo de falla y existan dos intersecciones con el mismo, no se considerará la fuerza ejercida por el perno. Luego del cálculo aparecerá coloreada la parte del perno de anclaje que fue considerada para el cálculo, de tal forma de obtener una revisión visual de los resultados. La fuerza de empuje resistente será dividida por un factor de seguridad, si se encuentra marcada la casilla correspondiente en el menú "**Datos / Preferencias de cálculo**".



De acuerdo con la DIN 4084, la fuerza resistente de empuje de los pernos actúa en la intersección con el cuerpo de falla.

**Pilotes de anclaje**

Adel.    Atrás    Cancelar    Aceptar    Info

1 pilotes(s) a editar     Consulta E[superior] < E[inferior]

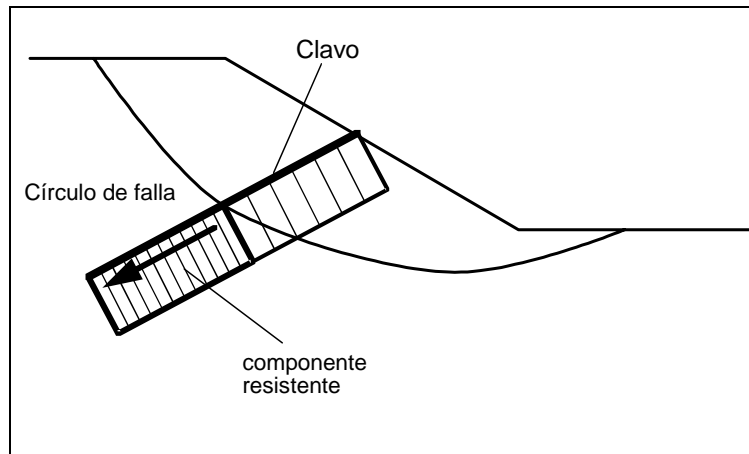
No.	x1 [m]	y1 [m]	x2 [m]	y2 [m]	e1 [kN/m/m]	e2 [kN/m/m]
1	10.0000	-6.0000	10.0000	-15.0000	26.2500	26.2500

Si activa la casilla "**Consulta E(superior) < E(inferior)**", se calculará el rango de empujes de suelo (Véase la Figura 3). El menor de los empujes será el que se adopte para el cálculo.

En el ejemplo no se modelarán pernos de anclaje. El ejemplo 1 del segundo suplemento de la DIN 4084 contiene un sistema de pilotes tipo H, que pueden ser considerados como pernos de anclaje.

### 7.2.11 Clavos

El mecanismo de acción de los clavos se muestra en la siguiente figura:



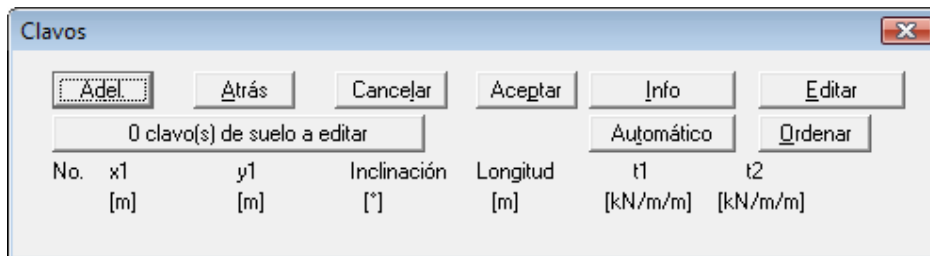
**Figura 4. Mecanismo de acción de clavos en el círculo de falla**

Para insertar un sistema de refuerzos mediante clavos, seleccione el botón "**Clavos**". Ingrese luego la nueva cantidad de clavos existentes de acuerdo a lo descrito anteriormente. Ingrese luego las coordenadas del clavo junto con la fuerza de sujeción del clavo. Por ejemplo, si el clavo tiene un diámetro de 0.10 m, y además puede activar una tensión de sujeción de 100 kN/m<sup>2</sup> constante sobre su superficie. El espaciamiento vertical entre clavos es de 1,5 m, por lo que la fuerza de sujeción que se debe ingresar será:

$$100 * 0,10 / 1,5 = 6,7 \text{ kN/m}^2 * \text{m} / \text{m} = 6,7 \text{ kN/m/m}$$

Los clavos serán considerados naturalmente, solo si los mismos interceptan la superficie de falla.

El componente de fuerza de sujeción fuera del cuerpo de falla es determinado y añadido al brazo de palanca efectivo. En el caso de cuerpos de falla poligonales, solo se considerará el componente horizontal de la fuerza de sujeción. En el caso en que el punto inicial y final queden fuera del cuerpo de falla y existan dos intersecciones con el mismo, no se considerará la fuerza ejercida por el clavo. Luego del cálculo aparecerá coloreada la parte del clavo que fue considerada para el cálculo, de tal forma de obtener una revisión visual de los resultados. La fuerza de sujeción será dividida por un factor de seguridad, si se encuentra marcada la casilla correspondiente en el menú "**Datos / Preferencias de cálculo**".



La inclinación es medida desde el eje "x" de forma positiva en el sentido de las agujas del reloj. El presente ejemplo no considera clavos de refuerzo, por lo que no es necesario modelar ninguno. Si el sistema contiene varios clavos y todos tienen la misma separación vertical, puede simplificar considerablemente el ingreso de datos, utilizando la opción "**Automático**". También puede editar fácilmente las características del clavo con la opción "**Editar**".

Al contrario que para anclajes, no es posible considerar una fuerza de pretensado en los clavos (Véase 8.1). Una ventaja de este sistema es que es posible especificar una variación lineal de la fricción lateral. Si no desea considerar una variación lineal de la fricción lateral en el clavo, la modelación del clavo como anclaje tiene un efecto equivalente, inclusive tiene ventajas, toda vez que se considera el efecto del pretensado.

El ejemplo actual no considera la modelación de clavos.

### 7.2.12 Geosintéticos

Geosintéticos (=geotextiles) son tipos especiales de clavos.

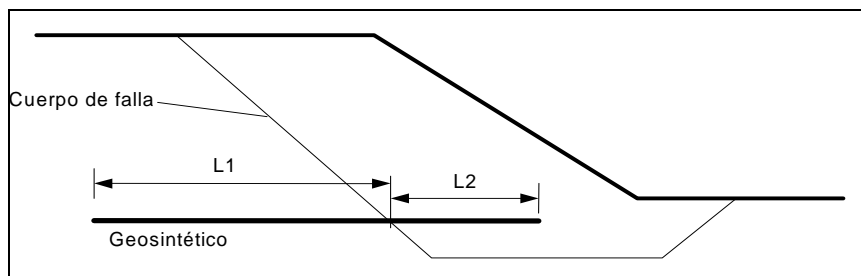


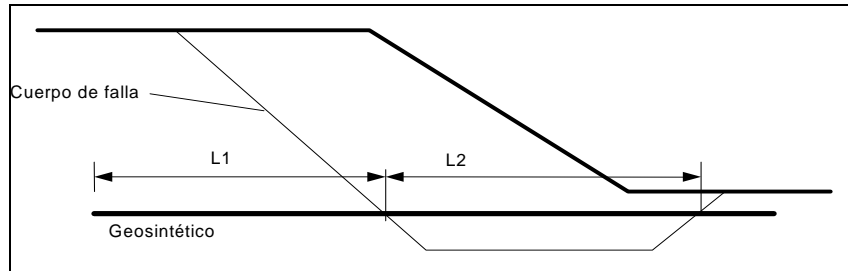
Figura 5. Geosintéticos

Usted debe definir el punto inicial y final de cada geosintético. La tensión de sujeción será calculada automáticamente. Con la tensión de sujeción  $t$  y las longitudes dentro y fuera del cuerpo de falla, el programa calcula las fuerzas resultantes  $T_1$  y  $T_2$  de la siguiente forma:

$$T_1 = t * L_1 \text{ and } T_2 = t * L_2$$

El menor de los dos valores será el de cálculo. Si la fuerza menor es mayor que la fuerza máxima admisible  $T_{max}$ , solo este valor será utilizado en los cálculos.

Si los geosintéticos interseccionan el cuerpo de falla dos veces, los valores  $L_1$  y  $L_2$  se obtendrán de la siguiente forma:



**Figura 6. Geosintéticos con dos intersecciones**

Una vez completado el cálculo, el sector de la fuerza resultante que fue tomado en consideración para el cálculo será rellenado a colores, de tal forma de obtener un análisis visual rápido.

La fuerza de sujeción resultante será dividida por un factor de seguridad, si se encuentra marcada la casilla **"Dividir la fuerza activada por el FS"** en el menú **"Datos / Preferencias de cálculo"**.

El ejemplo actual no considera la modelación de geosintéticos.

### **7.3 Paso 3: Ingreso de datos finales**

---

Una vez concluido el ingreso de datos en el menú **"Ingreso de datos"** elija el botón **"Aceptar"**. Ahora puede seleccionar la opción **"Prueba"** en el menú **"Datos"** para que el programa realice una comprobación de la validez de los datos ingresados. Si el programa detecta errores, aparecerá un mensaje de error. El programa ofrecerá posteriormente opciones de corrección de la información que genera el error.

Si desea puede guardar el archivo del ejemplo, de tal forma de tenerlo disponible en una sesión posterior. Elija la opción **"Guardar como"** del menú **"Archivo"**. Ingrese luego el nombre del archivo en la nueva ventana del explorador. Si no ingresa ninguna terminación para el archivo, se creará automáticamente la terminación **".BOE"**, toda vez que ésta es la terminación estándar que utiliza el programa para abrir un nuevo documento.

## 7.4 Paso 4: Definición de los círculos de falla

---

### 7.4.1 Definición de cuerpos de falla

Como el ingreso de datos del sistema está completo, ahora puede empezar con la descripción de la geometría de los círculos de falla. Esto se realiza utilizando el menú "**Cuerpos de falla**". Acá encontrará cinco posibilidades para la modelación de los círculos de falla:

- **"Semi-automático"**  
Ingrese las coordenadas de los círculos de falla directamente mediante el teclado, de acuerdo a las descripciones del cuadro en la ventana.
- **"Puntos en cuadrilátero"**  
Usted puede definir un cuadrilátero marcando con el botón izquierdo cuatro puntos sobre la hoja en dirección contraria a las agujas del reloj. La acción puede ser terminada en cualquier momento antes de cerrar el polígono, si se presiona el botón derecho del ratón. Dentro del polígono seleccionado se crearán los nuevos puntos centrales que serán considerados para el cálculo, los cuales se desplegarán en pantalla.
- **"Puntos en rectángulo"**  
Usted deberá ingresar las dos esquinas opuestas del rectángulo. Marque la primera esquina del triángulo con el botón izquierdo del ratón y recorra el ratón hasta el lugar que desee y vuelva a presionar el botón derecho.
- **"Puntos individuales (gráfico)"**  
Puede definir puntos individuales en cualquier sitio con solo marcar el lugar con el botón izquierdo del ratón. Una vez activada esta función, puede también eliminar puntos individuales existentes seleccionándolos con el botón derecho del ratón.
- **"Puntos individuales (editor)"**  
Usted puede definir puntos individuales "*manualmente*" ingresando simplemente las coordenadas del mismo con el teclado.

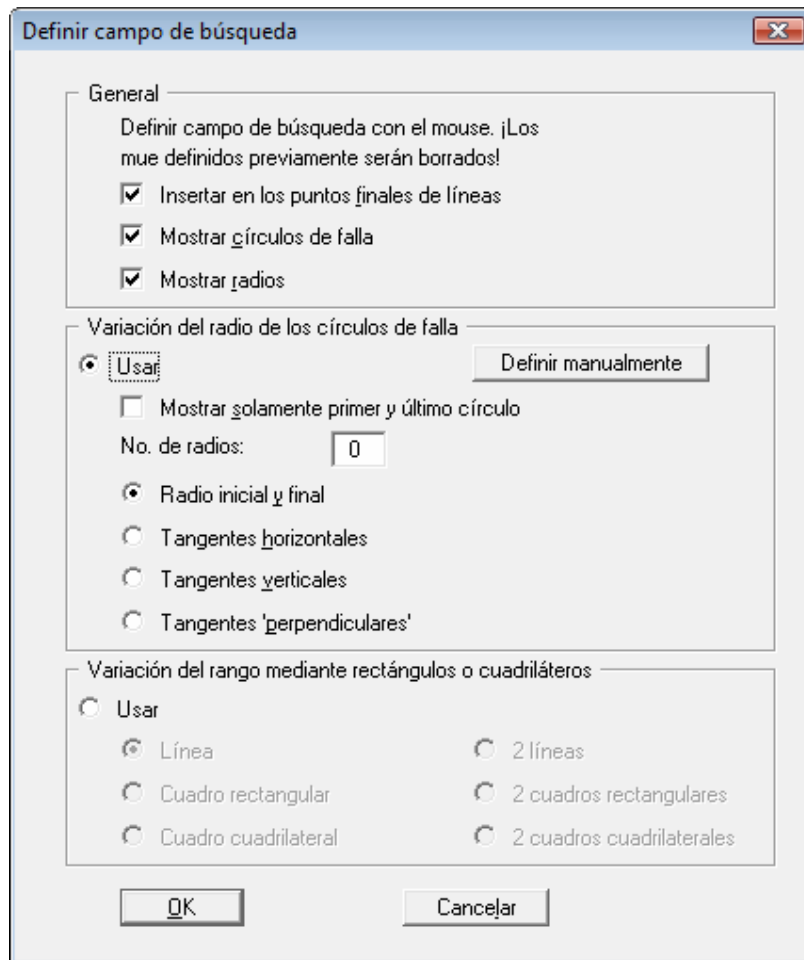
Cualquier cuadrícula puede ser complementada, editada o eliminada en cualquier momento. También es posible utilizar varios de los métodos de forma combinada. En total puede generar 1000 puntos centrales de círculos de falla.

Si el área sobre el talud que desea cubrir con puntos centrales es muy pequeña, puede reducir la escala del gráfico utilizando la herramienta "**Zoom de gráfico**" en el menú "**Formato de página**". Ingrese un nuevo factor de zoom igual a 0.8 y acepte con "**OK**".

Seleccione para el ejemplo la opción "**Puntos individuales (gráfico)**" en el menú "**Cuerpos de falla**". Haga clic luego en unos cuantos puntos donde desea situar los puntos centrales. Puede también eliminar puntos individuales existentes seleccionándolos con el botón derecho del ratón. Una vez situados los puntos centrales que desea investigar deberá continuar el trabajo seleccionando un rango de búsqueda.

## 7.4.2 Definición del rango de búsqueda

Seleccione la opción "**Definir campo de búsqueda**" dentro del menú "**Cuerpos de falla**".



Usted puede variar el rango de búsqueda utilizando un radio mínimo y uno máximo. También puede generar distintos radios mediante secciones rectangulares o cuadriláteros. Active en cada caso el botón "**Usar**" para acceder a estas opciones.

La "**Variación de los radios de los círculos de falla**" se realiza entre dos puntos A y B elegidos con el ratón.

Existen distintas alternativas de variación:

- "**Radio inicial y final**"  
Todos los radios pasan entre los puntos A y B. El número de radios intermedios se determinará en función al valor ingresado en la casilla "**No. de radios**".

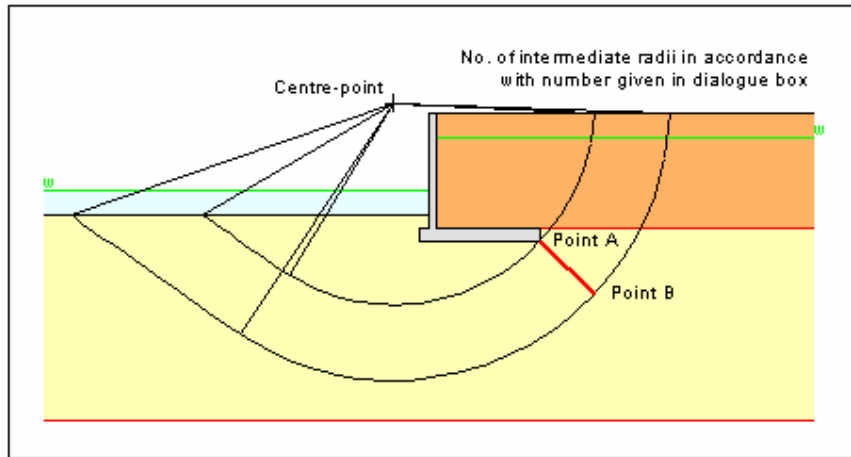


Figura 7. Rango de búsqueda mediante radio máximo y mínimo

- **"Tangentes horizontales"**  
 Todos los radios tocan las tangentes horizontales, que están definidas entre los puntos A y B. El número de radios intermedios se determinará en función al valor ingresado en la casilla **"No. de radios"**.

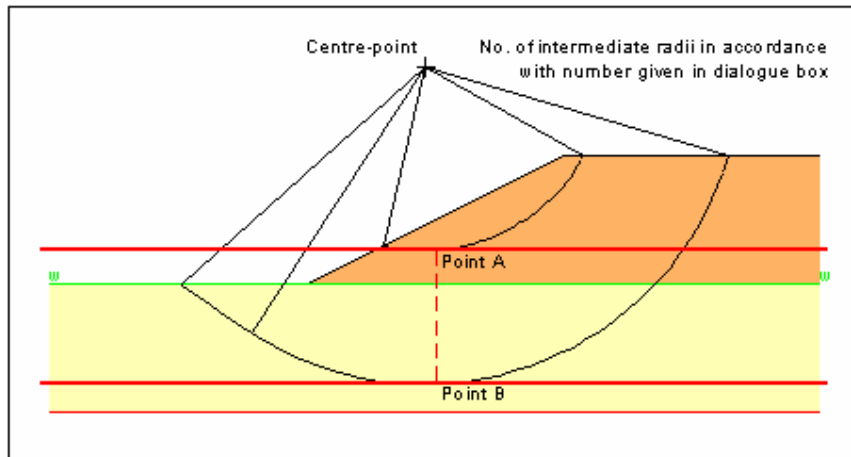


Figura 8. Rango de búsqueda mediante tangentes horizontales

- Si se hace difícil identificar en el sistema el rango de búsqueda, se recomienda definir en un primer análisis la corona y el pie del talud como los puntos A y B.
- **"Tangentes verticales"**  
 Todos los radios tocan las líneas tangentes verticales, definidas entre los puntos A y B. El número de radios intermedios se determinará en función al valor ingresado en la casilla **"No. de radios"**. Este método no es el más recomendado.
- **"Tangentes 'perpendiculares' "**  
 Todos los radios tocan la tangente, cuya pendiente es perpendicular a la línea que conecta los puntos A y B. El número de radios intermedios se determinará en función al valor ingresado en la casilla **"No. de radios"**. Este método no es el más recomendado.

Luego de confirmar con **"OK"**, haga clic en los dos puntos extremos (A y B) en el talud según el método que eligió. Los radios y los círculos serán presentados en el sistema. Si no está conforme con el resultado, puede hacer clic inmediatamente en otros dos nuevos puntos extremos.

**Nota:**

Para el análisis de la capacidad portante del suelo, para una fundación en el talud, no es necesario crear un rango de búsqueda. El rango será creado automáticamente por el programa. El borde izquierdo o derecho de la fundación será definido como el rango de búsqueda dependiendo de la dirección del movimiento del cuerpo de falla.

En el caso de **"Variación del rango mediante rectángulos o cuadriláteros"** usted puede elegir otras opciones interesantes. Luego de seleccionar un método y de ingresar el número de subdivisiones en la ventana de diálogo, el elemento seleccionado (línea, sección rectangular, etc.) se mostrará en la pantalla. De esta forma puede ver el tamaño y la posición del elemento en todo momento y variar cuantas veces desee hasta lograr cubrir la zona que desea calcular. De forma análoga puede intentar los otros métodos de la ventana.

Elija por ejemplo el método **"Cuadro rectangular"**. La cantidad y el espaciamiento de los círculos variará de acuerdo a los valores que se ingresen en la ventana nueva que aparece luego de aceptar con **"OK"**. El área de búsqueda se limitará al área rectangular ingresada mediante el ratón en pantalla. Para obtener una mejor idea del funcionamiento de los métodos, pruebe la variación gradual de subdivisiones empezando de 1.

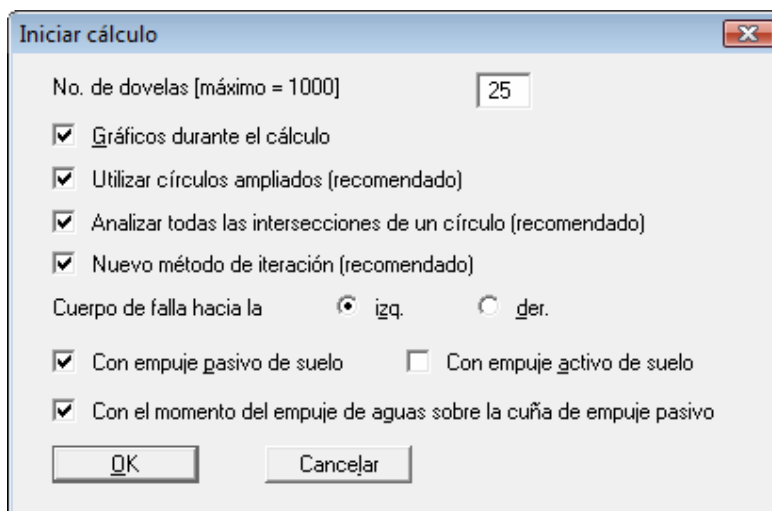
Si activa en la primera ventana la casilla **"Insertar en los puntos finales de las líneas"**, aparecerá el cursor con un recuadro pequeño. El puntero del ratón se ajustará siempre a los extremos de las líneas de la sección rectangular, o de cualquier otra sección.

Si desactiva en la misma ventana las casillas **"Mostrar círculos de falla"** y **"Mostrar radios"** (mostrar radios), entonces no se mostrarán los radios ni los círculos de falla que serán estudiados luego de definir la sección de búsqueda. Desactive estas casillas solamente si su computador es muy lento. De forma similar actúa la casilla **"Mostrar solamente primer y último círculo"**. La configuración de estas casillas no influirá en el cálculo que realizará después.

## 7.5 Paso 5: Cálculo del talud con círculos de falla

---

Una vez que haya completado todas las definiciones del sistema puede empezar el cálculo de estabilidad. Seleccione el botón "**Calcular**" dentro del menú "**Factores de seguridad**". Si desea puede iniciar el cálculo de forma directa presionando [F5].



Ajuste luego el número de dovelas que estima necesarias para el cálculo. Se recomienda que el movimiento del talud sea hacia la izquierda ("**izq.**") y que la casilla "**Con empuje pasivo de suelo**" esté activada. Este último permite considerar una cuña de empuje pasivo de suelo en las áreas que tengan una pendiente mayor a  $45^\circ - \phi/2$ . Confirme los datos con "**OK**". El cálculo se iniciará automáticamente. Si eligió ver la representación gráfica durante el cálculo, usted podrá ver esta en pantalla junto con la información de los factores de seguridad. Al finalizar el cálculo aparecerá una ventana con las estadísticas de resultados:

Luego de confirmar con "**OK**", se desplegarán todos los factores de seguridad calculados y se dibujará el círculo más desfavorable. Si el círculo más desfavorable se encuentra al borde del área de puntos centrales que definió previamente, vuelva a seleccionar la opción "**Cuerpos de falla**" y complemente el área de búsqueda cuantas veces desee.

## 7.6 Paso 6: Evaluación y Resultados

---

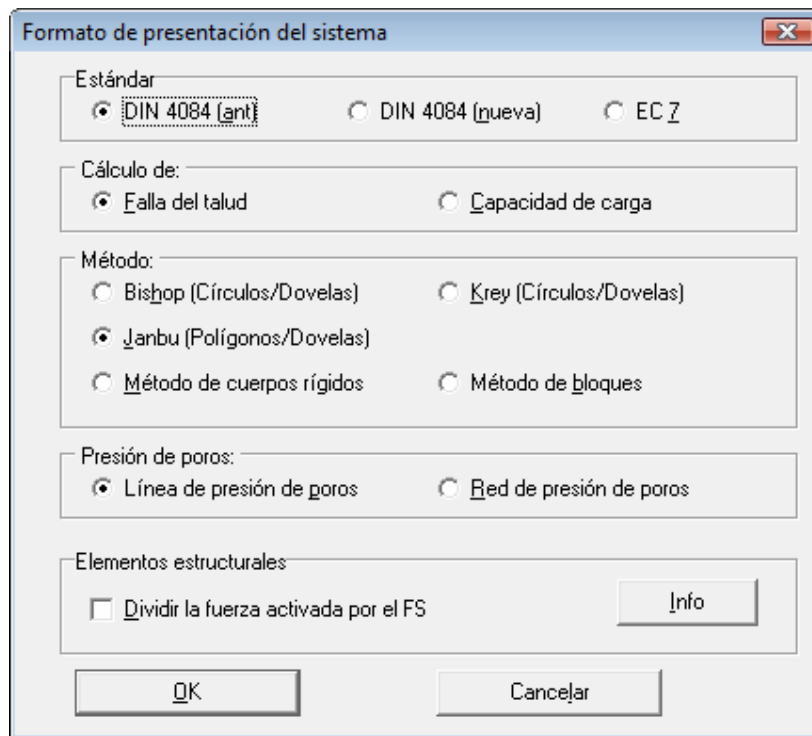
Si los resultados obtenidos son de su completo agrado, usted tiene una variedad de posibilidades para el análisis y vista de resultados.

- Si calculó más de tres puntos centrales de los círculos de falla, podrá crear un plano de isolíneas mediante la opción "**Factores de seguridad / Isolíneas**" o "**Factores de seguridad / Isolíneas a colores**".
- Además del círculo más desfavorable, usted puede desplegar los círculos que usted desee utilizando la opción "**Factores de seguridad / Mostrar círculo específico**".
- También puede desplegar todos los círculos calculados para una revisión global con la opción "**Factores de seguridad / Mostrar todos**".
- En el submenú "**Factores de seguridad / Mostrar/Detalles**", puede seleccionar que se muestre el transcurso de presiones de poros.

- En el mismo submenú puede seleccionar que se muestren los resultados para todos los círculos calculados.
- Usted puede enviar el protocolo de resultados a impresión o ver el mismo en un procesador de texto. ("**Archivo / Imprimir tabla de resultados**").
- Los gráficos pueden ser complementados, y se puede insertar textos aclaratorios utilizando la herramienta "**Mini-CAD**".
- Guarde su proyecto para poder utilizarlo luego con la opción "**Archivo / Guardar como**".
- El principio *Lo que ve es lo que obtiene* le otorga la ventaja de poder enviar la vista actual de la pantalla a impresión en cualquier momento del cálculo o del ingreso de datos. Elija "**Archivo / Imprimir y exportar**" y especifique luego sus preferencias de impresión en las ventanas subsiguientes.

## 7.7 Paso 7: Cálculo con superficies poligonales

Si desea, ahora puede calcular el talud con uno de los métodos mediante superficies de falla poligonales. Igual que para los círculos de falla, elija la opción de menú "**Datos / Preferencias de cálculo**"



Active la casilla correspondiente al método de Janbu: "**Janbu (Polígonos / Dovelas)**". Luego de aceptar con "**OK**", observe que la barra de menús ha cambiado ligeramente. Además, dentro del menú "**Factores de seguridad**" cambiaron también algunos submenús.

### 7.7.1 Definición de superficies con el ratón

Para ingresar un nuevo mecanismo de falla, vaya al menú "**Cuerpos deslizantes**" y elija la opción "**Definir nuevo**" (Véase también 9.6.2).

Elija luego los puntos del cuerpo de falla. Si se equivocó al seleccionar un punto, presione simplemente la tecla [**Retroceso**] para deshacer la última acción.

Luego de ingresar el último punto del cuerpo de falla, deberá presionar la tecla [**Enter**], para indicar al programa que se completó la modelación del cuerpo.

Una vez modelado el cuerpo de falla, puede iniciar la modelación del siguiente. Para esto puede utilizar la herramienta "**Cuerpos deslizantes / duplicar**", con la que podrá duplicar el cuerpo de falla existente y luego editar los puntos a nuevas posiciones. Todas estas acciones pueden ser realizadas en cuerpos que ya hayan sido analizados.

Para asegurar que exista una intersección con la superficie del sistema, puede elegir los puntos extremos del cuerpo ligeramente fuera de la superficie. El programa generará las intersecciones con la superficie una vez presionada la tecla [**Enter**]. Por lo general se hace complicado posicionar los cuerpos de falla en la frontera entre estratos. Para simplificar este proceso puede utilizar además del ratón, el cursor del teclado. De igual forma puede usar el teclado con las mismas funciones del ratón:

- Tecla [**Inicio**] = presionar botón izquierdo
- Tecla [**Fin**] = presionar botón derecho

Si no está seguro de las propiedades del suelo en el punto que señala el puntero del ratón, presione la tecla [**F4**]. La información será presentada en una ventana informativa. Si quiere verificar la longitud y la pendiente de la línea del polígono, sitúe el ratón cerca de la línea y luego presione [**F5**]. Otra forma de simplificar la modelación es utilizando la herramienta de zoom en el menú "**Preferencias de gráficos / Zoom de hoja**".

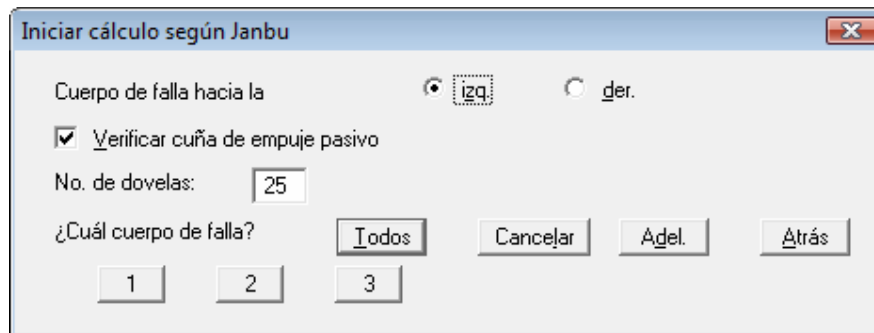
### **7.7.2 Definición de cuerpos de falla mediante tablas**

Además de la modelación de los cuerpos de falla con el ratón, usted puede definir la geometría utilizando una tabla. Vaya al menú "**Cuerpos deslizantes**" y elija luego la opción "**Editar**".

Haga clic en el botón "**Nuevo**" en la ventana de opciones e ingrese luego el número de puntos del polígono. En la ventana de diálogo puede ingresar las coordenadas exactas del cuerpo poligonal.

### 7.7.3 Paso 8: Cálculo de estabilidad con mecanismos de falla poligonales

Una vez definidos los mecanismos de falla puede empezar el análisis del sistema. Seleccione la opción "**Calcular cuerpos definidos**" dentro del menú "**Factores de seguridad**".



Ajuste luego el número de dovelas que estima necesarias para el cálculo. Se recomienda que el movimiento del talud sea hacia la izquierda ("izq.") y que la casilla "**Verificar cuña de empuje pasivo**" esté activada. Esto permite considerar las cuñas de empuje pasivo de suelo que tengan una pendiente mayor a  $45^\circ - \phi/2$ . Estas cuñas no serán tomadas en cuenta.

Inicie el cálculo del sistema con el botón "**Todos**". Una vez que hayan concluido los cálculos usted podrá ver las estadísticas del mismo. Además de la estabilidad del sistema, se muestran las fuerzas máximas en geosintéticos resultantes de la variación de los cuerpos de falla.

Confirme la ventana con "**OK**", se desplegará el cuerpo de falla con el mínimo FS (Factor de seguridad). Si desea ver los demás mecanismos modelados elija en el menú "**Factores de seguridad**" la opción "**Mostrar cuerpo específico**" o "**Mostrar todos**". Alternativamente puede elegir la opción "**Mostrar resultados**", para poder ver todo el protocolo de resultados del análisis y mandarlos a impresión.

---

## 8 Fundamentos Teóricos

---

### 8.1 Información general de los métodos de Janbu y Bishop

---

Este programa se basa en los criterios de:

- Bishop (Superficie de falla circular)

$$\eta = \frac{r \cdot \sum T_i + \sum M_s}{r \cdot \sum G_i \cdot \sin \vartheta_i + \sum M}$$

donde

$$T_i = \frac{[G_i - (u_i + \Delta u_i) \cdot b_i] \cdot \tan \varphi + c_i \cdot b_i}{\cos \vartheta_i + \frac{1}{\eta} \tan \varphi_i \cdot \sin \vartheta_i}$$

- Janbu (Superficie de falla poligonal)

$$\eta = \frac{\sum T_i + \sum H_s}{\sum G_i \cdot \tan \vartheta_i + \sum H}$$

donde

$$T_i = \frac{[G_i - (u_i + \Delta u_i) \cdot b_i] \cdot \tan \varphi_i + c_i \cdot b_i}{\cos^2 \vartheta_i \cdot \left(1 + \frac{1}{\eta} \tan \varphi_i \cdot \tan \vartheta_i\right)}$$

De acuerdo a la norma DIN 4084. La nomenclatura utilizada corresponde a la siguiente lista:

Factor de Seguridad del terreno o de la estabilidad del talud.

- $G_i$  Peso Propio de una dovela en kN/m considerando el valor de Peso Unitario que se introduce en la Tabla 1, incluidas las sobrecargas.
- $M$  Momento de fuerzas y cargas (no incluidas en  $G_i$ ) con respecto al punto central del círculo de falla en kNm/m, positivo si actúa favorable. (H análogo para Janbu)
- $M_s$  Momentos con respecto al punto central del círculo de falla en kNm/m de las fuerzas según la sección 6e (DIN4084), que no fueron consideradas en  $T_i$  ( $H_s$  análogo para Janbu)
- $T_i$  La fuerza tangencial resistente del suelo en la superficie del círculo de falla para cada dovela en kN/m (Para cuerpos poligonales es la componente horizontal de la fuerza)
- $\vartheta_i$  Angulo tangencial de la dovela con respecto a la horizontal en grados, que en el caso de círculos es igual a las coordenadas polares.
- $r$  Radio del círculo de falla en m
- $b_i$  Ancho de cada dovela en m

- $\varphi_i$  Angulo de fricción interna determinante, en grados, para cada dovela según la sección 8 (DIN 4084)
- $c_i$  Cohesión determinante, en kN/m<sup>2</sup>, para cada dovela según la sección 8 (DIN 4084)
- $u_i$  Presión de Poros determinante, en kN/m<sup>2</sup>, para cada dovela
- $\Delta u_i$  Variación de Presión de Poros en cada dovela, en kN/m<sup>2</sup>, como producto del proceso de consolidación. En el programa **GGU-STABILITY**, este valor se calcula a partir de la multiplicación del coeficiente de presiones de poros y las tensiones verticales efectivas del suelo. De forma alternativa (recomendado), usted tiene la posibilidad de definir estratos en procesos de consolidación.

Todas las ecuaciones están descritas detalladamente en la DIN 4084 y DIN 4084 (nueva). Los factores de seguridad parciales son utilizados en la DIN 4084 (nueva). Cuando se utiliza factores parciales, los factores de seguridad son incorporados en los parámetros del suelo, cargas, etc., por lo que el término "**factor de seguridad**" está implícitamente incorporado. En lugar de " $\eta$ ", se usará " $\mu$ " en las ecuaciones descritas. El factor " $\mu$ " es más conocido como "**factor de uso**".

En cuerpos de refuerzo pretensados, la fuerza de fricción activada puede ser considerada, de acuerdo a la DIN 4084 y DIN 4084 (nueva) (Sección 6.2.3.3). En el programa solo se pueden introducir elementos de tensión pretensados en forma de anclajes (véase "**Datos / Ingreso de datos**", "**Anclajes**" en 7.2.7). Si se desea modelar clavos pretensados, deberán ser ingresados en forma de anclajes, lo cual no supone ninguna restricción. La única ventaja para la modelación de clavos es que se puede especificar además una variación lineal de la fricción lateral.

En la norma DIN 4084 (nueva), Sección 6.2.3, se define el término *auto-tesado*. Para este cálculo es decisivo el ángulo  $\alpha_A$  entre el eje del cuerpo tesado y la superficie de falla (Véase la Figura 2 en la DIN 4084 (nueva)). Esta condición es calculada por el programa (solo se eligió DIN 4084 (nueva)). El valor de  $\alpha_A$  puede ser ingresado de forma global para todos los suelos en el menú "**Datos / Factores parciales de seguridad**".

En la DIN 4084 (nueva), Sección 5.2.3, se propone que para los cuerpos pretensados que no tengan la propiedad de auto-tesado, pero que actúen favorablemente, se utilice la fuerza de anclaje y no el valor de diseño del refuerzo. Si realiza el diseño de acuerdo a la norma DIN 4084 (nueva), el programa verificará la situación *no auto-tesado y favorable*, y luego multiplicará el valor de diseño del refuerzo por un factor. Este factor puede ser ingresado de forma global para todos los anclajes en "**Datos / Factores parciales de seguridad**".

Cuando se calcula de acuerdo a la DIN 4084 (nueva), se ingresan los valores de diseño de las cargas, anclajes, etc. Las cargas, por ejemplo, deberán ser mayoradas, de acuerdo a la situación, por un factor parcial de acuerdo a la norma DIN 1054 (nueva). Solo se definen los valores característicos para los parámetros del suelo y las acciones. A partir de estos valores, el programa calcula los valores de diseño mediante factores parciales.

Durante el ingreso de datos, se deberá diferenciar entre suelos drenados y no drenados. Para esto, se ha asignado una casilla "**drenado**" en la ventana de propiedades del suelo (excepto en cálculos con la norma antigua DIN 4084 (ant.)). De esta manera el programa considera correctamente el estado del suelo y calcula correctamente el valor de diseño para cada suelo.

## 8.2 Información general sobre el mecanismo de falla de cuerpos rígidos y el deslizamiento vertical de bloques.

El cálculo de taludes con estos dos métodos está plenamente explicado en la norma DIN 4084 (nueva). Estos métodos requieren la construcción de un polígono de fuerzas, el mismo que solo se cierra en situaciones especiales ( $\eta = 1.0$  o  $1/f = 1.0$ ). Por lo general es necesaria una fuerza adicional dT para cerrar el polígono. Si la fuerza dT es activa, el factor de seguridad será mayor a 1.0. Si la fuerza dT es resistente, el factor de seguridad será menor a 1.0.

Cuando se calcula con factores parciales de acuerdo a la DIN 4084 (nueva), es suficiente la verificación de estabilidad del talud cuando el factor de seguridad es  $> 1.0$  o el factor de uso  $< 1.0$ . Sin embargo, por lo general el calculista desea también determinar el *rango de seguridad* a la condición de falla. Para calcular este *rango de seguridad* y/o llevar a cabo una comparación cuantitativa con varios cuerpos de falla, se podría utilizar teóricamente la fuerza dT. La magnitud de esta fuerza es sin embargo, dependiente principalmente del tamaño del cuerpo investigado. Una comparación entre dos cuerpos de falla de tamaños extremadamente distintos, puede generar una idea equivocada. Es por esto que el programa no solo calcula la fuerza dT, sino que también reduce o incrementa el ángulo de fricción y la cohesión, hasta lograr que cierre el polígono de fuerzas. El factor de seguridad  $\eta$ , o el factor de uso  $1/f$  se calcula luego de la siguiente forma:

$$\eta \text{ o } 1/f = \tan \phi_{\text{existente}} / \tan \phi_{\text{req.}}$$

Cuando se calcula con el mecanismo de falla de cuerpos rígidos o el mecanismo de deslizamiento vertical ("Método de cuerpos rígidos" o "Método de bloques"), al contrario que en el método de Janbu, se consideran las fuerzas de corte actuantes en las superficies de falla intermedias.

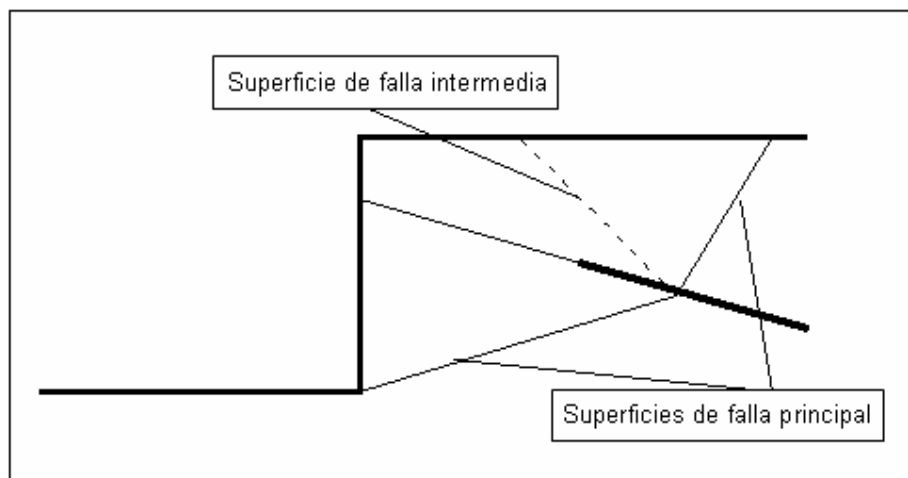


Figura 9. Superficie de falla intermedia y superficies de falla principal

Esta consideración genera, en comparación con el método de Janbu, factores de seguridad más altos. El programa también da la opción, si se requiere, de establecer las fuerzas de corte en las superficies intermedias igual a "0.0".

Cuando se realiza el cálculo con el mecanismo de falla de cuerpos rígidos, en los casos en que existan distintos tipos de suelo entre las superficies de falla principal e intermedia, el programa calcula con valores promedio del ángulo de fricción y la cohesión. Si la superficie intermedia de falla es vertical, no se considerarán las fuerzas de corte en ningún caso.

Cuando se realiza el cálculo con el mecanismo de deslizamiento vertical (método de bloques), las superficies de falla intermedias son verticales y se consideran los empujes de suelo actuantes a los lados de cada dovela. La inclinación de los empujes se obtiene a partir de la línea de acción. De acuerdo a la DIN 4084 (nueva), la línea de acción de empujes corre entre el centro y el tercio inferior de la altura lateral de la dovela. Es por esto que el programa calcula la altura de acción de la siguiente forma:

$$h = 0,416 * H = H * (0,5 + 0,333) / 2.$$

H = Altura lateral de la dovela

Si la inclinación del empuje de suelos es mayor al ángulo de rozamiento interno promedio, se realizará el cálculo con el valor del ángulo de fricción promedio. En los ejemplos de la DIN 4084 (nueva) se determina el promedio del ángulo de fricción a partir de los coeficientes de empuje del suelo. El programa determina este promedio de forma más simple a partir de los espesores del suelo.

### **8.3 Teoría de Consolidación**

---

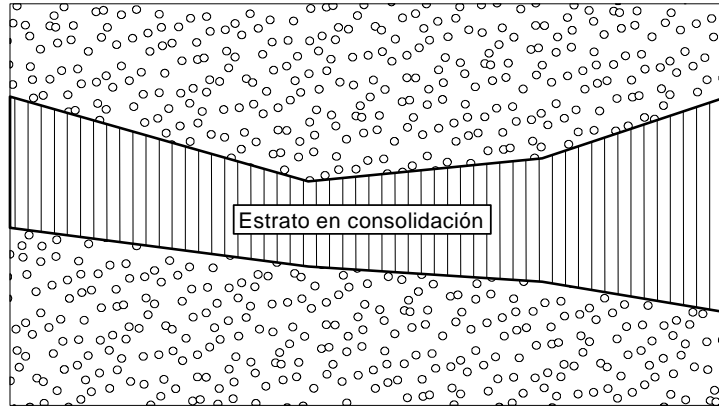
Si un estrato de suelo cohesivo es cargado en un tiempo menor que el necesario para eliminar el agua en los poros, se produce un exceso de presión de poros. Este exceso se disipa en el tiempo pero de forma gradual y lenta. Este proceso es conocido como consolidación. En el caso de consolidación unidimensional existe una solución exacta (véase "Advanced Soil Mechanics"; McGraw Hill). La siguiente información es requerida para el cálculo:

- $\Delta u$  = exceso de presiones de poros en el tiempo  $t = 0$  (constante en todo el espesor del estrato)
- $E_s$  = Módulo edométrico del estrato de suelo
- $k$  = coeficiente de permeabilidad del estrato de suelo
- $d$  = Espesor del estrato de suelo
- $t$  = Tiempo en el que se desea determinar el exceso de presiones de poros.

Además, es necesario considerar las condiciones de drenaje del sistema:

- Drenaje superior e inferior
- Solo drenaje superior
- Solo drenaje inferior

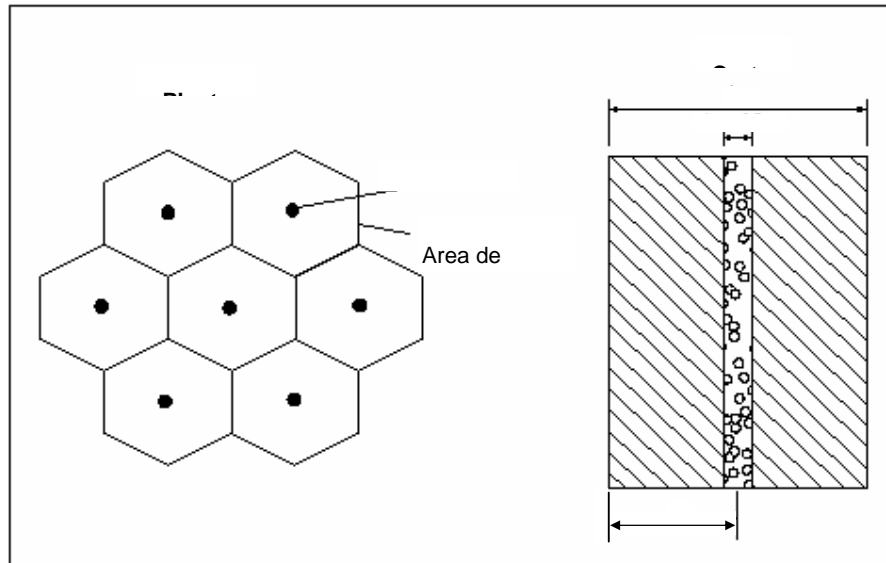
El programa posibilita el ingreso de estos datos a través de la opción "**Estratos consolidados**".



**Figura 10. Estrato en proceso de consolidación**

Los estratos en consolidación están definidos por dos polígonos de borde. A cada polígono se le debe asignar una presión de poros. En la figura, se muestra un estrato en consolidación que puede ser drenado hacia el estrato superior e inferior. Debido a la posición no-horizontal del estrato, se dará el caso de una consolidación en dos dimensiones. El programa calcula solo una consolidación unidimensional en dirección vertical, pero genera la suficiente precisión como para estar por lo general del lado de la seguridad. Si el pie de una dovela queda dentro de un estrato en consolidación, se determina el espesor del estrato a partir de los dos polígonos. Además de la posición vertical en el estrato y otros valores significativos, el programa determina el exceso de presiones de poros en un tiempo determinado por el usuario. Si calcula con estratos en consolidación, se recomienda que realice varios cálculos del mismo sistema para distintos tiempos.

Además de la teoría clásica de consolidación, el programa también admite casos en los que la consolidación es acelerada por drenes verticales (Ej. Drenes de arena). Los fundamentos teóricos de estos sistemas pueden ser revisados en "Das; Advanced Soil Mechanics"; McGraw Hill.



**Figura 11. Drenes Verticales**

La estructura de tipo colmena alrededor de los drenes puede ser convertida a una de círculos equivalentes., de tal forma de llevar a cabo un análisis de consolidación con ejes simétricos para cada dren. En este caso, de acuerdo a la teoría, la disipación del exceso de presión de poros solo se realiza de forma horizontal al dren (eje simétrico). De esta forma, deja de ser necesario el ingreso de las condiciones de drenaje superior e inferior del estrato. En lugar de esto, se debe ingresar la distancia entre drenes (de) y el radio (rw). En estratos en consolidación con drenes verticales, el exceso de presión de poros durante el tiempo es constante sobre la profundidad del mismo. El exceso de presión de poros varía, sin embargo, en función a la distancia (r) desde el eje del dren vertical. El programa determina el promedio de la distribución de presión de poros.

La presión de poros calculada puede ser representada de forma muy clara en el gráfico, si selecciona la casilla correspondiente en el menú "**Factores de seguridad/uso / Preferencias**".



Esta última opción no funciona cuando se utilizan los métodos "**Método de cuerpos rígidos**" o "**Método de bloques**". Para estos casos, puede obtener los valores del protocolo de resultados que se obtiene con la opción "**Factores de seguridad/uso / Mostrar resultados**".

#### 8.4 Definición de Factores de Seguridad

---

De acuerdo con la DIN 4084 (antigua), el programa utiliza la definición de seguridad según Fellenius:

$$\eta = \tan \phi_{\text{real}} / \tan \phi_{\text{req.}}$$

Para el análisis de la capacidad de carga de acuerdo a la DIN 4017, el factor de seguridad se obtiene de la comparación de la carga de falla  $V_b$  y la carga real actuante de la fundación corrida  $V_{\text{real}}$ :

$$\eta = V_b / V_{\text{real}}$$

En otros casos se utilizan distintos procedimientos. Por ejemplo, para la verificación de la estabilidad externa de los clavos de refuerzo, las fuerzas de los clavos se utilizan para la determinación de la seguridad.

Si por ejemplo desea realizar una verificación de la capacidad de carga de una fundación corrida en el talud, ingrese la fundación como una carga permanente y luego incremente el valor actual por un factor de seguridad (Ej.  $\eta = 2.0$ ). Para el cálculo consiguiente de estabilidad del talud, solo necesitará verificar que la seguridad sea mayor a 1.0. Si desea mantener el factor de seguridad actual, deberá variar la magnitud de la carga manualmente hasta obtener un factor igual a 1.0 correspondiente a la norma DIN 4084. Para este caso específico, el programa contiene una rutina especial. Para obtener más información sobre la verificación de una fundación corrida en el talud, puede referirse a la DIN 4084 (Suplemento, sección 4), la cual contiene una referencia muy bien formulada del tema.

#### 8.5 Cargas Sísmicas

---

El programa considera la influencia de solicitaciones sísmicas mediante coeficientes de aceleración pseudoestáticos de acuerdo a la Fórmula de Kuntsche (teoría de Bishop).

La influencia de las aceleraciones sísmicas es considerada mediante cargas adicionales actuantes en el centroide de cada dovela.

$$F_H = \frac{A_h \cdot G}{g} = k_h \cdot G$$

$$F_V = \frac{A_v \cdot G}{g} = k_v \cdot G$$

Donde:

$F_v, F_H$ : Fuerza adicional debida a la sollicitación sísmica en dirección vertical y horizontal

G: Peso del cuerpo de la dovela

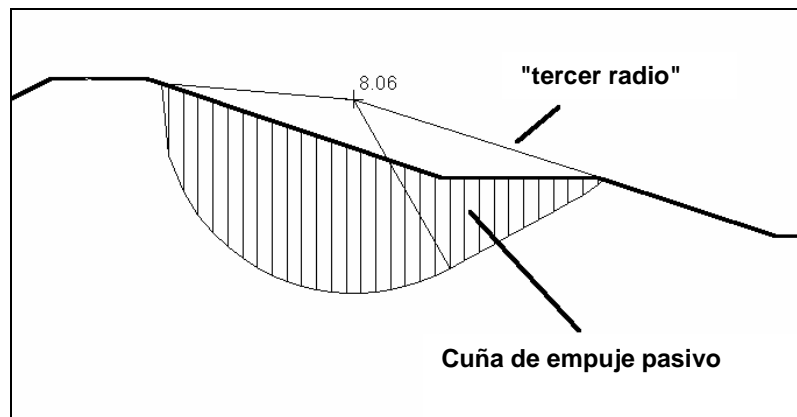
g: aceleración de la gravedad

$k_h, k_v$ : Coeficientes pseudoestáticos de aceleraciones sísmicas horizontal y vertical [-] (En muchas normas se considera el coeficiente vertical como la mitad del coeficiente horizontal)

## 8.6 Empuje pasivo de suelo

Si la superficie de falla circular en el *lado resistente* tiene una pendiente mayor a  $45^\circ - \phi/2$ , se debe considerar el empuje pasivo del suelo, de acuerdo a la DIN 4084. Esta norma sugiere un cálculo simple del empuje pasivo. El programa **GGU-STABILITY** asume sin embargo un camino mucho más flexible. En los sectores apropiados se altera la geometría del cuerpo de falla, de tal forma de obtener el máximo  $45 - \phi/2$  de pendiente. El ancho de la dovela se mantiene constante y si es necesario, se aumentará el número de dovelas introducido por el usuario.

Si existe un cambio de suelo dentro del cuerpo resistente, y por tanto un cambio del ángulo de fricción, se alterará la geometría conforme al ángulo. Durante la evaluación numérica del cuerpo de falla se utilizan las fórmulas propuestas en la DIN. Se debe considerar además que la fuerza normal en el pie del talud genera un momento con respecto al punto central del círculo de falla, lo cual no se produce en los casos simples de círculos de falla. Cuando existen cambios en el ángulo de fricción interna dentro de la superficie de falla, se deberá considerar además un cambio en el brazo de palanca de la fuerza tangencial  $T_i$  con respecto al punto central. El concepto del programa es mucho más flexible que la aproximación mediante una fuerza de empuje ficticia, con lo que es posible analizar de mejor forma una geometría complicada de talud. Los cuerpos de falla que consideren una cuña de empuje pasivo se presentarán incluyendo un tercer *radio*.



**Figura 12. Cuña de empuje pasivo**

**Nota:**

La recomendación de la DIN 4084 de inclinar la cuña de empuje pasivo como máximo en un ángulo de  $45^\circ - \varphi/2$ , es únicamente correcta para una superficie plana.

---

## **8.7 Varios cuerpos de falla**

En taludes de geometría muy complicada pueden generarse varias intersecciones de los círculos de falla con la superficie. En estos casos, el programa calculará todos los cuerpos de falla posibles.

---

## **8.8 Refuerzo del Talud**

### **8.8.1 Notas generales sobre el refuerzo con Clavos**

Los clavos en una pared reforzada son elementos anclados con hormigón a presión desde la cabeza hasta la punta. Sin embargo, en taludes de falla profunda, los clavos requeridos pueden ser muy largos, por lo que la longitud para proyectar el hormigón es muy grande y los clavos pierden sentido. En estos casos es más recomendable y económico el uso de anclajes con un bulbo de hormigón a presión de longitud limitada. Para facilitar la consideración de ambos casos, el programa permite definir también los anclajes como clavos. Un refuerzo de clavos también puede simular un muro de geosintéticos, y muros de tierra armada.

El análisis del refuerzo de clavos no está normado en Alemania. Sin embargo, el Instituto Alemán de Tecnología en la Construcción ha elaborado una serie de informes con recomendaciones de diseño con respecto a la tecnología de clavos ofrecida por diversas compañías.

El análisis de refuerzos con clavos, anclajes o geosintéticos, requiere por lo general seis verificaciones independientes:

- Verificación de la estabilidad interna mediante cuerpos de falla, por lo general con un mecanismo de falla con dos cuerpos poligonales. La verificación que aplica el programa utiliza el criterio de Fellenius:  $\eta = \tan(\text{cal } \varphi) / \tan(\text{req } \varphi)$ , De acuerdo a la DIN 4084 (antigua) se requieren los siguientes factores de seguridad para el criterio de Fellenius:
- $\eta = 1,4$  para el Estado de carga 1
- $\eta = 1,3$  para el Estado de carga 2
- $\eta = 1,2$  para el Estado de carga 3
- Verificación al deslizamiento
- Verificación al vuelco. La resultante debe caer dentro del primer núcleo ( $=b/6$ ).
- Verificación de la capacidad portante del suelo
- Verificación de la estabilidad global del sistema
- Verificación de la placa de hormigón.

### **8.8.2 Terminología**

La siguiente terminología se utiliza en el presente manual:

Refuerzo = anclaje, clavo o geosintético

- Cuerpo reforzado/cuerpo o tierra armada = Prisma de suelo monolítico, creado por el refuerzo de clavos
- Placa de hormigón reforzado = Pared de hormigón (proyectado) anterior al cuerpo reforzado.

### 8.8.3 Verificación de la estabilidad interna

La verificación de la estabilidad interna puede ser realizada utilizando el método original de **GGU-STABILITY**. Sin embargo, este proceso puede ser considerablemente simplificado, si se utilizan las herramientas del menú "**Muro de refuerzo**". Con estas opciones puede generar rápidamente nuevos refuerzos con distanciamientos iguales.

La estabilidad interna del cuerpo de refuerzo puede ser luego investigada utilizando el menú "**Factores de seguridad/uso / Calcular cuerpos definidos**". Los cuerpos de falla pueden ser analizados mediante distintos métodos de cálculo: "**Janbu**", "**Método de cuerpos rígidos**" o "**Método de bloques**".

De acuerdo a las normas actuales, la verificación en el diseño de refuerzos se realiza con la mayor carga resultante. En general son necesarias las siguientes investigaciones:

- Componentes de carga resultantes de la investigación de los estados de carga inicial y final.
- Componentes de carga de los refuerzos obtenidos de los empujes de suelo sobre la placa de hormigón o malla exterior. El empuje de suelo ocasionado por la cuña de suelo reforzado, que actúa sobre la placa de hormigón, puede ser adoptado como 0,85 veces el valor del empuje de suelo activo, pero sin cohesión. La distribución de empujes puede ser adoptada en forma rectangular, inclusive en suelos estratificados. La fricción muro-suelo puede ser adoptada  $\delta = 0$ .

### 8.8.4 Verificación al deslizamiento

La verificación al deslizamiento se realiza con la ayuda de un sistema equivalente. El cálculo del peso propio se realiza como se muestra en la figura:

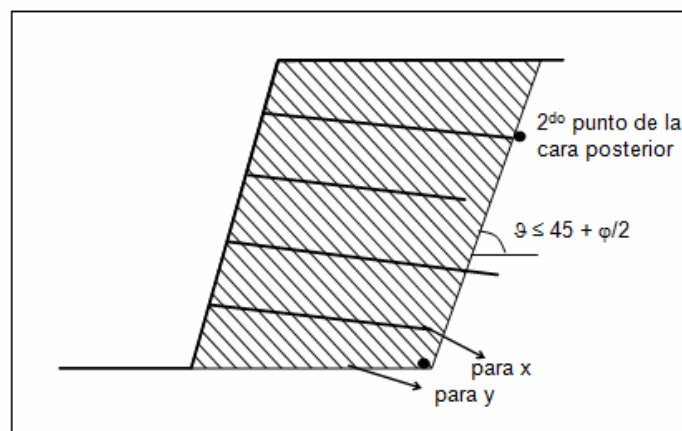


Figura 13. Sistema equivalente para el cálculo del peso propio

El peso se determina de la superficie achurada. El *punto inferior derecho* resulta del valor "x" de la punta del refuerzo inferior, y el valor "y" del extremo inferior de la placa de hormigón o malla externa. La cara posterior se determina trazando una línea hasta el *segundo punto* en la punta del refuerzo superior (independientemente de la longitud de los refuerzos intermedios). La inclinación de la cara posterior no puede tener una pendiente mayor a la inclinación del empuje de suelo activo (Véase más abajo).

La carga horizontal se obtiene del empuje de suelo activo. La sección vertical en la que se determina el empuje activo se puede ver en la figura:

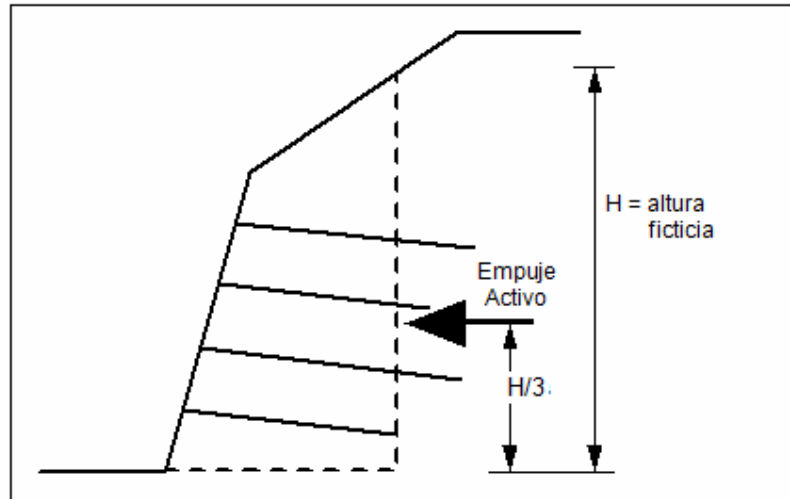


Figura 14. Sección vertical para la determinación del empuje activo

Como el programa **GGU-STABILITY** acepta la modelación de estratos inclinados y muchas otras propiedades (estratos en consolidación, condiciones artesianas, etc.), que no permiten el cálculo clásico de empujes de suelo mediante los coeficientes de empuje activo  $k_{ah}$ , el empuje del suelo se calculará utilizando una variación de la cuña de suelo.

Con el fin de poder considerar cualquier inclinación de la cara posterior del muro, se realiza luego del cálculo de los empujes, una reducción de los coeficientes  $k_{ah}$  para una cara vertical ( $\alpha = 0$ ) y una cara inclinada ( $\alpha \neq 0$ ).

$$\text{Factor de reducción (empuje de suelo)} = k_{ah}(\alpha) / k_{ah}(\alpha = 0)$$

Seguridad al deslizamiento  $\eta_G$  se calcula de la siguiente forma:

$$\eta_G = G * \tan \varphi / E_H$$

G = Peso

$E_H$  = Fuerza de empuje de suelo (componente horizontal)

El ángulo de fricción  $\varphi$  se obtiene del promedio de los suelos en la base del muro.

### 8.8.5 Verificación al vuelco

Con la misma información utilizada para la verificación al deslizamiento ("**Verificación al deslizamiento FS**"), se calcula también el momento actuante y la fuerza vertical, a partir de los cuales se determina la excentricidad "e" de la resultante. El momento resultante del empuje de suelo horizontal es determinado de acuerdo a la figura 14 en la anterior sección. Para determinar la seguridad al vuelco, se debe verificar por ejemplo para el caso de carga 1 que la excentricidad sea menor que  $b/6$ .

### 8.8.6 Verificación de la Capacidad de Carga

Con los datos obtenidos en la verificación al deslizamiento, se determinó el momento, la fuerza horizontal y la fuerza vertical en la base. Con esos valores también podemos determinar la capacidad de carga del suelo. Los valores del ángulo de fricción, la cohesión y el peso específico  $\gamma_2$  son obtenidos del promedio de los suelos en la base del muro. Si existe más de un estrato de suelo, no se considera el aumento o reducción en la capacidad portante que pueda ocurrir.

Si es necesario, es posible determinar la capacidad de carga mediante el cálculo de círculos de falla. Con respecto al valor de  $\gamma_2$ , es posible especificar si el cálculo se realizará con el peso seco o el peso boyante, dentro del menú "**Muro de refuerzo / Preferencias**", una vez activada la casilla "**Análisis de capacidad de carga: gam2 como peso unitario boyante**".

### 8.8.7 Verificación de la estabilidad global

El cálculo de la estabilidad global del sistema reforzado y el talud puede realizarse una vez haya terminado de modelar el cuerpo de refuerzo. Realice luego el cálculo global mediante el análisis de círculos de falla. Active para ello el botón correspondiente en "**Datos / Preferencias de cálculo**".

### 8.8.8 Verificación de la placa de hormigón

La herramienta "**Muro de refuerzo / Exportar a GGU-SLAB**" está disponible para realizar un cálculo posterior a flexión de la placa de hormigón. El programa GGU-SLAB permite el cálculo y diseño de placas mediante el método de Elementos Finitos. Existen principalmente tres métodos generales de construcción, y por tanto, de calcular la placa de hormigón de una pared reforzada (Véase también 9.11.15).

- **Placa rígida**  
La placa de concreto está reforzada y trabaja en el eje vertical y en el horizontal como una placa sólida continua. Tanto en la dirección vertical como horizontal se producen momentos flectores entre los refuerzos, los mismos que son absorbidos por el refuerzo.
- **Placa continua horizontal para un único refuerzo**  
La placa de hormigón es construida de forma continua solo en el eje horizontal. En el eje entre dos refuerzos verticales se crea una fuga de trabajo, donde no son transmitidos los momentos flectores.
- **"Placa aislada" para un único refuerzo**  
La placa de concreto solamente es reforzada en el área rectangular donde se encuentra el refuerzo. En el eje entre dos refuerzos verticales y horizontales, se crea una fuga de trabajo que no permite la transmisión de momentos. Para cada refuerzo se construye una placa, que actúa como una estructura individual.

En las casillas superiores de la ventana que aparece, se puede determinar cual de los tres métodos explicados debe ser exportado al programa **GGU-SLAB**.

Exportar a GGU-SLAB

¿Qué tipo de placa?

Placa continua

Placa horizontal continua

Placa aislada

FE red para GGU-SLAB

Espac. de nodos máx. (horizontal) [m]: 0.125

Espac. de nodos máx. (vertical) [m]: 0.125

Carga distribuida para GGU-SLAB

0.85 \* calc. empuje de suelo (sin c) = 0.0 kN/m

Long. Muro = 11.18 m

=> Carga distribuida [kN/m²]: 19.92

OK Cancelar

La carga distribuida constante sobre la placa se obtiene por lo general a partir del empuje de suelo, reducido en un 15%, y calculado sin la influencia de la cohesión. Esta carga actuante es luego dividida por la longitud de la placa de concreto. Este valor es calculado automáticamente por el programa y propuesto en la casilla inferior de la ventana de diálogo. El mismo puede ser luego editado de acuerdo a los requerimientos del usuario. En algunas publicaciones no se menciona la reducción del empuje por el factor 0.85. Otras publicaciones dividen la fuerza máxima en el refuerzo por el área de influencia del refuerzo. Luego utilizan la carga distribuida para el cálculo como sigue:

$$\text{Carga dist.} = \text{Fza. máx. del refuerzo} / (\text{esp. Hor. entre refuerzos} * \text{esp. Vert. entre refuerzos})$$

Esta aproximación genera por lo general los mayores momentos y por tanto un mayor refuerzo. Si necesita considerar estas situaciones, deberá ingresar la nueva carga distribuida en la casilla correspondiente de la ventana.

### 8.8.9 Fuerza máxima del refuerzo y verificación al punzonamiento

La Fuerza máxima del refuerzo y la verificación al punzonamiento se realizan mediante la opción "**Muro de refuerzo / Fuerza máx. en refuerzo + punzonamiento**".

Durante el cálculo de la línea de falla, el programa establece un protocolo con las fuerzas máximas obtenidas para cada refuerzo. Estas fuerzas son comparadas con los componentes de fuerza del empuje de suelo y la placa de hormigón. El mayor valor será luego el determinante para el cálculo. El empuje de suelo sobre la placa de concreto se calcula sin la influencia de la cohesión. De acuerdo a los estándares utilizados, se aplica 0.85 veces del valor del empuje con distribución rectangular en toda la longitud de la placa. Esta reducción del empuje de suelo por el factor 0.85 no debe realizarse cuando existen sobrecargas. Por tanto, el cálculo del empuje de suelo sobre la

placa de concreto se realiza con los valores de cargas permanentes y variables, incrementadas por un factor 1/0.85.

Luego de seleccionar este submenú, aparecerá una ventana con el empuje de suelo *distribuido* "e". El valor sugerido de "e" por el programa, será utilizado de igual forma para la verificación al punzonamiento. Este valor puede ser editado por el usuario. Luego de confirmar el valor del empuje, se realizará el cálculo de las fuerzas máximas conforme a lo descrito anteriormente, y se mostrarán los resultados en una nueva ventana informativa. El valor máximo es multiplicado por la separación horizontal entre refuerzos y sugerido en la ventana, como valor de diseño para la verificación al punzonamiento. Este valor puede ser también editado.

De acuerdo a la norma DIN 1045, el empuje en el área de punzonamiento será substraído de la fuerza del refuerzo. El empuje es asumido como el empuje de suelo reducido (Véase más arriba). Además de esta información, se debe ingresar la siguiente información:

- Altura efectiva de la placa de hormigón, como % del espesor de la placa.
- Ancho de la placa del refuerzo (=altura)
- Refuerzo existente
- Tipo de hormigón utilizado
- Tipo de Acero utilizado

Una vez realizado el ingreso de estos datos acepte con "**OK**". El programa realizará luego el cálculo de todos los valores relevantes y los mostrará en una ventana informativa. El cálculo puede ser también realizado con el concepto de *seguridad parcial* descrito en la norma DIN 1045 (nueva).

#### **8.8.10 Etapas constructivas**

La estabilidad interna del muro de refuerzo debe ser también analizada para una situación constructiva intermedia. Esta situación se presenta cuando se ha excavado hasta el nivel del refuerzo o más abajo, cuando el refuerzo no ha sido aun colocado. El análisis de esta situación constructiva se realiza activando la casilla "**Analizar el estado constructivo**" dentro del menú "**Muro de refuerzo / Preferencias**". En este caso, para el cálculo los cuerpos de falla, se establecerá la acción del primer refuerzo sobre la intersección del polígono con el muro igual a "**0**".

---

## 9 Descripción de los menús

---

### 9.1 Menú "Archivo"

---

#### 9.1.1 "Nuevo"

Luego de una advertencia de seguridad se eliminarán todos los cambios previamente realizados y podrá empezar un proyecto nuevo.

#### 9.1.2 "Abrir"

Mediante este comando es posible abrir un archivo existente en su computador. Es necesario que el archivo que se desea abrir haya sido previamente trabajado con **GGU-STABILITY** y salvado con la respectiva terminación. El uso más frecuente de esta herramienta es para editar y continuar los cálculos de modelos previamente guardados.

#### 9.1.3 "Guardar"

Acá es posible guardar los cambios realizados a un archivo existente o guardar un proyecto completamente nuevo, con el fin de tener el mismo a disposición en una sesión de trabajo posterior. La información es guardada con el nombre del archivo actual sin solicitar un nuevo nombre de archivo. El comando guardará toda la información del sistema incluidos los círculos de falla con sus respectivos centros o los cuerpos poligonales deslizantes. Al abrir nuevamente el archivo, éste genera la misma presentación vigente el momento del guardado.

#### 9.1.4 "Guardar como"

Es posible guardar la información existente con el nombre actual del archivo o guardar la misma como un archivo nuevo. Lo recomendable es utilizar siempre la terminación **".BOE"** al guardar el nuevo archivo, ya que ésta es la terminación que se pide por defecto al abrir un archivo nuevo en **"Archivo / Abrir"**. Si no ingresa ninguna terminación al archivo, el programa generará automáticamente la terminación **".BOE"**.

#### 9.1.5 "Abrir cuerpos de falla"

Es posible abrir un archivo en el que se hayan guardado previamente puntos centrales en una cuadrícula o cuerpos de falla poligonales. La terminación de los archivos es siempre **.RST** o **.GKP**.

#### 9.1.6 "Guardar cuerpo de falla"

Con este comando puede crear un archivo (**".RST"** o **".GKP"**) con puntos centrales en una cuadrícula o cuerpos de falla poligonales que desee utilizar en otro proyecto. Debido a que esta información es igualmente guardada en el proyecto actual, se recomienda naturalmente utilizar esta herramienta si se desea importar la geometría en un sistema diferente.

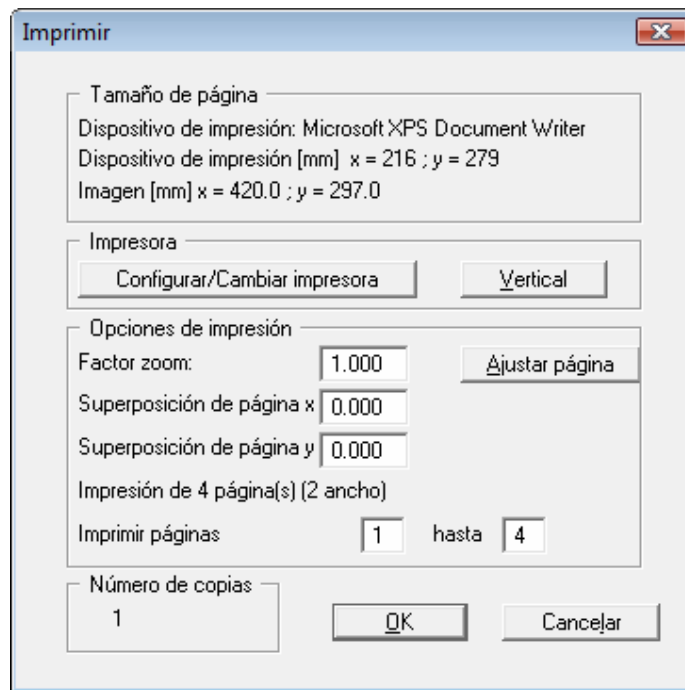
#### 9.1.7 "Configurar impresora"

Acá es posible editar las propiedades de la impresora. Por ejemplo puede elegir la posición de la hoja o cambiar la impresora de acuerdo a las convenciones de WINDOWS.

### 9.1.8 "Imprimir y exportar"

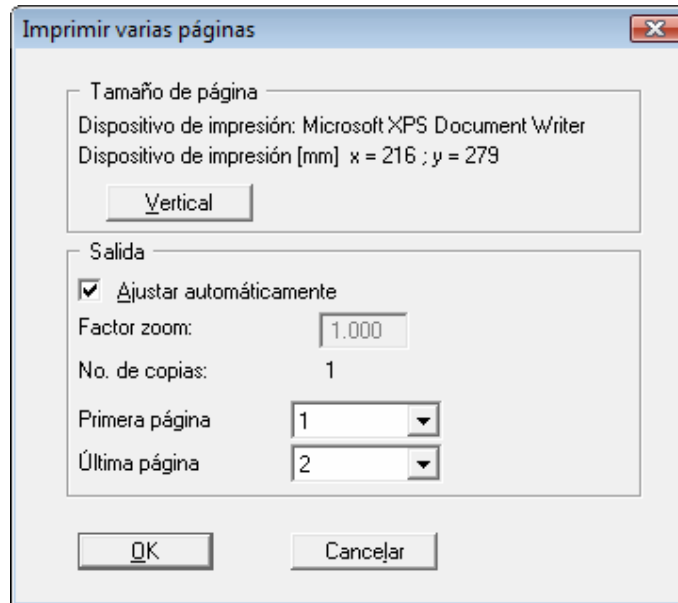
En la ventana de diálogo que aparece puede elegir el formato de salida que desee. Existen las siguientes opciones:

- **"Impresora"**  
Permite la salida gráfica del contenido actual de la pantalla de acuerdo a las convenciones de WINDOWS a la impresora estándar. Para usar cualquier otra impresora se puede ingresar al menú "**Archivo / Configurar impresora**". Para la impresión directa aparece la siguiente ventana:




En la parte superior de la ventana de diálogo se establecen las dimensiones máximas que acepta la impresora. Abajo de esta indicación, se muestran las dimensiones de la imagen que se enviará a impresión. Si las dimensiones de la imagen son mayores que las máximas permisibles por la impresora, se imprimirá la imagen en varias hojas (en la figura del ejemplo se imprimirán 4 hojas). Para facilitar la posterior unión de las hojas, el programa ofrece la posibilidad de generar traslapes (overlap) en dirección horizontal (x) y vertical (y). Alternativamente se puede elegir un factor de zoom menor al determinado por defecto (1.0), de tal forma de forzar la impresión en una sola página (botón "**Ajustar página**"). Posteriormente podrá agrandar la imagen en una fotocopidora de tal forma de obtener la escala original. En la casilla inferior puede determinar el número de copias que se enviarán a impresión (Número de copias).

Si tiene activada la presentación en tablas en pantalla, aparecerá una ventana diferente al elegir la opción "**Archivo / Imprimir y exportar**" botón "**Impresora**".



En esta ventana puede elegir las páginas de la tabla que desea imprimir. Para lograr un factor de zoom de 1.0 deberá ajustar el formato de página de tal forma que coincida con el tamaño máximo de la impresora. Para hacer esto, ingrese al menú "**Archivo / Imprimir tabla de resultados**" y luego seleccione el botón "**Impresión a gráfico**".

- "**Archivo DXF**"  
Permite el guardado de los gráficos en formato .DXF. Este tipo de archivos son comunes cuando se trata de transferencia de gráficos entre distintos tipos de aplicaciones.
- "**Archivo GGUCAD**"  
Permite la impresión de la pantalla actual en un archivo para el procesamiento posterior mediante el programa GGUCAD. Comparado con el tipo de archivo .DXF, este tipo tiene la ventaja de no sufrir pérdidas en la calidad del color durante la exportación.
- "**Portapapeles**"  
El contenido de la pantalla será copiado al portapapeles de WINDOWS. Posteriormente puede pegar el contenido del portapapeles en otros programas de WINDOWS para editarlos, por ejemplo en algún procesador de texto, utilizando la herramienta *Copiar/Pegar*.
- "**Metafile**"  
Permite el guardado del contenido de la pantalla en un archivo, de tal forma que pueda ser posteriormente procesado con un tercer software. La salida es en el denominado formato estandarizado EMF. El uso de archivos en formato Metafile garantiza la mejor calidad posible en la transferencia de gráficos.

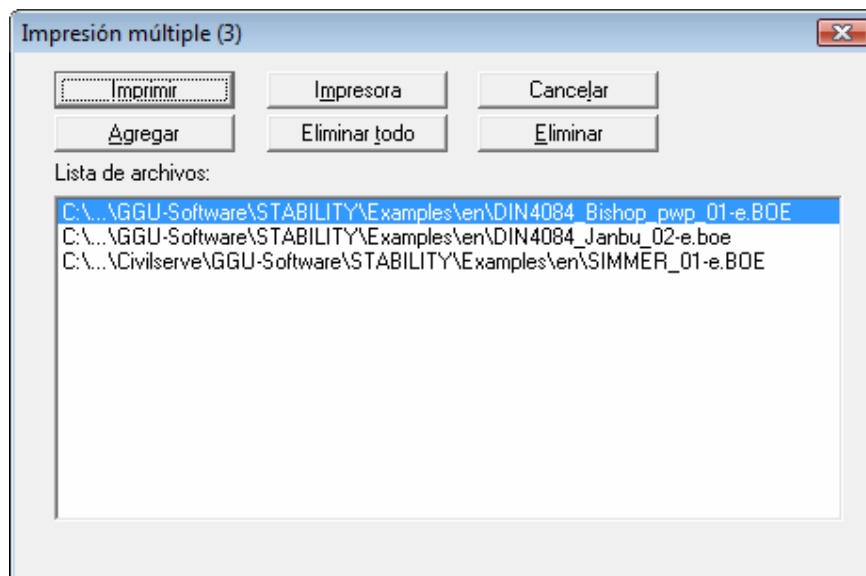
Si presiona en el icono "**Copiar área**"  de la barra de comandos, puede copiar sectores de los gráficos al portapapeles o guardarlos como archivo .emf (Enhanced Metafile Format).

Utilizando los módulos "**Barra de HerramientasMini-CAD**" o "**Barra de herramientas CAD de encabezados**" usted puede importar archivos .emf en su modelo actual. Con esta herramienta podrá por ejemplo importar los gráficos de la falla del talud o curvas granulométricas a sus gráficos actuales.

- **"MiniCAD"**  
Permite la salida de los gráficos en pantalla en forma de archivo, de manera de que éstos puedan ser importados en cualquier programa GGU utilizando las herramientas incluidas en el módulo MiniCAD incorporado en todos los programas.
- **"GGUMiniCAD"**  
Permite la salida de los gráficos en pantalla en forma de archivo, de manera de que éstos puedan ser editados en el programa GGU-MiniCAD.
- **"Cancelar"**  
Se cancelará el proceso de impresión.

### 9.1.9 "Impresión múltiple"

Si desea imprimir varios anexos conjuntamente puede seleccionar esta opción. La siguiente ventana de diálogo aparecerá:



Con el botón **"Agregar"** es posible crear y seleccionar una lista de archivos que será enviada a imprimir. El número de archivos seleccionados se indica siempre en el encabezado de la ventana. El botón **"Eliminar"** sirve para eliminar los archivos marcados de la lista. Si desea empezar una lista completamente nueva puede utilizar el botón **"Eliminar todo"**. Con el botón **"Impresora"** puede seleccionar una impresora y editar sus propiedades para luego enviar la lista a impresión con el botón **"Imprimir"**.

En la ventana subsiguiente se pueden seleccionar las preferencias de impresión, por ejemplo el número de páginas. Las preferencias elegidas se aplicarán a todos los archivos en la lista!

## 9.1.10 " Imprimir tabla de resultados"

### 9.1.10.1 Selección del modo de salida

Usted puede mandar a impresión la tabla actual de resultados. Los resultados pueden ser enviados a la impresora o a un archivo de texto (para la posterior edición). La salida de datos contiene toda la información del estado actual de cálculo y los datos de ingreso del sistema.

Usted tiene además la opción de imprimir y diseñar las tablas de salida en forma de anexo dentro del programa **GGU-STABILITY**. Para ello, seleccione la opción "**Impresión a Gráfico**" de la siguiente ventana:



Si prefiere simplemente imprimir o procesar la información en una aplicación distinta, tiene la opción de enviar el archivo directamente a impresión o guardar el mismo como un archivo en formato ASCII ("**Impresión en ASCII**").

### 9.1.10.2 Resultados como gráfico

Si seleccionó el botón "**Impresión a gráfico**" en la ventana anterior, aparece una nueva donde puede definir otras preferencias para la presentación de resultados.

**Configuración de gráficos**

Tamaño de página

Altura de página [mm] 297.0

Ancho de página [mm] 210.0  Bordes

Márgenes de página [mm]

Izquierda: 25.00 Derecha: 8.00

Superior: 8.00 Inferior: 8.00

Márgenes de página

Impresión márgenes de tabla

Margen superior [mm] 12.0

Margen inferior [mm] 12.0

Margen izquierdo [mm] 5.0

Margen derecho [mm] 5.0

Fuente

Tamaño de fuente [mm] 2.5

Espaciado de línea 1.2

Encabezado

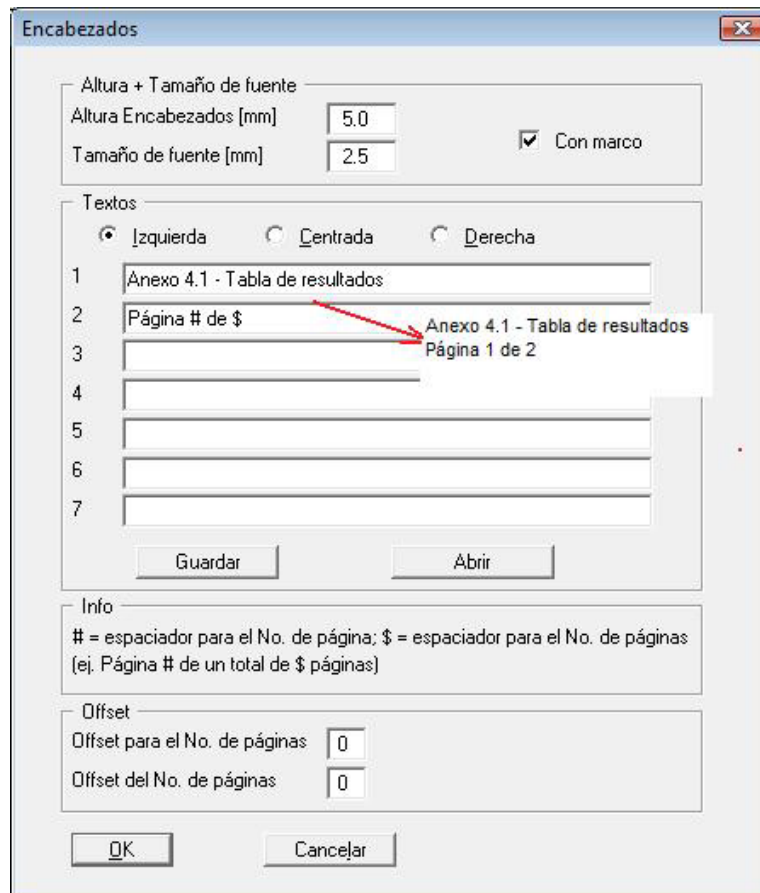
Con encabezado Editar




Pie de página

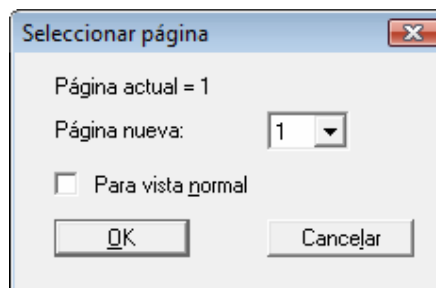
Con pie de página Editar

OK Cancelar

En las distintas casillas de la ventana de diálogo se pueden definir las preferencias de presentación de la tabla de resultados, como tamaño de página, márgenes, tamaño de letra, etc. Si quiere insertar un encabezado o pie de página (Ej. Numeración de página), debe activar las casillas correspondientes "**Con encabezado**" y "**Con pie de página**". Si presiona el botón "**Editar**" luego de activar las casillas, podrá editar los textos y propiedades correspondientes.

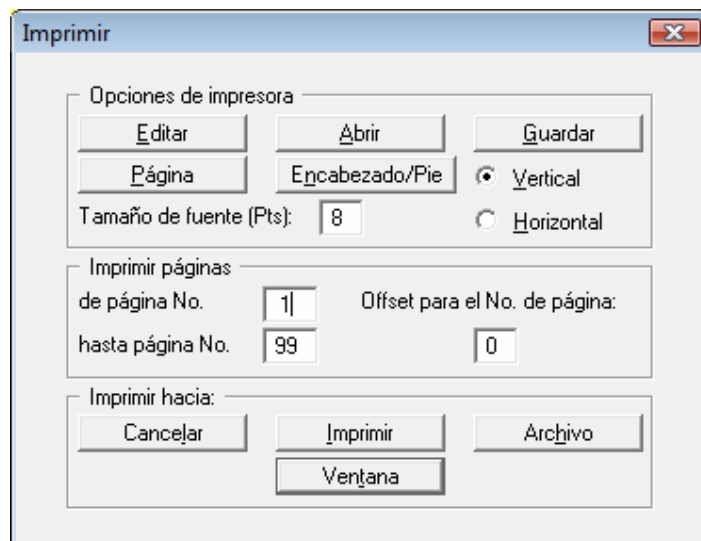


Acá también es posible asignar numeración de página automática y paginación con los símbolos que se muestran en la figura ejemplo. Una vez aceptados los cambios con "OK" se muestra la tabla de resultados por páginas en la pantalla. Para pasar de una página a otra utilice los iconos   de la barra de herramientas. Si necesita saltar a una página específica o volver a la representación gráfica, haga clic en el icono . Aparecerá la siguiente ventana:



### 9.1.10.3 Impresión en ASCII

Usted puede enviar sus resultados a impresión sin editar el formato, o puede guardar esta información en un archivo, para el uso en algún otro programa, por ejemplo una aplicación de texto.



En la ventana de diálogo podrá elegir distintas preferencias de salida:

- **"Opciones de impresora"**  
Con el botón **"Editar"** se pueden cambiar las preferencias de la impresora o seleccionar una nueva. El botón **"Guarda"** sirve para guardar las preferencias indicadas en esta ventana de diálogo en un archivo, de tal forma de tenerlas disponibles en otra sesión. Si selecciona el nombre **"GGU-STABILITY.DRK"** y guarda el mismo en la carpeta del programa (carpeta por defecto), se cargarán automáticamente estas preferencias la próxima vez que utilice el programa.  
  
Utilizando el formato de página (**"Página"**) se pueden definir, entre otros, el margen de la página y el número de líneas por página. El botón **"Encabezado/Pie"** le permite insertar un encabezado o pie de página en cada página. Si se utiliza el símbolo **"#"** entre el texto, se imprimirá el número actual de página (Ej. **"Página #"**). El tamaño de letra se ingresa en unidades **"Pts"**. También es posible cambiar la posición de página tipo **"Vertical"** y **"Horizontal"**.
- **"Imprimir páginas"**  
Si no desea que la numeración de página empiece en **"1"**, puede añadir un valor distinto en la casilla **"offset"**. El valor que ingrese será añadido al número de página actual. También puede definir un rango de impresión en las casillas **"De página No."** **"hasta página No."**.
- **"Imprimir hacia:"**  
Envíe directamente sus resultados a la impresora **"Imprimir"** o a un archivo **"Archivo"**. El nombre del archivo puede ser seleccionado o editado en una casilla. Si elige la opción **"Ventana"**, se enviarán los resultados a una ventana nueva (editor de texto). En ésta, es posible editar el texto, así como abrir, guardar o imprimir el documento.

### 9.1.11 "Salir"

- Luego de una advertencia de seguridad, podrá abandonar por completo el programa.

### 9.1.12 Menús "1, 2, 3, 4"

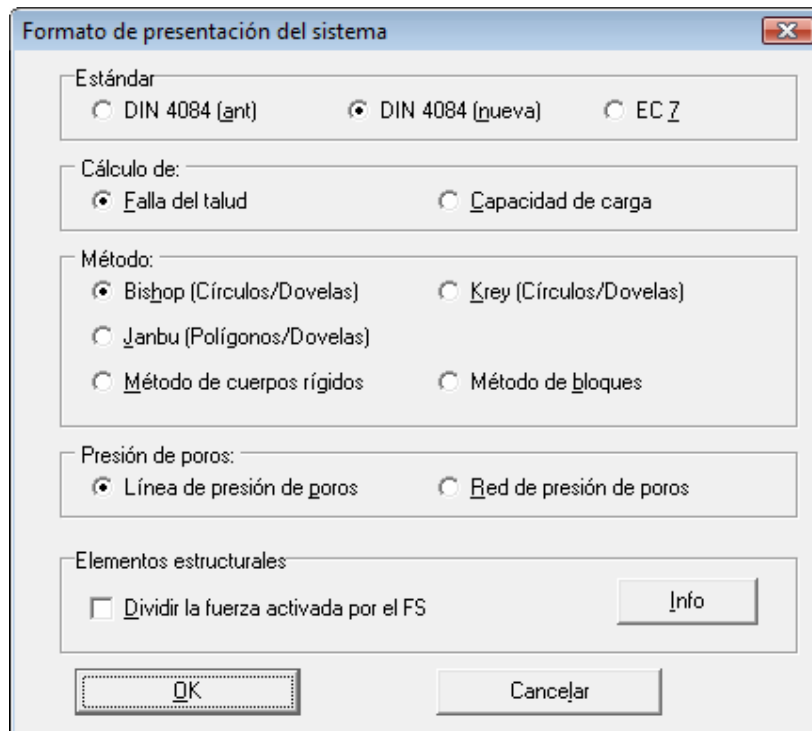
Estos menús muestran los cuatro archivos utilizados más recientemente. Al seleccionar una de estas opciones se cargará el archivo seleccionado. Si guardó su archivo **GGU-STABILITY** en una carpeta diferente a la estándar utilizada por el programa, podrá ahorrarse una gran cantidad de tiempo en la búsqueda del archivo en su explorador.

## 9.2 Menú "Datos"

---

### 9.2.1 "Preferencias de cálculo"

En los botones superiores se puede elegir la norma que utilizará el cálculo de estabilidad del talud. El botón "EC 7" todavía no se encuentra activado.



La segunda línea especifica si se desea calcular la estabilidad del talud (estándar) o realizar el cálculo de capacidad de carga del suelo. Tome en cuenta que en el caso de fundaciones corridas, se necesita información adicional para este último análisis (véase 9.2.15). El factor de seguridad se determina a partir de una comparación de la carga de falla  $V_b$  y la carga actuante sobre la fundación corrida  $V_{work}$  (véase también el acápite 8.4):

$$\eta = V_b / V_{work}.$$

Para realizar el análisis de capacidad de carga, el programa realiza una variación de la carga  $V_b$  hasta obtener un factor de seguridad en el talud de  $\eta = 1.0$  o un factor de uso  $\mu = 1.0$  de acuerdo a la norma DIN 4084.

Las casillas centrales sirven para elegir el método de cálculo. La barra de herramientas del menú principal cambiará de acuerdo al método de cálculo elegido y mostrará, en el caso de Bishop y Krey "**Cuerpos de falla**" y en los demás aparecerá "**Cuerpos deslizantes**".

Por lo general, la presión de poros se determina estableciendo la línea superior de presiones de agua. Todas las aplicaciones de geotecnia (incluido **GGU-STABILITY**) determinan la presión de agua en la base de una dovela, a partir de la distancia vertical entre la base y la línea de presiones por encima. Este procedimiento asume implícitamente que el flujo de agua en la dovela es solamente horizontal. Este método da por lo general resultados confiables, sin embargo, en el caso de condiciones complejas de flujo ya no se justifica su uso (Ej. Terraplén con sellado exterior). En muchos casos es también necesario considerar la presencia de condiciones artesianas. Estas condiciones complejas pueden ser consideradas con mucha precisión por el programa, si se define la presión de poros en cada punto del talud. **GGU-STABILITY** posibilita este cálculo mediante el uso de una red de presiones (red triangular), la misma que debe cubrir toda el área del talud en cuestión. Para crear una red se debe activar el botón "**Red de presión de poros**". En el menú principal encontrará luego el menú "**Red PP**" con un total de 15 submenús que le facilitarán la creación de la red.

En la literatura se encuentran muchos ejemplos, en los cuales se divide la fuerza de tracción de los pernos de anclaje, clavos o geosintéticos, por el factor de seguridad actual, y luego consideran el resultado en el numerador de las ecuaciones según Bishop o Janbu. Por lo general se puede desactivar la casilla para dividir la fuerza. Si se desactiva la casilla, se consideran las fuerzas de los elementos estructurales en las ecuaciones sin ninguna reducción.

Si eligió una norma distinta a la adoptada anteriormente y luego abandona la ventana de diálogo aceptando los cambios con "**OK**", el siguiente paso será ingresar las verificaciones y los factores de seguridad de acuerdo a la nueva norma elegida, en la ventana siguiente. (véase "**Datos/ Factores parciales, ...**", acápite 9.2.5).

### **9.2.2 "Ingreso de datos"**

El ingreso de datos del sistema se realiza dentro de este submenú. (véase "**Ejemplo práctico 2: ingreso de datos manual**", acápite 7.2).

### 9.2.3 "Estratos consolidados"

El programa calcula el exceso de presión de poros debido al proceso de consolidación del suelo, de acuerdo a la teoría clásica de consolidación unidimensional (véase "**Fundamentos teóricos**", acápite 8.3). También es posible modelar drenes verticales en los estratos analizados. El ingreso de datos para las capas en consolidación es prácticamente análogo al de aguas artesianas. Los estratos en consolidación son completamente independientes a los estratos ingresados utilizando el menú "**Datos / Ingreso de datos**".

The dialog box titled "Estratos en consolidación" contains the following elements:

- Field: "Tiempo de consolidación [días]" with value "0.0".
- Buttons for layers: "Estrato\_1 (0)" through "Estrato\_15 (0)".
- Checkboxes: "Con drenaje vertical" for each layer.
- Bottom buttons: "OK", "Cancelar", and "16 hasta 30".

En total se pueden definir 30 capas en consolidación. En primera instancia se debe definir el tiempo de consolidación en días ("**Tiempo de consolidación [días]**") para el que se considerará el exceso de presiones de poros. Luego seleccione el botón "**Estrato x**". El número que aparece entre paréntesis indica el número de puntos del polígono que fueron definidos para el correspondiente estrato. Si se encuentra desactivada la casilla "**Con drenaje vertical**", aparecerá la siguiente ventana:

El siguiente paso es definir el "**Módulo edométrico**", el coeficiente de permeabilidad "**Permeabilidad**", y la duración total del asentamiento de cada estrato "**Tiempo de asentamiento**". Si ingresa un valor distinto de cero ( $\neq 0$ ), el programa calcula la distribución de presiones de agua en el estrato para un tiempo:

**Duración de asentamiento + t .**

A continuación ingrese las condiciones de drenaje. Los pasos posteriores se refieren únicamente al formato de la presentación gráfica.

Si eligió el tipo de consolidación con drenaje vertical "**Con drenaje vertical**", aparece una ventana de diálogo parecida. Adicionalmente tendrá que ingresar la distancia de drenaje "**Distancia entre drenes**" y el radio del drenaje vertical "**Radio del dren  $r_w$** ". El ingreso de las condiciones del drenaje no es necesario, ya que se asume únicamente un drenaje horizontal hacia los drenes verticales.

El polígono que encierra el estrato en consolidación se especifica luego de presionar el botón "**Editar recorrido**".

No.	x [m]	Base Estrato [m]	Borde superior Estrato [m]	Exceso de presión de poros [kN/m]
1	0.0000	-5.0000	-3.0000	25.0000
2	35.0000	-5.0000	-3.0000	25.0000

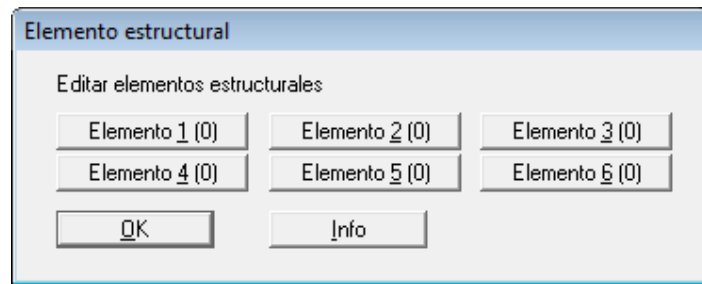
Para cada punto dentro del recorrido del polígono se debe especificar:

- Ordenada x,
- base del estrato,
- parte superior del estrato
- El exceso de presión de poros para el tiempo  $t = 0.0$

Si el pie de la dovela se encuentra dentro de un estrato en consolidación, el programa puede determinar, utilizando los datos descritos más arriba, todos los valores necesarios para el cálculo de consolidación en este punto.

#### 9.2.4 "Elementos estructurales "

En algunos casos existen elementos estructurales en el talud, cuya resistencia al corte es tal, que ya no es necesario el cálculo de factores de seguridad de los círculos que cortan estos elementos. Teóricamente resultaría de gran ayuda la modelación de un suelo extremadamente cohesivo, sin embargo, es más elegante la definición de un cuerpo estructural mediante un polígono. No es necesario asignar propiedades a los materiales de los elementos estructurales (sobre todo peso específico!!!). Si a pesar de todo esto, aún se modela una línea de falla que corte un elemento estructural, a ésta se le asignará un factor de seguridad de 20000 y no se realizará ningún cálculo.



En total es posible definir 6 elementos estructurales. Los números entre paréntesis en los botones de la ventana de ejemplo "**Elemento x ( )**" indican la cantidad de líneas que tiene el polígono que modela el elemento. Para definir un polígono seleccione el botón del elemento correspondiente (Ej. Elemento 1).

Elemento estructural 1

Pluma

Espesor [mm]:

No.	x [m]	y [m]
1	<input type="text" value="10.4000"/>	<input type="text" value="7.4000"/>
2	<input type="text" value="12.3000"/>	<input type="text" value="11.9000"/>
3	<input type="text" value="13.2000"/>	<input type="text" value="12.2000"/>
4	<input type="text" value="13.4000"/>	<input type="text" value="5.1000"/>
5	<input type="text" value="9.7000"/>	<input type="text" value="5.4000"/>

Con el botón "**x punto(s) a editar**" puede definir la cantidad de puntos que contiene el nuevo polígono y luego ingresar sus coordenadas.

No necesita cerrar el transcurso del polígono, esto lo realiza el programa de manera automática. En la parte superior de la nueva ventana de diálogo se puede definir el espesor de línea y el color del elemento estructural.

### 9.2.5 "Factores parciales de seguridad"

Si utiliza del menú "**Datos / Preferencias de cálculo**" una norma de cálculo con factores parciales, obtendrá la siguiente ventana luego de aceptar:

Factores parciales	
Ángulo de fricción $\phi'$	1.250
Cohesión $c'$	1.250
Cohesión $c(u)$	1.250
Pesos unitarios	1.000
Cargas permanentes	1.000
Cargas vivas	1.300

Resistencia de extracción de geosintéticos y pilotes tensados	
<input checked="" type="checkbox"/> Reducción mediante $\gamma(B)$	
Factor parcial	1.400

Anclajes	
Alfa(a) para anclajes autotensados [°]	
Alfa(a) normalmente > 75 y < 90	75.0
Factor para la determinación del grado de tensado de anclajes (DIN 5.2.3) [-]	0.8000

Buttons:

En esta ventana se ingresan los factores parciales que se utilizarán para el cálculo. Además se determina el grado estándar de los anclajes ( $\alpha(a)$ ) y el factor para la fuerza de pretensado inicial de los anclajes (véase 8.1).

Con el botón "**Valores estándar**" se asignarán los valores estándar de la norma DIN 4084 (nueva) para los distintos estados de carga.

Los factores parciales de los elementos estructurales (por ejemplo el refuerzo de hormigón de un muro de clavos) se ingresan desde el menú "**Muro de refuerzo / Verificación/Seguridad**" (véase 9.11.4).

### 9.2.6 "Asignar nombre al proyecto"

Usted puede generar una identificación del problema que está calculando, la misma que será luego mostrada en la leyenda general "**Leyenda general**" (Véase 9.2.11).

### 9.2.7 "Probar el sistema"

Luego del ingreso de datos directo con el ratón o mediante tablas "manualmente", es posible realizar un chequeo del sistema utilizando esta herramienta. El programa ofrece la posibilidad de corrección para casi todos los ingresos erróneos, los que también pueden ser rechazados. Sin embargo, se recomienda realizar un análisis exhaustivo del sistema luego de realizar el chequeo.

El chequeo del sistema se realizará **SIEMPRE**, aunque no seleccione esta opción, cada vez que realice el cálculo del sistema. Si el programa detecta partes erróneas, no se culminará el cálculo de factores de seguridad.

### 9.2.8 "Espejo"

Se creará una copia en "espejo" sobre el eje vertical.

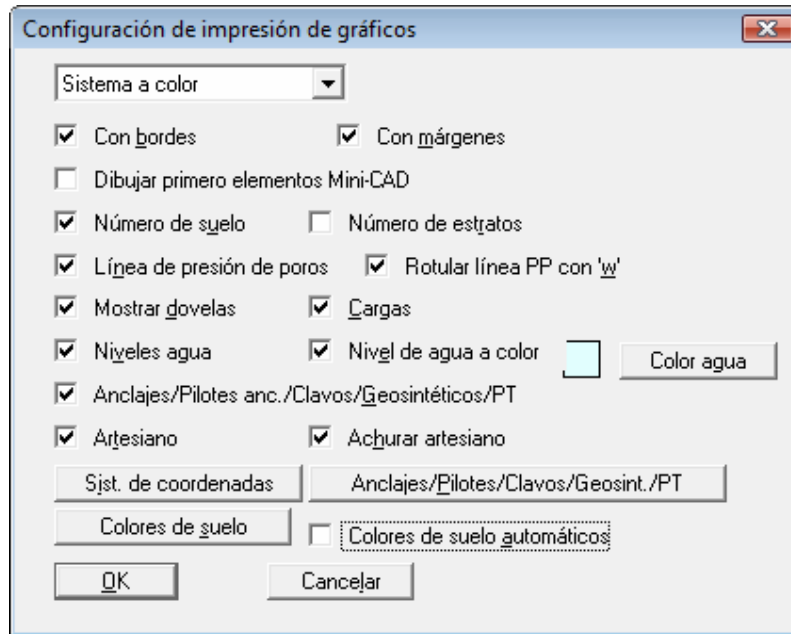
### 9.2.9 "Sistemas predefinidos "

A menudo es necesario calcular un sistema simple. Con esta opción es posible generar una variedad de sistemas predefinidos en cuestión de segundos.

Luego de ingresar los datos solicitados se presenta el sistema en pantalla. El siguiente paso es simplemente determinar las nuevas propiedades del suelo, los puntos centrales de los círculos y el rango de búsqueda o los cuerpos poligonales deslizantes. Naturalmente que este sistema simple se puede utilizar como base para generar sistemas más complicados.

### 9.2.10 "Preferencias de gráficos"

Mediante esta opción es posible especificar el formato de presentación en pantalla, de tal forma de poder realizar un chequeo visual de los detalles. La ventana de diálogo correspondiente es por sí sola aclaratoria, simplemente elija las casillas que desee y presione luego OK para aceptar.



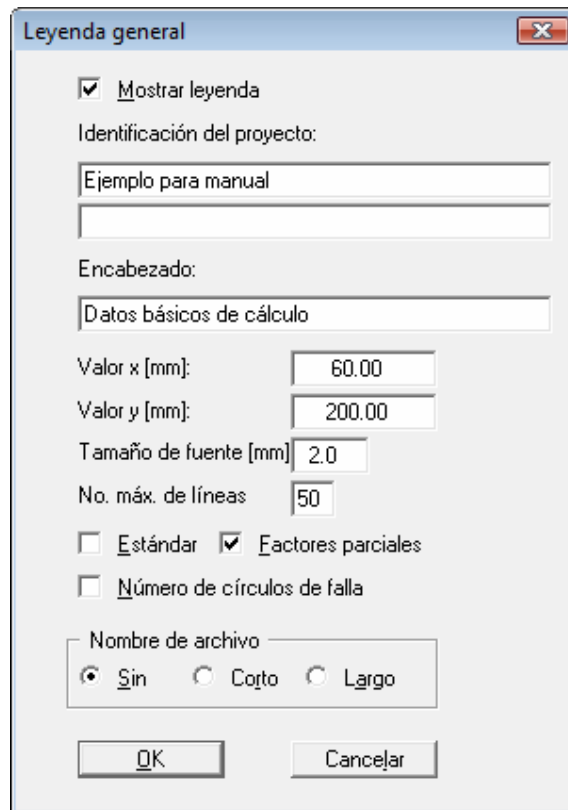
Con el botón "Sis. de coordenadas" se llama una nueva ventana, en la cual se pueden especificar las nuevas coordenadas de salida de gráficos.

Presione el botón "Anclajes/pilotes/clavos/geosint./PT." para obtener la ventana de estos elementos estructurales, en la que podrá variar a su gusto el tipo de presentación en pantalla.

Si se desactiva la casilla "Colores de suelo automáticos", se utilizarán los colores de suelo que usted defina presionando el botón "Colores de suelo". De lo contrario, el programa utilizará una gama de colores variando desde rojos hasta azules.

### 9.2.11 "Leyenda general"

Si la casilla "Mostrar leyenda", correspondiente a la leyenda general está activada, se mostrará en el sistema una leyenda con toda la información relevante del proyecto. En la leyenda se muestra especialmente la información con los valores de capas de consolidación.



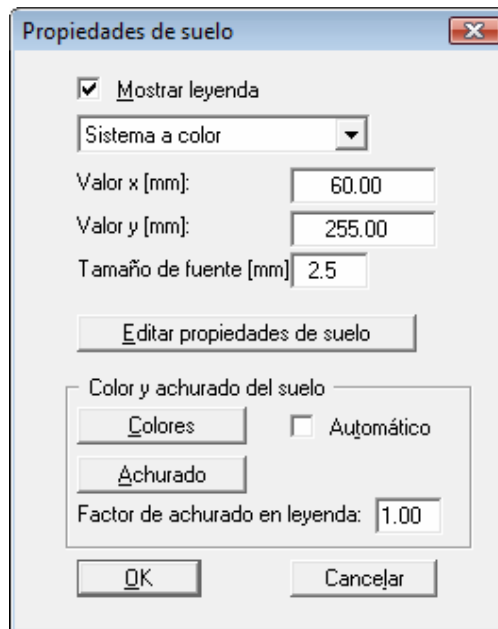
En las casillas "**Valor x**" y "**Valor y**" se altera la posición de la leyenda en las coordenadas deseadas. También es posible definir el máximo número de líneas que entrarán en la leyenda con el botón "**No. máx de líneas**". Si es necesario, se presentarán los resultados en varias columnas. Además, es posible insertar el nombre del archivo en la leyenda con los botones inferiores de la ventana.

La forma más rápida de modificar la posición de la leyenda es directamente en pantalla presionando la tecla [F11] para activar la función "mover" y luego arrastrar la leyenda a la posición deseada manteniendo presionado el botón izquierdo del ratón.

Si se requiere, es posible desplegar en la leyenda, la información con el nombre del documento. También es posible insertar información general y la identificación del proyecto (Véase 9.2.6).

### 9.2.12 "Leyenda de suelos"

Si se encuentra activada la casilla "**Mostrar leyenda**", se mostrará la leyenda en la hoja del sistema con los estratos existentes y sus correspondientes propiedades.



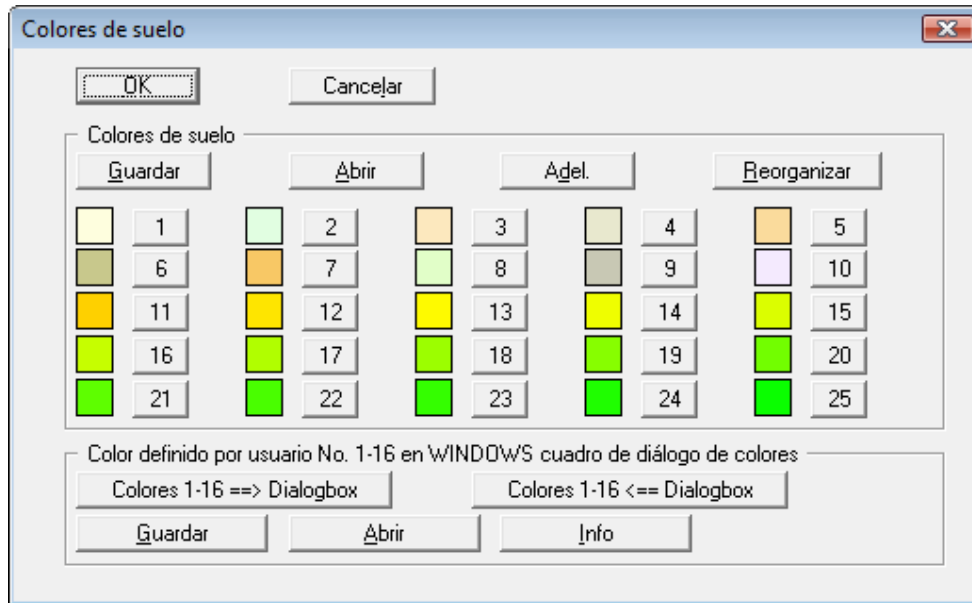
Utilizando las casillas "**x**", "**y**" y "**Tamaño de fuente**" usted puede editar la posición de la leyenda en la hoja, así como el tamaño de letra. La forma más rápida de modificar la posición de la leyenda es directamente en pantalla presionando la tecla [**F11**] para activar la función "mover" y luego arrastrar la leyenda a la posición deseada manteniendo presionado el botón izquierdo del ratón.

Es posible editar directamente las propiedades del suelo presionando el botón "**Editar propiedades de suelo**". Acá podrá también cambiar el color de cada estrato o asignar otro tipo de relleno. También puede acceder a estas funciones desde el menú "**Datos / Ingreso de datos**", "**Prop. de suelo**" (Véase 7.2.2).

En la casilla de opciones superior puede definir si el gráfico se presentará a colores ("**Sistema a color**"), con relleno achurado ("**Sistema achurado**"), ambos juntos ("**Color+achurado**") o ninguno ("**Sistema sin nada**").

Si desactiva la casilla "**Automático**" en el campo "**Color y achurado del suelo**", se elegirán los colores de suelo de acuerdo a las preferencias seleccionadas en el botón "**Colores**" (Véase más adelante). Con el botón "**Achurado**" ingresa a las opciones de relleno con diversos motivos. El factor que se ingresa en "**Factor de achurado en leyenda**", es el factor de relleno del suelo en la leyenda y puede ser reducido dependiendo de su relación con la hoja.

Para definir colores de suelo propios se puede utilizar el botón "**Colores**". Aparecerá la siguiente ventana:



Haga clic en el botón con el número correspondiente de estrato asignado en el submenú "**Ingreso de datos**" (véase 9.2.2) para asignar un color diferente. También puede reorganizar la numeración de suelos con el botón "**Reorganizar**".

Una vez que esté conforme con la mezcla de colores, puede guardar - "**Guardar**" la misma de tal forma de poder utilizar esta misma combinación en cualquier otro proyecto, incluidos otros programas GGU. Abra una mezcla preferida grabada anteriormente con el botón "**Abrir**".

Los botones en la parte inferior de la ventana sirven para trabajar de forma conjunta con los colores estándar de WINDOWS. Envíe los primeros 16 colores a la paleta de WINDOWS o viceversa. Usted puede obtener más información presionando el botón "**Info**".

### 9.2.13 "Mostrar cotas"

La presentación de marcas de nivel con la opción del uso de líneas de ayuda auxiliares le dan una mejor visualización en terrenos con distintas elevaciones.

The image shows a dialog box titled "Cotas" with the following fields and options:

- Mostrar cotas**
- x [m]: 2.00
- Ancho [m]: 0.50
- Superior [m]: 10.00
- Inferior [m]: -10.00
- delta [m]: 2.00
- Tamaño de fuente [mm]: 3.0
- Texto: mNN
- No. decimales: 2
- Líneas horizontales de referencia**
  - Mostrar**
  - Color: [Color selection button]
  - Grosor de pluma [mm]: 0.2
  - Distancia desde borde izq. [m]: 2.00
  - Distancia desde borde der. [m]: 2.00

Buttons: OK, Cancelar

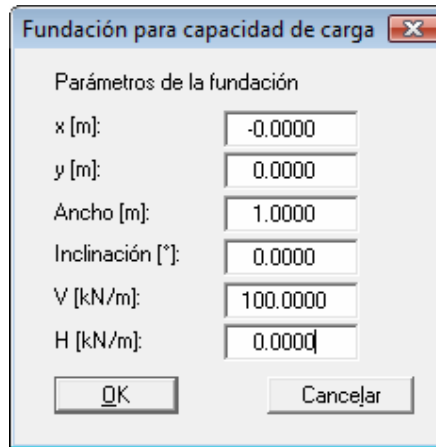
La posición de las marcas de nivel se mide desde el borde izquierdo de la página en "**x[m]**". El rango de alturas se asigna en las casillas "**Superior [m]**" y "**Inferior [m]**". Todos los valores están en metros en la escala seleccionada para el dibujo (Véase "**Formato de página**" en 9.10.2).

### 9.2.14 " Mover objetos"

Elija este submenú para mover las leyendas en la hoja de un lugar a otro. De forma alternativa puede ejecutar el mismo comando directamente presionando la tecla [F11] del teclado. Posicione luego la leyenda manteniendo presionado el botón izquierdo del ratón.

### 9.2.15 "Fundación"

Si activó la casilla "Capacidad de carga" en el menú "Datos / Preferencias de cálculo", se activa automáticamente un nuevo submenú "Fundación" dentro de este menú.



Parámetros de la fundación	
x [m]:	-0.0000
y [m]:	0.0000
Ancho [m]:	1.0000
Inclinación [°]:	0.0000
V [kN/m]:	100.0000
H [kN/m]:	0.0000

Acá podrá ingresar los parámetros de la fundación necesarios para el cálculo de la capacidad portante del suelo.

- "x", "y" = posición del borde izquierdo inferior de la fundación.
- "Ancho" = ancho de la fundación
- "Inclinación" = inclinación de la base
- "V" = Carga actuante vertical
- "H" = Carga actuante horizontal

El factor de seguridad se determina a partir de una comparación de la carga de falla  $V_b$  y la carga actuante sobre la fundación corrida  $V_{work}$  (véase también el acápite 8.4):

$$\eta = V_b / V_{work}.$$

Para realizar el análisis de capacidad de carga, el programa realiza una variación de la carga  $V_b$  hasta obtener un factor de seguridad (FS) en el talud de  $\eta = 1.0$  o un factor de uso  $\mu = 1.0$  de acuerdo a la norma DIN 4084. Cuando se utiliza una variación, la carga horizontal es incrementada o reducida respecto a la carga vertical.

## 9.3 Menú "Editor gráfico"

---

### 9.3.1 "Cuadrícula"

Esta función fue explicada previamente en "**Ejemplo Práctico 1: ingreso mediante el ratón**" (Véase 6.4). Cuando se realiza el ingreso de datos mediante el ratón, resulta de mucha ayuda poder enfocar en puntos de ayuda de una cuadrícula.

Con esta función podrá definir el tamaño de la cuadrícula. El color estándar de la cuadrícula es un plomo claro que no se sobrepone a los gráficos. Si desea utilizar otro color, utilice el botón "**Editar color cuadrícula**". Si se encuentra activada la casilla "**Utilizar cuadrícula**", se utilizará la cuadrícula cuando se usen los comandos de ingreso de datos mediante el ratón y para la definición de los cuerpos de falla.

### 9.3.2 "Superficie"

Con esta función es posible realizar el trazo de la superficie del talud directamente con el ratón. (Véase el ejemplo en 6.5). Aparece una ventana informativa que explica con detalle la forma de trazado. Clic izquierdo inserta un nuevo punto en la superficie, clic derecho elimina el punto seleccionado. Clic izquierdo y la tecla [**Shift**] mueven un punto, clic derecho y la tecla [**Shift**] activa el editor de coordenadas del punto. Use la tecla [**Retroceso**] para deshacer una acción. Esta función puede ser iniciada directamente con la tecla [**F3**].

Si activa la casilla "**Insertar en los puntos finales de líneas**", se mostrará una marca en cruz en lugar del marcador habitual. Si prefiere, puede elegir un marcador en cruz de mayor tamaño en la casilla inferior "**Agrandar la mira** ya existe un dibujo previo, o algún archivo "**Mini-CAD**" (incluidos los importados en formato DXF), el programa ajustará los puntos lo más cerca posible al punto del gráfico que se encuentre dentro del rectángulo, cuando haga clic con el ratón. De esta forma se puede simplificar mucho el ingreso de la geometría del sistema.

Esta forma de ingreso de datos es igual para todos los comandos que utilicen el ingreso directo mediante el ratón.

### 9.3.3 "Presión de poros"

Usted puede definir la línea superior de presión de poros de forma completamente análoga al ingreso de los puntos superficiales. (véase el ejemplo en 6.5).

El ingreso de la línea de presiones no funcionará si activó el uso de una red de presiones de poros en el menú "**Datos / Preferencias de cálculo**".

### 9.3.4 "Estratos"

La definición de estratos puede hacerse completamente análoga a la definición de puntos superficiales. La diferencia está en que deberá seleccionar siempre dos puntos extremos para cada línea. (véase el ejemplo en 6.6). Esta función puede ser iniciada directamente con la tecla [**F6**].

### 9.3.5 "Cargas/ Cargas puntuales "

Usted puede definir "**Cargas permanentes**", "**Cargas variables (vivas)**" o "**Cargas puntuales**", de forma completamente análoga a la definición de puntos superficiales.

Luego de ingresar las dos coordenadas  $x$  con el ratón, se debe especificar la magnitud de la carga (Ej.  $\text{kN/m}^2$ ) en la ventana de diálogo. Para cargas puntuales solo se requiere el ingreso de una fuerza individual (Ej.  $\text{kN/m}$ ). La dirección de la acción se puede apreciar luego claramente en el gráfico.

### 9.3.6 "Anclajes/Pilotes/Clavos/Geosintéticos/PT "

Completamente análogo al ingreso de puntos superficiales, usted puede definir anclajes, pernos de anclaje, clavos y geosintéticos en cualquier lugar del gráfico.

Seleccione el tipo de elemento para añadir al sistema de la ventana inicial. Luego deberá definir las coordenadas extremas con el ratón y posteriormente ingresar la información específica en la ventana de diálogo que aparece.

- "**Anclajes**"  
Se especifica el tipo de anclaje y la fuerza que activa el mismo (véase también 7.2.7).
- "**Pilotes**" (de anclaje)  
Se especifica el empuje de suelo límite permisible "e" (actúa de forma perpendicular al eje del pilote; véase también el acápite 7.2.10) en los dos puntos seleccionados (en  $\text{kN/m/m}$ ).  
La dirección de la acción se puede apreciar luego claramente en el gráfico. Los valores negativos deberán ser ingresados con su respectivo signo.
- "**Clavos**"  
Se especifica la carga de adherencia permisible "t" (actúa tangente al eje del clavo; véase también el acápite 7.2.11) en los dos puntos seleccionados (en  $\text{kN/m/m}$ ).
- "**Geosintéticos**"  
Se especifica la carga de adherencia permisible "t" (en  $\text{kN/m}^2$ ) y la fuerza máxima resultante "T" (véase también 7.2.12). La fuerza " $T_0$ " representa un anclaje en la cabeza del geosintético (Ej.: en gabiones), que puede generarse constructivamente al doblar los extremos del mismo por ejemplo. La fuerza resultante no puede ser mayor que la fuerza  $\text{max.T}$  [ $\text{kN/m}$ ]. Si seleccionó la opción "**Especificar  $L_0$  y determinar  $T_0$  automáticamente**", el programa determinará automáticamente la fuerza  $T_0$  a partir de la longitud de doblez.
- "**Pilote tensado**"  
Se especifica la carga de tensión  $T(D)$  (en  $\text{kN/m}^2$ ), el diámetro del pilote y la longitud libre que éste tendrá.

### 9.3.7 "Condiciones Artesianas"

La definición de estratos en condiciones artesianas es completamente análoga a la definición de puntos superficiales. Luego de definir las coordenadas  $x,y$  mediante el ratón, se deben especificar el espesor del estrato acuífero artesiano ("**Espesor del acuífero**") y la presión de agua actuante en el estrato confinado ("**Nivel de agua**").

### 9.3.8 "Niveles de agua"

Usted puede especificar el nivel freático del lado "**izquierdo**" del talud presionando el botón izquierdo del ratón, y el nivel "**derecho**" con el botón derecho.

### 9.3.9 "Estratos consolidados"

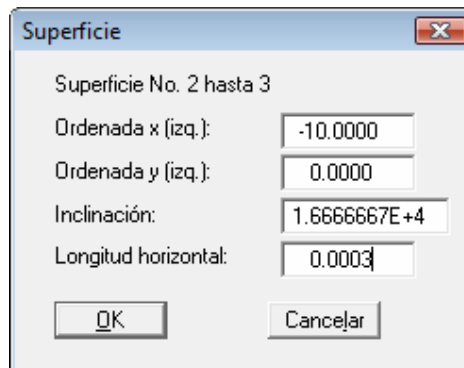
El ingreso de estratos en estado de consolidación es análogo al ingreso de estratos en condiciones artesianas (véase 7.2.8). Sin embargo, antes de seleccionar esta función, deberá ingresar el número de estratos en consolidación que se introducirán.

### 9.3.10 "Elementos estructurales"

Inicialmente debe ingresar la cantidad de elementos estructurales que se añadirán. A continuación podrá ingresar los puntos en el gráfico con el botón izquierdo del ratón.

### 9.3.11 "Inclinaciones"

En algunos casos en los que se conoce la inclinación exacta del talud, se puede ingresar esta información directamente mediante esta herramienta. Luego de seleccionar esta función haga clic en el centro de la línea superficial que desea editar, aparecerá una ventana de edición donde se pueden especificar los datos de inclinación del talud.



Superficie

Superficie No. 2 hasta 3

Ordenada x (izq.): -10.0000

Ordenada y (izq.): 0.0000

Inclinación: 1.6666667E+4

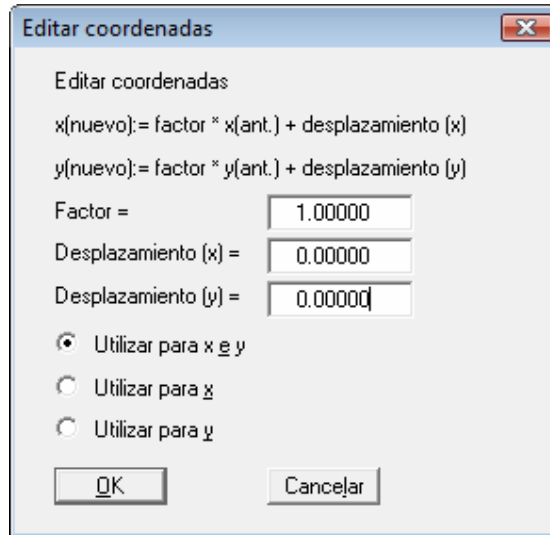
Longitud horizontal: 0.0003

OK Cancelar

### 9.3.12 "Coordenadas"

El ingreso de la geometría del sistema mediante el ratón es muy confortable. Usted puede agilizar aun más su trabajo si utiliza como referencia un archivo Bitmap del sistema mediante un escáner.

El archivo Bitmap puede ser insertado en la hoja utilizando el módulo "**Mini-CAD**" incluido en el programa (véase 9.9.5 y el manual de uso de "**Mini-CAD**"). Luego necesitará únicamente hacer clic sobre unos cuantos puntos importantes. Debido a que el trabajo de dar escala al bitmap puede muchas veces resultar odioso, usted puede editar y mover coordenadas de los puntos del talud usando esta función.



### 9.3.13 "Tensiones"

Después de seleccionar esta función se desplegarán las tensiones actuantes en el punto del sistema elegido con el ratón. En la ventana informativa aparecen los valores de las tensiones actuantes y un botón para revisar las propiedades del suelo "**Prop. de suelo**". Si selecciona este botón, aparecerá una nueva ventana con la información del suelo correspondiente a este punto.

### 9.3.14 "Deshacer"

Si realizó cambios en las ventanas de diálogo o movió algún objeto utilizando la opción "**Datos / Mover objetos**" o la tecla [F11], puede cancelar estas acciones y volver a un estado anterior con la opción "deshacer". Esta función puede aplicarse directamente con la combinación de teclas [Alt] + [Retroceso] o el icono adecuado en la barra de herramientas (Véase 9.9.6).

### 9.3.15 "Restaurar"

Con esta opción es posible restaurar el estado anterior a la elección de la herramienta "**Editor gráfico / Deshacer**". Esta función puede aplicarse directamente con la combinación de teclas [Ctrl] + [Retroceso] o el icono adecuado en la barra de herramientas (Véase 9.9.6).

### 9.3.16 "Preferencias"

Acá podrá activar o desactivar las funciones "**Deshacer**".

## 9.4 Red PP (Red de presiones de poros)

---

### 9.4.1 Fundamentos teóricos

Por lo general, la presión de poros se determina estableciendo la línea superior de presiones de agua. Todas las aplicaciones de geotecnia (incluido **GGU-STABILITY**) determinan la presión de agua en la base de una dovela, a partir de la distancia vertical entre la base y la línea de presiones por encima. Este procedimiento asume implícitamente que el flujo de agua en la dovela es solamente horizontal. Este método da por lo general resultados confiables, sin embargo, en el caso de condiciones complejas de flujo ya no se justifica su uso (Ej. Terraplén con sellado exterior). En muchos casos es también necesario considerar la presencia de condiciones artesianas. Estas condiciones complejas pueden ser consideradas con mucha precisión por el programa, si se define la presión de poros en cada punto del talud. **GGU-STABILITY** posibilita este cálculo mediante el uso de una red de presiones (red triangular), la misma que debe cubrir toda el área del talud en cuestión. En cada punto de la red de triángulos se define el potencial  $h$  como:

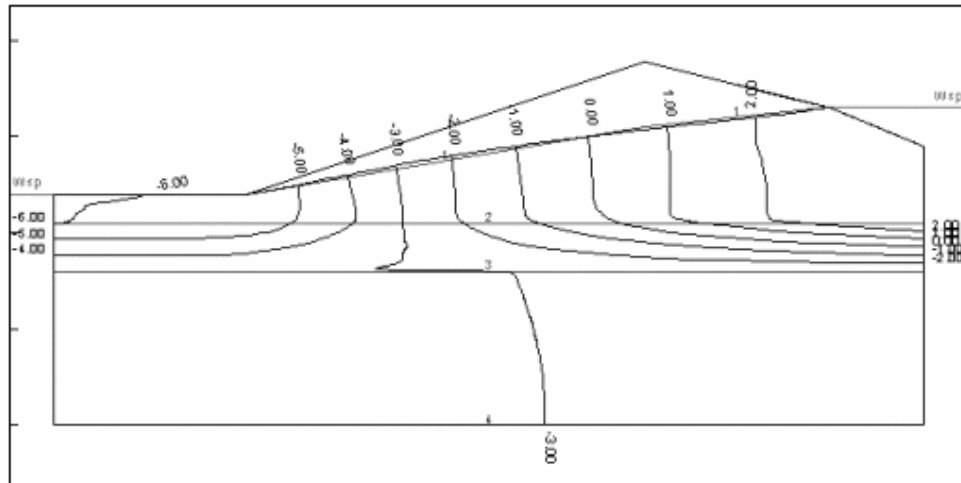
$$h = u / \gamma_w + y$$

donde

- $u$  = presión de poros , (Ej. en kN/m<sup>2</sup>)
- $\gamma_w$  = Peso específico del agua
- $y$  = elevación del punto

Con la ayuda de la red triangular el programa puede determinar la presión de poros  $u$  ejerciente en cada punto del sistema, mediante interpolaciones dentro de cada triángulo. La definición de la red de presiones puede realizarse completamente con el ratón. Esto puede, sin embargo, tomar mucho tiempo cuando las condiciones son muy complicadas. Si usted tiene un programa de geohidráulica, puede leer la información guardada en éste en formato ASCII ( $x, y, h$ ). La lectura de redes de presiones es especialmente confortable si se importa desde el programa **GGU-SS-FLOW2D** (antes **GW2**). Con este programa no necesitará realizar ninguna edición posterior.

El ejemplo 2 del suplemento a la DIN 4084 (véase el archivo `DIN4084_Bishop_pwp_02-e.BOE`) contiene por ejemplo la siguiente distribución de potenciales calculados en **GGU-SS-FLOW2D**:

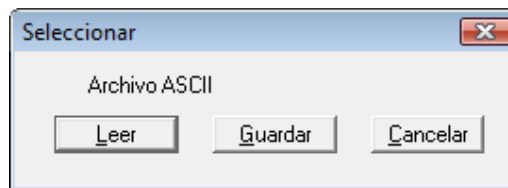


**Figura 15. Líneas potenciales**

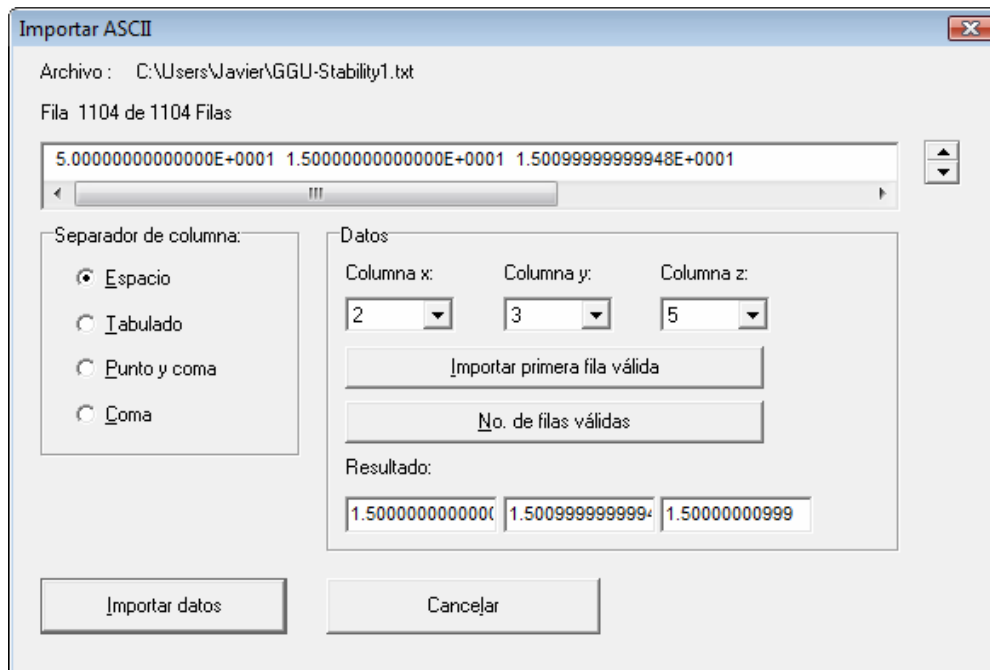
Si el sistema no contiene condiciones complicadas de flujo y es suficiente el análisis mediante una línea de presiones, puede pasar por alto los siguientes puntos este menú.

#### 9.4.2 "Archivo ASCII"

Con este comando se pueden leer las coordenadas (x,y) y los correspondientes potenciales (h) desde un archivo ASCII creado en otro programa (por ejemplo en **GGU-SS-FLOW2D**). De forma alternativa, usted puede grabar la red de presiones actual en formato ASCII para exportar.



Luego de seleccionar el botón "**L**eer" y después el archivo deseado, aparecerá la siguiente ventana:



En la parte superior de la ventana se muestra la línea actual del archivo ASCII. Con las flechas de la derecha puede recorrer el archivo. Si todos los datos están correctos aparecerá el resultado de la línea actual en las casillas de resultados, de lo contrario aparecerá el mensaje "**Error**". En ese caso tendrá que cambiar los datos de la columna. Si el archivo contiene líneas válidas e inválidas, el programa saltará las inválidas al leer el archivo. Finalmente, seleccione el botón "**Importar datos**". Después podrá editar las coordenadas leídas.

Las coordenadas y potenciales leídos no son suficientes para el programa. Después de importar la información debe especificar adicionalmente la forma en la que están unidos los nudos individuales entre ellos. Usted encontrará más detalles en el siguiente submenú.

La unión de los nudos es leída únicamente si se importa desde **GGU-SS-FLOW2D**. En este submenú no son necesarios otros procesos de edición.

#### 9.4.3 "Red mediante puntos"

Con esta opción podrá crear una red de presiones de poros, si generó previamente el sistema del talud, a partir de los puntos del sistema. Por lo general esta red es inicialmente muy tosca y necesitará con seguridad realizar el afinado y posterior edición de la red.

#### 9.4.4 "Isolíneas"

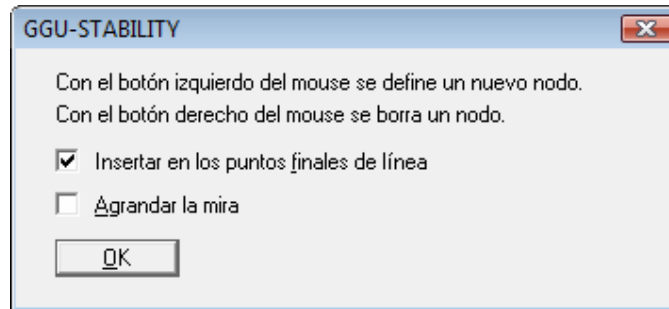
Si usted importó una red de presiones o la modeló manualmente, puede obtener una vista de las líneas con el mismo valor potencial (isolíneas) utilizando esta opción de menú. Usted puede desplegar además las isolíneas normales con relleno a colores. Las ventanas de diálogo que aparecen son explicadas con más detalle en los puntos 9.7.8 y 9.7.9.

#### 9.4.5 "Determinar PP"

Para mejorar el ingreso de datos, usted puede determinar las presiones de poros haciendo clic en cualquier punto del sistema luego de seleccionar esta función.

#### 9.4.6 "Definir nodos"

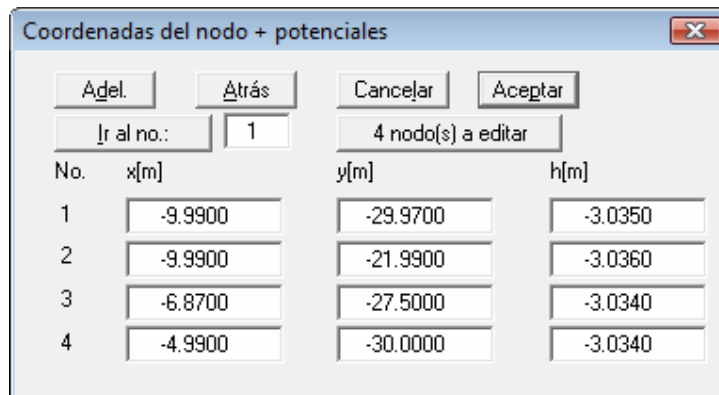
Con esta opción usted puede especificar la posición de los nudos mediante el ratón. El uso del ratón está de acuerdo a las especificaciones de la ventana informativa. Botón izquierdo define un nudo nuevo y el derecho elimina un nudo existente.



Después de elegir un nudo deberá ingresar la altura potencial (h) del mismo. Seleccione en las casillas, si desea ajustar el clic del ratón a los puntos finales de las líneas y si desea utilizar un indicador en cruz grande.

#### 9.4.7 "Editar nodos múltiples"

Luego de elegir esta opción aparece la siguiente ventana:



En las opciones de la ventana es posible editar las coordenadas (x,y) y la altura potencial de los nudos mediante el teclado. El uso de los botones corresponde lo explicado en 7.2.1 (**Ejemplo práctico 2: ingreso de datos manual / puntos superficiales**).

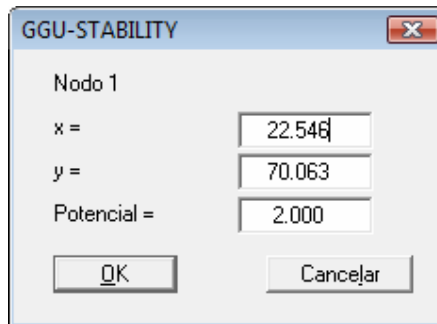
#### 9.4.8 "Mover nodos (Ratón)"

Con esta opción se puede desplazar con el ratón el nudo elegido, una vez creada la red, y de esta forma alterar sus coordenadas. El uso del ratón está descrito en la ventana informativa. Mantenga

presionado el botón izquierdo hasta ubicar el nudo en su nueva posición. La tecla [**Retroceso**] restituye la última acción.

#### 9.4.9 "Editar nodos individuales"

Con esta función puede editar las coordenadas y potencial correspondientes a un nudo. Doble clic sobre un nudo active la ventana de propiedades del mismo, donde podrá editar sus datos. La ventana muestra el número de nudo y tanto las coordenadas (x,y), como la altura potencial (h).



#### 9.4.10 "Generar red manualmente"

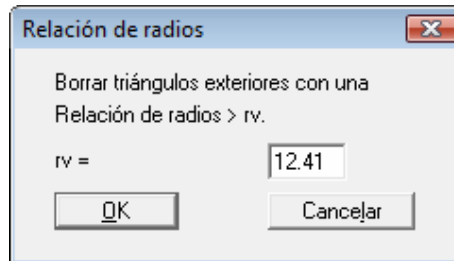
Usted puede crear la red de presiones de poros manualmente. Una vez que haya ubicado todos los nudos de la red, puede unirlos mediante triángulos y formar la red. Haga clic izquierdo en los tres nudos que desea unir. Clic derecho anula la acción antes de culminarla. Si desea eliminar triángulos equivocados vuelva a marcar sus tres nudos y acepte la ventana de advertencia.

#### 9.4.11 "Generar red automáticamente"

Esta función activa un programa para la creación controlada de una red (triangulación de Delauney). Si existe una red o parte de una red previa, el comando da la opción de complementar la misma con los nuevos nudos ("**Suplemento**") o eliminar los triángulos existentes y crear una red completamente nueva con los nuevos nudos y los anteriores ("**Eliminar**"). En general se recomienda evitar el uso de la opción "**Suplemento**", ya que la triangulación de Delauney sigue ciertas leyes que pueden causar errores cuando se complementa una red parcial hecha previamente a mano.

#### 9.4.12 "Filtrar elementos angulares"

Cuando se usa la triangulación de Delauney se crea una red que une todos los nudos existentes. Debido a esto puede darse el caso en que los triángulos creados tengan ángulos demasiado cerrados. Con esta herramienta podrá eliminar estos triángulos automáticamente luego de ingresar el ángulo mínimo de triángulo que desea.



La relación de radios describe la relación entre el radio externo y el radio interno del triángulo. Para un triángulo isósceles esta relación es igual a 2.0 (óptimo). En una ventana previa a la del ejemplo, el programa muestra una ventana con la información con el radio máximo y el promedio de relaciones de radio existente. En la ventana posterior puede determinar la relación de radios máxima que desea permitir en su red. En el ejemplo se eliminarán todos los triángulos con relación de radios mayor a 150.

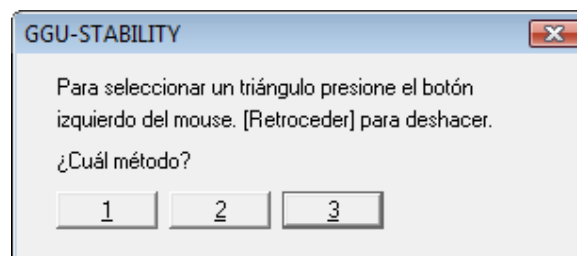
Para evitar sectores vacíos en la interpolación, el programa elimina únicamente los triángulos que se encuentren en los extremos.

#### 9.4.13 "Eliminar"

Con esta función puede eliminar los triángulos seleccionados del sistema. Para ello deberá marcar cuatro puntos con el ratón en dirección contraria a las manecillas del reloj. Todos los triángulos cuyos centroides queden dentro del recuadro se eliminarán. Alternativamente puede eliminar completamente la red existente si elige la opción "**Eliminar red completa**".

#### 9.4.14 "Afinar elementos individuales"

El programa permite afinar la red de triángulos establecida. Esta herramienta es por lo general únicamente necesaria cuando quiere añadir nudos a una red existente. En la ventana correspondiente a este submenú existen tres métodos de afinado de elementos:



- **Método 1:**  
Crea un nudo adicional en el centroide del triángulo seleccionado.

- **Método 2:**  
El elemento triangular seleccionado y el elemento vecino son partidos por la mitad.
- **Método 3:**  
Un nuevo triángulo será insertado al centro del triángulo elegido. Los triángulos vecinos serán partidos por la mitad.

Cuando se afina una red, se asigna a los nuevos nudos una altura potencial igual a los nudos vecinos existentes.

#### **9.4.15 "Afinar elementos múltiples"**

Usted puede seleccionar, con esta función, un área poligonal en sentido contrario a las agujas del reloj, en la que se afinarán los elementos triangulares. Los métodos descritos en 9.4.14 ("**Red PP / Afinar elementos individuales**") son los mismos.

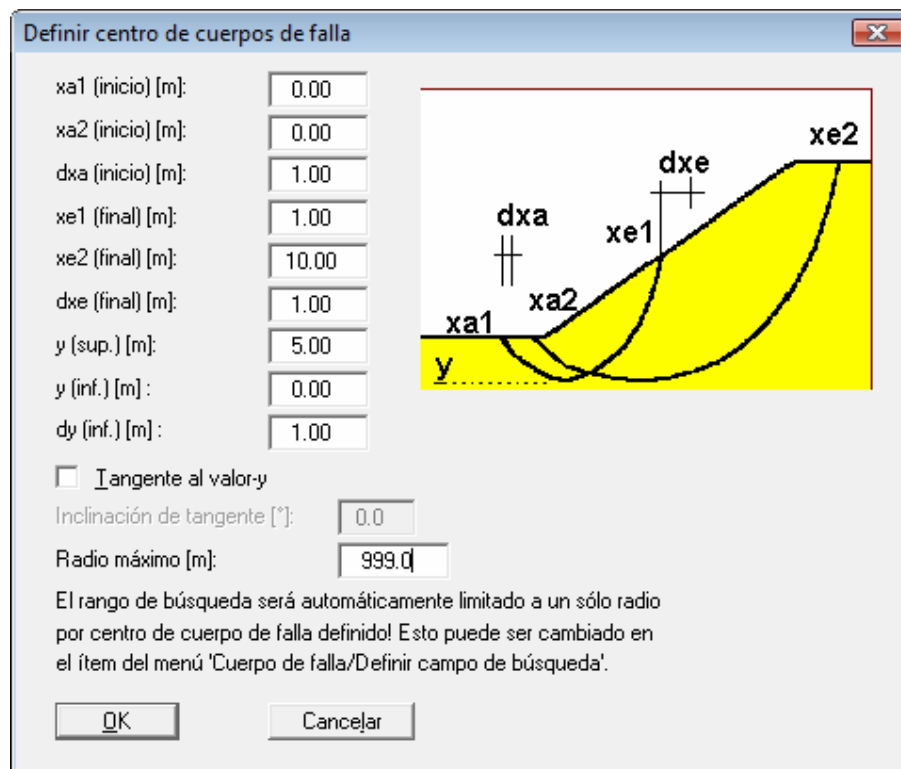
#### **9.4.16 "Afinar todos los elementos"**

Todos los elementos triangulares pueden ser afinados si se usa esta opción. Los métodos están explicados en el punto 9.4.14 ("**Red PP / Afinar elementos individuales**").

## 9.5 Cuerpos de falla (solo para círculos de falla)

### 9.5.1 "Semi-automático"

Usted puede determinar los puntos centrales de los círculos de falla que deben ser analizados mediante el teclado, simplemente ingresando el radio máximo y las coordenadas inicial y final, de acuerdo a las indicaciones en el gráfico de la ventana.



### 9.5.2 "Puntos en cuadrilátero"

Usted puede definir un cuadrilátero marcando con el botón izquierdo cuatro puntos sobre la hoja en dirección contraria a las agujas del reloj. La acción puede ser terminada en cualquier momento antes de cerrar el polígono, si se presiona el botón derecho del ratón. Dentro del polígono seleccionado se crearán los nuevos puntos centrales que serán considerados para el cálculo, los cuales se desplegarán en pantalla.

Luego de definir el polígono deberá especificar la cantidad de puntos que se dibujarán en cada dirección (x,y).

La definición de puntos, repitiendo el proceso indicado, puede repetirse cuanta veces se desee. Inclusive es posible definir puntos luego de calculado el sistema.

### **9.5.3 "Puntos en rectángulo"**

El proceso es análogo al descrito para la definición de puntos en un cuadrilátero. Usted deberá ingresar las dos esquinas opuestas del rectángulo. Marque la primera esquina del triángulo con el botón izquierdo del ratón y recorra el ratón hasta el lugar que desee y vuelva a presionar el botón derecho. La acción puede ser anulada si se presiona el botón derecho antes de marcar la segunda esquina. Retome la acción presionando nuevamente el botón izquierdo en un punto más adecuado.

Luego de definir el rectángulo deberá especificar la cantidad de puntos que se dibujarán en cada dirección (x,y).

La definición de puntos, repitiendo el proceso indicado, puede repetirse cuanta veces se desee. Inclusive es posible definir puntos luego de calculado el sistema.

### **9.5.4 "Puntos individuales (gráfico)"**

De forma análoga a la definición descrita anteriormente, se pueden definir puntos individuales en cualquier sitio con solo marcar el lugar con el botón izquierdo del ratón. Una vez activada esta función, puede también eliminar puntos individuales existentes seleccionándolos con el botón derecho del ratón.

### **9.5.5 "Puntos individuales (editor)"**

Usted puede definir puntos individuales ingresando simplemente las coordenadas del mismo desde un editor. Esta herramienta es muy útil si se desea por ejemplo realizar un control a un estudio previo y se desea recalcular exactamente los mismos puntos centrales.

### **9.5.6 "Afinar"**

El programa realiza una triangulación entre los puntos centrales existentes y sitúa un nuevo punto en el centro de los mismos. De esta forma se obtiene una malla más densa de puntos.

### **9.5.7 "Info"**

Aparecerá toda la información concerniente a los puntos centrales existentes.

### **9.5.8 "Definir rango de búsqueda"**

El funcionamiento de esta opción se encuentra descrito en el ejemplo detallado en 7.4.2.

### **9.5.9 "Eliminar individualmente"**

Luego de elegir esta opción podrá eliminar puntos centrales individuales haciendo clic directamente sobre ellos con el botón izquierdo.

### **9.5.10 "Eliminar"**

Luego de una advertencia de seguridad, el programa eliminará todos los puntos que se hayan definido. Los factores de seguridad/factores calculados de uso serán eliminados de igual forma.

### 9.5.11 "Mostrar"

Se mostrarán todos los puntos centrales existentes.

## 9.6 **Cuerpos deslizantes (sólo para cuerpos poligonales deslizantes)**

---

### 9.6.1 "Info"

Aparece una ventana informativa que explica con detalle la forma de trazado. Clic izquierdo inserta un nuevo punto en la superficie, clic derecho elimina el punto seleccionado. Clic izquierdo y la tecla [Shift] mueven un punto, clic derecho y la tecla [Shift] activa el editor de coordenadas del punto. Use la tecla [Retoceso] para deshacer una acción.

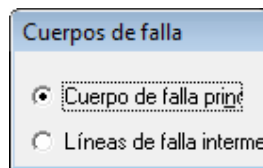
### 9.6.2 "Definir nuevo"

Usted puede definir los puntos individuales del polígono de falla con el botón izquierdo. Durante la creación de los puntos del polígono usted puede presionar la tecla [F4] para activar la información sobre la posición actual del ratón y el tipo de suelo en este lugar. La tecla [F5] activa una ventana con la información, entre otras cosas, sobre la inclinación y la longitud de la línea de falla más cercana. Si la forma del polígono de falla está a su gusto, presione la tecla [Enter] para aceptar. Posteriormente podrá, si desea, incorporar otros polígonos de falla. También es posible añadir nuevos polígonos después de realizado el cálculo del sistema.

Si por error marcó un punto equivocado y arruinó el polígono, puede deshacer la acción presionando la tecla the [Retoceso].

Si eligió el método de cálculo "**Método de bloques**", el ingreso de datos es completamente análogo. Luego de haber especificado un polígono de falla con este último método, usted podrá cambiar incluso al método de "**Janbu**" en el menú "**Datos / Preferencias de cálculo**" y llevar a cabo el cálculo inmediatamente.

Si seleccionó el método "**Método de cuerpos rígidos**" el procedimiento de cálculo es el mismo, con la única diferencia, que en el cálculo se tomarán en cuenta las superficies de falla intermedias. Para ello aparece una ventana pequeña en la parte superior izquierda de la hoja:



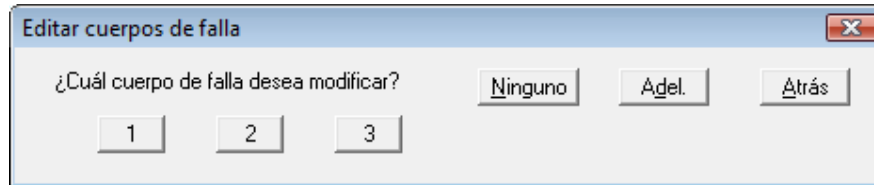
Active el botón "**Cuerpo de falla Princ.**" si desea definir el cuerpo de falla principal. El procedimiento es luego análogo al descrito anteriormente. Para cada cuerpo de falla nuevo, el programa asigna automáticamente una superficie de deslizamiento vertical intermedia. Active luego el botón "**Líneas de falla intermed.**" para definir una nueva posición de las superficies de deslizamiento intermedias (líneas) con el ratón.

El programa posibilita incluso el cambio inmediato entre los métodos de cálculo mediante polígonos de falla. Simplemente cambie de método en "**Datos / Preferencias de cálculo**" y vuelva a calcular el sistema sin correcciones ni ediciones posteriores. Si estaba utilizando el método de

mecanismo de falla de cuerpos rígidos, el programa dejará de considerar simplemente las superficies de falla intermedias.

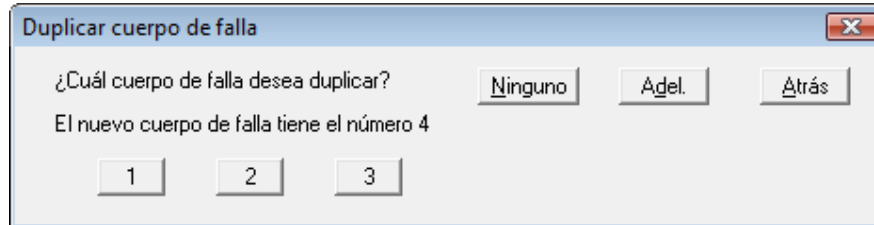
### 9.6.3 "Cuerpos existentes"

Usted puede volver a editar un cuerpo de falla que haya sido modelado anteriormente.



### 9.6.4 "Duplicar"

Usted puede duplicar un cuerpo de falla existente de tal forma de poder editarlo posteriormente.



Haga clic sobre el botón con el número de cuerpo de falla que debe ser duplicado. El cuerpo deslizando será después desplegado en el sistema. Para aceptar y duplicar el cuerpo seleccionado presione la tecla [Enter]. Por último deberá aceptar con el botón "Sí" en la ventana que aparece "Usar cuerpo de falla?"

### 9.6.5 "Editar"

Con esta función es posible definir nuevos cuerpos de falla presionando el botón "Nuevo" en la ventana que aparece, o editar las coordenadas de alguno existente luego de seleccionar el botón "Ant.". Se abrirá una ventana de diálogo en la que podrá ingresar las nuevas coordenadas del cuerpo existente. Si eligió "Nuevo", deberá especificar inicialmente el número de puntos que conforman el polígono "No. de puntos de polígono". Posteriormente puede editar las coordenadas de los puntos que ingresó. Si se equivocó al ingresar la cantidad de puntos, puede indicar el nuevo valor presionando el botón "x punto(s) a editar"

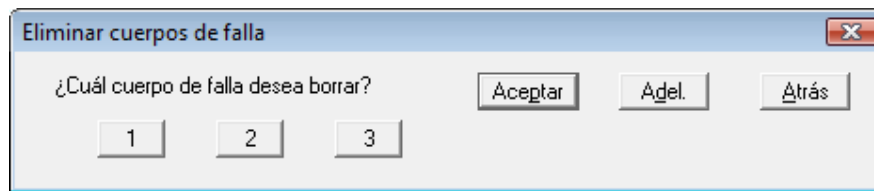
Si está utilizando el método "Método de cuerpos rígidos", deberá ingresar adicionalmente las coordenadas de intersección de la superficie intermedia con la superficie "xzw" y "yzw". No necesitará saber exactamente este último valor, ya que el programa lo determina automáticamente el momento de realizar el cálculo de los factores de seguridad.

### 9.6.6 "Mostrar"

Con esta opción podrá seleccionar el cuerpo deslizando que desea que se muestre.

### 9.6.7 "Eliminar individualmente"

El cuerpo de falla deslizante seleccionado será eliminado luego de una advertencia de seguridad.

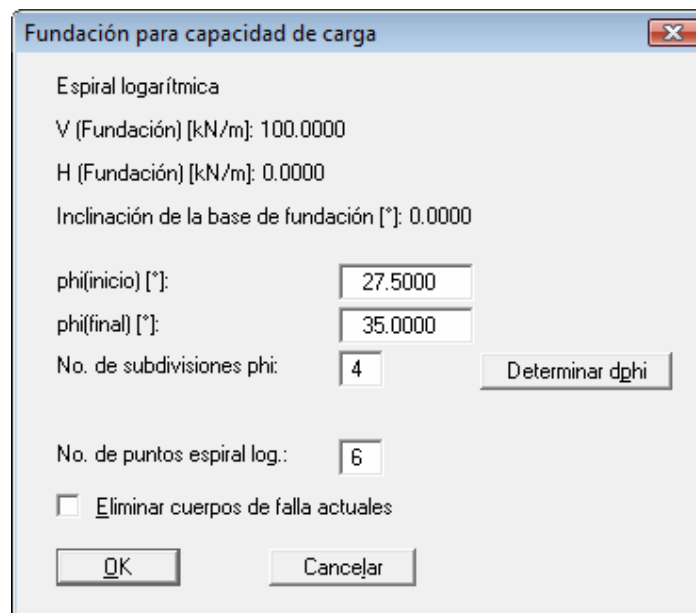


### 9.6.8 "Eliminar todo"

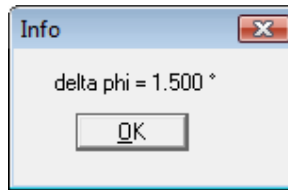
Luego de una advertencia de seguridad serán eliminados todos los cuerpos de falla existentes en el sistema.

### 9.6.9 "Espiral logarítmica" (Método Janbu)

Si activo al iniciar el sistema el cálculo "Capacidad de carga" en el menú "Datos / Preferencias de cálculo", usted puede generar superficies de falla poligonales para la fundación corrida. Estas superficies están de acuerdo a la DIN 4017 y se crean en el centro a partir de la espiral logarítmica y líneas rectas en los extremos .



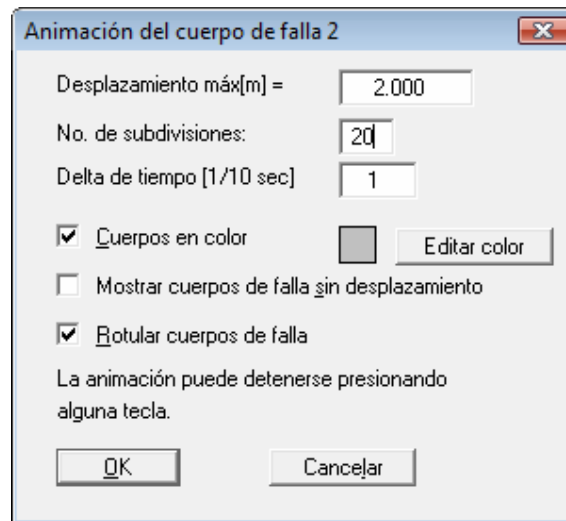
Usted deberá ingresar primero los ángulos de fricción interna inicial y final, y luego el número de subdivisiones (delta phi). El botón "**Determinar dphi**" permite calcular el incremento del ángulo de fricción a partir de los tres valores ingresados.



En la casilla "**No. de puntos espiral log.**" se especifica la cantidad de puntos con los que se genera la espiral logarítmica. Confirme los cambios con "**OK**" para generar las superficies de falla. Luego puede analizar la seguridad del sistema modelado.

#### 9.6.10 "Animación" (sólo con: "Método de cuerpos rígidos" y "Método de bloques")

Si está trabajando con alguno de los métodos arriba mencionados, podrá realizar una animación del mecanismo de falla en pantalla.



En la casilla "**Desplazamiento máx (m)**" podrá determinar el desplazamiento máximo que desea que se muestre. El valor en "**No. de subdivisiones**" determina la resolución que tendrá la animación. Las siguientes opciones se refieren igualmente al modo de salida gráfica y otras preferencias como el color que tendrán los cuerpos. Presione "**OK**" para iniciar la animación.

#### 9.6.11 "Ver deslizamientos" (sólo con "Método de cuerpos rígidos" y "Método de bloques")

Por muy impresionante que sea la animación del cuerpo deslizante, ésta no puede ser mostrada al cliente como tal en el informe geotécnico. Para salvar esta situación, se introdujo esta función de submenú en el programa. Con ella puede desplegar e imprimir el mecanismo de falla del cuerpo deslizante. El uso de la ventana es similar al descrito en el submenú anterior "**Cuerpos deslizantes / Animación**".

## 9.7 Factores de Seguridad/Usó (sólo para círculos de falla)

### 9.7.1 Indicaciones

Este menú muestra el título "**Factores de seguridad**" si se eligió la norma "**DIN 4084 (antigua)**" en el menú "**Datos / Preferencias de cálculo**". Si se elige por el contrario la norma "**DIN 4084 (nueva)**" aparecerá el título del menú como "**Factores de uso**". (Véase también el capítulo 8 "**Fundamentos teóricos**").

Los siguientes submenús son activados únicamente si se emplea el método de círculos de falla. Los menús que se activan en el caso de cuerpos de falla poligonales están detallados en el acápite 9.8.

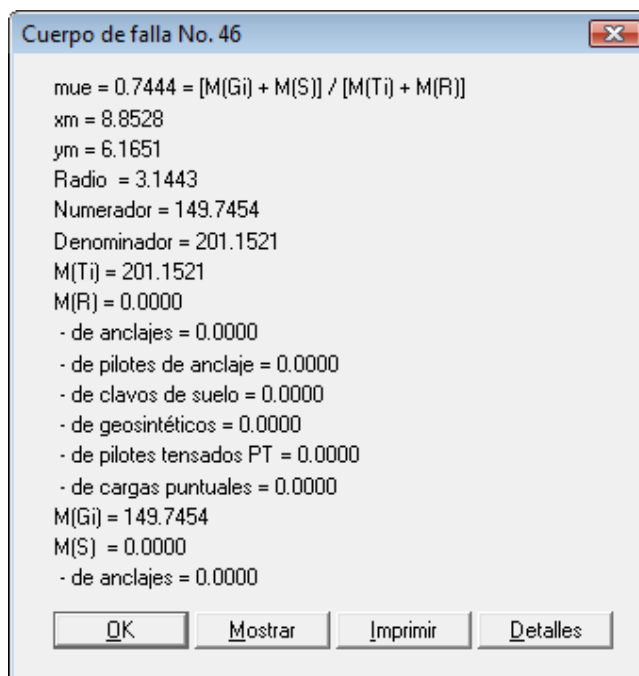
### 9.7.2 "Calcular"

Una vez definida la malla de puntos centrales y el rango de búsqueda (véase 9.5 "**Cuerpos de falla**"), puede iniciar el cálculo de los factores de seguridad/uso. También puede iniciar el cálculo directamente con la tecla [F5].

Usted encontrará una explicación más detallada de la ventana de diálogo en el **ejemplo práctico 2** en 7.5.

### 9.7.3 "Mostrar/Detalles"

Haga clic en el punto central para el que desea desplegar los resultados importantes de cálculo. La nomenclatura corresponde a la utilizada en la norma DIN 4084.

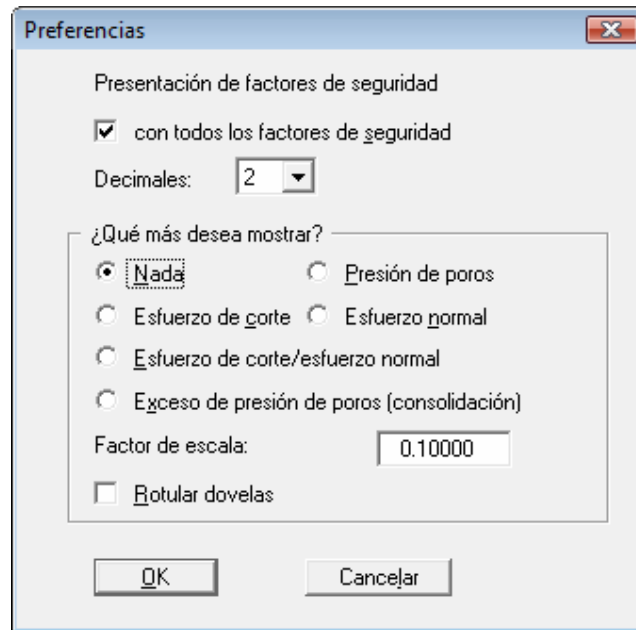


Si presiona el botón "**Detalles**", podrá apreciar en un programa de edición de texto el protocolo completo de cálculo y los resultados, mandarlos a impresión o guardar la información en un

archivo. (véase más en 9.1.10.3 "Archivo / Imprimir tabla de resultados / Resultados en formato ASCII").

#### 9.7.4 "Preferencias de resultados"

Acá puede seleccionar distintas preferencias. En la casilla "**con todos los factores de seguridad**" puede elegir que se muestren los valores correspondientes a todos los círculos modelados, o únicamente los correspondientes al círculo más desfavorable. Además se puede seleccionar que se muestre la "**Presión de poros**" actuante en el círculo de falla, el "**Esfuerzos de corte**" y el "**Esfuerzo normal**".



En la casilla "**Factor de escala**" puede influenciar la escala de presentación de las tensiones, presiones, etc. Un valor de 0.02 significa por ejemplo que una tensión de corte de 120 kN/m<sup>2</sup> se mostrará con una escala igual a  $120 * 0.02 = 2.4$  m (!).

#### 9.7.5 "Mostrar círculo más desfavorable"

Luego del cálculo del sistema, se desplegará únicamente el círculo más desfavorable junto con los demás resultados de factores.

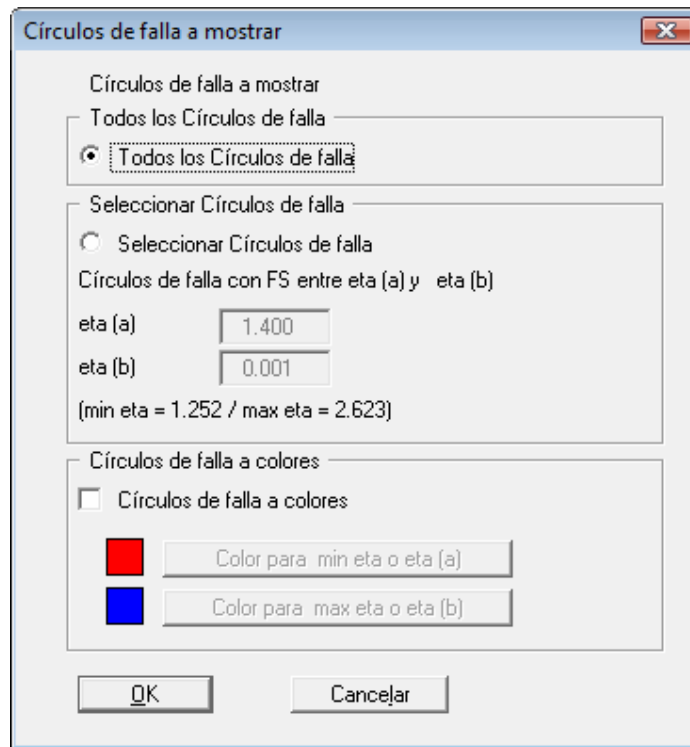
#### 9.7.6 "Mostrar círculo específico"

Luego del cálculo del sistema puede seleccionar con el ratón cualquier punto central y desplegar el círculo de falla correspondiente aunque este no sea el más desfavorable.

### 9.7.7 "Mostrar todos"

Una vez finalizado el cálculo puede seleccionar esta función para desplegar todos los círculos de falla que hayan sido calculados.

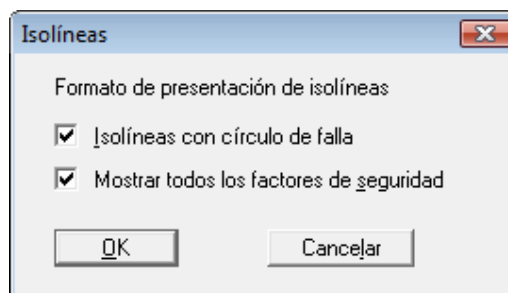
Alternativamente puede determinar el rango de valores para los factores calculados que desea que se muestre, si selecciona la opción "**Seleccionar círculos de falla**" en la ventana:



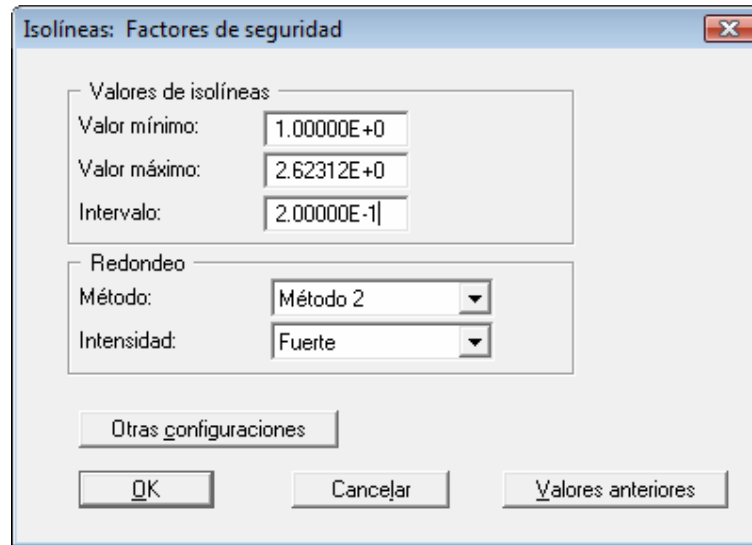
Finalmente puede elegir si los círculos se desplegarán a colores.

### 9.7.8 "Isolíneas"

Si ya fueron calculados los factores de seguridad/uso, usted puede desplegar sobre el sistema el trazo con las líneas de igual factor (isolíneas) sobre el talud. Para hacer esto, el programa realiza una triangulación a partir de los puntos centrales calculados. La red de triangulación creada para el cálculo sirve para desplegar el plano de isolíneas. Luego de seleccionar esta opción aparece la siguiente ventana:



Acá podrá determinar si se mostrarán, conjuntamente con las isolíneas, los círculos de falla o los factores calculados. Luego puede especificar el tipo de presentación en la siguiente ventana:

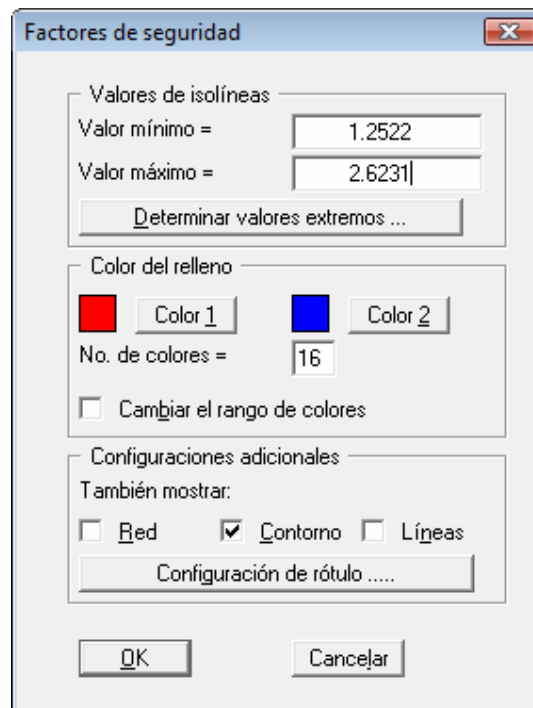


En la parte superior se muestra el factor de seguridad/uso mínimo (redondeado) y el máximo. En la casilla por debajo se ingresa un factor de espaciamiento calculado por el programa. Todos los valores pueden ser editados de acuerdo a sus preferencias. En la parte inferior ("Redondeo") puede elegir entre tres métodos de redondeo. El método 2 genera las isolíneas más redondeadas, sin embargo no modela con exactitud el transcurso de las líneas en el caso de valores con diferencias abruptas.

El botón "**Otras configuraciones**" sirve para determinar otras preferencias con respecto al tipo de presentación. Si eligió previamente este submenú, puede restaurar los valores antiguos presionando el botón "**Valores anteriores**". Las isolíneas se desplegarán finalmente en la hoja del sistema después de aceptar los cambios con "**OK**".

### 9.7.9 "Isolíneas a colores"

De forma análoga al menú previo, es posible crear isolinneas con relleno a colores.



Si elige la opción con gráficos a colores aparecerá la ventana que se muestra arriba. Presione inicialmente el botón "**Determinar valores extremos...**". El programa determinará los valores mínimo y máximo para la base del estrato elegida. El manejo de colores se realiza a partir de la subdivisión de tonos entre dos colores extremos. En el ejemplo se crearán 16 tonos entre los colores 1 y 2 seleccionados. La degradación de colores por defecto va de rojo a azul. Si desea puede configurar las preferencias de marcación con "**Configuración de rótulo ...**". Activando las casillas "**Red**", "**Contorno**" y "**Líneas**" puede ver la red de triangulación, el transcurso del sistema y/o en adición al relleno a colores, puede ver las líneas limítrofes entre regiones. Presione "**OK**" para aceptar los cambios y desplegar el plano de isolinneas a colores.

Adicionalmente al relleno a colores aparecerá una barra de aclaración a la derecha de su pantalla. Si la barra de aclaración permanece el momento de la impresión, deberá prever mayores márgenes de impresión en el menú principal "**Formato de página**".

## **9.8 Factores de seguridad/uso (sólo para cuerpos poligonales)**

---

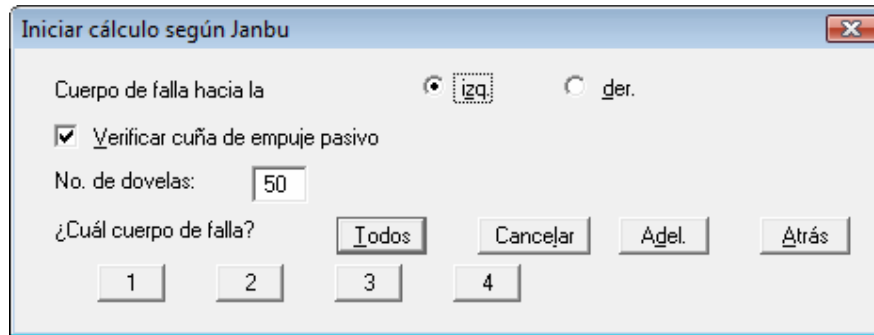
### 9.8.1 Indicaciones

Este menú muestra el título "**Factores de Seguridad**" si se eligió la norma "**DIN 4084 (antigua)**" en el menú "**Datos / Preferencias de cálculo**". Si se elige por el contrario la norma "**DIN 4084 (nueva)**" aparecerá el título del menú como "**Factores de uso**". (Véase también el capítulo 8 "**Fundamentos teóricos**").

Los siguientes submenús son activados únicamente si se emplea el método de cuerpos de falla poligonales. Los menús que se activan en el caso de círculos de falla están detallados en el acápite 9.7.

### 9.8.2 "Calcular cuerpos definidos"

Una vez que hayan sido definidos los cuerpos poligonales, se puede iniciar el cálculo de los factores de seguridad/uso.



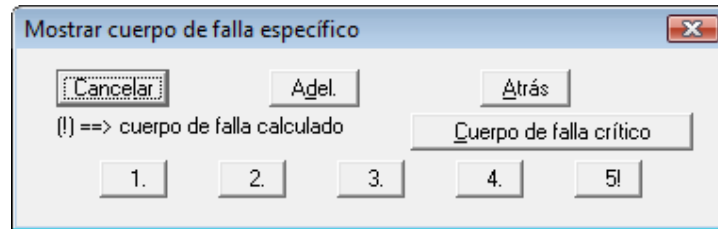
En la ventana puede ajustar a su gusto el número de dovelas que dividirán el cuerpo poligonal. Si se encuentra activada la casilla "**Verificar cuña de empuje pasivo**", el programa verificará si el gradiente de la cuña del lado pasivo es mayor que  $45^\circ - \phi/2$ . En ese caso, el cuerpo de falla no será considerado en el cálculo. Por lo general el movimiento de deslizamiento es hacia la izquierda ("**izq.**"). Inicie el cálculo de todos los cuerpos modelados al presionar el botón "**Todos**". Si quiere calcular un cuerpo específico puede seleccionar directamente el número correspondiente de la lista para iniciar el cálculo. Una vez completado el cálculo se muestra una ventana con todos los resultados y ciertas estadísticas. Además de la estabilidad del talud, el programa determina ahora las fuerzas máximas de los geosintéticos, a partir de la variación de los cuerpos deslizantes.

Después de confirmar con "**OK**", se mostrará el cuerpo de falla con el menor factor de seguridad (FS).

La ventana de diálogo inicial es un tanto distinta si se usa el método "**Método de cuerpos rígidos**" o "**Método de bloques**". A pesar de que estos métodos no se basan en el cálculo de dovelas, el programa determina los pesos, presiones de poros, etc., de los cuerpos poligonales individuales internamente, dividiendo el sistema en secciones verticales. Puede especificarse el "**Ancho máx. de dovela [m]**" en la ventana de diálogo. De cualquier forma, el programa necesita un mínimo de 10 dovelas para cada cuerpo de falla, sin importar si el monto especificado es menor. Como máximo se pueden asumir 500 dovelas en cada cuerpo de falla. El valor estándar "**0.2**" otorga por lo general resultados muy confiables. Si desactiva la casilla "**Resistencia al corte en las líneas intermedias de falla**", el programa no considerará este valor en el cálculo.

### 9.8.3 "Mostrar cuerpo de falla específico"

Luego del cómputo de los factores de seguridad/uso, se puede desplegar el gráfico de cualquier cuerpo de falla específico. Elija simplemente el cuerpo de falla con el número respectivo y observe que este tenga el símbolo (!) por detrás, esto significa que el cuerpo poligonal ha sido calculado.



Si desea revisar únicamente el cuerpo de falla crítico, elija el botón "Cuerpo de falla crítico".

### 9.8.4 "Mostrar todos"

Usted puede ver todos los cuerpos de falla de forma conjunta después del cálculo de los factores de seguridad/uso.

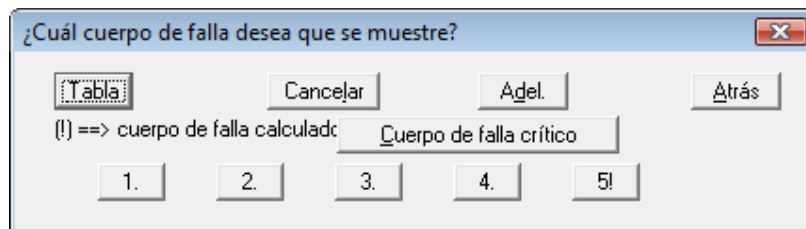
Una vez finalizado el cálculo puede seleccionar esta función para desplegar "Todos los cuerpos de falla" que hayan sido calculados.

Alternativamente puede determinar el rango de valores para los factores calculados que desea que se muestre, si selecciona la opción "Selecciones cuerpos de falla".

Finalmente puede elegir que los cuerpos de falla sean desplegados a colores.

### 9.8.5 "Mostrar resultados"

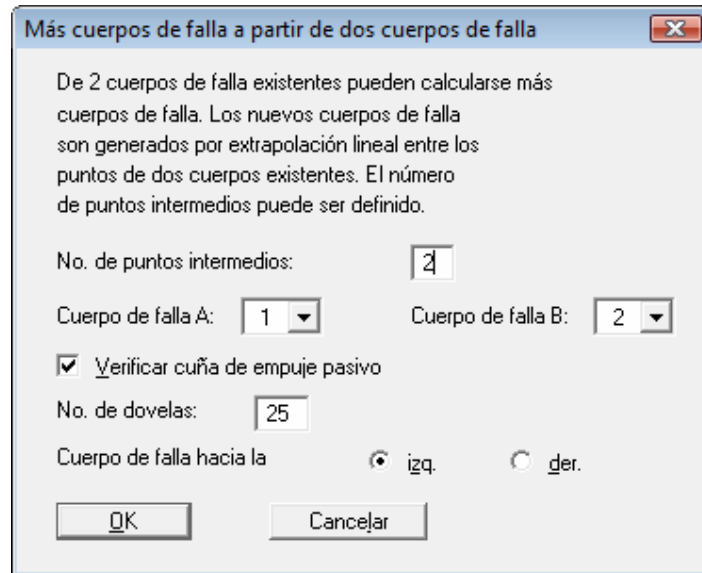
En la ventana de diálogo puede elegir el cuerpo de falla para el que desea ver los resultados tabulados. Luego de seleccionar el número correspondiente al cuerpo de falla, aparecerá otra ventana con la información respectiva de resultados. La nomenclatura de la ventana corresponde a la empleada en las ecuaciones de la norma DIN 4084.



En la ventana de resultados puede elegir nuevas opciones de exposición de resultados. Con el botón "Tabla" usted puede ver los resultados en una hoja, grabarlos para una posterior edición o enviarlos a impresión (véase también 9.1.10 "Archivo / Imprimir tabla de resultados").

### 9.8.6 "Calcular cuerpos de falla intermedios"

Si tiene definidos por lo menos 2 cuerpos poligonales puede realizar el cálculo automático de otros cuerpos de falla intermedios. Para poder realizar este cálculo, los dos cuerpos extremos deben tener la misma cantidad de puntos del polígono.



Especifique inicialmente la cantidad de puntos intermedios y el número correspondiente a los dos cuerpos extremos, para los que se calcularán los *cuerpos poligonales intermedios*. Con este valor se calculará la posición de los puntos intermedios entre las coordenadas x,y correspondientes a los cuerpos de falla extremos. Cuanto más grande sea el valor, tanto mayor será la cantidad de *cuerpos poligonales intermedios*. Si ambos puntos de los *cuerpos poligonales extremos* son iguales, el programa reduce automáticamente el número de *cuerpos poligonales intermedios*. Luego de aceptar con "OK" empezará el cálculo. Durante el cálculo podrá ver permanentemente el cuerpo poligonal que está siendo calculado. Usted puede cancelar en cualquier momento la acción presionando el botón "Cancelar" de la ventana de diálogo que aparece durante el cálculo. Se presentará el menor factor de seguridad calculado hasta el momento de cancelar, así como la cantidad de cuerpos calculados.

Al concluir el cálculo puede transferir el cuerpo de falla con el menor factor de seguridad a la lista de elementos modelados.

Si se realiza el cálculo utilizando el método "Método de cuerpos rígidos" o "Método de bloques", se considerarán además las fuerzas de corte que ejercen en las superficies de falla intermedias.

Se recomienda en general seguir el siguiente procedimiento:

- Defina un cuerpo de falla por ejemplo con pendientes extremadamente grandes del lado activo y pasivo del talud.
- Duplique luego el cuerpo de falla (véase 9.6.4) y reduzca las pendientes al mínimo posible. Si es necesario, altere la posición de los puntos del polígono. Confirme los cambios realizados en la réplica con la tecla [Enter].

- Al duplicar el primer cuerpo de falla se asegura que la cantidad de puntos de ambos polígono sea realmente la misma y de esta forma, que el programa no realice una variación de estos puntos.
- Seleccione a continuación la opción para el análisis de cuerpos de falla intermedios

### 9.8.7 "Mostrar cuerpos intermedios"

Con esta opción podrá ver los cuerpos de falla intermedios creados, y si desea, puede mandarlos a impresión.

### 9.8.8 "Definir nuevos cuerpos de falla"

Con esta opción de menú puede crear un grupo de cuerpos de falla con relativa facilidad utilizando el ratón. En la ventana de diálogo que aparece puede seleccionar distintos métodos de variación a partir de figuras preestablecidas. Después de seleccionar el método de generación de cuerpos de falla e ingresar la cantidad de subdivisiones, puede marcar en el gráfico la figura (líneas, rectángulo, etc.) dependiendo del método que escogió.

Defina por ejemplo un grupo de cuerpos de falla a partir de una figura rectangular con el botón "**1 cuadro rectangular**". La cantidad de polígonos que se crearán depende del número de subdivisiones que ingrese en la ventana siguiente y el tamaño del rectángulo que dibuje en la hoja. El número de subdivisiones en cada dirección generarán los puntos de quiebre de cada cuerpo poligonal.

De esta manera se tiene un ejemplo de aplicación y para cada uno de los métodos y usted puede modelar análogamente sus propias alternativas.

### 9.8.9 "Calcular cuerpos nuevos"

Con esta opción podrá calcular todos los cuerpos de falla generados con la función anterior "**Definir nuevos cuerpos de falla**" (véase 9.8.8).

### 9.8.10 "Mostrar cuerpos nuevos"

Con esta opción podrá ver/desplegar todos los cuerpos de falla generados con la función anterior "**Definir cuerpos de falla mediante líneas, rectángulos/polígonos**" (véase 9.8.8).

### 9.8.11 "Importar/Guardar cuerpos nuevos"

Los cuerpos de falla que hayan sido creados utilizando la herramienta "**Definir nuevos cuerpos de falla**" pueden ser guardados de forma separada y posteriormente importados en una nueva sesión. De esta forma puede analizar distintas variantes sin necesidad de modelar de nuevo el sistema.

### 9.8.12 "Preferencias de resultados"

Acá podrá especificar la forma de presentación del gráfico luego del cálculo. Se puede desplegar el polígono más desfavorable con relleno a colores, las fuerzas actuantes, etc. Dependiendo del método utilizado, usted obtendrá cada vez distintas opciones en esta ventana.

**Janbu:**

Usted puede elegir una forma de presentación con presiones de poros, tensiones de corte, tensiones normales, etc., marcados sobre el cuerpo de falla.

**Método de cuerpos rígidos y Método de bloques:**

Usted puede especificar, entre otros, las fuerzas del diagrama de fuerzas que serán mostradas en el gráfico. Con la opción "**Factor de escala**" se determina la escala de presentación de las fuerzas. Un valor de 0.02 significa por ejemplo, que una fuerza de 120 kN/m será graficada con un tamaño igual a  $120 * 0.02 = 2.4$  m (!).

Las fuerzas pueden ser graficadas como flechas y llevar un relleno a colores. También se puede definir si las flechas llevarán alguna marcación (valor o alguna letra distintiva, por ejemplo "C" de cohesión). Experimente simplemente con todas las opciones de la ventana para obtener la exposición a su gusto.

**9.8.13 "Diagrama de Fuerzas (sólo para "Método de cuerpos rígidos" y "Método de bloques")**

Después de calcular un cuerpo de falla puede generar el polígono de fuerzas del sistema.

**9.8.14 "Diagrama de desplazamientos" (sólo para "Método de cuerpos rígidos")**

Después de calcular un cuerpo de falla puede generar el diagrama de desplazamientos del sistema.

---

**9.9 Preferencias de gráficos**

---

**9.9.1 "Actualizar y zoom"**

El programa trabaja bajo el principio *Lo que ve es lo que obtiene*. Esto significa que los gráficos que se ven en pantalla, serán los mismos que verá el momento de la impresión. Si en algún momento al utilizar el zoom solo puede ver una parte del gráfico, puede volver a una vista completa del mismo con esta herramienta. Acá se especifica directamente el factor de zoom que se desea. Para generar una vista completa del gráfico (zoom = 1.0) puede hacerlo de forma más sencilla presionando la tecla [Esc]. Con la tecla [F2] puede actualizar la vista en pantalla sin alterar el factor de zoom utilizado.

**9.9.2 "Zoom de hoja"**

Usted accederá a una ventana con información sobre el uso del zoom. Mantenga presionada la tecla [Ctrl] y marque un sector de acercamiento con el ratón. Para volver a la vista global presione [Esc].

**9.9.3 "Color y grosor de pluma"**

Para lograr una mejor exposición de resultados, el programa asigna colores estándar para la línea superficial, separación de estratos, etc. Utilizando este submenú puede cambiar la presentación de gráficos de acuerdo a sus preferencias.

Es posible cambiar el espesor de línea de todos los elementos que se muestran en la ventana de diálogo. Haciendo además clic sobre el elemento podrá cambiar el color a su gusto.

En impresoras en *blanco y negro* (impresoras láser), se imprimen los gráficos en distintos tonos de grises. Los elementos gráficos con colores muy claros pueden resultar por tanto difíciles de ver. En esos casos es conveniente utilizar estas preferencias.

#### 9.9.4 "Tipo de fuente en leyendas"

Usted puede cambiar el tipo de letra en todas las leyendas de acuerdo a las convenciones de WINDOWS.

#### 9.9.5 "Barra de herramientas Mini-CAD" y "Barra de herramientas CAD de encabezados"

Con esta herramienta usted puede añadir textos a los gráficos, y complementarlos con líneas adicionales e inclusive fotos (en formato BMP, JPG, PSP, TIF, etc.). Aparece una ventana con los distintos iconos de Mini-CAD. Inserte dibujos o textos eligiendo un icono y presionando la tecla [Shift] para activar el comando. Los gráficos creados con esta herramienta conservarán siempre el sistema de coordenadas del gráfico. Todos los iconos y el modo de uso están explicados en el manual "**Mini-CAD**".

Los elementos de dibujo que se creen con la herramienta "**Barra de herramientas CAD de encabezados**" serán creados con referencia al formato de la página (en [mm]). Por este motivo, estos gráficos conservarán siempre la misma posición en la página, independientemente del sistema de coordenadas. Por este motivo, es mejor que el uso de esta herramienta se limite a la creación de información general sobre el sistema, por ejemplo: Logo de la compañía, numeraciones, especificaciones, etc. Cuando usted guarda los "encabezados" que haya creado (vea también el manual "**Mini-CAD**"), usted puede importarlos nuevamente en un sistema distinto (con otro sistema de coordenadas). El archivo que se crea puede ser leído por cualquier otro programa GGU. El elemento de encabezado guardado previamente, será importado en el misma posición en el nuevo proyecto. Esta herramienta simplifica considerablemente la creación permanente de encabezados e información general del proyecto.

#### 9.9.6 "Barra de herramientas y estado"

Al iniciar el programa usted encontrará una barra de herramientas horizontal estándar en la parte superior. Si usted prefiere, puede cambiar el lugar de esta barra de herramientas y desplazarla por ejemplo para utilizarla como ventana popup de varias columnas, o apagar momentáneamente la barra seleccionando la opción "**Desactivar**".

En la parte inferior de la pantalla aparece siempre una barra de estado. En este submenú puede activar o desactivar esta función.

Las preferencias se guardarán en el archivo "**GGU-STABILITY.ALG**" (véase el menú 9.9.8 "**Preferencias gráficas / Guardar preferencias de gráficos**")

Mediante los iconos en la barra de herramientas usted tendrá acceso directo a la mayor parte de las funciones del programa. La función de cada icono aparece al pasar el ratón ligeramente sobre éste. Algunas funciones pueden ser activadas desde los menús normales.



"Página siguiente" / "Página previa"

Si se encuentra en el modo de presentación tablas de resultados, puede ir con estos iconos de una página a otra.



#### "Seleccionar página"

Si se encuentra en el modo de presentación de tablas de resultados, puede ir directamente a la página que le interese o retornar a la vista del gráfico.



#### "Vista completa"

Si realizó un acercamiento previo en la imagen, presione este icono para volver a la vista completa.



#### "Zoom (-)" / "Zoom (+)"

Con estas funciones podrá acercar o alejar partes de la imagen, al hacer clic con el botón izquierdo.



#### "Color si / no"

Si necesita quitar el color de la presentación para crear una presentación en blanco y negro, o necesita añadir un achurado de relleno, puede utilizar esta herramienta.



#### "Copiar área"

Utilice esta herramienta para seleccionar algún sector específico del gráfico y copiarlo en otro documento, por ejemplo en el reporte en Word. Alternativamente puede guardar directamente la selección como un archivo de imagen. Si no elige esta opción, la selección se copiará automáticamente al portapapeles y estará disponible cuando utilice la herramienta "pegar" en otro documento.



#### "Cambiar método"

Al hacer clic en este icono cambiará automáticamente al siguiente método de cálculo (Janbu, método de bloques deslizantes, etc.). Observe el método actual indicado en la parte inferior derecha de la ventana del sistema.



#### "Deshacer mover"

Con este icono puede eliminar la última edición de posición realizada con la opción "**Datos / Move objects**" o la tecla [F11], y volver al estado previo.



#### "Restaurar mover objeto"

Con este icono puede restaurar la acción que eliminó anteriormente con "**Deshacer mover**".

### 9.9.7 "Líneas de acotado"

Esta función le facilita el acotado del sistema de manera rápida y sencilla. Acá puede elegir si desea únicamente el dimensionamiento horizontal, vertical o paralelo a la superficie.

The dialog box is titled "Líneas de acotado para puntos de superficie". It is divided into three sections:

- Línea de acotado horizontal:** Includes checkboxes for "rotular" (checked), "cargas", and "estratos". Input fields: "Tamaño de fuente [mm]" (2.0), "Decimales" (2), and "y [m sobre el pto. de superficie más alto]" (2.00).
- Línea de acotado vertical:** Includes checkboxes for "rotular" (checked), "cargas", and "estratos". Input fields: "Tamaño de fuente [mm]" (2.0), "Decimales" (2), and "x [m del punto 1 de superficie]" (-2.00).
- Línea de acotado paralela:** Includes checkboxes for "rotular" (checked), "cargas", and "estratos". Input fields: "Tamaño de fuente [mm]" (2.0), "Decimales" (2), and "Distancia [m]" (1.00).

Buttons for "OK" and "Cancelar" are located at the bottom of the dialog.

La distancia a los puntos superficiales se define mediante "y" (horizontal), "x" (vertical) y "Distancia" (paralela). Los valores negativos definen una posición debajo o a la izquierda de un punto superficial. Todos los valores están en metros de acuerdo a la escala seleccionada. (Véase el menú "Formato de página / Cambiar coordenadas (tabla)" en 9.10.2).

La forma más rápida de modificar la posición de la leyenda es directamente en pantalla presionando la tecla [F11] para activar la función "mover" y luego arrastrar la leyenda a la posición deseada manteniendo presionado el botón izquierdo del ratón.

### 9.9.8 "Guardar preferencias de gráficos"

Algunas de las preferencias seleccionadas en el menú de "Preferencias de Gráficos" pueden ser guardadas en un archivo especial. Si el momento de guardar, elige el nombre de archivo "GGU-STABILITY.ALG", y guarda además el archivo en la misma carpeta del programa, las preferencias seleccionadas serán cargadas cada vez que inicie el programa.

### 9.9.9 "Importar preferencias de gráficos"

Usted puede importar las preferencias gráficas que haya guardado en otra sesión con la herramienta del menú "Preferencias de gráficos / Guardar Preferencias de gráficos". Únicamente la información guardada será actualizada.

## 9.10 Formato de página

---

### 9.10.1 "Cambiar coordenadas automáticamente"

Si se cambia el sistema de coordenadas durante el proceso de visualización, es posible recalcularse las coordenadas, de tal forma que se cree nuevamente un sistema de coordenadas global que muestre todas las fundaciones existentes. (El comando aplica la misma escala tanto en x como en y) Esta función puede ser activada directamente presionando la tecla [F9].

### 9.10.2 "Cambiar coordenadas (tabla)"

Usted puede alterar las coordenadas de la imagen ingresando directamente los nuevos valores en la ventana de diálogo. Esto le permite ingresar una escala exacta. Las coordenadas se refieren al área de dibujo, que puede ser a su vez definida en el menú "Formato de página / Formato de hoja" Las nuevas coordenadas ingresadas pueden ser guardadas en un archivo especial.

### 9.10.3 "Zoom de gráfico"

Con esta función podrá agrandar o reducir las coordenadas de la imagen. Esta opción es muy útil cuando se tienen por ejemplo puntos centrales que quedan fuera de la vista actual del sistema.

### 9.10.4 "Cambiar coordenadas (ratón)"

Usted puede alterar las coordenadas del gráfico directamente mediante el ratón. Una ventana informativa explica el uso de este comando.

Si usted desea que aparezca únicamente un sector del gráfico, puede hacer un acercamiento permanente en éste, de tal forma de que se cree un nuevo gráfico con el acercamiento seleccionado y un nuevo sistema de coordenadas. Marque la sección de acercamiento con el botón izquierdo manteniendo presionadas las teclas [Shift] y [Ctrl]. Note que el nuevo gráfico no es solamente un Zoom del sistema, sino que se crea un sistema completamente nuevo de coordenadas. Usted puede volver al sistema de coordenadas global del sistema con la tecla [F9].

### 9.10.5 "Guardar coordenadas"

Si desea utilizar el sistema de coordenadas actual en otro proyecto, puede guardar con esta función las coordenadas actuales del sistema con la extensión ".BXY".

### 9.10.6 "Importar coordenadas"

Con esta función puede importar en cualquier momento las coordenadas guardadas en una sesión previa con la función de menú "Tamaño de hoja y márgenes / Guardar".

### 9.10.7 "Formato de hoja"

Con este comando es posible editar el formato de la hoja de impresión. El formato estándar que usa el programa es tamaño A3. Acá se puede editar el ancho y alto de la página, así como los límites de impresión/ploteado.



- En "Página en general" se ingresa el tamaño de la hoja de dibujo. El programa utiliza el formato estándar A3 por defecto. El programa dibuja automáticamente las líneas para recortar alrededor de la página, que se necesitan luego del ploteo del documento. Estos bordes pueden ser eliminados desactivando la casilla "Con bordes".
- En "Margen de página" se determina los márgenes entre el marco del gráfico y la hoja de dibujo. Dentro del marco quedará luego el gráfico realizado. Puede quitar el marco desactivando la casilla "Con márgenes".
- En "Bordes de impresión" se edita el espacio entre el gráfico y el marco del gráfico.

#### 9.10.8 "Tamaño de fuente"

Al activar este submenú es posible especificar todos los tamaños de letra de la presentación, de acuerdo al ítem, en la ventana que aparece.

Los tamaños de letra de los textos en las leyendas pueden ser cambiados en el editor de la leyenda. Para esto haga doble clic directamente sobre la leyenda.

### 9.11 Muro de refuerzo

---

#### 9.11.1 Información General de Uso

El ingreso de la geometría del sistema se realiza como se indicó en los anteriores capítulos. Las preferencias de la estructura de refuerzo se especifican directamente en éste menú. Las características de la estructura de refuerzo pueden ser especificadas únicamente si se activa la casilla "Calcular muro" en el submenú "Muro de refuerzo / Preferencias".

Para realizar el análisis deberá especificar el tramo de la superficie en el que estará localizada la estructura de refuerzo. La línea seleccionada de la superficie será la que se considere con mayor énfasis en todos los cálculos de estabilidad.

El cálculo de estructuras de refuerzo puede ser realizado únicamente en sistemas con **mecanismo de falla hacia la izquierda**.

### 9.11.2 "Tipo de refuerzo"

En este submenú puede especificar las preferencias generales del muro de refuerzo del talud. La casilla "**Calcular muro**" deberá estar para esto activada. A continuación seleccione el tipo de estructura de refuerzo que utilizará: **Clavos, anclajes, geosintéticos o pilotes tensados**.

Configuración del muro

Cálculo del muro  
 Calcular muro

El muro consiste de:  
Clavos

Definición de caras  
No. de caras: 1  
Cara 1: 2 Cara 4: 4  
Cara 2: 2 Cara 5: 5  
Cara 3: 3 Cara 6: 6

Estado constructivo  
 Analizar el estado constructivo Info

Placa de hormigón  
Espesor placa de hormigón [m]: 0.250

T0/L0 para geosintéticos  
 Especificar L0 y determinar T0 automáticamente  
 Especificar T0  
(L0 = longitud de dobléz  
T0 = fuerza de adherencia en la cabeza debida al dobléz)

Posición del doblez superior  
Doble superior [m]: 0.000  
(m bajo la cabeza del muro)

Cohesión y geosintéticos  
 Cohesión como componente de fricción  
Coeficiente [-]: 0.500

Punzonamiento, pilotes tensados PT y exportar a GGU-SLAB  
Espaciamiento horiz. clavos [m]: 1.500

Análisis de capacidad de carga  
 gam2 como peso unitario boyante

OK Cancelar

Elija posteriormente la cara del polígono superficial en la que se ubicará la estructura. Puede seleccionar más de una cara para el refuerzo en "**No. de caras**". Las caras superficiales están numeradas comenzando por la primera de la izquierda. Asigne en esta casilla el número correspondiente al sitio de emplazamiento de la estructura de refuerzo. La cara del polígono seleccionada será resaltada en el sistema con un diferente espesor y color.

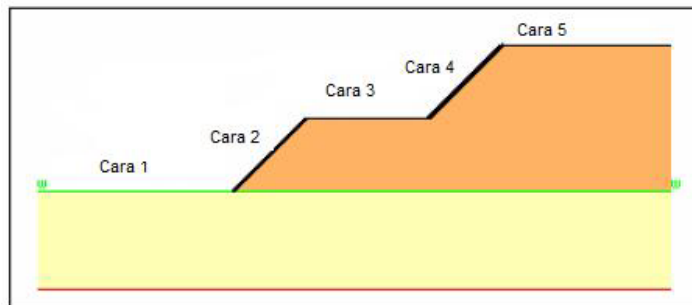


Figura 16. Numeración de caras superficiales

La fuerza T0 corresponde a un anclaje en la cabeza del geosintético (Ej. Un muro de gabiones) que puede generarse constructivamente al doblar los extremos del mismo por ejemplo. Si seleccionó como refuerzo la opción "**Geosintéticos**" y además la casilla "**Especificar L0 y determinar T0 automáticamente**", deberá ingresar la longitud de dobléz (fold-over length) el momento de generar el cuerpo de geosintéticos. El programa calcula luego de forma automática la fuerza T0.

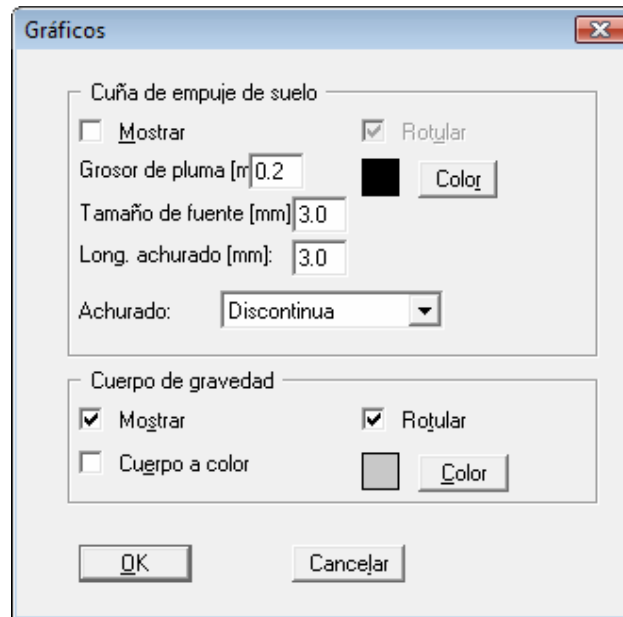
La información sobre el espesor del muro de concreto "**Espesor placa de hormigón**" y los centros horizontales de los cuerpos clavados/anclados "**Espaciamiento horizontal clavos**", es importante si se desea exportar el sistema al programa **GGU-SLAB** para el análisis estructural y la verificación al punzonamiento.

En el botón "**Info**" encontrará más información con respecto a la casilla "**Analizar el estado constructivo**".

Si se encuentra activada la casilla "**gam2 como peso unitario boyante**", se tomará en cuenta este valor del peso específico en el cálculo de la capacidad de carga (véase "**Fundamentos Teóricos**" en 8.8.6).

### 9.11.3 "Mostrar gráficos"

Con esta opción podrá editar las preferencias de presentación luego de calcular la estabilidad interna del cuerpo de refuerzo (véase 9.11.14). En la ventana podrá elegir el color y tipos de letra de la cuña de falla y el empuje activo ("**Cuña de empuje de suelo**"), así como la preferencias del cuerpo de gravedad reforzado. La ventana se activa únicamente si se trabaja con alguno de los métodos de cuñas deslizantes.



Los cambios en las preferencias no tienen influencia sobre el cálculo ni los resultados. Pruebe simplemente varias opciones hasta obtener la que usted prefiera.

#### 9.11.4 "Verificación / Seguridad"

Con esta opción de menú usted puede influenciar la información que se muestra en la leyenda y en la tabla con el protocolo de resultados.

Verificaciones/Factor de seguridad

Verificaciones/Seguridad

- Verificación al deslizamiento FS
- Verificación al vuelco FS
- Capacidad de carga FS
- Verificación al punzonamiento

Cargas permanentes/Cargas vivas (GZ 1B)

gamma(G): 1.35  
(G: LF 1: 1,35 / LF 2: 1,20 / LF 3: 1,00)

gamma(Q): 1.50  
(Q: LF 1: 1,50 / LF 2: 1,30 / LF 3: 1,00)

Factor de seguridad al deslizamiento (GZ 1B)

gamma(Deslizamiento): 1.10  
(LF 1: 1,10 / LF 2: 1,10 / LF 3: 1,10)

Capacidad de carga del suelo (GZ 1B)

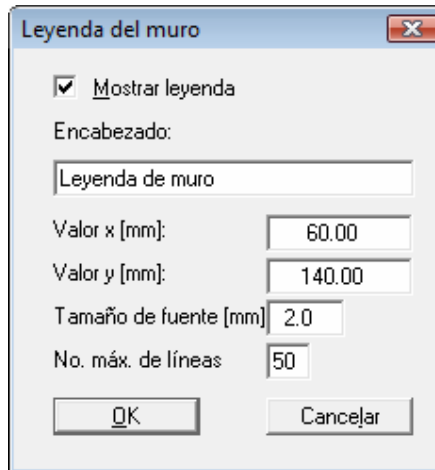
gamma(Cap. carga): 1.40  
(LF 1: 1,40 / LF 2: 1,30 / LF 3: 1,20)

OK Cancelar Valores estándar

Si, por ejemplo, usted no desea calcular la capacidad portante con el método simplificado, y prefiere realizar un cálculo preciso mediante polígonos o círculos de falla, puede detener el cálculo de la capacidad portante con el método simplificado por completo.

#### 9.11.5 "Leyenda del Muro"

Cuando se analiza una estructura de refuerzo, se presenta una leyenda con los detalles del muro de concreto, si se activa la casilla "Mostrar leyenda".

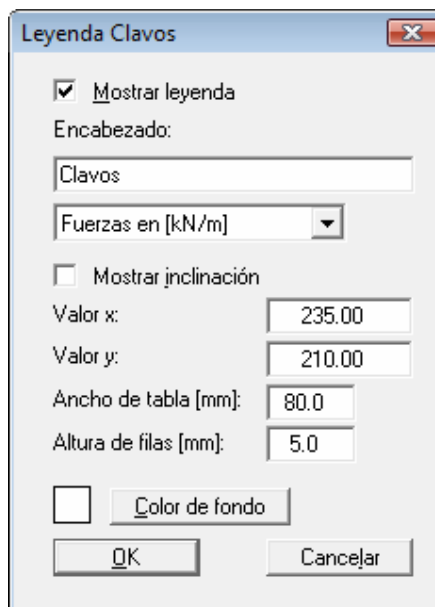


La posición de la leyenda se especifica con las coordenadas "x" y "y". Cambie el tamaño de letra en la casilla "**Tamaño de fuente**" o el número máximo de líneas en la casilla "**No. máx. de líneas**". Si es necesario, la presentación se hará en varias columnas.

La forma más rápida de mover una leyenda es presionando la tecla **[F11]** y luego llevar la leyenda a su nueva posición manteniendo presionado el botón izquierdo del ratón.

#### 9.11.6 "Leyenda de refuerzos"

Si activa la casilla "**Mostrar leyenda**", se mostrará una leyenda con toda la información sobre los elementos de refuerzo (Clavos, anclajes, geosintéticos o pilotes tensados) en una tabla.



La posición de la leyenda se especifica con las coordenadas "x" y "y". Cambie el tamaño de letra en la casilla "**Tamaño de fuente**" o el ancho de tabla y altura de fila.

La forma más rápida de mover una leyenda es presionando la tecla [F11] y luego llevar la leyenda a su nueva posición manteniendo presionado el botón izquierdo del ratón.

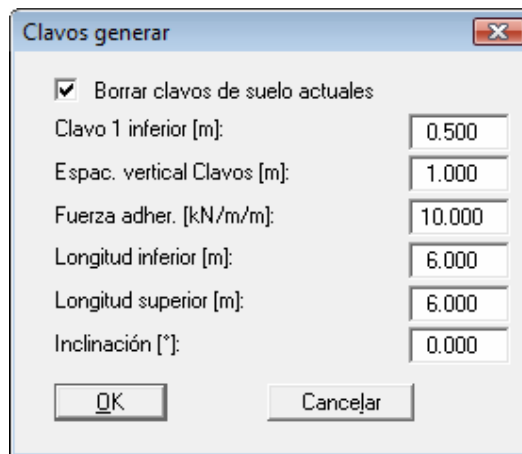
### 9.11.7 "Ingresar refuerzos manualmente"

Este submenú es idéntico al botón correspondiente a cada tipo de refuerzo "Clavos" / "Anclajes" / "Geosintéticos", que se encuentra en la ventana de diálogo al iniciar "Datos / Ingreso de datos". Este submenú se duplicó en este lugar únicamente para dar mayor comodidad al el usuario.

En el **Ejemplo práctico 2: "Paso 2: Ingreso de datos del sistema"** (7.2.11), encontrará una descripción completa sobre la modelación de refuerzos. En 7.2.7 encontrará la descripción para la modelación de anclajes y en 7.2.12 la modelación de geosintéticos.

### 9.11.8 "Generar"

Con esta opción es posible generar el refuerzo del talud de un forma muy simple. Si el refuerzo se realiza con clavos, aparecerá por ejemplo la siguiente ventana:



Clavos generar

Borrar clavos de suelo actuales

Clavo 1 inferior [m]: 0.500

Espac. vertical Clavos [m]: 1.000

Fuerza adher. [kN/m/m]: 10.000

Longitud inferior [m]: 6.000

Longitud superior [m]: 6.000

Inclinación [\*]: 0.000

OK Cancelar

Después de llenar la información de la ventana (distancia a la base del primer refuerzo, distancia entre refuerzos, fuerza de adherencia, longitud e inclinación), acepte con OK para ver los refuerzos en el gráfico. Si la disposición de los refuerzos no corresponde a sus requerimientos, puede repetir este proceso, activando previamente la casilla "**Borrar clavos de suelo actuales**".

#### **Atención:**

La fuerza de Adherencia está dada en [kN/m] por metro de ancho del muro. Esta fuerza resulta de la multiplicación por la separación horizontal entre clavos.

Si el refuerzo se realiza con anclajes, aparecerá una ventana específica para este tipo de refuerzo:

**Generar anclajes**

Borrar anclajes actuales

Clavo 1 inferior [m]: 0.500

Espac. vertical Anclajes [m]: 1.000

Fuerza de anclaje [kN/m]: 100.000

Longitud de inyección [m]: 5.000

Anclajes son pretensados

Longitud inferior [m]: 6.000

Longitud superior [m]: 6.000

Inclinación [°]: 0.000

OK Cancelar

**Atención:**

La fuerza de anclaje esta dada en [kN] por metro de ancho del muro. Esta fuerza resulta de la multiplicación por la separación horizontal entre anclajes.

Si el refuerzo se realiza con geosintéticos, aparecerá una ventana específica para este tipo de refuerzo:

**Geosintéticos generar**

Borrar geosintéticos actuales

Clavo 1 inferior [m]: 0.500

Espac. vertical Geosintéticos [m]: 1.000

Factor de reducción  $\mu$  [-]: 0.300

T0 [kN/m]: 0.000

T(D) [kN/m]: 100.000

Longitud inferior [m]: 6.000

Longitud superior [m]: 6.000

Inclinación [°]: 0.000

OK Cancelar

Una vez que se haya creado la estructura de refuerzo, se abre una ventana de diálogo, en la que puede, si desea, generar nuevas superficies de falla. (Véase "**Muro de refuerzo / Generar superficies de falla**" en 9.11.10).

### 9.11.9 "Editar"

Si usted definió un muro de clavos y luego el cálculo le indicó que los mismos estaban sobredimensionados, puede editar directamente la longitud y las fuerza de adherencia en este submenú.

Modificar clavos de suelo

Alargar todos con factor  
Factor: 1.2000 Ejecutar

Nueva longitud para todos  
Longitud [m]: 6.0000 Ejecutar

Nueva fuerza de adherencia para todos  
Fuerza de adherencia 10.0000 Ejecutar

Cerrar

Si elige el botón "Ejecutar", se cambiarán los valores de los clavos por los indicados en la casilla correspondiente. Aumente o reduzca directamente la longitud de todos los clavos, al multiplicarlos por un factor dado en la casilla "Factor".

**Atención:**

La fuerza de Adherencia está dada en [kN/m] por metro de ancho del muro. Esta fuerza resulta de la multiplicación por la separación horizontal entre clavos.

Si el refuerzo se realiza con anclajes, aparecerá una ventana específica para este tipo de refuerzo:

Modificar anclajes

Alargar todos con factor  
Factor: 1.2000 Ejecutar

Nueva longitud para todos  
Longitud [m]: 6.0000 Ejecutar

Nueva fuerza de anclaje para todos  
Fuerza de anclaje [kN/m]: 100.0000 Ejecutar

Nueva longitud de inyección para todos  
Longitud de inyección [m]: 5.0000 Ejecutar

Cerrar

**Atención:**

La fuerza de anclaje esta dada en [kN] por metro de ancho del muro. Esta fuerza resulta de la multiplicación por la separación horizontal entre anclajes.

Si el refuerzo se realiza con geosintéticos, aparecerá una ventana específica para este tipo de refuerzo:

geosintético(s) a editar

Alargar todos con factor  
Factor: 1.2000 Ejecutar

Nueva longitud para todos  
Longitud [m]: 6.0000 Ejecutar

Nuevo  $\mu$  para todos  
 $\mu$  [-]: 0.3000 Ejecutar

Nuevo T0 para todos  
T0 [kN/m]: 0.0000 Ejecutar

Nuevo T(D) para todos  
T(D) [kN/m]: 100.0000 Ejecutar

Cerrar

#### 9.11.10 "Generar superficies de falla " (no aparece con círculos de falla)

Llenando unos cuantos datos, usted puede generar rápidamente nuevas superficies de falla con este submenú. Se generarán superficies con dos secciones poligonales (mecanismo de falla de 2 cuerpos)

Generar superficies de falla

Eliminar superficies de falla existentes

Cuña del empuje activo de suelo

Inclinación mín. [°] 45.0

Inclinación máx. [°] 65.0

No. de subdivisiones 2

Superficies de falla

Sólo desde el refuerzo más inferior

Punto de inicio bajo la cabeza del refuerzo [m]: 0.50

No. de intersecciones con refuerzos 5

Generar solamente curvatura unidireccional

OK Cancelar

En la parte superior de la ventana puede definir la inclinación de la línea de falla superior (atrás), la misma que es responsable por el empuje de tierra activo actuante sobre el sistema. Las dos inclinaciones que se ingresan, se usan como valores extremos. El número de subdivisiones entre estos dos ángulos se especifica en "No. de subdivisiones".

Defina luego la posición de la línea inferior en la parte inferior de la ventana. Si desactiva la casilla "sólo desde el refuerzo más inferior", se generarán líneas de falla adicionales sobre cada refuerzo. Estas líneas parten en la cabeza del refuerzo, o, desde la distancia dada por debajo de éste en la casilla "Punto de inicio bajo la cabeza del refuerzo [m]". Las líneas de falla acaban siempre en el pie del refuerzo si la línea de falla tiene una inclinación positiva, de lo contrario se rechazará la línea de falla (exceptuando el refuerzo inferior). Si el valor de las intersecciones con el refuerzo ("No. de intersecciones con refuerzos") es  $>0$ , se generan líneas de falla adicionales que intersectan el refuerzo correspondiente.

En términos estrictos, cualquier análisis que se realice con el método "Método de cuerpos rígidos" deberá variar siempre las superficies de falla intermedias. La inclinación de la línea de falla intermedia es adoptada por el programa con el mismo valor dado para la línea de falla superior, pero con signo cambiado. Este lugar es por lo general el más desfavorable para la línea intermedia, exceptuando los sistemas de líneas intermedias y líneas principales en regiones de estratificación variada.

#### 9.11.11 "Deslizamiento, Vuelco, Falla del suelo"

Las verificaciones se realizan de acuerdo a los "Fundamentos teóricos" explicados en el capítulo 8. Los resultados de cálculo aparecerán en una ventana informativa.

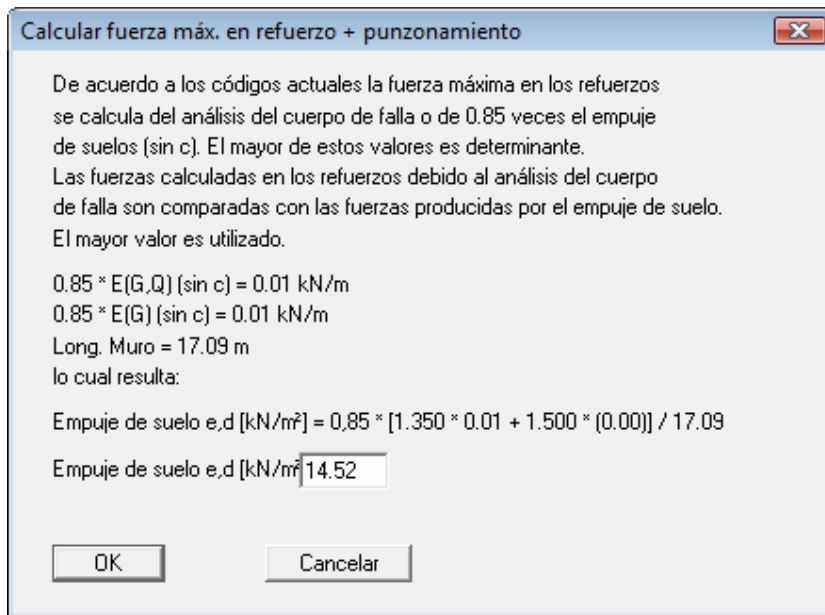
Esta función puede ser ejecutada directamente con la tecla [F7]. Esta opción no estará disponible si se seleccionaron varias caras de refuerzo del talud.

### 9.11.12 "Fuerza máxima de refuerzo"

De acuerdo a los estándares actuales, la verificación de los clavos más importante a realizar, es la que obtiene las mayores fuerzas sobre los mismos. Para ello hay que realizar los siguientes cálculos:

- Componentes de carga en los clavos obtenidos del cálculo de los cuerpos deslizantes en la condición final y durante el periodo constructivo.
- Componentes de carga en los clavos obtenidos del empuje de suelo sobre la placa de concreto o la malla externa. El valor del empuje de suelo producido por en la cuña reforzada por clavos, actuante sobre la placa de concreto o malla externa, puede ser adoptado como 85% del valor del empuje activo, pero sin la aplicación de cohesión. La distribución del empuje de tierra puede ser adoptada de forma rectangular, incluso en suelos estratificados. El ángulo de rozamiento con el muro se adopta  $\delta = 0$ .

La opción "**Fuerza máxima de refuerzo**" solo puede ser seleccionada si se realizó el cálculo de los cuerpos poligonales de falla. Durante este cálculo, el programa determina, entre otras cosas, la fuerza máxima de los clavos. El 85% del empuje de suelo, sin cohesión, tiene una distribución rectangular sobre la longitud de la placa de concreto o malla externa. Usted verá el siguiente cuadro de diálogo con el empuje de suelo distribuido "e":



El valor del empuje que se expone en la casilla como sugerencia para el cálculo de los componentes de carga del clavo y puede, si es necesario, ser editado. Con el botón "**Retomar valor antiguo del empuje de suelos**", usted puede usar un valor anteriormente ingresado. Los componentes de la fuerza sobre los clavos serán calculados una vez presionado el botón "**OK**". Si el componente de la fuerza en algún clavo es mayor que el componente obtenido del análisis del cuerpo de falla, este valor será el utilizado para el diseño.

### 9.11.13 "Fuerza máx. en refuerzo + punzonamiento"

El valor del empuje que se sugiere en la ventana de diálogo en "Fuerza máx. en refuerzo" (Véase 9.11.12), será también usado para la verificación al punzonamiento. Luego de confirmar o editar el valor del empuje sugerido, aparecerá la siguiente ventana:

Verificación al punzonamiento

247 cuerpos de falla de 247 calculados  
Espac. horizontal de refuerzos = 1.500 m  
Fuerza máx. en refuerzo No. 1 = 52.80 kN

Verificación con [kN]: 52.80

Retomar valor de verificación antigua

Empuje de suelo  $e$  [kN/m<sup>2</sup>] = 20.13

Altura efectiva / espesor [-]: 0.850  
Ancho = Altura (Placa de ref.) [m]: 0.250  
Refuerzo a flexión exist. [cm<sup>2</sup>/m]: 5.03

Concreto: C 20/25    BSt 500

OK    Cancelar

F máx. en refuerzo [kN/m]:  
(divido por  $e$  respectivo)

5:	20.1
4:	21.2
3:	25.2
2:	29.4
1:	35.2

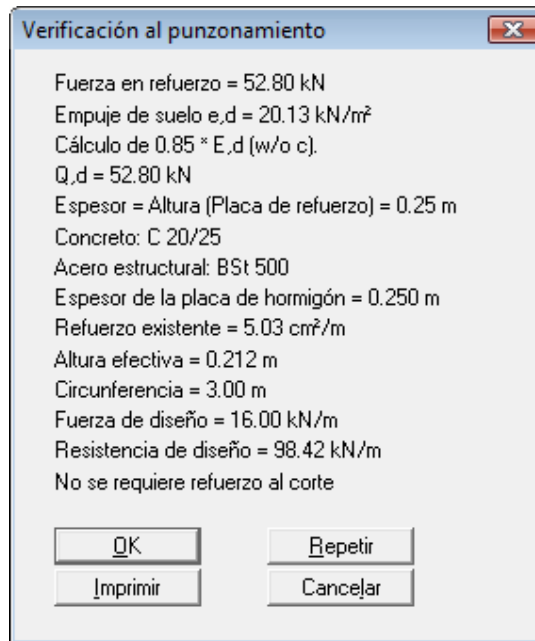
Las fuerzas máximas en cada clavo, calculadas como se describió anteriormente, son mostradas en una lista en la ventana de diálogo. El máximo valor es multiplicado por la separación horizontal entre clavos y mostrado como valor sugerido de diseño al punzonamiento en la casilla "Verificación con [kN]". Este valor puede ser editado si se desea. Si usted va a realizar varios cálculo con cuerpos de falla, pero desea calcular la seguridad al punzonamiento con un valor distinto al sugerido, puede usar el botón "Retomar valor de verificación antigua" para recuperar el último valor ingresado en esta casilla.

Luego de aceptar los cambios se calculará la seguridad al punzonamiento. La fuerza de compresión bajo el sector de punzonamiento será sustraída de la fuerza del clavo, de acuerdo a la norma alemana DIN 1045. La fuerza de compresión se obtiene a partir del empuje de suelo reducido (véase más arriba)

Además de la información indicada, se debe ingresar la siguiente información de acuerdo a la norma 1045, para el cálculo de la seguridad al punzonamiento:

- Altura efectiva de la placa de concreto en el sector de verificación (% del espesor de la placa)
- Ancho de la placa del clavo (=altura)
- Armadura de flexión existente (cm<sup>2</sup>/m)
- Hormigón utilizado
- Acero utilizado

Estos datos se ingresan en las casillas respectivas de la ventana de diálogo. La verificación se realizará una vez aceptados los cambios con el botón "OK".



La ventana informativa que aparece contiene todos los valores de cálculo. Si presiona el botón "Repetir" podrá realizar nuevamente el cálculo con distintos valores.

Si activó la casilla "Verificación al punzonamiento" en el submenú "Muro de refuerzo/Verificaciones", se presentarán los valores de diseño más importantes en la "Leyenda de refuerzos" en la hoja de cálculo.

#### 9.11.14 "Calcular empuje de suelo + peso"

Usted podrá calcular los empujes y el peso del suelo independientemente de los submenús anteriores. Los resultados se muestran en ventanas de diálogo.

### 9.11.15 "Exportar a GGU-SLAB"

Esta es una función de exportación de datos que posibilita el diseño a flexión de la placa de concreto. Los datos exportados pueden ser leídos por el programa **GGU-SLAB**. Este programa permite el análisis y diseño de placas mediante el método de Elementos Finitos.

Exportar a GGU-SLAB

¿Qué tipo de placa?

Placa continua

Placa horizontal continua

Placa aislada

FE red para GGU-SLAB

Espac. de nodos máx. (horizontal) [m]: 0.125

Espac. de nodos máx. (vertical) [m]: 0.125

Carga distribuida para GGU-SLAB

0.85 \* calc. empuje de suelo (sin c) = 100.6 kN/m

Long. Muro = 5.00 m

==> Carga distribuida [kN/m<sup>2</sup>]: 20.126

OK Cancelar

Si no está seguro que tipo de placa elegir en la parte superior de la ventana, puede referirse a la sección 8.8.8 "**Fundamentos teóricos**". Si no seleccionó una placa rellena ("**Placa continua**"), aparecerá la siguiente ventana luego de aceptar con "**OK**":

Espesor individual de placa

Espesor individual máx. de placa [m]: 2.0000

OK Cancelar

El programa calcula el valor máximo a partir de las distancias verticales existentes entre los clavos y propone este valor para la placa equivalente en **GGU-SLAB**. El valor puede ser editado por el usuario.

Las dos casillas intermedias en la ventana "**Exportar a GGU-SLAB**" definen el grado de fineza de la cuadrícula de elementos finitos que se exportará a **GGU-SLAB**. Sin embargo, el programa **GGU-SLAB** contiene también una herramienta para realizar el afinado de forma más sencilla.

Si necesita más información sobre la carga distribuida permanente sobre la placa puede referirse al punto 8.8.8 en este manual.

El sistema estático exportado a **GGU-SLAB** utiliza la simetría de los clavos de refuerzo. Los tres sistemas estáticos posibles para la exportación a **GGU-SLAB** se muestran en las siguientes figuras:

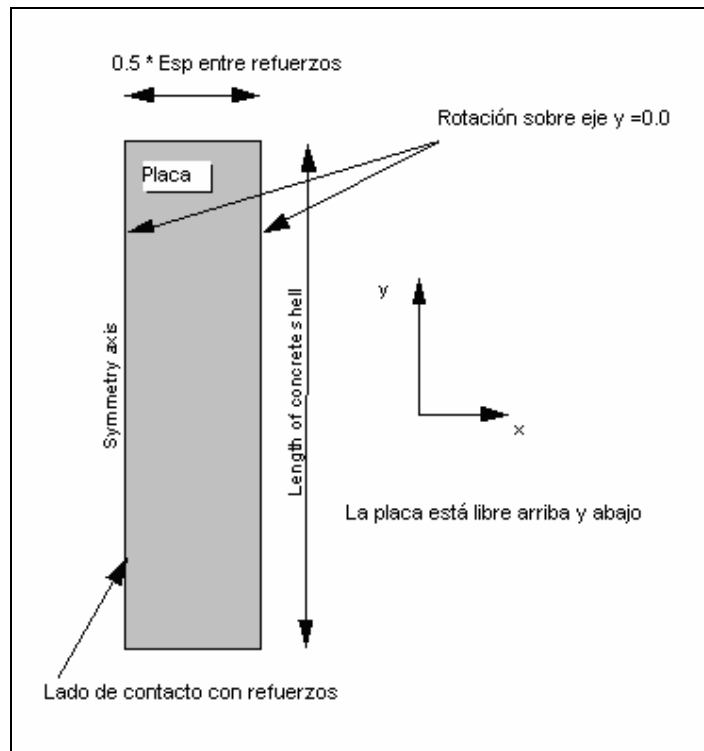


Figura 17. Sistema estático para una placa rellena

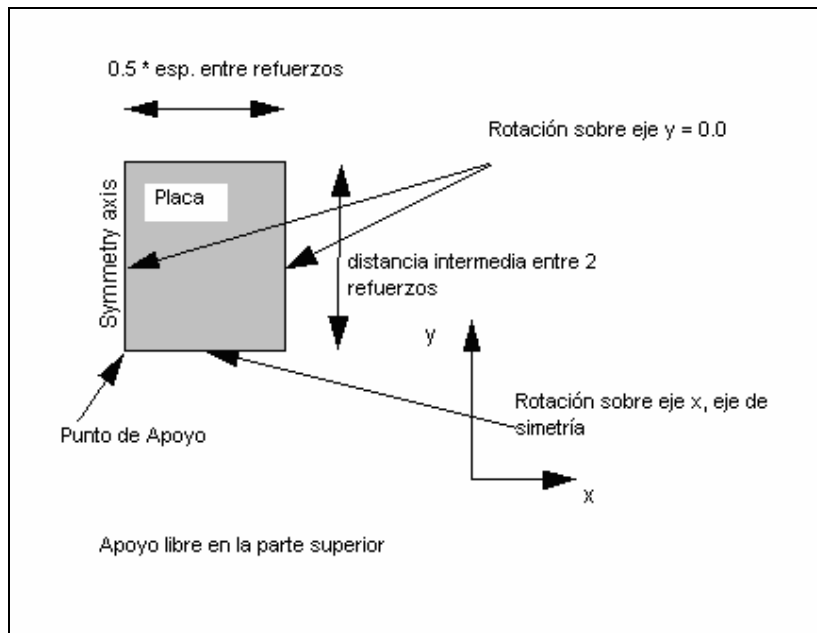


Figura 18. Sistema estático para una placa horizontal continua

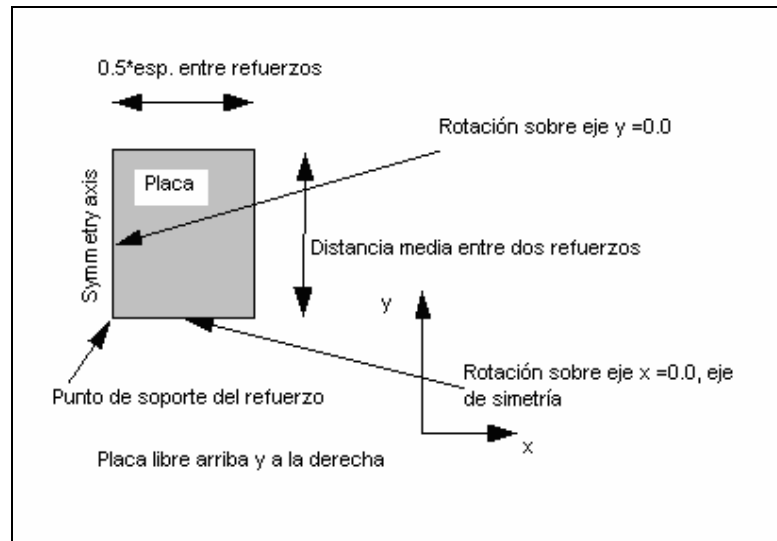


Figura 19. Sistema estático para una placa individual

## 9.12 Menú "?"

---

### 9.12.1 "Derechos reservados"

La información de derechos de autor, derechos reservados y la versión del programa puede ser consultada en esta ventana.

El botón "**Sistema**" muestra la información sobre la configuración de su computador y las carpetas utilizadas por **GGU-STABILITY**.

### 9.12.2 "Ayuda"

Se ingresa a la ayuda online utilizando un explorador local (Ej. MS Internet Explorer). Esta función puede ser ejecutada directamente con el comando **[F1]**.

### 9.12.3 "GGU en la web"

Este es un vínculo directo con la página web de GGU Software: [www.ggu-software.com](http://www.ggu-software.com). Acá podrá revisar las últimas versiones de los programas y descargar aquellos que le interesen. Si desea inscribirse al Boletín de Novedades puede hacerlo inscribiendo sus datos en la base de datos en <http://kbase.civilserve.com>.

### 9.12.4 "GGU - Soporte técnico"

Este submenú es un acceso directo al área de soporte técnico [Support area](#) en la página web [www.ggu-software.com](http://www.ggu-software.com).

### 9.12.5 "¿Qué es lo nuevo?"

Usted podrá ver información sobre los últimos cambios al programa en comparación con versiones anteriores.

### 9.12.6 "Configuración de idioma"

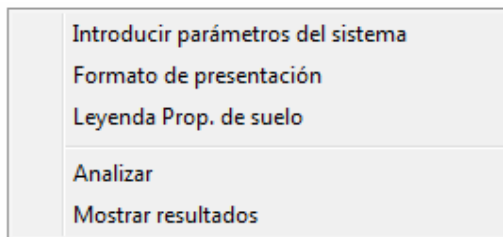
Con este comando es posible elegir y cambiar el idioma (entre inglés, alemán o español) de los gráficos y de todos los comandos.

---

## 10 Consejos útiles

---

Si hace clic derecho en cualquier lugar de la pantalla aparecerá un menú con las principales opciones del programa.



Haciendo doble clic sobre las leyendas o elementos de Mini-CAD, puede acceder directamente al editor correspondiente y editar las propiedades.

Usted puede recorrer de una página a otra utilizando los controladores de cursor del teclado o las teclas "**Página adelante**" y "**Página atrás**".

Haga clic y mantenga presionada la tecla [**Ctrl**] para activar la función de zoom. El programa hará un zoom sobre el área seleccionada.

Es posible acceder a distintas funciones del programa directamente mediante el teclado. A continuación se indican los comandos asignados:

- [**Esc**] Actualiza el contenido de la pantalla y asigna el tamaño de hoja al formato A3. Este comando es muy útil si usted, por ejemplo, realizó un zoom en un sector determinado y luego quiere volver rápidamente a la vista completa.
- [**F1**] Abre el archivo de ayuda.
- [**F2**] Actualiza la pantalla sin alterar la escala actual.
- [**F3**] Abre el menú "**Editor gráfico / Superficie**".
- [**F5**] Abre el menú "**Factores de Seguridad/Uso / Calcular**" o "**Factores de Seguridad/Uso / Calcular cuerpos definidos**".
- [**F6**] Abre la función de menú "**Editor gráfico / Estratos**" (Editor gráfico / Estratos).
- [**F7**] Abre la función de menú "**Muro de refuerzo / Deslizamiento, Vuelco, Falla de suelo**".
- [**F8**] Abre la función de menú "**Factores de Seguridad/Uso/ Mostrar círculo específico**".
- [**F9**] Abre la función de menú "**Formato de página / Cambiar coordenadas automáticamente**".
- [**F11**] Activa la función de menú "**Datos / Mover objetos**".

---

## Índice temático

---

### A

Abrir un archivo .....	55
Acuífero confinado .....	28
Afinar la red PP .....	83
Altura lateral de la dovela .....	44
Anclajes .....	27
Anclajes no pretensados .....	27
Anclajes pretensados .....	27
Angulo de fricción interna .....	23
Animación del mecanismo de falla .....	89
Archivo Metafile .....	57
Archivo Nuevo .....	55
Auto-tesado .....	42

### B

Barra de herramientas .....	100
Bishop .....	41

### C

Calcular .....	37
Calcular cuerpos de falla .....	95
Cambiar método .....	101
Cambio de idioma .....	120
Capacidad de carga .....	73
Capacidad portante del suelo .....	73
Carga permanentes .....	26
Cargas puntuales .....	27, 75
Cargas sísmicas .....	28
Cargas vivas .....	27
Chequeo del sistema .....	67
Círculos de falla .....	33, 37
Clavos .....	30, 48, 75
Clavos pretensados .....	42
Clavos, espaciamiento .....	30
Clavos, fuerza de sujeción .....	31
Clavos, inclinación .....	31
Coefficiente de permeabilidad .....	65
Cohesión .....	23
Color y espesor de líneas .....	99
Condiciones artesianas .....	28, 75
Configurar impresora .....	55
Consolidación .....	44
Coordenadas automáticamente .....	103
Coordenadas con el mouse .....	103
Coordenadas manualmente .....	103
Coordenadas, guardar .....	103
Coordenadas, importar .....	103
Copia en espejo .....	68
Cuadrícula .....	13, 74
Cuerpo de falla .....	39
Cuerpo deslizante principal .....	86
Cuerpos de falla intermedios .....	97
Cuerpos deslizantes .....	86
Cuña de empuje pasivo .....	47

### D

Definición de estratos .....	74
Deshacer (undo) .....	77
Deslizamiento de cuerpos rígidos .....	43
Deslizamiento vertical de bloques .....	43
Desplegar resultados .....	90
Diagrama de fuerzas .....	28
DIN 1045 (nueva) .....	8
DIN 1054 (nueva) .....	8
DIN 4084 (nueva) .....	8
Drenes verticales .....	45

### E

Editar coordenadas .....	81
Elementos estructurales .....	66
Empuje pasivo .....	47
Encabezados .....	60
Estabilidad global .....	51
Estabilidad interna de refuerzos .....	49
Estrato confinado .....	75
Estratos .....	15, 24
Estratos en consolidación .....	45, 64
Etapas constructivas .....	53
Exceso de presión de poros .....	65
Exportar .....	56
Exportar a GGU-Slab .....	117

### F

Factores de seguridad .....	46
Factores estándar .....	67
Factores parciales .....	67
Fellenius .....	46
Formato de página .....	103
Formato de presentación .....	68
Fuerzas máximas en clavos .....	114
Fundación .....	73
Fundamentos Teóricos .....	41

### G

Generación automática de talud .....	68
Generar el refuerzo .....	109
Geosintéticos .....	31, 75
Geosintéticos, fuerza de sujeción .....	32
Geotextiles .....	31
GGUCAD .....	57
GGU-SLAB .....	117
GGU-SS-FLOW2D .....	78
Guardar archivo .....	55
Guardar como .....	55

### I

Idioma .....	10
Importar archivo ASCII .....	79

