

# ***CivilCAD2000***

## **MANUAL DEL USUARIO**

### **MÓDULO DE MARCOS**

**Versión 3.0**

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, abril de 2012

## MÓDULO DE MARCOS

El objetivo de este capítulo es exponer el funcionamiento del módulo que permite proyectar una serie de marcos adyacentes.

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

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

## 1 TIPOLOGÍA DE MARCOS

En este módulo del programa se persigue proyectar conjuntamente una serie de  $n$  módulos de marcos adyacentes.

El programa permite proyectar marcos de hormigón armado con forma de cuadrilátero irregular en planta, zapatas inclinadas longitudinalmente y a distinta cota una de la otra, dintel con inclinación longitudinal y transversal y canto constante en zapatas, hastiales y dintel.

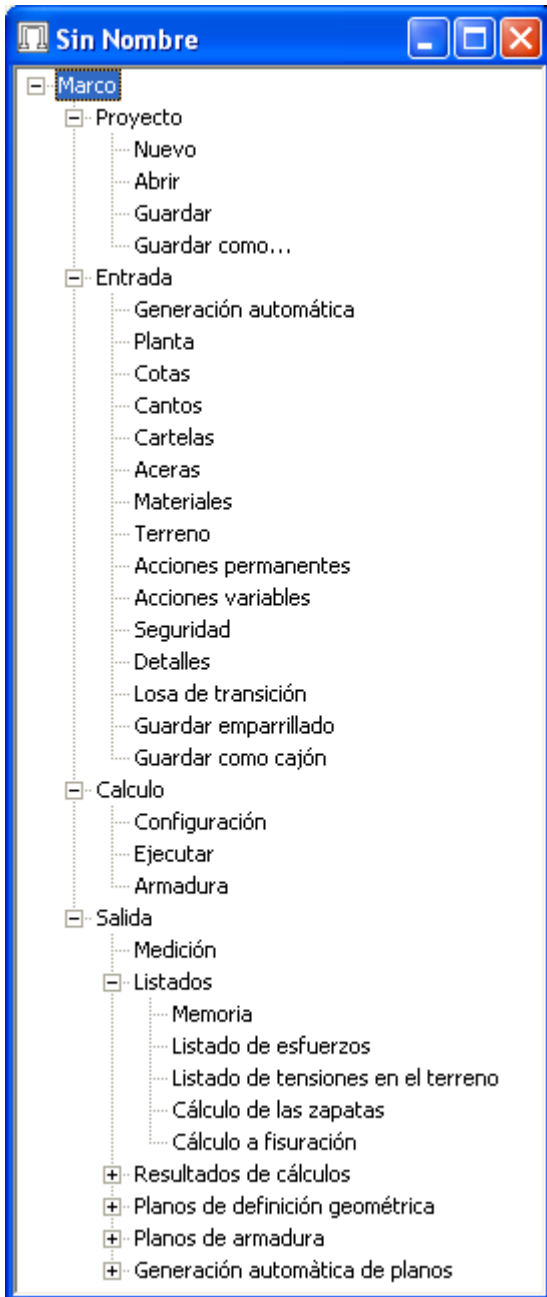
Las cargas que actúan sobre el marco son el peso propio del hormigón y de las tierras, el empuje de tierras, la superestructura, la acción de la sobrecarga repartida y del carro, el gradiente térmico en el dintel y la acción sísmica.

*CivilCAD2000* analiza el problema mediante el uso de emparrillados tridimensionales, calculando la envolvente global de esfuerzos y cuantías de acero generadas por la acción de los distintos tipos de carga.

## 2 ESTRUCTURA DEL MODULO

Al módulo de Marcos se accede al seleccionar la orden " Proyecto - Marco" del menú principal del programa o bien pinchando el botón correspondiente de la Barra de Proyectos. Al hacerlo, se abre la ventana de proyecto que permite activar las órdenes de dicho módulo.

Estas órdenes están estructuradas según el siguiente esquema:



**Figura 2-1:** La ventana del proyecto de marcos.

## **2.1 Ordenes de proyecto.**

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

## **2.2 Ordenes de entrada de datos.**

Se trata de la Entrada de datos para la definición geométrica del marco y para la definición de los parámetros que intervienen en el cálculo.

Permiten abrir y modificar los diálogos de definición de los módulos del marco, de los materiales, del terreno y de las acciones sobre el mismo.

## **2.3 Ordenes de cálculo.**

Sirven para ejecutar el cálculo de los esfuerzos del proyecto y mostrar el diálogo de cálculo de la armadura del mismo.

## **2.4 Ordenes de salida.**

Se utilizan para obtener la memoria de cálculo, el listado de mediciones, las consultas de resultados, las figuras de definición geométrica del marco y los planos de armadura.

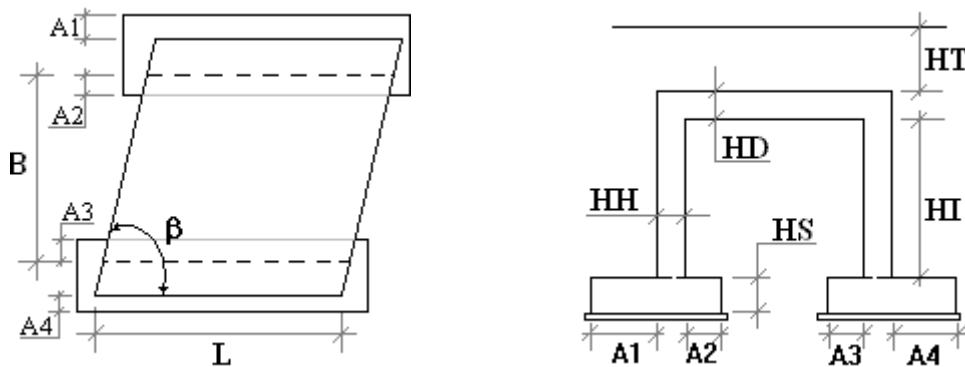
### 3 ENTRADA DE DATOS

Es importante señalar que, como consecuencia de la gestión de archivos que *CivilCAD2000* desarrolla al calcular un marco, el usuario no debe proyectar más de un marco en un mismo directorio de trabajo.

La entrada de datos del módulo de marcos cuenta con los apartados siguientes:

#### 3.1 Generación automática del marco

Para facilitar la entrada de datos del marco en los casos más sencillos, el programa propone una generación automática en la que únicamente se pide definir las dimensiones de la planta de un módulo tipo, tal y como se ve en la figura, imagen que se muestra en el diálogo. En caso de querer proyectar un cajón con más de un módulo, el programa permite generar varios módulos de igual forma y dimensiones, colocándolos uno a continuación del otro.



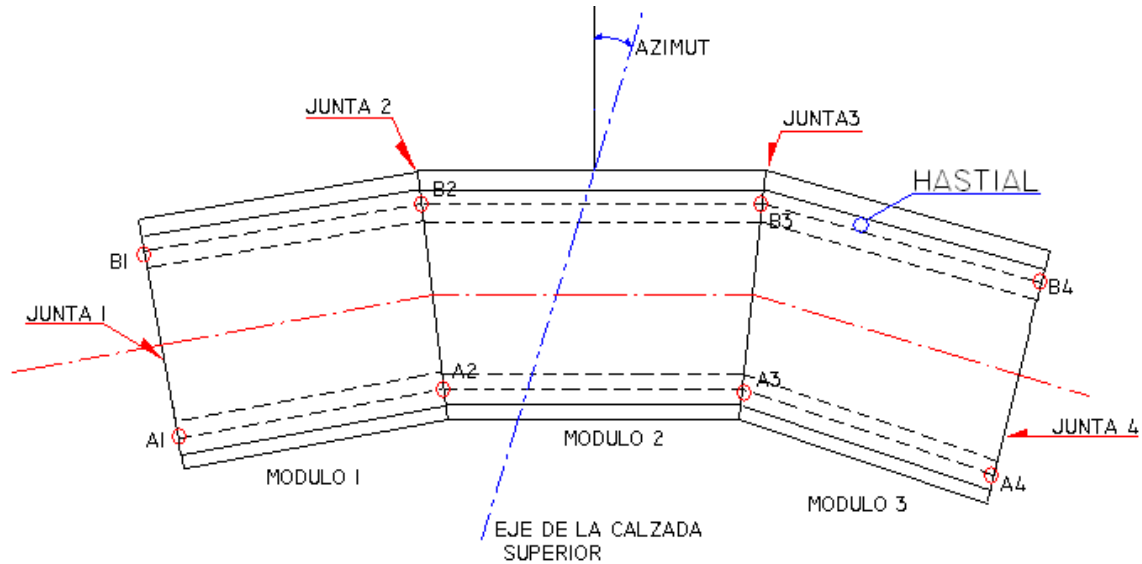
**Figura 3.1-1:** Definición en planta y alzado del módulo de generación automática.

Las dimensiones a entrar en el diálogo de generación automática son la luz y altura interiores del cajón, la longitud del módulo, los valores de los cantos, la altura de tierras sobre el dintel y el ángulo de esviaje en planta.

El programa guarda en el archivo de proyecto los valores que se introduzcan en el diálogo de generación automática. Al pulsar el botón "*Generar marco*", *CivilCAD2000* valida los datos introducidos y procede a definir las coordenadas de las juntas de cada uno de los módulos del marco, las cotas de los módulos, las cotas del terreno y las dimensiones geométricas. Faltará todavía completar otros datos de definición del proyecto, como las características de los materiales, los parámetros geotécnicos de definición del terreno, los recubrimientos de armadura pasiva, los ángulos de reparto, etc. Por ello una vez generado el cajón, aparece un aviso de "*Entrada de datos incorrecta*". Únicamente nos recuerda que nos falta introducir algunos datos para completar la definición del proyecto.

### 3.2 Planta

Para definir la posición en planta de los marcos el usuario debe indicar las coordenadas de los extremos interiores de cada una de las juntas, tal como se indica en la figura.



**Figura 3.2-1:** Definición en planta del marco.

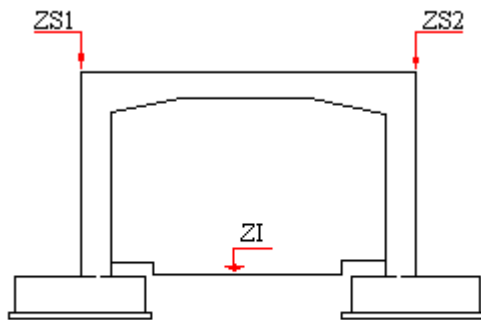
En este apartado hay que especificar también el azimut ( $g$ ) que presenta el eje de la calzada superior. Así el programa puede situar en planta los taludes de caída de tierras, la zona de calzada, etc. Resulta de gran importancia elegir bien el valor de dicho azimut para que la generación de cargas sobre el marco sea correcta.

### 3.3 Cotas

En este diálogo se piden dos grupos de valores de cotas.

Por un lado deben entrarse los valores de 3 cotas para cada junta entre 2 módulos, así como para las juntas inicial y final del marco (ver figura).

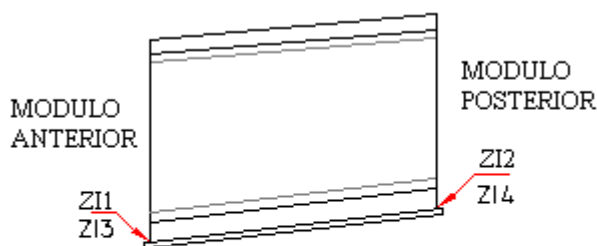
- Cota del extremo izquierdo (según el sentido de avance del eje longitudinal del marco) de la coronación del dintel ( $ZS_1$ ).
- Cota del extremo derecho (según el sentido de avance del eje longitudinal del marco) de la coronación del dintel ( $ZS_2$ ).
- Cota sobre calzada de la rasante inferior en el punto medio de la junta ( $ZI$ ).



DEFINICION DE COTAS EN JUNTAS

**Figura 3.3-1:** Definición de cotas en juntas.

Además el usuario debe completar la definición de las cotas de la cara inferior de las zapatas en la junta inicial ( $ZI_1$ ) y final ( $ZI_2$ ) de la zapata de la izquierda y en la junta inicial ( $ZI_3$ ) y final ( $ZI_4$ ) de la zapata de la derecha para cada módulo, tal como se muestra en la figura.



DEFINICION DE COTAS BAJO ZAPATAS

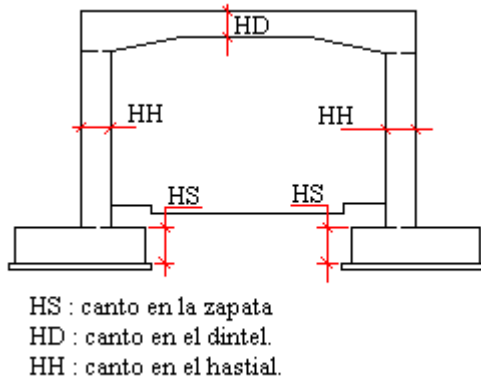
ZI1, ZI2 : COTAS ZAPATA IZQUIERDA  
 ZI3, ZI4 : COTAS ZAPATA DERECHA

**Figura 3.3-2:** Definición de cotas en zapatas.



### 3.4 Cantos

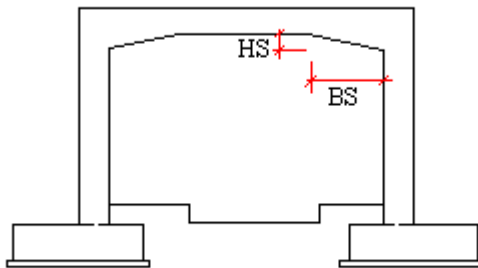
El programa pide que sean definidos los cantos de las zapatas, hastiales y dintel (ver figura) para cada uno de los módulos.



**Figura 3.4-1:** Definición de cantos en el marco

### 3.5 Cartelas

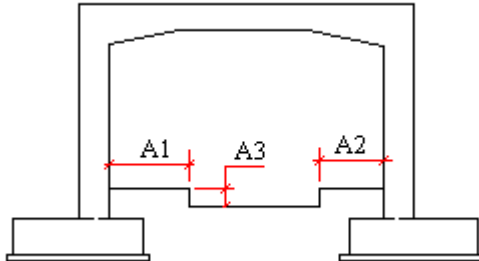
En este caso deben darse los valores de anchura y altura de las cartelas a disponer opcionalmente entre los hastiales y el dintel.



**Figura 3.5-1:** Definición de las cartelas.

### 3.6 Aceras

En la presente opción el programa pide al usuario los valores de la anchura y altura de las aceras izquierda y derecha a disponer en el interior del marco, tal como podemos ver en la figura.



**Figura 3.6-1:** Definición de las aceras.

### 3.7 Materiales

*CivilCAD2000* pide al usuario que indique el valor que debe utilizar el programa para los parámetros siguientes:

- $f_{ck1}$ , resistencia característica del hormigón de las zapatas, hastiales y dintel.
- $E$ , módulo de Young del hormigón.
- $\nu$ , coeficiente de Poisson del hormigón.
- $f_{ck2}$ , resistencia característica del hormigón de nivelación del marco.
- Esp. base, espesor de la capa de hormigón de nivelación del marco (m.).
- $recubr_1$  (m), recubrimiento mecánico de la armadura en el dintel y los hastiales.  
(Distancia del centro de gravedad de las barras al parámetro).
- $recubr_2$  (m), recubrimiento mecánico de la armadura en las zapatas (distancia del centro de gravedad de las barras al parámetro).
- $f_{yk}$ , límite elástico de la armadura pasiva.
- $f_{ck3}$ , resistencia característica del hormigón con que se ejecuta la losa de transición.
- $f_{ck4}$ , resistencia característica del hormigón de la capa de nivelación de la losa de transición.

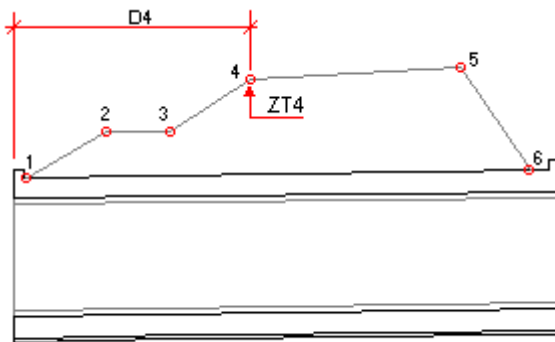
En el diálogo de configuración del cálculo el programa pide al usuario el valor de una serie de cuantías de armadura a flexión que serán utilizadas como armadura mínima a flexión en la comprobación a cortante. Tal como se establece en el apartado 44.2.3.2 de la EHE, el valor del cortante  $V_{cu}$  depende de la armadura a flexión  $A_s$ , *CivilCAD2000* tomará el valor mayor entre la cuantía de cálculo a flexión que evalúa el programa y la cuantía mínima de armadura que define el usuario en el presente apartado. Las cuantías mínimas que solicita el programa son las siguientes:

- $U_{\text{min. long. zapatas}}$ , armadura mínima en zapatas de dirección paralela al eje del marco.
- $U_{\text{trans. zapatas}}$ , armadura mínima en zapatas de dirección perpendicular al eje del marco.
- $U_{\text{min. long. dintel}}$ , armadura mínima en dintel de dirección paralela al eje del marco.
- $U_{\text{min. trans. dintel}}$ , armadura mínima en dintel de dirección perpendicular al eje del marco.
- $U_{\text{min. vert. hastial}}$ , armadura vertical mínima en hastiales del marco.
- $U_{\text{min. long. hastial}}$ , armadura mínima en hastiales de dirección paralela al eje del marco.

### 3.8 Terreno

En este diálogo debe definirse la línea de coronación de las tierras existentes, con dos opciones posibles:

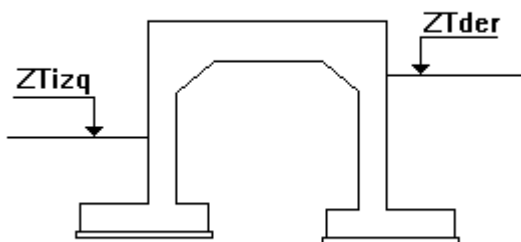
- Marco con tierras sobre el dintel. Se debe dar un listado de puntos de la línea de tierras sobre el dintel, indicando para cada punto su distancia a la entrada del marco, medida a lo largo de la sección longitudinal media y su cota. El programa generará un volumen de tierras sobre el dintel desplazando el perfil longitudinal entrado según la dirección del eje de trazado de la calzada superior (en la opción "*Planta*" se ha entrado el valor del azimut de dicho eje).



**Figura 3.8-1:** Definición de las tierras sobre el marco.

La línea de definición de tierras tiene que empezar necesariamente en el inicio del marco y terminar en el final del mismo.

- Marco sin tierras sobre el dintel. Deberá darse la cota del terreno en el trasdós de los hastiales de cada uno de los módulos del marco.



**Figura 3.8-2:** Definición del terreno sin tierras sobre el marco.

En el mismo diálogo se permite seleccionar el tipo de empuje del terreno a considerar en el cálculo de la acción del terreno sobre el trasdós de los hastiales. El programa permite elegir entre aplicar el empuje activo, el empuje al reposo, o bien el más desfavorable de ambos. También nos permite elegir entre aplicar el empuje en cada módulo sobre ambos hastiales simultáneamente o bien sobre cada hastial por separado.

### 3.9 Acciones permanentes

El programa abre un diálogo en el que hay que entrar los datos correspondientes a los distintos tipos de carga permanentes:

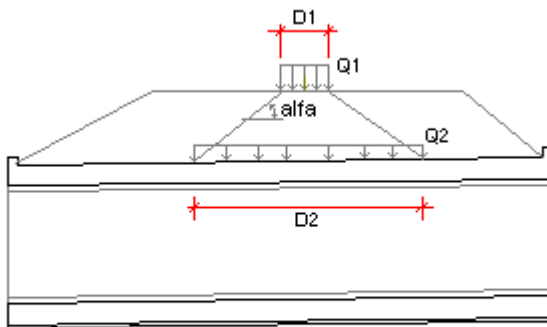
#### 3.9.1 Peso propio del marco

Hay que definir la densidad del hormigón.

#### 3.9.2 Tierras

En primer lugar debe darse un valor a los parámetros siguientes:

- densidad de las tierras.
- ángulo de rozamiento de las tierras (°)
- ángulo de reparto de las cargas a través de la capa de tierras (°) (ver figura). El ángulo a entrar es respecto de la horizontal.
- Sobrecarga adicional sobre el dintel para la consideración del efecto conocido como Marston.



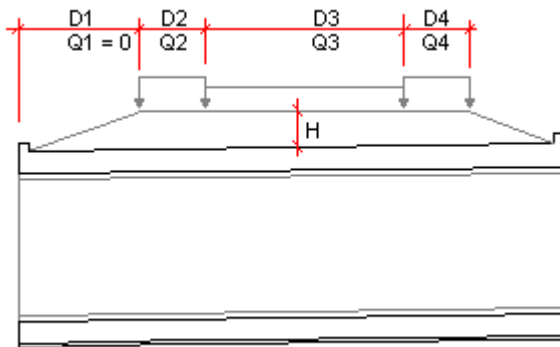
- $\alpha$  = ángulo de reparto de cargas con la horizontal.
- $D1 \times Q1 = D2 \times Q2$

**Figura 3.9.2-1:** Esquema de reparto de cargas en las tierras.

### 3.9.3 Superestructura

El usuario debe definir la carga de superestructura actuante sobre el marco. Para ello debe dar un listado de cargas repartidas equivalentes a la acción de la superestructura.

Cada carga vendrá definida por su valor  $q$  y la anchura en que actúa medida a lo largo de la sección longitudinal media del marco (ver figura). Debe definirse, asimismo, la altura media sobre el dintel en que actuará la superestructura.



**Figura 3.9.3-1:** Definición de la acción de la superestructura.

Si en un tramo inicial de la sección longitudinal del marco no hay superestructura alguna el usuario deberá crear igualmente un intervalo inicial con carga repartida nula. El programa genera unas bandas de carga que tienen en planta la misma dirección que la dada por el azimut del eje superior de calzada, definido en la opción "*Planta*".

### 3.10 Acciones variables

#### 3.10.1 Sobrecarga repartida

En el diálogo de Acciones variables, el usuario debe entrar los valores siguientes:

$Q_1$ , valor de la sobrecarga superficial que puede actuar sobre el dintel del marco.

$Q_2$ , valor de la sobrecarga superficial que puede actuar en el trasdós del marco.

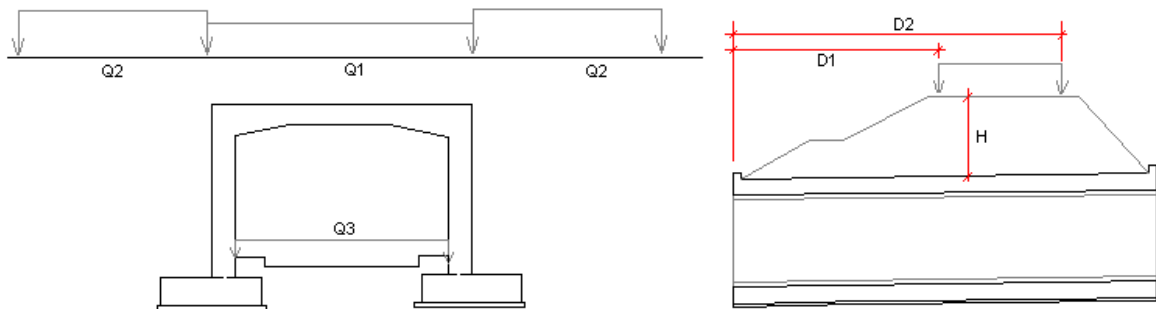
$Q_3$ , valor de la sobrecarga superficial que puede actuar en el interior del marco.

$D_1$ , distancia, medida a lo largo del perfil longitudinal del marco, en que empieza a actuar la sobrecarga  $Q_1$  (m).

$D_2$ , distancia, medida a lo largo del perfil longitudinal del marco, en que termina la acción de la sobrecarga  $Q_1$  (m).

$H$ , altura media sobre el dintel a la que actuará la sobrecarga (m)

El significado de los parámetros anteriores se refleja en la figura.



**Figura 3.10.1-1:** Definición de la acción de la sobrecarga repartida.

Al igual que para la superestructura, *CivilCAD2000* genera unas bandas de carga orientadas en planta según la dirección del eje superior de calzada, definida al dar su azimut en la opción “Planta”.

#### 3.10.2 Acción térmica

*CivilCAD2000* pregunta al usuario la diferencia de temperatura entre caras superior e inferior del dintel ( $^{\circ}\text{C}$ ) y el valor del coeficiente de dilatación térmica a emplear en el cálculo ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ).

### 3.10.3 Carro

El usuario puede escoger definir un carro para puente de carretera o bien para un puente de ferrocarril:

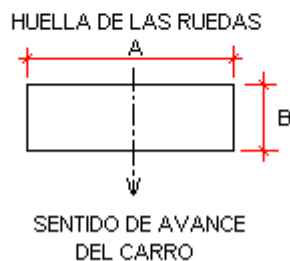
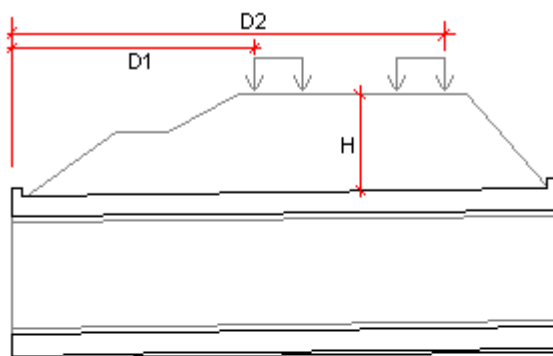
#### 3.10.3.1 Puente de carretera

##### 3.10.3.1.1 Normativas IAP98/IAPF

El usuario debe completar los siguientes apartados:

- *Definición del carro:* número de cargas, valor de las mismas y separación relativa entre ellas en la dirección de avance del carro (distancia X) y en la perpendicular a la misma (distancia Y). Las distancias anteriores miden la posición de cada carga en m. respecto del origen del carro. Dicho origen puede estar situado en cualquier punto respecto de las cargas del carro. Los valores de las cargas deben ser entrados con signo positivo. El programa ofrece la posibilidad de crear automáticamente el sistema de cargas que configuran el carro de 60 T que define la normativa.

- *Medidas de longitud y anchura de la huella de las ruedas de las cargas del carro.* La longitud se toma en sentido de avance del carro y la anchura en dirección perpendicular.



**Figura 3.10.3.1-1: Definición de la acción del carro.**

- Distancias, medidas en m a lo largo del perfil longitudinal del marco, en que comienza y termina la acción del carro.



- *Altura media sobre el dintel a la que actuará el carro (m.).*

- *Número de trayectorias sobre el marco a lo largo de las cuales el programa desplazará el carro y número de posiciones a lo largo de cada trayectoria en que será situado el carro. Ambos números tienen el mismo valor. Un número usual para ambos es el de 11 trayectorias.*

Para considerar la movilidad del carro, *CivilCAD2000* desplazará las cargas a lo largo de una serie de trayectorias con la orientación en planta dada por el azimut del eje superior. Las trayectorias inicial y final vienen definidas por las distancias introducidas en que comienza y termina la acción del carro.

### **3.10.3.1.2 Normativas IAP11**

#### División del tablero en aceras, carriles y área remanente.

A efectos del cálculo de la acción de tráfico, la sección del puente se divide en:

- Acera izquierda
- Acera derecha
- Plataforma.(zona entre aceras)

El usuario debe introducir el valor del ancho de las aceras izquierda y derecha.

Habida cuenta de la división anterior, cabe diferenciar entre las acciones siguientes:

- Tráfico sobre las aceras.
- Tráfico sobre la plataforma.

#### Tráfico sobre las aceras

Para la consideración de la acción el tráfico sobre las aceras, el usuario deberá dar valor a la sobrecarga que actúa sobre cada una de dichas aceras, así como la anchura de las mismas. Hay que introducir directamente el valor reducido, es decir, el valor que es necesario considerar en el grupo gr1 tal como establece la IAP.

### Tráfico sobre la plataforma

El cálculo de la acción de tráfico sobre la plataforma se lleva a cabo de acuerdo con lo establecido en la IAP11.

Tal como allí se indica, la plataforma debe dividirse en cada sección transversal del puente en un número de carriles virtuales con un valor de ancho determinado. La zona no ocupada por los carriles se denomina entonces el área remanente.

Sobre cada carril debe aplicarse las acciones correspondientes a un vehículo pesado y a una sobrecarga uniforme. El valor de las acciones depende del carril o área remanente considerados en cada caso.

La información anterior debe introducirse en el cuadro de diálogo Acciones variables.

#### a) Tráfico sobre plataforma.

La carga de tráfico en la plataforma está constituida por un vehículo pesado y una sobrecarga de uso actuando en cada uno de los carriles virtuales o en el área remanente. Para ello hay que definir las anchuras de carril, y las cargas del vehículo pesado y de la sobrecarga que actuará en cada carril.

#### b) Ancho de carriles:

En cada sección del puente, el número y la anchura de los carriles virtuales se define a partir de la anchura de la plataforma. El usuario debe definir la ley de definición de la anchura de carriles virtuales introduciendo para distintos anchos de plataforma la anchura de carril asociada. Para anchuras intermedias entre dos valores dados, CivilCad2000 interpolará linealmente la anchura de carril.

#### c) Valores característicos de las cargas:

Para cada uno de los carriles y para el área remanente, se debe introducir la carga de cada rueda del vehículo pesado que actúa en ese carril en toneladas. Así mismo se debe introducir la sobrecarga de uso en cada uno de los carriles en t/m<sup>2</sup>.

#### d) Cargas del vehículo pesado:

Todos los vehículos pesados de cada uno de los carriles están constituidos por el mismo número de cargas y con la misma disposición relativa. La posición relativa de cada una de las cargas se define en el diálogo 'Ubicación ruedas vehículo pesado'.

En este diálogo el usuario puede definir el número de cargas y su posición relativa que constituyen el vehículo pesado. Para ello deberá añadir el número de cargas que desee (con el botón 'Añadir carga') y definir su posición relativa introduciendo las coordenadas X, Y en metros.

X (m): Distancia según el eje longitudinal del puente de la carga al origen del vehículo pesado. Debe ser un valor nulo o positivo.

Y (m): Distancia según el eje transversal del puente de la carga al origen del vehículo pesado.

Existe una utilidad dentro del cuadro de diálogo que permite obtener estos valores de acuerdo con los criterios de la normativa.

### 3.10.3.2 Puente de ferrocarril

El programa permite definir un carro de ferrocarril a pasear por una vía sobre las tierras existentes encima del dintel. La trayectoria de la vía en planta se elige dando un punto que pertenezca a ella. *CivilCAD2000* dará a la vía la orientación en planta dada por el usuario en el diálogo de "*Planta*" como azimut del eje de la calzada superior.

El usuario puede elegir entre 3 tipos de trenes a pasear sobre la vía:

- Tren IPF 75 A: Constituido por 3 cargas puntuales de 30 T separadas entre sí por 1.5 m.
- Tren IPF 75 B: Constituido por una locomotora de 30 m de longitud con peso 12 T/m y un vagón de longitud indefinida de peso 10 T/m.
- Tren tipo IUC71: Formado por 4 cargas puntuales de 25 T separadas 1.6 m entre sí con un vagón delante y otro detrás a 0.80 m de separación. Ambos vagones tendrán una longitud indefinida y un peso de 8 T/m.

El programa pasea el tren elegido a lo largo de la vía en los dos sentidos de circulación, situándolo en tantas posiciones como indique el usuario en el diálogo.

El usuario debe entrar también la altura sobre la cara superior del dintel a la que estará circulando el tren.

### 3.10.4 Acción sísmica

*CivilCAD2000* pregunta al usuario la aceleración sísmica ( $m/s^2$ ).

### 3.10.5 Niveles freáticos

*CivilCAD2000* pregunta al usuario el valor del nivel freático en cada uno de los hastiales.

### 3.11 Coeficientes de Seguridad

El usuario debe completar un cuadro de diálogo en el que se definen los coeficientes de seguridad a utilizar para cada tipo de carga. El programa precisa conocer los coeficientes de mayoración favorables y desfavorables a aplicar en los cálculos de estado límite último y de estado límite de utilización.

Los coeficientes de seguridad propuestos por *CivilCAD2000* por defecto son los contemplados en la normativa, que pasamos a listar a continuación:

#### Normativas IAP98/IAPF

<b>Acción</b>	<b>CF<sub>1</sub></b>	<b>CD<sub>1</sub></b>	<b>CF<sub>2</sub></b>	<b>CD<sub>2</sub></b>	<b>CF<sub>3</sub></b>	<b>CD<sub>3</sub></b>
Peso propio del cajón (PP)	1.0	1.0	1.0	1.35	1.0	1.0
Peso propio de las tierras (PT)	1.0	1.0	1.0	1.35	1.0	1.0
Empuje de las tierras (ET)	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0
Superestructura (SE)	1.0	1.0	1.0	1.35	1.0	1.0
Sobrecarga repartida (SR)	0.0	1.0	0.0	1.5	0.0	1.0
Carro (CA)	0.0	1.0	0.0	1.5	0.0	1.0
Gradiente de temperatura (GT)	0.0	1.0	0.0	1.5	0.0	1.0
Acción sísmica (SI)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0

, donde:

CF<sub>1</sub>, coeficiente para los efectos favorables en el estado límite de utilización.

CD<sub>1</sub>, coeficiente para los efectos desfavorables en el estado límite de utilización.

CF<sub>2</sub>, coeficiente para los efectos favorables en las situaciones persistentes o transitorias del estado límite último.

CD<sub>2</sub>, coeficiente para los efectos desfavorables en las situaciones persistentes o transitorias del estado límite último.

CF<sub>3</sub>, coeficiente para los efectos favorables en las situaciones accidentales del estado límite último.

CD<sub>3</sub>, coeficiente para los efectos desfavorables en las situaciones accidentales del estado límite último.

Normativas IAP11

Acción	CF <sub>1</sub>	CD <sub>1</sub>	CF <sub>2</sub>	CD <sub>2</sub>	CF <sub>3</sub>	CD <sub>3</sub>
Peso propio del cajón (PP)	1.0	1.0	1.0	1.35	1.0	1.0
Peso propio de las tierras (PT)	1.0	1.0	1.0	1.35	1.0	1.0
Empuje de las tierras (ET)	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0
Superestructura (SE)	1.0	1.0	1.0	1.35	1.0	1.0
Sobrecargas repartida	0.0	1.0	0.0	1.5	0.0	1.0
Tráfico	0.0	1.0	0.0	1.5	0.0	1.0
Gradiente de temperatura (GT)	0.0	1.0	0.0	1.5	0.0	1.0
Acción sísmica (SI)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0

, donde:

CF<sub>1</sub>, coeficiente para los efectos favorables en el estado límite de utilización.

CD<sub>1</sub>, coeficiente para los efectos desfavorables en el estado límite de utilización.

CF<sub>2</sub>, coeficiente para los efectos favorables en las situaciones persistentes o transitorias del estado límite último.

CD<sub>2</sub>, coeficiente para los efectos desfavorables en las situaciones persistentes o transitorias del estado límite último.

CF<sub>3</sub>, coeficiente para los efectos favorables en las situaciones persistentes del estado límite último geotécnico de hundimiento.

CD<sub>3</sub>, coeficiente para los efectos desfavorables en las situaciones persistentes del estado límite último geotécnico de hundimiento.

El programa pide también al usuario el valor de los coeficientes parciales de seguridad del hormigón  $\gamma_c$  y del acero  $\gamma_s$  (tal como los define la norma EHE) y el de los coeficientes de combinación  $\psi_0, \psi_1, \psi_2$  (tal como los define la norma IAP).

### 3.12 Detalles

En el apartado de detalles, *CivilCAD2000* pide los valores de la altura y anchura de los muretes de coronación que opcionalmente pueden disponerse en la entrada y salida del marco (ver figura).



Figura 3.12-1: Definición de muretes de coronación.

### 3.13 Losa de Transición

El usuario puede opcionalmente definir la existencia de una losa de transición en los trasdoses de determinados módulos del marco. Para ello debe indicar los valores de los distintos parámetros mostrados en la figura. La definición de las losas de transición sólo es necesaria para que aparezcan en los planos y mediciones del marco. Unidades: m.

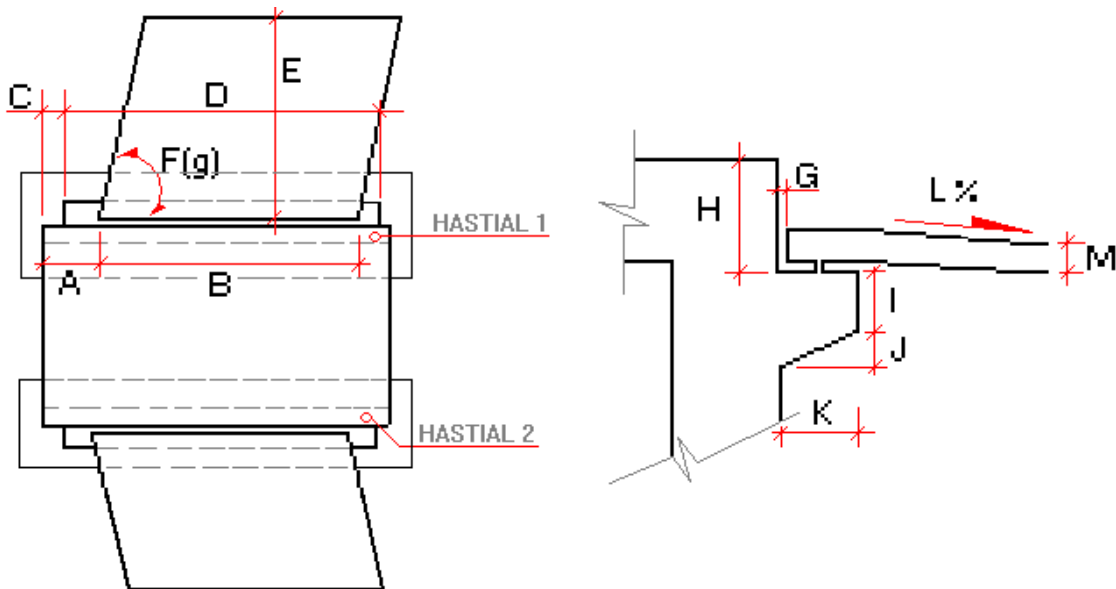


Figura 3.13-1: Definición de la losa de transición.

### 3.14 Guardar emparrillado

El usuario puede opcionalmente generar un proyecto del módulo *Barras* para editar el modelo de barras generado por el programa para la representación de cada módulo de cajón, así como para editar las cargas relativas a cada acción generadas por el programa.

### 3.15 Guardar como cajón

El usuario puede opcionalmente generar un proyecto del módulo *Cajones* para proyectar una estructura con la misma geometría que la definida para el marco proyectado. De esta forma, desde el módulo *Cajones* solamente será necesario definir la solera para poder calcular el proyecto generado.

## 4. CÁLCULOS REALIZADOS

### 4.1 Configuración del cálculo

En el diálogo de configuración del cálculo se dan distintas posibilidades de incidir en el cálculo descrito en el apartado anterior.

Cuando el usuario solicita al programa una figura, cuadro o listado de resultados, el programa se vale de los archivos “.cmb” generados para obtener los resultados pedidos. Por ello, el cálculo de esfuerzos debe estar siempre actualizado, para contemplar los últimos cambios introducidos por el usuario en la entrada de datos del marco. Una vez se ha realizado el cálculo de esfuerzos puede grabarse el proyecto. De esta forma, si se vuelve a abrir no ser preciso realizar ningún re cálculo cuando se soliciten figuras o listados de resultados.

Si el cálculo de esfuerzos no está actualizado, el programa lo indica en los resultados obtenidos de la siguiente forma:

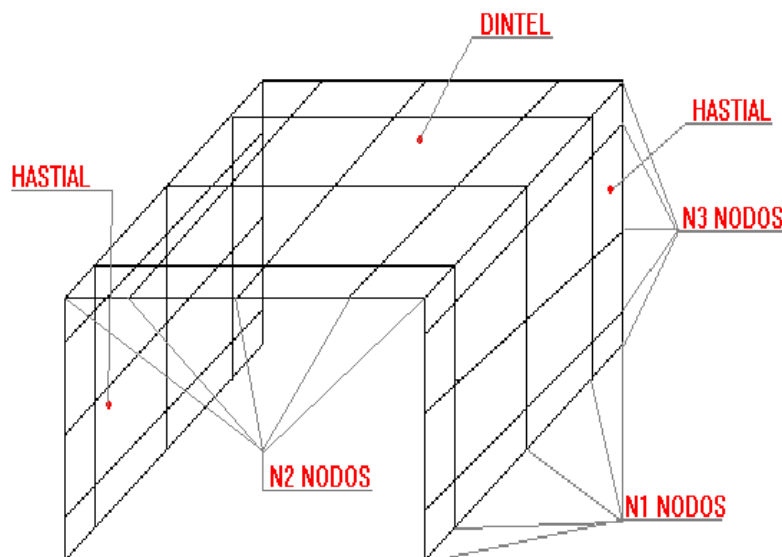
- si se trata de una figura, la desactiva y pinta a su alrededor un marco de línea blanca a trazos.
- si tenemos un diálogo de resultados abierto, sus celdas son pintadas de color gris.
- si se ha generado una ventana con una memoria o listado de resultados, el programa escribe en su interior el mensaje "*listado no actualizado*".

En los tres casos, cuando se actualiza el cálculo de esfuerzos (ejecutando la opción “*Cálculo/Ejecutar*”), se refrescan los resultados mostrados con las envolventes recién generadas y desaparecen el marco blanco, el color gris y el mensaje de aviso explicados anteriormente.

Para poder configurar la actualización del cálculo de esfuerzos, *CivilCAD2000* ofrece las siguientes posibilidades:

- Activar que se generen, al realizarse el cálculo de esfuerzos, unos archivos ASCII con un listado detallado del cálculo matricial desarrollado para cada tipo de carga.
- Activar que se recalculen sólo las envolventes afectadas por los últimos cambios introducidos por el usuario. Si no se activa esta opción, el programa realizará un cálculo completo de esfuerzos y envolventes cada vez que desarrolle un cálculo de esfuerzos. Si se activa, tan solo procederá a recalcular aquellos tipos de carga y envolventes afectados por los cambios realizados en los diálogos de entrada de datos desde el último cálculo de esfuerzos.
- Activar el que se realice automáticamente un cálculo de esfuerzos cada vez que se valide (con los botones "Aceptar" o "Aplicar") un diálogo de entrada de datos. Si no se activa esta opción el programa realizará el cálculo de esfuerzos sólo cuando se ejecute la opción 'Cálculo/Ejecutar' o bien cuando el usuario solicite una nueva figura, cuadro o listado de resultados. Si se activa esta opción, la actualización se realizará cada vez que se valide un diálogo de entrada de datos, con lo cual las figuras de resultados estarán siempre actualizadas.
- Activar que se recalculen la armadura del marco cada vez que se hayan recalculado los esfuerzos.
- Ejecutar la revisión de datos entrados por el usuario. Es útil desactivar la revisión de los datos en caso de querer obtener ciertos resultados a pesar de que la estructura no esté correctamente entrada en su totalidad.

El usuario también puede modificar, para cada módulo del marco, el número de nodos que se van a usar en la discretización en cada una de las tres dimensiones ( $N_1$ ,  $N_2$  y  $N_3$ ).



**Figura 4.1-1:** Discretización del marco.



Por otro lado puede configurar el cálculo a cortante del marco. En concreto los siguientes aspectos relativos a la comprobación a rotura por esfuerzo cortante en las zapatas, hastiales y dintel del marco:

- 1) Puede decidir si incluir o no en el cálculo a cortante los nodos de empotramiento de las zapatas con los hastiales y del dintel con los hastiales.
- 2) Puede imponer unas cuantías mínimas de armadura a flexión longitudinal (barras paralelas al eje del marco) y transversal (barras perpendiculares al eje del marco) en zapatas, hastial y dintel. El programa utilizará en cada nodo de la discretización del marco el mayor del valor entre esta cuantía mínima entrada por el usuario y la cuantía de cálculo para dar valor al parámetro  $A_s$  existente en la expresión que permite calcular  $V_c u$  según se expone en el apartado 44.2.3.2 de la EHE.

A su vez el usuario puede liberar determinadas barras frente a la acción de ciertos esfuerzos locales, en la parte del diálogo "*Rótulas y cortes*". Mediante los botones "*Añadir/Eliminar barras*", se puede variar el número de barras que sufren algún tipo de cambio en sus vinculaciones con las otras barras en sus extremos inicial y final. La numeración de barras que sigue el programa se puede ver en la figura de discretización del módulo de marco. Los cambios de condiciones de vinculación que pueden establecerse en los extremos de las barras son los siguientes:

- ninguno.
- rótula al inicio.
- rótula al final.
- corte al principio.
- corte al final.

Una rótula implica que los esfuerzos de torsión y flexión respecto de los 2 ejes locales son nulos. Un corte en el extremo de una barra significa que todos los esfuerzos locales en dicho extremo serán nulos.

Se dispone además de otra utilidad, la "*Modificación del cálculo de esfuerzos*". Con este botón *CivilCAD2000* muestra un diálogo en que el usuario puede intervenir directamente en las acciones de cálculo, es decir tiene la posibilidad de modificar la envolvente de esfuerzos para cada una de las cargas que intervienen en el marco. Para cada acción se da la posibilidad de activar o desactivar su modificación. Es decir elegir si conservamos el cálculo original "*automático*" de la acción considerada o pasamos a realizar su cálculo "*modificado*". De ser así el botón "*Grabar*" cálculo correspondiente de la segunda columna d dicho diálogo, permite generar un archivo ".*bar*" cuyo nombre lo crea el programa y muestra cual es al usuario. Esto quiere decir que el programa guarda en un archivo ".*bar*" las cargas generadas para esa acción y las combinaciones de cada uno de los ".*cmb*" que se generan de modo general.

Con el módulo "*Barras*" se podrá abrir dicho archivo con la finalidad de alterar las cargas según convenga y recalcular la combinación con el diálogo de calcular combinaciones. Dicho cálculo generará los archivos ".*cmb*" asociados a las combinaciones grabadas, con el mismo nombre interno del programa y que ahora aparecerá como nombre de cada una de las combinaciones y que el usuario no podrá cambiar.

Al realizar el cálculo de esfuerzos propio de este módulo, se tendrá en cuenta para cada acción su "*status de modificación*". A priori se calculará la envolvente de la acción como siempre, tal y como se define, pero si la hemos modificado, se obviará dicho cálculo y considerará los esfuerzos obtenidos en el cálculo de la combinación de su archivo ".*bar*" correspondiente ya modificado. Es decir, como el programa sabe que para esa acción la modificación de envolventes se ha activado, en el cálculo de esfuerzos no recalculará esa acción y los resultados solicitados para esa acción (figuras, listados, cuadros...) leerán los archivos generados con el módulo "*Barras*", ya modificados.

Recordar que el usuario será responsable de recalculer o refrescar el cálculo de las envolventes modificadas, cada vez que se realice un cambio en la entrada de datos del marco o en este diálogo. El programa no le avisará. Al abrir los archivos ".*bar*" con el módulo "*Barras*", si estos proceden de la modificación del cálculo de este módulo, en los diálogos de entrada no se permitirá añadir ni eliminar elementos (nodos, barras,...) aunque sí modificar sus valores. Sólo la entrada de cargas es modificable en su totalidad. No se permite cambiar nada de las combinaciones y en su diálogo sólo se permitirá calcularlas, una vez se hayan modificado las cargas, para obtener los ".*cmb*".

## 4.2 Ejecución del Cálculo de esfuerzos

Una vez ha sido completada la entrada de datos de definición del marco el usuario puede activar la opción “Ejecutar” bajo el epígrafe “Cálculo”. Tras chequear la información entrada, el programa pide al usuario que escoja el módulo de marco a ser calculado. *CivilCAD2000* genera, entonces, el emparrillado tridimensional con que discretizar la estructura.

A continuación sigue los pasos siguientes para cada uno de los tipos de carga:

- Generación de cargas equivalentes.
- Resolución del cálculo matricial de la estructura. Obtención opcional de un archivo de resultados ASCII con los esfuerzos, reacciones y movimientos de cada hipótesis del tipo de carga.
- Cálculo de la envolvente de esfuerzos, reacciones y movimientos para el tipo de carga en los estados límites último y de utilización. Los resultados se guardan en dos archivos “.cmb” (archivo de envolventes)
- Cálculo de las envolventes correspondientes a cada combinación de acciones considerada por el programa.

Cuando se activa la opción de cálculo por primera vez, el programa desarrolla el cálculo completo tal como ha sido explicado. Si el usuario cambia a continuación algún dato de definición geométrica o cargas del marco, al invocar la orden de cálculo *CivilCAD2000* sólo refrescará la evaluación de aquellas envolventes afectadas por el cambio realizado. En cualquier caso, el programa ofrece siempre la posibilidad de rehacer completamente el cálculo.

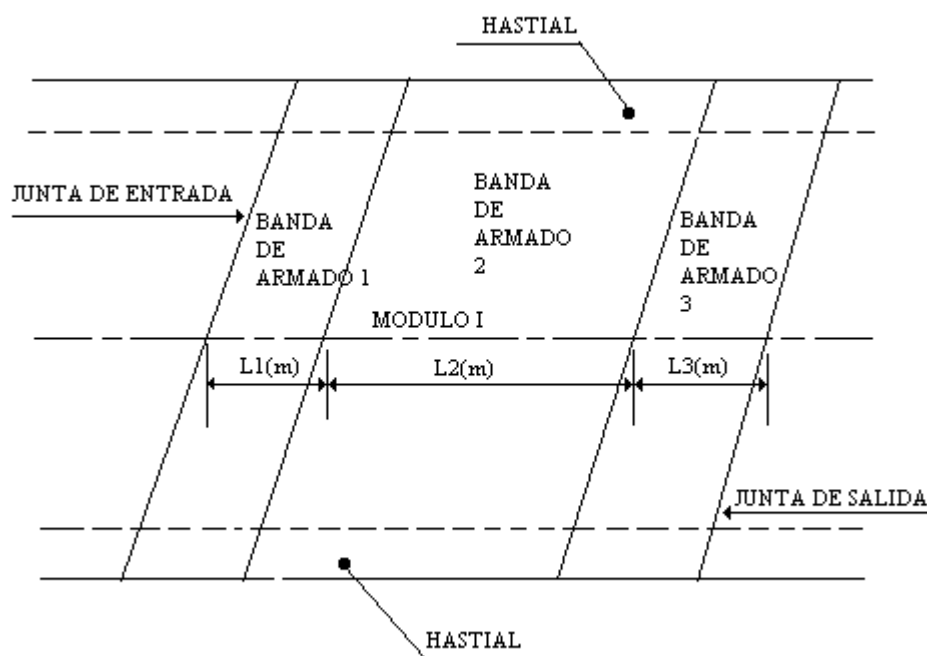
### 4.3 Armadura del marco

Tras ejecutar el cálculo de esfuerzos, el usuario puede proceder a obtener el armado del marco. Para ello debe elegir la orden “*Armadura*” bajo el epígrafe “*Cálculo*”.

El programa se vale de las envolventes calculadas para armar zapatas, hastiales y dintel de cada módulo. En el diálogo que aparece podemos seleccionar las distintas partes de cada módulo del marco, con el fin de que aparezca su listado de posiciones.

Al presionar el botón ‘*Calcular*’ CivilCAD2000 realizará el cálculo del armado del marco. Con el botón ‘*Opciones*’ aparece un diálogo que pide al usuario si desea considerar las cuantías mínimas, (geométricas y mecánicas) descritas en la EHE para armar el marco. También se piden los valores de los diámetros mínimos y cuantías mínimas a emplear en la obtención del armado.

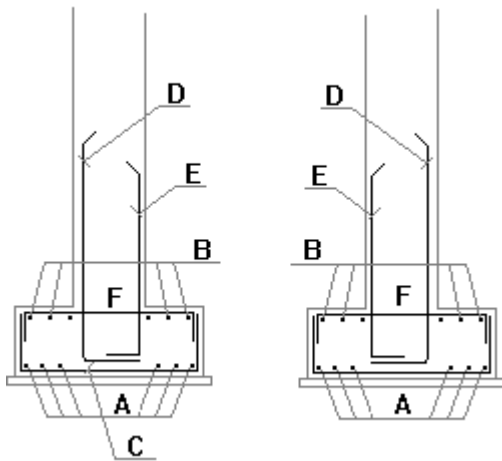
El programa obtiene el armado de cada módulo en 3 bandas, la longitud de las cuales es fijada por el usuario en el cuadro de diálogo de opciones. La primera banda corresponde a la zona de entrada del módulo. La segunda banda se encuentra en la zona central, y la tercera en la zona de salida del módulo. Las longitudes de las bandas se miden sobre la sección longitudinal media del marco (ver la figura). Si se da una longitud nula a una banda, CivilCAD2000 congela las posiciones correspondientes a dicha longitud. El programa no permite definir una longitud nula para la banda central.



**Figura 4.3-1:** Definición de las bandas de armado del marco.

Las barras longitudinales definidas por el programa son paralelas al eje longitudinal del marco y son comunes a las 3 bandas de un mismo módulo. Las barras transversales tienen la dirección perpendicular a las longitudinales y son definidas para cada una de las 3 bandas.

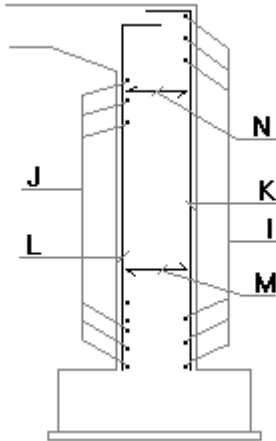
En las figuras se muestran las 51 posiciones con que *CivilCAD2000* arma el marco.



**Figura 4.3-2:** Posiciones del armado de las zapatas.

Numeración de las posiciones de las zapatas.

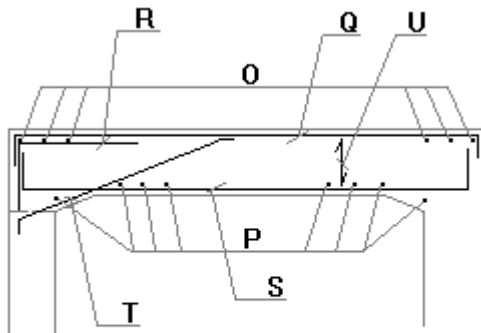
Posición	Banda de entrada	Banda central	Banda de salida
A	1	1	1
B	2	2	2
C	3	9	15
D	4	10	16
E	5	11	17
F	6	12	18



**Figura 4.3-3:** Posiciones del armado de los hastiales.

Numeración de las posiciones de los hastiales

Posición	Banda de entrada	Banda central	Banda de salida
I	21	21	21
J	22	22	22
K	23	27	31
L	24	28	32
M	25	29	33
N	26	30	34



**Figura 4.3-4:** Posiciones del armado del dintel.

Numeración de las posiciones del dintel

Posición	Banda de entrada	Banda central	Banda de salida
O	35	35	35
P	36	36	36
Q	37	42	47
R	38	43	48
S	39	44	49
T	40	45	50
U	41	46	51

Cabe resaltar que todas las posiciones longitudinales o transversales de los hastiales tienen el número de capas igual a 2, para considerar la existencia de 2 hastiales por módulo. En lo que respecta a las posiciones de la armadura de cortante, la separación  $s$  se refiere a la existente entre dos capas consecutivas. Cada capa consiste en un número de cercos dispuestos en un mismo plano, en una misma sección longitudinal del hastial o dintel a lo largo del marco. Es decir una capa de cercos se dispone a continuación de la anterior, avanzando a lo largo de una sección transversal del marco. Por tanto en el dibujo de las posiciones 25, 26, 29, 30, 33, 34, 41, 46, y, que se presenta en las figuras se podrían ver los cercos alineados de todas las capas de la posición a lo largo de la sección transversal del cajón. Dos cercos consecutivos de una misma capa tendrán sus barras extremas separadas entre sí por una distancia igual a la dimensión transversal del cerco.

## 5 SALIDA DE RESULTADOS

Bajo el epígrafe “*Salida*” CivilCAD2000 presenta seis opciones “*Mediciones*”, “*Listados*”, “*Resultados de cálculo*”, “*Planos de definición geométrica*”, “*Planos de armadura*” y “*Generación automática de planos*” que a continuación describimos:

### 5.1 Listado de Mediciones

Cuando el usuario selecciona la opción “*Medición*”, CivilCAD2000 le pide el nombre de un archivo ASCII, al cual le da extensión “.txt”. En él vuelca un listado completo de mediciones con las unidades de obra necesarias para ejecutar el marco. El programa estructura las mediciones en 5 apartados para cada uno de los módulos:

- Zapatas
- Hastiales
- Dintel
- Losas de transición
- Acabados

### 5.2 Listados

Una vez se ha ejecutado el cálculo del cajón, los archivos de las envolventes de esfuerzos para cada tipo de carga y de las envolventes globales ya han sido generados. El programa recuperará de estos archivos la información que le solicite el usuario al activar las opciones existentes bajo este epígrafe:

- “*Obtención de la Memoria*”: Al seleccionar la opción “*Memoria*”, el programa pide al usuario el nombre de un archivo ASCII, al que le da la extensión “.txt”.

En él escribe el siguiente contenido para cada módulo del marco:

- datos de definición geométrica del marco.
- cargas que actuarán sobre el marco.
- tensiones máximas y mínimas que se producirán en el terreno bajo las zapatas.
- envolvente de esfuerzos global y para cada tipo de carga en hastiales y dintel.
- envolvente de cuantías mecánicas de las armaduras longitudinal y transversal en caras interior y exterior de hastiales y dintel y de la armadura en caras superior e inferior de la zapata. Se trata de las armaduras de cálculo, sin contemplar las cuantías mínimas exigidas por la normativa.



- *“Listado de esfuerzos”*: Lista los esfuerzos en las barras de la discretización para el tipo de carga o envolvente que el usuario solicite.
- *“Listado de tensiones en el terreno”*: Lista las tensiones máximas y mínimas que se producirán en el terreno bajo las zapatas.
- *“Cálculo de las zapatas”*: presenta los resultados del cálculo a flexión de las zapatas y las cuantías obtenidas para las mismas.
- *“Cálculo a fisuración”*: permite obtener un archivo ASCII, con extensión “.txt”, con un listado del cálculo de los anchos de fisura que aparecen en el hormigón de hastiales y dintel para la envolvente global de esfuerzos. El usuario debe elegir los diámetros (mm) y separaciones (m) de la armadura que desea que el programa emplee para el cálculo a fisuración , así como los recubrimientos geométricos (mm), en las siguientes posiciones:
  - Cara interior de los hastiales.
  - Cara exterior de los hastiales.
  - Cara superior del dintel.
  - Cara inferior del dintel.

### 5.3 Resultados de cálculo

La opción de salida de resultados permite obtener las siguientes figuras del marco:

- “*Discretización*”: esquema de discretización de la estructura de barras empleada en el cálculo de esfuerzos.
- “*Esquema de esfuerzos*”: *CivilCAD2000* dibuja un mapa de esfuerzos máximos y mínimos en los extremos de las barras de los hastiales o el dintel para cualquiera de los archivos “.cmb” generados. El usuario puede elegir el esfuerzo a representar. Los esfuerzos representados son siempre por metro lineal de anchura de barra. El signo de los momentos flectores es tal que cuando son positivos inducen una compresión en la fibra superior del dintel, en la fibra exterior de los hastiales y en la fibra inferior de la solera. El axil positivo, por otro lado, denota compresión.
- “*Esquema de cuantías*”: Con los esfuerzos envolventes, *CivilCAD2000* calcula las cuantías de armadura en los nodos de ambas caras de los hastiales y el dintel, resultantes del cálculo a flexión. De nuevo, las cuantías representadas son por metro lineal. Estas cuantías no tienen en cuenta la armadura mínima exigida por la normativa, pues se obtienen al realizar un cálculo de armadura con los esfuerzos evaluados.

Para obtener los esfuerzos de cálculo con que armar el marco, el programa utiliza el procedimiento diseñado por Wood y Arner, que parte de los esfuerzos calculados en las barras del emparrillado. *CivilCAD2000* permite obtener la armadura en dirección longitudinal o transversal, ambas en las caras interior y exterior del hastial o el dintel. La dirección longitudinal es en dintel, hastiales y zapatas la que sigue el eje del interior del marco, es decir, la de la sección longitudinal del marco. La dirección transversal es en cada punto la perpendicular a la longitudinal.

## 5.4 Planos de definición geométrica

La opción “*Planos de definición geométrica*” permite seleccionar entre cualquiera de las figuras siguientes:

- **Figuras de planta**

- *Cuadro de coordenadas de las zapatas*: construye un cuadro que define las coordenadas en planta de los puntos extremos de las zapatas de cada módulo del marco.

- *Cuadro de coordenadas interiores*: genera un cuadro con las coordenadas de los 4 puntos de las caras interiores de los hastiales en las juntas de los módulos.

- *General*: dibuja y acota la planta general de los módulos del marco definidos por el usuario.

- **Figuras de alzado**

- *Entrada*: representa un alzado de la junta de entrada del marco.

- *Salida*: representa un alzado de la junta de salida del marco.

- **Figuras de sección longitudinal**

- *General*: conduce a la generación de una sección longitudinal del marco siguiendo la línea media de sus distintos módulos.

- **Figuras de sección transversal**

- *Figura*: dibuja una sección transversal media del módulo intermedio y la acota con letras a modo de parámetros, los cuales quedan definidos en los cuadros descritos a continuación.

- *Cuadros*: cuadros de definición de los parámetros de acotación de la figura de la sección transversal de los módulos del marco.

- *Módulo*: genera y acota una sección transversal del módulo indicado por el usuario.

- *Detalle*: permite elegir entre la obtención de un detalle de definición de la forma de la losa de transición.

## 5.5. Planos de Armadura

El programa permite obtener las siguientes figuras:

- *Armadura de flexión*: representa una sección transversal que define las características de algunas posiciones del armado a flexión del marco. En ella no se representan por tanto todas las posiciones del armado.
- *Armadura de cortante*: representa una sección transversal que define la *posición* de los cercos de armadura transversal en las zapatas, hastial o dintel de un módulo de marco.
- *Lista de hierros*: dibuja la lista de hierros con el despiece del armado de las zapatas, hastiales o dintel de un módulo del marco.

## 5.6 Generación automática de planos.

Esta orden permite que el programa genere automáticamente un plano de definición geométrica o de armaduras para un módulo determinado. Una vez generados los planos automáticamente, el usuario puede modificarlos, añadiendo o eliminando figuras o bien cambiando las características que definen las figuras (para ello hay que pinchar la figura a cambiar con el botón derecho del ratón y elegir la orden "*Propiedades*" o "*Modificar*" del menú emergente).