

CivilCAD2000

MANUAL DEL USUARIO

MÓDULO DE BIELAS Y TIRANTES

Versión 2.0

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

Barcelona, junio de 2015

MÓDULO DE BIELAS Y TIRANTES

El objetivo de este capítulo es exponer el funcionamiento del módulo que permite realizar cálculos mediante el método de bielas y tirantes expuesto en la EHE.

A lo largo de este capítulo se abordan las temáticas siguientes:

- 1 ALCANCE DEL MODULO.
- 2 ESTRUCTURA DEL MODULO.
- 3 ENTRADA DE DATOS.
- 4 CÁLCULOS REALIZADOS.
- 5 SALIDA DE RESULTADOS.

1 ALCANCE DEL MODULO

A continuación realizamos una descripción en líneas generales del alcance del Módulo de Bielas y tirantes.

En el presente módulo *CivilCAD2000* permite realizar cálculos mediante el método de bielas y tirantes.

El programa permite al usuario generar situaciones de cálculo definiendo para ello una serie de nodos, bielas, tirantes y acciones nodales.

Cada uno de los elementos anteriores queda caracterizado totalmente al definir su geometría, el material que lo constituye, la tensión admisible que puede resistir, etc.

El usuario obtiene los resultados del cálculo de esfuerzos, así como de las comprobaciones requeridas sobre los nodos, bielas y tirantes establecidas en la normativa EHE.

Por otra parte, el usuario puede partir de una colección de estructuras (zapatas, encepados, etc.) para que el programa genere automáticamente las situaciones de cálculo para cada una de las solicitaciones a imponer en la estructura. En ese proceso de modelización automática el usuario podrá escoger el modelo de bielas y tirantes a utilizar en los cálculos, o bien podrá solicitar al programa que lo elija automáticamente.

2 ESTRUCTURA DEL MODULO

Al módulo de Bielas y tirantes se accede al seleccionar la orden “Proyecto-Bielas y tirantes” del menú principal del programa o bien pinchando el botón correspondiente de la Barra de Utilidades y Proyectos. Al hacerlo, se abre la ventana de proyecto que permite activar las órdenes de dicho módulo, estructuradas según el siguiente esquema:

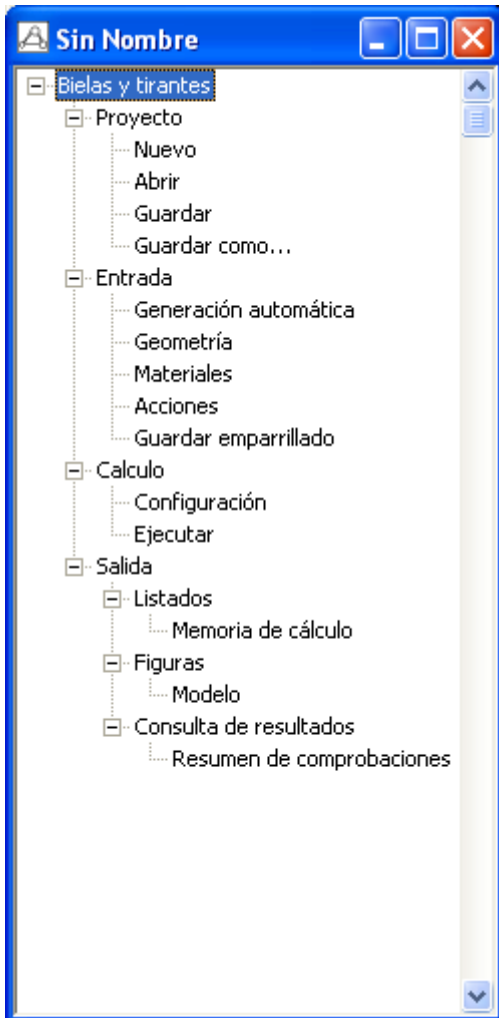


Figura 1: La ventana del proyecto de bielas y tirantes.

2.1 Ordenes de proyecto.

Permiten abrir o guardar un proyecto o crear uno nuevo. La extensión de los archivos será del tipo “*.byt”

2.2 Ordenes de entrada de datos.

Se trata de la entrada de datos para la definición geométrica del modelo de bielas y tirantes y para la definición de los parámetros que intervienen en el cálculo.

Permiten abrir y modificar los diálogos de definición de los modelos de bielas y tirantes.

2.3 Ordenes de cálculo.

Opciones que sirven para ejecutar los cálculos relativos a los modelos de bielas y tirantes.

2.4 Ordenes de salida.

Se utilizan para obtener la memoria de cálculo, el listado de mediciones, las figuras de resultados y para consultar el resumen de las comprobaciones establecidas por la EHE.

3 ENTRADA DE DATOS

3.1 Definición de algunos conceptos

En un proyecto de Bielas y tirantes, conviene explicar los siguientes conceptos:

Modelo de bielas y tirantes.

Un modelo de bielas y tirantes no es más que una estructura de barras articuladas isostática que trata de representar el comportamiento real de un elemento estructural mediante un conjunto de nodos, bielas y tirantes.

Normalmente, la elección de un modelo está condicionada por el tipo de solicitaciones a las que se ve sometida la estructura.

Situaciones de cálculo

El usuario puede establecer tantas situaciones de cálculo como desee. Una situación de cálculo queda definida por:

- Un modelo de bielas y tirantes.
- Unas acciones (constituidas por cargas puntuales) aplicadas en los nodos del modelo.

Observación: por abuso del lenguaje, en la práctica se tiende a identificar un *modelo* con una *situación de cálculo*.

Estructuras

En el módulo de Bielas y Tirantes existe una colección de estructuras típicas a disposición del usuario para que se pueda realizar la modelización automática de la misma. Para definir una estructura, en general, se precisa introducir la siguiente información:

- Valores relativos a la definición geométrica: anchos, cantos, etc.
- Definición de la armadura: cuantías, recubrimientos de armadura, etc.
- Las solicitaciones a las que se ve sometida la estructura: el usuario puede generar varias hipótesis de solicitaciones. Cada solicitación quedará definida por unas acciones localizadas en una serie de puntos. Estas solicitaciones en general constituirán esfuerzos axiales, cortantes y momentos flectores.

El programa permite generar automáticamente situaciones de cálculo a partir de una estructura definida. Al generar las situaciones de cálculo, el programa da a escoger al usuario entre las siguientes posibilidades:

- a) Elegir un modelo de bielas y tirantes manualmente.
- b) Elegir un modelo de bielas y tirantes automáticamente.

Nodos y puntos.

Conviene diferenciar entre ambos conceptos:

Nodos: cada uno de los puntos nodales en un modelo de bielas y tirantes.

Puntos: cada uno de los puntos de una estructura de la colección del programa en donde el usuario puede imponer una sollicitación.

3.2 Generación automática.

Dentro de la entrada de datos del programa, existe el cuadro de diálogo “*Generación automática*” que permite generar situaciones de cálculo a partir de la definición de una estructura. El procedimiento a seguir es el siguiente:

1) El usuario define una estructura.

Existe una colección de estructuras disponibles en el programa. Esta colección es la siguiente:

Cimentaciones superficiales.

- Zapata de 3 dimensiones. Distribución triangular de tensiones.
- Zapata corrida de 2 dimensiones.
- Zapata de muro o estribo de 2 dimensiones.
- Zapata de 3 dimensiones. Distribución rectangular de tensiones. Fuste rectangular.
- Zapata de 3 dimensiones. Distribución rectangular de tensiones. Fuste circular.

Cimentaciones profundas.

- Encepado de 2 dimensiones con 2 pilotes.
- Encepado de 2 dimensiones con 3 pilotes.
- Encepado de 2 dimensiones con 4 pilotes.
- Encepado de 3 dimensiones con 4 pilotes.
- Encepado de 3 dimensiones con 6 pilotes.
- Muro con 2 filas de pilotes
- Muro con 3 filas de pilotes
- Muro con 4 filas de pilotes

Pretensado y apoyos.

- Anclaje de armaduras postesadas.

Puentes

- Diafragma de sección cajón con apoyo único.
- Cabecera de pilas.

Edificación

- Viga de gran canto
- Ménsulas cortas.
- Macizos sobre apoyos.
- Apoyos a media madera.

Los parámetros requeridos para la definición de las estructuras anteriores pueden consultarse en las figuras adjuntadas al final de este apartado.

2) El usuario define una serie de hipótesis.

Una hipótesis queda caracterizada dando una serie de acciones (fuerzas y momentos) en una serie de puntos de la estructura.

3) El usuario genera las situaciones de cálculo para cada hipótesis.

Cada vez que el usuario genera una situación de cálculo, el programa da a escoger al usuario entre dos posibilidades:

- Elegir automáticamente un modelo de bielas y tirantes.
- Elegir manualmente un modelo de bielas y tirantes.

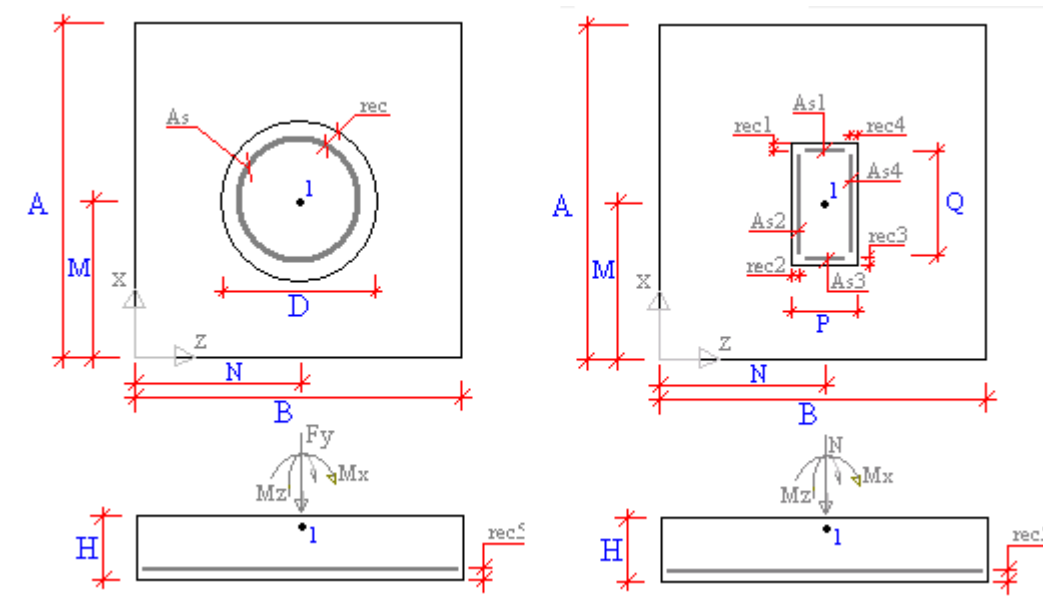
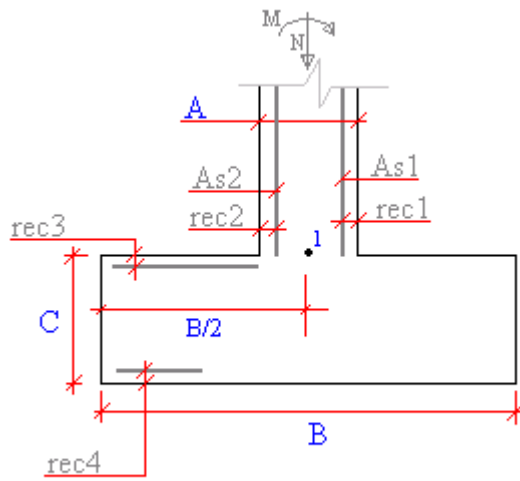
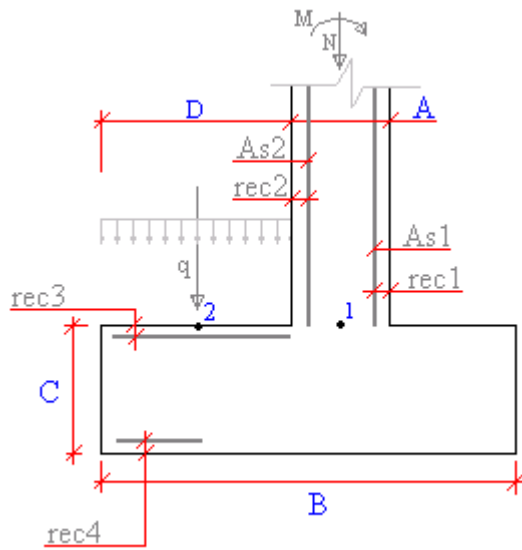


Figura 2: Zapata de 3 dimensiones. Fuste rectangular / circular



(N, M esfuerzos por metro lineal)

Figura 3: Zapata corrida de 2 dimensiones.



(N, M, q esfuerzos por metro lineal)

Figura 4: Zapata de muro o estribo de 2 dimensiones.

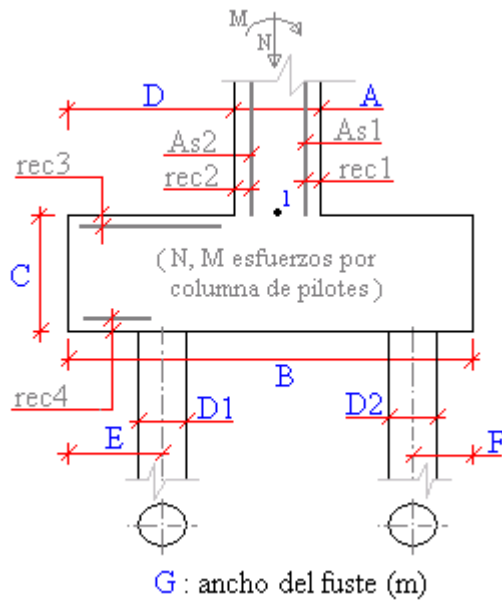


Figura 5: Encepado de 2 dimensiones con 2 filas de pilotes.

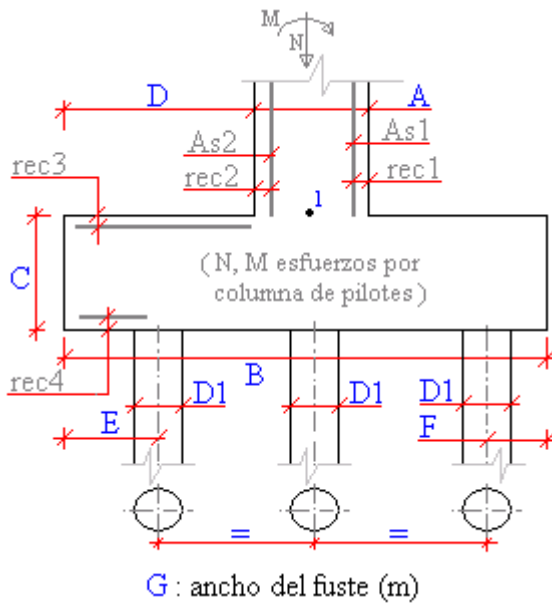


Figura 6: Encepado de 2 dimensiones con 3 filas de pilotes.

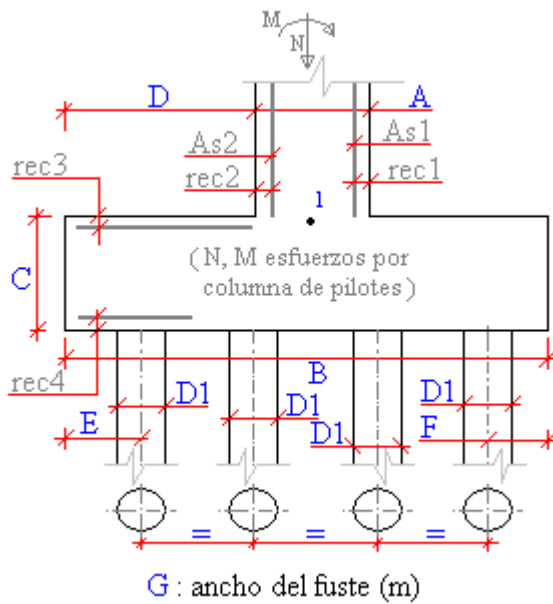


Figura 7: Encepado de 2 dimensiones con 4 filas de pilotes.

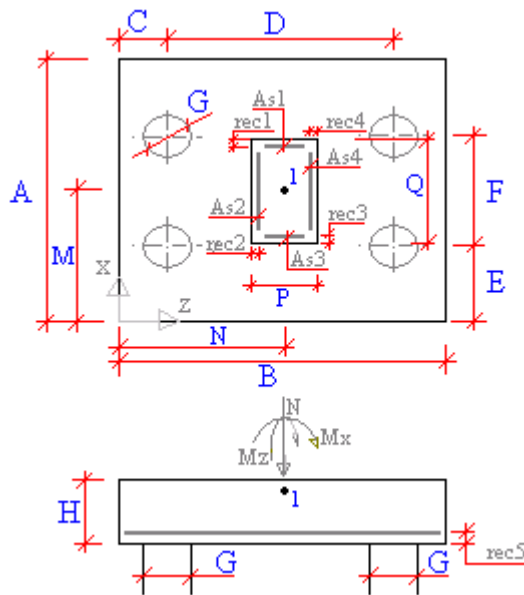


Figura 8: Encepado de 3 dimensiones con 4 pilotes.

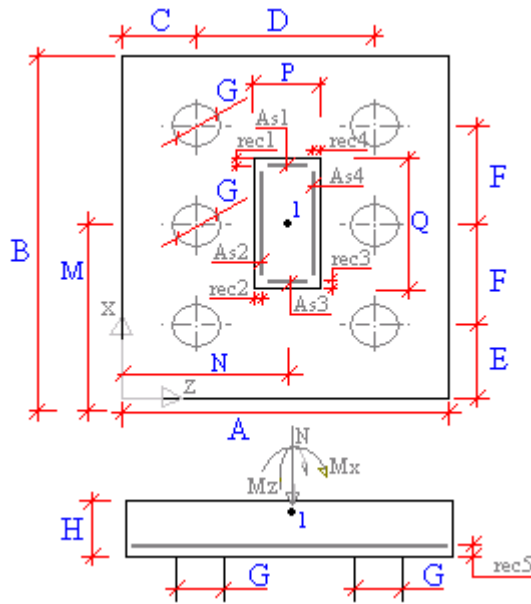


Figura 9: Encepado de 3 dimensiones con 6 pilotes.

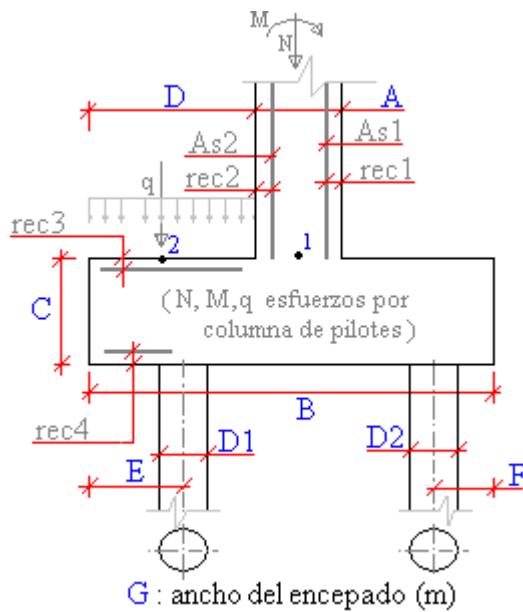


Figura 10: Muro con 2 filas de pilotes

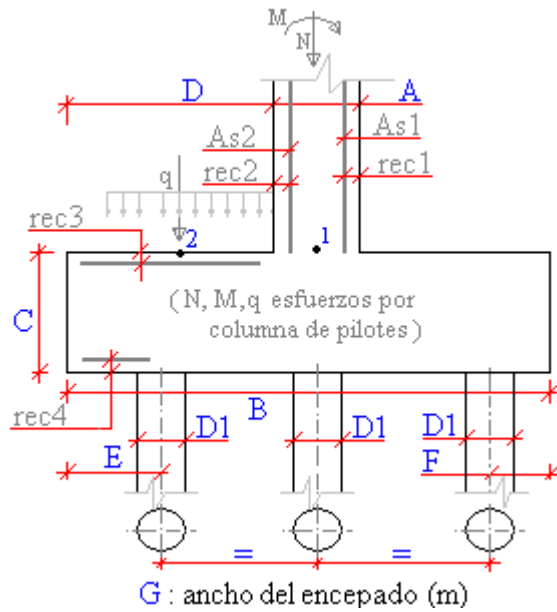


Figura 11: Muro con 3 filas de pilotes

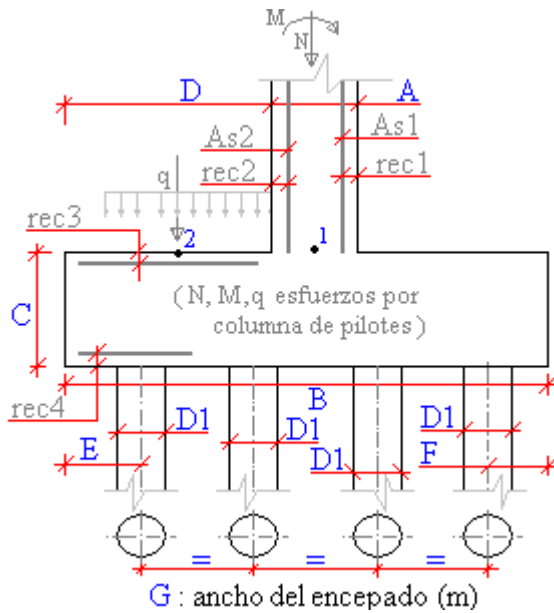


Figura 12: Muro con 4 filas de pilotes

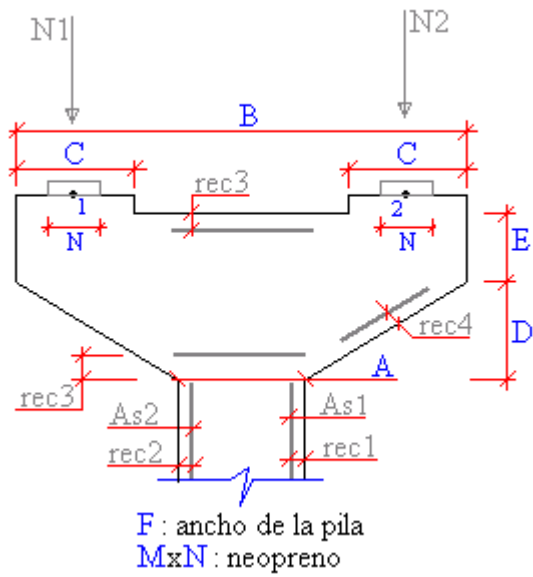


Figura 15: Cabecera de pilas.

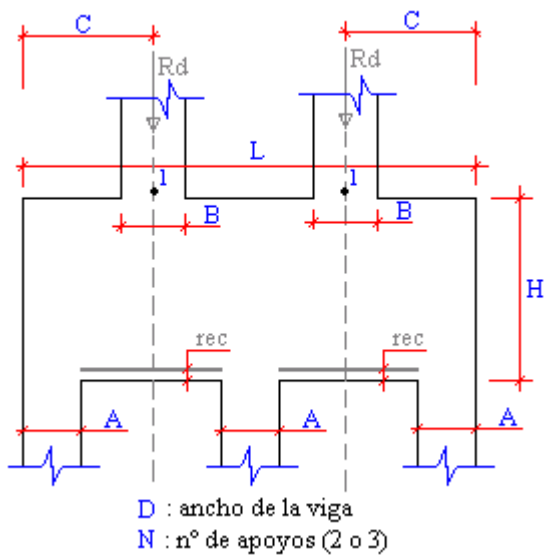


Figura 16: Viga de gran canto

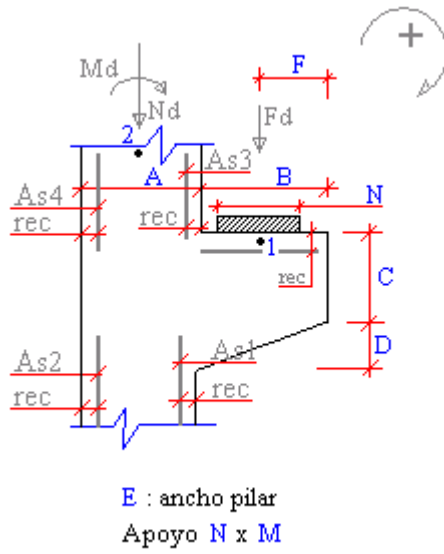


Figura 17: Ménsula corta.

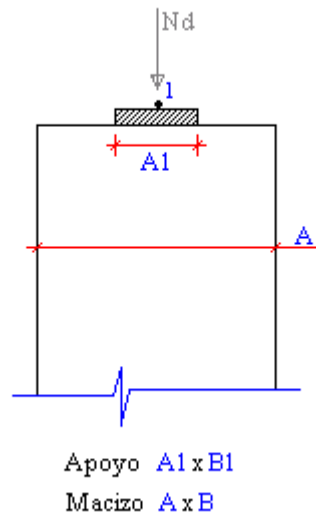


Figura 18: Macizos sobre apoyos.

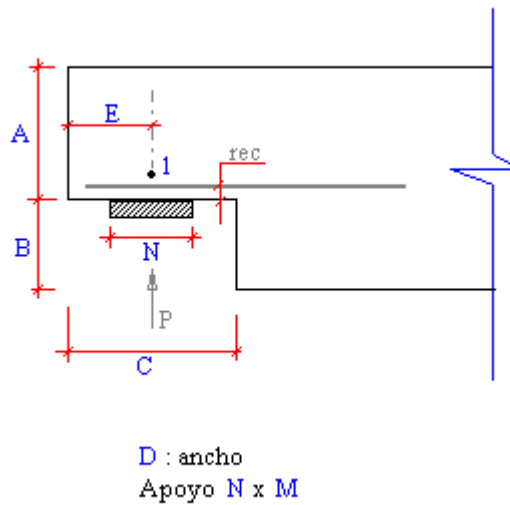


Figura 19: Apoyos a media madera.

3.3 Geometría

El programa abre un diálogo en el que se pueden generar tantas situaciones de cálculo como se deseen.

Un caso habitual consiste en que el usuario quiera analizar una estructura sometida a distintas hipótesis de carga. En ese caso, deberá definir tantas situaciones de cálculo como hipótesis esté estudiando. Lo más habitual es que lo único que cambie de una situación a otra es lo relativo a la definición de las acciones. Para no tener que repetir la entrada de datos en la definición de cada modelo, existe una opción desde este cuadro de diálogo que permite copiar situaciones de cálculo.

Para cada situación de cálculo, el usuario debe definir la siguiente información:

a) Nodos

En este apartado, se puede añadir o eliminar tantos nodos como se desee. Un nodo queda definido por la siguiente información:

- Coordenadas de su posición x , y , z (en metros)
- Las posibles coacciones a imponer en cada uno de los tres grados de libertad del nodo.
- El tipo de nodo. De acuerdo con lo establecido en la EHE, se establece una tensión máxima admisible en cada nodo cuyo valor es igual a una cantidad proporcional al valor de f_{cd} (resistencia de cálculo del hormigón).

$$f_{cd \text{ admisible}} = \alpha * f_{cd}$$

El usuario podrá definir manualmente el valor de α . Alternativamente, el programa obtiene α automáticamente después de que el usuario clasifique el nodo de entre los siguientes tipos:

- Nudos geométrico (Entonces $\alpha=0$)
- Nudos multicomprimidos:

Estados biaxiales de compresión	$f_{2cd} = f_{cd}$
Estados triaxiales de compresión.	$f_{3cd} = 3,30 * f_{cd}$

- Nudos con tirantes anclados

Nudos con tirantes anclados	$f_{2cd} = 0,70 * f_{cd}$
-----------------------------	---------------------------

b) Bielas

En este apartado, se puede añadir o eliminar tantas bielas como se desee. Una biela queda definida por la siguiente información:

- Nodo inicial.
- Nodo final.
- Dimensiones $A_1 \times B_1$ de la biela en el nodo inicial.
- Dimensiones $A_2 \times B_2$ de la biela en el nodo final.
- El tipo de biela: de acuerdo con lo establecido en la EHE, se establece una tensión máxima admisible en cada biela cuyo valor es igual a una cantidad proporcional al valor de f_{cd} (resistencia de cálculo del hormigón).

$$f_{cd \text{ admisible}} = \alpha * f_{cd}$$

El usuario podrá definir manualmente el valor de α . Alternativamente, el programa obtiene α automáticamente después de que el usuario clasifique la biela de entre los siguientes tipos:

Zonas con estados de compresión uniaxial		$f_{1cd} = 0,85 * f_{cd}$
Fisuración oblicua o paralela a la biela	Existen fisuras paralelas a las bielas y armadura transversal suficientemente anclada.	$f_{1cd} = 0,70 * f_{cd}$
	Las bielas transmiten compresiones a través de fisuras de abertura controlada por armadura transversal suficientemente anclada (este es el caso del alma de vigas sometidas a cortante).	$f_{1cd} = 0,60 * f_{cd}$

	Las bielas comprimidas transfieren compresiones a través de fisuras de gran abertura	$f_{1cd} = 0,40 * f_{cd}$
--	--	---------------------------

c) Tirantes

En este apartado, se puede añadir o eliminar tantos tirantes como se desee. Un tirante queda definido por la siguiente información:

- Nodo inicial.
- Nodo final.
- El ancho del tirante.

d) Apoyos

En este apartado, se puede añadir o eliminar tantos apoyos como se desee. Un apoyo queda definido por la siguiente información:

- El nodo donde se halla situado.
- Las dimensiones A x B del apoyo.

Los apoyos que aquí se definen no dan lugar a ningún tipo de coacción en los grados de libertad del modelo de barras. (*Ello ya se consigue en el apartado relativo a los nodos*)

Solamente deben definirse los apoyos a los efectos siguientes:

- Para poder conocer el valor de las reacciones en los nodos así definidos.
- Para poder comparar las tensiones obtenidas a partir de las reacciones con las máximas tensiones admisibles en el nodo donde se halla ubicado el apoyo.

Por último, desde el cuadro de diálogo que define la geometría, existe una utilidad que permite comprobar si la estructura de barras que define el modelo de bielas y tirantes es isostática o hiperestática. La comprobación de isostatismo se puede realizar:

- En el plano XY.
- En el plano YZ.
- En el plano XZ.
- En 3 dimensiones.

3.4 Materiales

El usuario debe elegir en el presente apartado el tipo de materiales con que realizar las comprobaciones de la estructura, de entre los materiales disponibles en la biblioteca del programa. Las características mecánicas de estos materiales aparecerán detalladas en la memoria de cálculo del proyecto.

Los materiales a especificar en el presente apartado son los siguientes:

- Tipo de hormigón.
- Tipo de acero para la armadura de la estructura.

3.5 Acciones

Para cada situación de cálculo, el usuario puede definir tantas acciones como desee. Una acción queda definida por:

- El nodo del modelo donde está aplicada.
- El valor de la fuerza F_x (en T).
- El valor de la fuerza F_y (en T).
- El valor de la fuerza F_z (en T).

3.6 Guardar emparrillado

Existe la posibilidad de generar un proyecto de barras a partir de cada situación de cálculo para poder ser editado desde el módulo de “Cálculo matricial”.

4 CALCULOS REALIZADOS

4.1 Configuración del cálculo.

Dentro de la configuración del cálculo, el usuario tiene la posibilidad de guardar un archivo con la memoria del cálculo matricial realizado. Es decir, generar los archivos ASCII del cálculo matricial para cada tipo de carga “.txt” cada vez que se ejecute el cálculo.

4.2 Cálculo de esfuerzos

Al activar las opciones existentes bajo el epígrafe “Cálculo” CivilCAD2000 permite desarrollar los cálculos que detallamos a continuación.

Tal como se ha comentado anteriormente, el cálculo de los esfuerzos en las bielas y tirantes se realiza mediante el método matricial, suponiendo articuladas la totalidad de las barras. Por tanto, el programa genera una estructura de barras articuladas a partir de las bielas, nodos y tirantes que el usuario haya definido, e impone unas acciones en los nodos a partir de las acciones definidas.

Es importante advertir al usuario de que para que los cálculos sean válidos, la estructura ha de ser isostática, ya que el método de bielas y tirantes así lo requiere. Téngase en cuenta que el usuario no define ningún valor relativo a parámetros mecánicos de las barras de discretización tales como áreas o inercias.

Dentro de la configuración del cálculo, el usuario tiene la posibilidad de guardar un archivo con la memoria del cálculo matricial realizado. Al ejecutar el cálculo, CivilCAD2000 genera entonces un archivo con extensión *.txt)

5 SALIDA DE RESULTADOS

Bajo el epígrafe ‘*Salida*’ CivilCAD2000 presenta las opciones de ‘*Listados*’, ‘*Figuras geométricas*’ y ‘*Resumen de comprobaciones*’.

5.1 Obtención del Listado “Memoria de Cálculo”

Al seleccionar la opción “*Memoria*” CivilCAD2000 pide al usuario el nombre de un archivo con extensión “.txt” en el que escribir la memoria de cálculo. Se trata de una memoria completa, que contiene para cada situación de cálculo:

- a. La definición de los datos.
- b. El cálculo de esfuerzos en los elementos del modelo de bielas y tirantes.
- c. Las comprobaciones requeridas por la EHE en los elementos del modelo de bielas y tirantes.

5.2 Obtención de las figuras

El usuario puede obtener una figura para visualizar tanto los datos introducidos como los resultados obtenidos. Desde un cuadro de diálogo, el usuario puede configurar cómo obtener la figura eligiendo:

- a. La escala.
- b. La situación de cálculo a visualizar.

En relación con la estructura elegida por el usuario (en caso de haberse optado por la generación del modelo de bielas y tirantes a partir de una tipología estructural), se puede elegir:

- a. Dibujar la geometría (sí/no)
- b. Dibujar las solicitaciones (sí/no)

En relación con el modelo de bielas y tirantes, se puede elegir:

- a. Acotar los nodos. (sí/no)
- b. Acotar los tirantes. (sí/no)
- c. Acotar las bielas. (sí/no)
- d. Acotar los apoyos. (sí/no)
- e. Acotar los esfuerzos. (sí/no)
- f. Acotar los ejes de perspectiva. (sí/no)
- g. Acotar las acciones. (sí/no)
- h. Acotar las reacciones. (sí/no)

5.3 Obtención del resumen de comprobaciones.

Esta opción resume las comprobaciones requeridas por la normativa EHE a realizar en cada uno de los elementos del modelo de bielas y tirantes en cada una de las situaciones de cálculo. Se realizan las siguientes comprobaciones:

a) En las bielas

Para cada biela, el programa obtiene:

- El valor de la compresión obtenida.
- La tensión máxima admisible.
- La tensión máxima en el nodo inicial de la biela.
- La tensión máxima en el nodo final de la biela.

Las tensiones máximas se obtienen dividiendo el valor de la compresión por las dimensiones de la biela en cada uno de sus extremos.

b) En los tirantes

Para cada tirante, el programa obtiene:

- El valor de la tracción obtenida.
- La cuantía necesaria.

Existe una opción “*Calcular*” que permite deducir parte de los siguientes parámetros:

- El diámetro
- La separación.
- El número de posiciones.
- La longitud de anclaje necesaria.

Para poder ejecutar esta opción, el usuario debe haber definido parte de la información anterior. Por ejemplo, debería establecer el diámetro de las barras, o bien, la separación de éstas.

c) En los nodos.

Para cada nodo, el programa obtiene:

- El valor de la máxima compresión obtenida. Esta es la compresión de las bielas que convergen en el nodo que da lugar a la máxima tensión.
- La tensión máxima admisible en el nodo.
- La tensión máxima en el nodo de todas las bielas que convergen en el nodo.

Las tensiones máximas se obtienen dividiendo el valor de la compresión por las dimensiones del nodo.

d) En los apoyos

Para cada apoyo, el programa obtiene:

- El valor de la compresión máxima. Se trata del valor de la reacción obtenida en el apoyo
- La tensión máxima admisible del nodo donde se halla ubicado el apoyo.
- La tensión máxima en el apoyo.

Las tensiones máximas se obtienen dividiendo el valor de la compresión por las dimensiones del apoyo.

Si alguna comprobación no se verifica entonces el cuadro de diálogo destaca en rojo el valor que no satisface la verificación.