

**disseny**  
ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DE ESTRUCTURAS

SimEst

2025 X64 V25.20

**DISSENY 2025 v25.20**

**ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DE  
ESTRUCTURAS**

**(Manual de usuario de Análisis)**

**Pascual Martí Montrull**

**Pedro P. Company Calleja**

Agosto de 2025



# Índice

1	<a href="#"><u>INTRODUCCIÓN</u></a> .....	1
2	<a href="#"><u>MÉTODOS DE ANÁLISIS</u></a> .....	3
3	<a href="#"><u>IDEALIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA</u></a> .....	5
3.1	<a href="#"><u>MODELO DE ANÁLISIS</u></a> .....	5
3.2	<a href="#"><u>NUDOS</u></a> .....	6
3.3	<a href="#"><u>RESTRICCIONES</u></a> .....	7
3.4	<a href="#"><u>ELEMENTOS</u></a> .....	8
3.4.1	<a href="#"><u>Tipos de elementos</u></a> .....	8
3.4.2	<a href="#"><u>Elemento barra de nudos articulados</u></a> .....	8
3.4.3	<a href="#"><u>Elemento barra de nudos rígidos</u></a> .....	9
3.4.4	<a href="#"><u>Elementos planos con comportamiento de tensión o deformación plana</u></a> .....	10
3.5	<a href="#"><u>CARGAS</u></a> .....	12
3.5.1	<a href="#"><u>Estados de cargas</u></a> .....	12
3.5.2	<a href="#"><u>Tipos de cargas</u></a> .....	12
3.5.3	<a href="#"><u>Estados combinados</u></a> .....	13
3.5.4	<a href="#"><u>Estados envolventes</u></a> .....	13

4	<a href="#"><u>INSTRUCCIONES DE CONTROL DE LA EJECUCIÓN</u></a> .....	15
4.1	<a href="#"><u>NORMAS GENERALES</u></a> .....	15
4.2	<a href="#"><u>ORDENES DE CONTROL</u></a> .....	16
4.3	<a href="#"><u>ORDEN CONTROL DEL PROBLEMA</u></a> .....	19
4.4	<a href="#"><u>ORDEN PARÁMETROS GENERALES</u></a> .....	24
4.5	<a href="#"><u>ORDEN PARÁMETROS DE ANALISIS</u></a> .....	26
4.5.1	<a href="#"><u>Instrucciones de la lectura de datos</u></a> .....	27
4.5.2	<a href="#"><u>Comando RENUMERACION</u></a> .....	97
4.5.3	<a href="#"><u>Comando ESCRITURA DE DATOS</u></a> .....	98
4.5.4	<a href="#"><u>Comando ESCRITURA DE RESULTADOS</u></a> .....	99
5	<a href="#"><u>ENTRADA DE DATOS AVANZADA</u></a> .....	101
5.1	<a href="#"><u>INTRODUCCIÓN</u></a> .....	101
5.2	<a href="#"><u>PARÁMETROS</u></a> .....	101
5.3	<a href="#"><u>OPERACIONES CON NÚMEROS Y PARÁMETROS</u></a> .....	101
5.4	<a href="#"><u>LISTAS</u></a> .....	102
5.5	<a href="#"><u>BUCLAS Y ESTRUCTURAS DE CONTROL</u></a> .....	102
6	<a href="#"><u>MENSAJES DEL PROGRAMA</u></a> .....	105
7	<a href="#"><u>EJEMPLOS</u></a> .....	107
7.1	<a href="#"><u>EJEMPLO 1: MARCO COMPLEJO</u></a> .....	109
7.1.1	<a href="#"><u>Modelo de análisis</u></a> .....	109
7.1.2	<a href="#"><u>Archivo de datos</u></a> .....	109
7.2	<a href="#"><u>EJEMPLO 2: CERCHA MANSARDA</u></a> .....	111
7.2.1	<a href="#"><u>Modelo de análisis</u></a> .....	111
7.2.2	<a href="#"><u>Archivo de datos</u></a> .....	111

7.3	<a href="#"><u>EJEMPLO 3: MÉNSULA ESPACIAL DE NUDOS ARTICULADOS</u></a> .....	113
7.3.1	<a href="#"><u>Modelo de análisis</u></a> .....	113
7.3.2	<a href="#"><u>Archivo de datos</u></a> .....	115
7.4	<a href="#"><u>EJEMPLO 4: PÓRTICO A DOS AGUAS CON PUENTE GRÚA</u></a> .....	117
7.4.1	<a href="#"><u>Modelo de análisis</u></a> .....	117
7.4.2	<a href="#"><u>Archivo de datos</u></a> .....	119
7.5	<a href="#"><u>EJEMPLO 5: VIGA ATIRANTADA</u></a> .....	121
7.5.1	<a href="#"><u>Modelo de análisis</u></a> .....	121
7.5.2	<a href="#"><u>Archivo de datos</u></a> .....	121
7.6	<a href="#"><u>EJEMPLO 6: EMPARRILLADO</u></a> .....	125
7.6.1	<a href="#"><u>Modelo de análisis</u></a> .....	125
7.6.2	<a href="#"><u>Archivo de datos</u></a> .....	126
7.7	<a href="#"><u>EJEMPLO 7: ESTRUCTURAESPACIAL DE NUDOS RÍGIDOS</u></a> .....	127
7.7.1	<a href="#"><u>Modelo de análisis</u></a> .....	127
7.7.2	<a href="#"><u>Archivo de datos</u></a> .....	129
7.8	<a href="#"><u>EJEMPLO 8: MÉNSULA</u></a> .....	133
7.8.1	<a href="#"><u>Modelo de análisis</u></a> .....	133
7.8.2	<a href="#"><u>Archivo de datos</u></a> .....	133
7.9	<a href="#"><u>EJEMPLO 9: DIENTE DE ENGRANAJE</u></a> .....	135
7.9.1	<a href="#"><u>Modelo de análisis</u></a> .....	135
7.9.2	<a href="#"><u>Archivo de datos</u></a> .....	136



# 1 Introducción

DISSENY es un programa para el análisis estático de estructuras, basado en el Método de los Elementos Finitos.

La primera versión de DISSENY se realizó en el año 1985, y desde entonces su utilización y sucesivas mejoras lo han convertido en una herramienta útil y fiable para el análisis y optimización de estructuras con ordenador.

DISSENY integra la generación automática de datos, el análisis por elementos finitos, los gráficos, la base de datos, y un lenguaje de comandos y una interface gráfica la interacción con el programa.

Entre las características principales hay que señalar:

- La generación automática de datos en todos los niveles de información del modelo de análisis.
- Procedimientos eficientes para la resolución del sistema de ecuaciones de equilibrio de la estructura.
- El alto nivel de control, por parte del usuario, de los procesos de entrada/salida de datos, análisis, representación gráfica y obtención de resultados.
- La posibilidad de obtener, a través de la base de datos, toda la información del problema en resolución.
- Representación gráfica de datos y resultados.
- Comunicación usuario/programa mediante un lenguaje de comandos, con sintaxis habitual en el campo de las estructuras, y una interface de interacción gráfica.
- Gran cantidad de comprobaciones para detectar posibles fallos, así como información al usuario de las posibles causas y soluciones.
- Programa dirigido al usuario, de forma que no se requiere ningún conocimiento previo de lenguajes de programación, para utilizarlo.



# 2 Métodos de análisis

DISSENY realiza análisis estáticos (elástico lineal y elástico no lineal con grandes desplazamientos y/o grandes cargas axiales) de estructuras tridimensionales por el Método de los Elementos Finitos. Se pueden analizar estructuras de barras tridimensionales y estructuras continuas bidimensionales.

El análisis estático (elástico-lineal) de una estructura por el método de los desplazamientos, implica la resolución del sistema lineal de ecuaciones de equilibrio

$$\mathbf{K} \mathbf{U} = \mathbf{P}$$

siendo:  $\mathbf{K}$  la matriz de rigidez de la estructura;  $\mathbf{U}$  el vector de desplazamientos de los puntos nodales, y  $\mathbf{P}$  el vector de cargas en los puntos nodales.

La matriz de rigidez de la estructura, que es definida positiva, en banda y simétrica, se forma por la adición directa de las matrices de rigidez de los elementos

$$\mathbf{K} = \Sigma \mathbf{K}_e$$

siendo  $\mathbf{K}_e$  la matriz de rigidez del elemento  $e$ , en el sistema de coordenadas global, expandida para ser formalmente del mismo orden que  $\mathbf{K}$  (únicamente aquellos términos que pertenecen a los grados de libertad del elemento  $e$  pueden ser diferentes de cero). En realidad, el proceso de adición se realiza con las matrices de los elementos, sin expandir, sobre la matriz global en forma compacta (y direccionada con un puntero). La matriz de rigidez  $\mathbf{K}$  se triangulariza por el método de eliminación de Gauss, obteniéndose la factorización

$$\mathbf{K} = \mathbf{L}^T \mathbf{D} \mathbf{L}$$

Tanto la matriz global como la matriz triangularizada son fragmentadas en tantos bloques como sea necesario en función de la memoria disponible. Esta descomposición en bloques la realiza el programa de forma automática e interna.

El vector de cargas puntuales  $\mathbf{P}$  (uno por cada uno de los estados de carga simples para los que se va a analizar el comportamiento de la estructura), se obtiene a partir de las cargas aplicadas sobre la estructura. Este vector de cargas sufre un proceso de reducción según el método de Gauss

$$\mathbf{L}^T \mathbf{V} = \mathbf{P}$$

Una vez obtenido el vector de cargas reducido  $\mathbf{V}$ , se calculan los desplazamientos resolviendo por sustitución regresiva el sistema de ecuaciones

$$\mathbf{V} = \mathbf{D} \mathbf{L} \mathbf{U}$$

Cabe notar que, si bien el proceso de reducción puede llevarse a cabo al mismo tiempo que se triangulariza, dado que normalmente se analiza la estructura sometiéndola a más de un estado de cargas, se recurre a realizar el proceso de reducción junto con el proceso de sustitución regresiva, en el momento de calcular los desplazamientos para cada estado de cargas.

Una vez que se han obtenido los desplazamientos, se puede proceder a la evaluación de los esfuerzos en los elementos  $\mathbf{p}^e$ . El proceso consiste en multiplicar la matriz de rigidez de cada elemento por el vector de desplazamientos de los nudos extremos del elemento

$$\mathbf{p}^e = \mathbf{k}^e \mathbf{R}^e \mathbf{U}^e$$

siendo  $\mathbf{k}^e$  la matriz de rigidez del elemento en el sistema de coordenadas local,  $\mathbf{R}^e$  la matriz de rotación del sistema global al local del elemento, y  $\mathbf{U}^e$  los desplazamientos de los nudos del elemento en el sistema de coordenadas global.

Por último, se pueden calcular las fuerzas en un nudo  $i$  (fuerzas exteriores y/o reacciones) como la suma de las fuerzas, en el sistema de coordenadas global, actuantes sobre los  $b$  elementos que concurren a ese nudo.

$$\mathbf{P}_i = \sum_{j=1}^b \mathbf{P}_j^e = \sum_{j=1}^b \mathbf{R}_{ij}^{eT} \mathbf{p}^e$$

El análisis elástico no lineal, con grandes desplazamientos y/o grandes fuerzas axiales, lo realiza el programa por el método incremental, resolviendo una secuencia de problemas lineales.

# 3 Idealización de la estructura

## 3.1 MODELO DE ANÁLISIS

El procesador de análisis del programa DISSENY emplea un modelo estructural de elementos finitos, en el que las propiedades de la estructura se representan mediante elementos estructurales interconectados entre sí a través de los nudos.

En el esquema de la Fig. 3.1 se muestran los pasos principales para la definición del modelo de análisis.

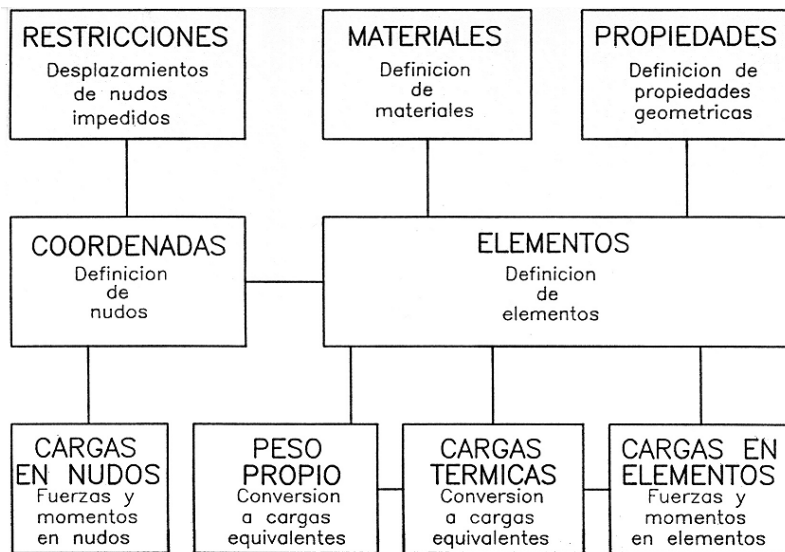


Figura 3.1 Definición del modelo de análisis.

### 3.2 NUDOS

Los nudos de la estructura se definen especificando sus coordenadas en el Sistema de Coordenadas Global (SCG). El Sistema de Coordenadas Global es un sistema cartesiano, ortogonal y dextrógiro.

Puesto que la resolución del sistema de ecuaciones de equilibrio se realiza mediante un método "en banda", los mejores tiempos de resolución, y las menores ocupaciones de memoria, se consiguen empleando secuencias de numeración de los nudos que minimicen el ancho de banda. Para ello se deben numerar los nudos de manera que la máxima diferencia entre dos nudos cualesquiera, que estén conectados por un elemento, sea mínima.

El semiancho de banda ( $SB$ ) de una estructura se calcula mediante la expresión

$$SB = (d+1) g$$

siendo:  $d$  la máxima diferencia entre los números de los nudos conectados por un elemento, y  $g$  el número de grados de libertad de los nudos. En la Fig. 3.2 se muestra un ejemplo, en el que se dan dos secuencias de numeración, con los semianchos de bandas correspondientes.

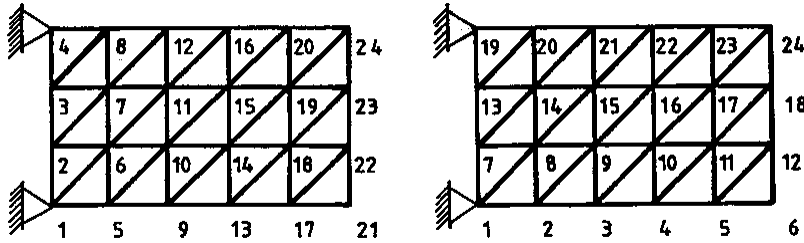


Figura 3.2 Secuencias de numeración.

$$SB = (5+1) \cdot 2 = 12$$

$$SB = (7+1) \cdot 2 = 16$$

En aquellos casos en los que la estructura sea complicada, y no resulte fácil encontrar una buena secuencia de numeración, deberá emplearse el renumerador del programa. El empleo del renumerador será particularmente interesante en aquellos casos en los que se emplee la generación automática de coordenadas de nudos.

Como resultado del análisis, el programa genera la siguiente información sobre nudos:

- desplazamientos;
- fuerzas en los nudos (fuerzas aplicadas y reacciones), y
- componentes de fuerzas en los nudos.

Los *desplazamientos* calculados son las traslaciones y rotaciones que sufren los nudos. Se calculan descompuestos en los grados de libertad de los nudos (Fig.

3.5). Se consideran valores positivos para las traslaciones aquellos que hacen aumentar la correspondiente coordenada. Para los giros, se consideran valores según la regla del sacacorchos para cada uno de los ejes. Los desplazamientos se calculan para todos los nudos y todos los estados de carga.

Las *fuerzas en los nudos* son las componentes de las fuerzas (aplicadas y reacciones) a las que está sometido cada nudo. Estas fuerzas se dan en el SCG de la estructura. En los nudos libres, estas fuerzas pueden servir para comprobar la precisión del análisis.

Las *componentes de las fuerzas en los nudos* son las componentes de las fuerzas a las que está sometido cada nudo, debidas a las cargas exteriores y a las acciones que los elementos ejercen sobre ellos. La información de estas fuerzas es una lista de todas las fuerzas que actúan sobre el nudo, y puede servir para el diseño del mismo.

Las componentes de las fuerzas en los nudos se dan por medio de su módulo y un signo que indica si traccionan (signo +) o comprimen (signo -) al nudo. Las direcciones se dan respecto al sistema global de coordenadas, y en dos formatos: cosenos directores de la fuerza respecto a los tres ejes del SGC y ángulos sexagesimales que forma la fuerza con dichos ejes (Fig. 3.3). También se añade la información de la fuerza resultante ('GLOBAL') sobre cada nudo. Esta fuerza deberá ser no nula únicamente para los nudos restringidos.

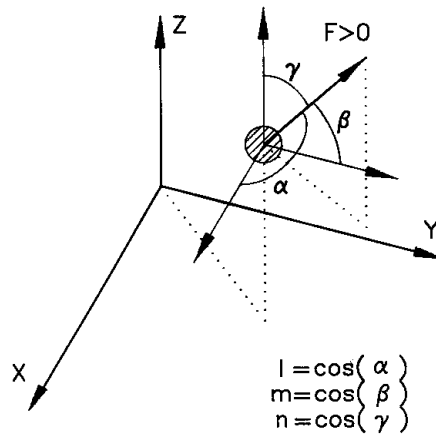


Figura 3.3 Componentes de las fuerzas en los nudos.

Las componentes de las fuerzas en los nudos sólo se calculan para elementos barra de nudos articulados.

### 3.3 RESTRICCIONES

Todos los nudos tienen, en el momento de definirlos, seis grados de libertad (gdl). Tal como se muestra en la Fig. 3.4, los gdl considerados son las traslaciones según los tres ejes del sistema de coordenadas global y los giros según los mismos ejes.

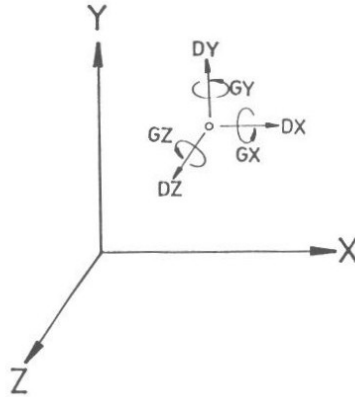


Figura 3.4 Componentes del movimiento de un nudo.

Los grados de libertad de los nudos pueden impedirse mediante restricciones. Las restricciones sirven para imponer las condiciones de contorno de la estructura, que pueden ser debidas a las condiciones de apoyo, a la aplicación de simetrías, o a que se trata de una estructura formada por elementos que no presentan rigidez en algunos de los grados de libertad (p.e. una estructura plana, o una estructura de barras de nudos articulados).

### 3.4 ELEMENTOS

#### 3.4.1 Tipos de elementos

Con el fin de aumentar las posibilidades y la eficacia del programa, para definir el modelo de análisis se ha empleado el concepto de "grupos de elementos", que son grupos formados por elementos que tienen iguales características para el análisis.

Los elementos implementados en esta versión son:

- elemento barra de nudos articulados (BNA);
- elemento barra de nudos rígidos (BNR), y
- elementos planos con comportamiento de tensión o deformación plana (EPTP, EPDP).

#### 3.4.2 Elemento barra de nudos articulados

El elemento barra de nudos articulados (BNA) es un elemento recto, unidimensional, de sección constante, que solo tiene rigidez axial.

El elemento queda definido en el espacio a partir de los nudos a los que está conectado: el nudo inicial (I) y el nudo final (J). Las propiedades geométricas y del material se definen mediante dos identificadores numéricos, que hacen referencia a propiedades geométricas y materiales.

El sistema de coordenadas local del elemento está formado por un eje ( $x$ ), cuya dirección viene dada por los nudos I y J, y cuyo sentido positivo es el que va del nudo I al nudo J.

Como resultados del análisis, se obtienen el esfuerzo axial y la tensión normal del elemento (se considera positiva la tracción). También se obtiene el esfuerzo corregido por el coeficiente "omega" (calculado por el programa a partir de las longitudes de pandeo de los elementos correspondientes a los coeficientes de pandeo dados por el usuario) cuando la barra está sometida a compresión.

En la Fig. 3.5 se han representado el Sistema de Coordenadas Global ( $X, Y, Z$ ), el Sistema de Coordenadas Local ( $x$ ) de un elemento, y los sentidos positivos de los esfuerzos y tensiones.

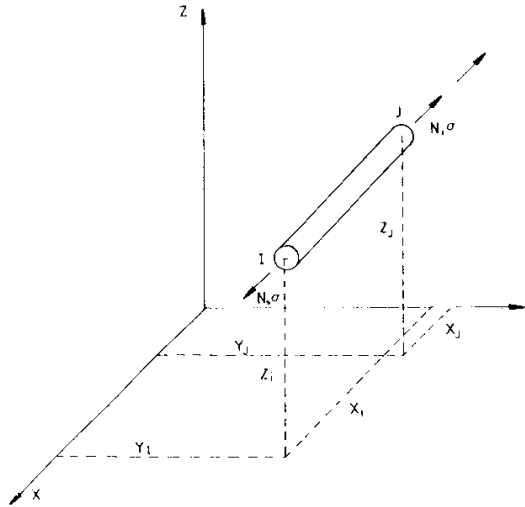


Figura 3.5 Elemento barra de nudos articulados (BNA).

Sistemas de coordenadas, y sentidos positivos de esfuerzos y tensiones.

### 3.4.3 Elemento barra de nudos rígidos

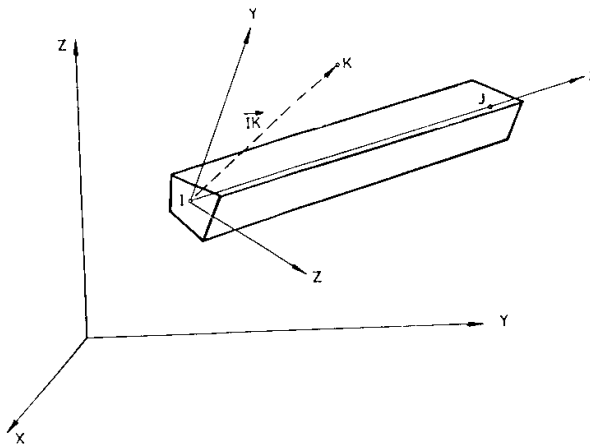
El elemento barra de nudos rígidos (BNR) es un elemento recto, unidimensional, de sección constante, que considera esfuerzos axiales, momentos torsores, esfuerzos cortantes y momentos flectores en los dos ejes principales de inercia de la sección transversal del elemento (Fig. 3.6a y 3.6b).

El elemento queda definido en el espacio a partir de los nudos a los que está conectado: el nudo inicial (I) y el nudo final (J). Las propiedades geométricas y del material se definen mediante dos identificadores numéricos, que hacen referencia a propiedades geométricas y a materiales.

El origen del sistema de coordenadas local del elemento es el nudo I. La dirección del eje  $x$  viene dada por los nudos I y J, y su sentido positivo es el que va del nudo I al nudo J. Para determinar, de forma única, los ejes  $y$  y  $z$  se utiliza un punto auxiliar K. El eje  $z$  tiene la dirección y sentido del producto vectorial entre los vectores IJ e IK. El eje  $y$  es tal que junto con los ejes  $x$  y  $z$  forma un sistema ortogonal dextrógiro.

Este tipo de elementos permite la posibilidad de liberar esfuerzos en los extremos, con lo que se pueden obtener diferentes condiciones de conexión de la barra con los nudos.

Como resultados del análisis, se obtienen los valores de los esfuerzos en los dos extremos del elemento. En la Fig. 3.6b se han representado los sentidos positivos de los esfuerzos.



(a) Elemento barra de nudos rígidos (BNR).  
Sistemas de coordenadas y punto auxiliar.

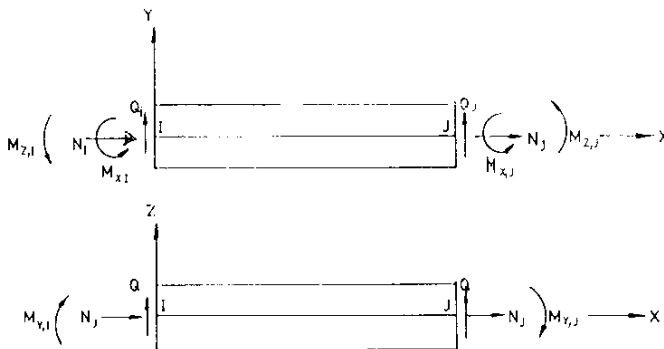


Figura 3.6 (b) Elemento barra de nudos rígidos (BNR).  
Sentidos positivos de los esfuerzos en los extremos.

### 3.4.4 Elemento plano con comportamiento de tensión o deformación plana

El elemento plano con comportamiento de tensión o deformación plana (EPTP o EPDP) es un elemento plano, de espesor constante y contorno definido por el polígono (de número de vértices variable entre tres y ocho) formado por sus nudos. El elemento considera tensiones en su plano (tensión plana) o deformaciones únicamente en dicho plano (deformación plana).

El elemento queda definido en el espacio a partir de los nudos a los que está conectado. Se distinguen dos tipos de nudo: los nudos de esquina y los nudos intermedios. Los primeros son obligatorios para definir al elemento. Los cuatro nudos de esquina se dan en sentido antihorario a partir del que se toma como inicial (I). Estos cuatro nudos dan lugar a un cuadrilátero en el que el primer lado es el que une el nudo inicial (I) con el segundo (J), y así sucesivamente.

Los nudos intermedios son opcionales. Pero existe una restricción que obliga a que los nudos intermedios que se definan se correspondan ordenadamente con los lados del cuadrilátero definido por los nudos de esquina. Es decir, que si existe el quinto nudo (M) debe ser tal que descomponga al primer lado (de I a J) en dos (IM y MJ); el sexto deberá descomponer al segundo lado, y así sucesivamente (Fig. 3.7).

Se pueden definir elementos triangulares, dando los cuatro nodos de esquina de forma que el cuarto nodo coincida con el tercero o con el primero.

Dado que este tipo de elementos no presentan rigidez a los desplazamientos perpendiculares al plano que los contiene, se deben definir los nudos sobre el plano  $XY$  del sistema de coordenadas global, y restringir su movimiento según el eje  $Z$ . También se deben impedir los giros alrededor de los tres ejes.

Las propiedades geométricas y del material se definen mediante dos identificadores numéricos, que hacen referencia a propiedades geométricas y a materiales.

El origen del sistema de coordenadas local del elemento es el nudo I. La dirección del eje  $x$  viene dada por los nudos I y J, y su sentido positivo es el que va del nudo I al nudo J. El eje  $y$  está en el plano formado por los nudos I, J y K (el tercero) y orientado de forma que el tercer nudo esté en el primer cuadrante.

Como resultados del análisis, se obtienen los valores de las tensiones normales ( $\sigma_x, \sigma_y$ ) y tangenciales ( $\tau_{xy}$ ), según los ejes  $X$  e  $Y$  (se calculan internamente en el sistema local, pero se transforman a continuación al global). También se calculan las tensiones principales ( $\sigma_1, \sigma_2$ ), y el ángulo que forma la primera con el eje  $X$  del sistema global. Por último, se calcula también la tensión de comparación de Von Mises y la energía de deformación. Los valores que pueden ser positivos o negativos se consideran positivos cuando tienen el mismo sentido que el eje global correspondiente (Fig. 3.7). Todos estos valores se calculan:

- para cada uno de los cuatro puntos de Gauss del elemento;
- para el punto medio del elemento (como valor medio de valores en los cuatro puntos de Gauss), y

3 IDEALIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA

- para cada nudo de esquina del elemento (extrapolando los valores de los puntos de Gauss, y promediando la contribución de todos los elementos que concurren a él).

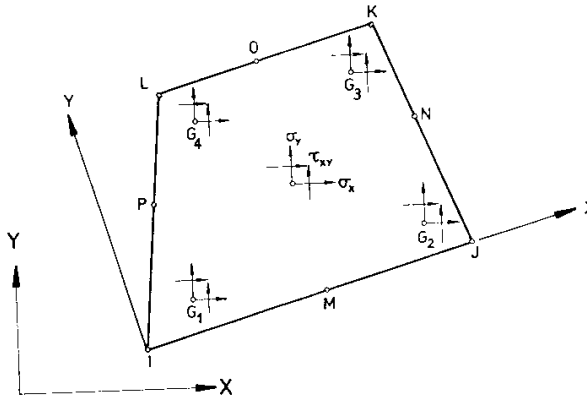


Figura 3.7 Elemento plano (EPTP o EPDP).  
Nodos, sistemas de coordenadas, puntos de Gauss y esfuerzos.

## 3.5 CARGAS

### 3.5.1 Estados de carga

El programa admite estados de carga simples, estados de carga combinados y estados de carga envolventes.

Los estados de carga simples pueden contener diferentes tipos de cargas, y los estados de carga combinados se definen mediante la combinación de los estados de carga simples, o combinados, previamente definidos.

La estructura puede analizarse para varios estados de carga (simples, combinados y envolventes), estando limitado su número total a 99.

### 3.5.2 Tipos de cargas

Las cargas que pueden aplicarse sobre la estructura son de cuatro tipos:

1. cargas puntuales aplicadas sobre los nudos;
2. cargas aplicadas sobre los elementos barra de nudos rígidos;
3. cargas debidas al peso propio de los elementos de la estructura, y
4. cargas térmicas.

Las cargas puntuales aplicadas sobre los nudos se definen por las tres componentes, en el sistema global de coordenadas, del vector de fuerzas y las tres componentes del vector de momentos.

Las cargas sobre elementos únicamente son aplicables a elementos barra de nudos rígidos. Estas cargas se introducen según el sistema local de coordenadas de cada elemento. Hay seis tipos de cargas aplicadas sobre los elementos:

1. puntual;
2. uniforme;
3. triangular creciente;
4. triangular decreciente;
5. trapezoidal, y
6. fuerzas y momentos de empotramiento perfecto.

Para aplicar *cargas debidas al peso propio de los elementos de la estructura*, el usuario debe definir un vector gravedad. El programa calcula el peso del elemento, y lo aplica como carga según la dirección, sentido y módulo del vector gravedad. En los elementos barra, el peso se obtiene como producto del área de la sección recta por la longitud del elemento, y por su peso específico. En las barras de nudos articulados, se aplica la mitad de este peso a cada uno de los nudos a los que está conectado el elemento. En el caso de barras de nudos rígidos se aplica una carga uniforme de valor igual al peso por unidad de longitud, a toda la longitud del elemento. En la versión actual, el programa sólo calcula el peso propio de elementos barra.

Para aplicar cargas térmicas sobre los elementos de la estructura, el usuario define un incremento de temperatura asociado con cada elemento. Las cargas

térmicas solo pueden aplicarse sobre barras. El programa calcula la variación de longitud asociada con la modificación de temperatura. Para ello utiliza el coeficiente de dilatación térmica asociado con cada material.

### **3.5.3 Estados combinados**

Para el análisis elástico lineal existe la posibilidad de obtener la respuesta de la estructura a estados de carga que sean combinación lineal de otros (no combinados) definidos previamente. En este caso, el programa admite que es válido el Principio de Superposición, y obtiene la respuesta de la estructura como combinación lineal de las respuestas a los estados que se combinan. La contribución de los diferentes estados puede ponderarse con factores dados por el usuario.

### **3.5.4 Estados envolventes**

Se puede determinar la envolvente de la respuesta de la estructura a diferentes estados de carga, o combinaciones, definidos previamente. En este caso, el usuario define el estado envolvente como selección de los resultados máximos, mínimos, máximos en valor absoluto, mínimos en valor absoluto, máximos positivos, mínimos negativos, absolutos máximos y absolutos mínimos, de todos los resultados del análisis para los estados seleccionados. El valor de la envolvente se calcula para cada una de las componentes de desplazamientos, esfuerzos y tensiones en elementos y fuerzas en nudos, pudiendo utilizarse distintos criterios para cada una de las componentes.

# 4 Instrucciones de control de la ejecución

## 4.1 NORMAS GENERALES

A lo largo de la ejecución de todo el programa se deben tener en cuenta las siguientes normas de interacción con el mismo:

1. El programa indica el inicio y final de tareas por medio de mensajes apropiados (salvo si la propia tarea implica un mensaje, como la escritura o representación de información). Si una tarea es suficientemente larga, el programa muestra mensajes indicando el progreso de la misma.
2. Debido a la estructura jerárquica (en árbol) de los menús de instrucciones, el usuario debe utilizar una serie de caracteres identificadores (prompts) para separar los niveles de instrucciones. Estos caracteres son:

- \* Nivel de órdenes.
- > Nivel de comandos.
- / Nivel de opciones.
- \_ Nivel de subopciones.

Las instrucciones de la lista anterior están ordenadas de mayor a menor rango.

3. En la descripción de las instrucciones en este manual se ha escrito en minúsculas todo lo que son explicaciones de la información a introducir, mientras que se ha escrito en MAYÚSCULAS las órdenes que deben ser escritas literalmente; no obstante, las órdenes se pueden escribir en cualquier combinación de mayúsculas y minúsculas, puesto que el programa realiza una conversión automática a mayúsculas.
4. Las instrucciones entre corchetes son optativas, pero si se incluye el

encabezamiento de un bloque optativo, se deben incluir todas sus instrucciones (salvo las que sean optativas a su vez).

5. Dado que las instrucciones se denominan según su función, algunas de ellas pueden resultar muy largas para el usuario experto. Por ello, todas las instrucciones pueden abreviarse para agilizar su utilización interactiva.

Como norma general, la abreviatura aceptable en todos los casos consiste en introducir las cuatro primeras letras de cada palabra. Para una abreviatura más simple se pueden emplear únicamente las letras que estén en mayúsculas en las listas de menú, y aquellas palabras que no estén entre paréntesis.

6. Los diferentes datos o instrucciones que puede contener una misma línea deben ir separados por, al menos, un blanco o una coma, siendo indiferente el número total de blancos y/o comas.
7. Los datos pueden ser de diferentes tipos. Los tipos disponibles son, básicamente, los empleados en el lenguaje FORTRAN:

- enteros;
- reales, y
- doble precisión.

Deben comenzar por + - o un dígito de 0 a 9. El dato se considerará como Entero (E) si no tiene punto decimal ni exponente. El dato se considerará como Real (R) si tiene exponente (indicado con el símbolo E, o sin símbolo), o bien tiene punto decimal y un máximo de ocho dígitos significativos. El dato se considerará como Doble Precisión (DP) si tiene exponente (indicado con el símbolo D), o tiene punto decimal y más de ocho dígitos significativos.

Otros tipos de datos son:

- Alfanuméricos. Son aquellos que empiezan por cualquier carácter distinto de + - o cualquier dígito de 0 a 9. Pueden tener cualquier número de caracteres, pero sólo se consideran los cuatro primeros. Además, los caracteres alfabéticos son convertidos a mayúsculas, independientemente de como sean leídos.
  - Tira. Cualquier sucesión de caracteres, de cualquier longitud (hasta llenar una línea), encerrada entre comillas " ". Las tiras de 12 caracteres o menos no necesitan encerrarse entre comillas.
8. Se pueden introducir comentarios en cualquier punto de decisión del programa utilizando el carácter !. El programa ignorará todo lo que siga a
  9. Todos los datos que se introduzcan al programa deben corresponder al sistema de unidades definido en los PARAMETROS DE CONTROL.
  10. La lectura de cualquier dato o instrucción incorrecta provocará la escritura del correspondiente mensaje de **\*\* ERROR \*\***, de **\* ATENCIÓN \*** o de **\***

### INFORMACIÓN \*.

Si el mensaje es de ERROR, significa que no se puede recuperar el flujo normal de la tarea pedida, entonces se aborta la ejecución o, si es posible, se devuelve el control al usuario.

Si el mensaje es de ATENCIÓN o de INFORMACIÓN, la ejecución continua (sustituyendo la entrada incorrecta por valores por defecto, o ignorándola), o bien se repite la lectura, a la espera de una instrucción o dato correcto.

11. El programa gestiona automáticamente la memoria disponible. Por ello, existen comprobaciones de la capacidad de memoria en cada entrada de datos o antes de cada nuevo cálculo. Cuando el programa detecta que no existe memoria disponible para realizar una tarea, genera el correspondiente mensaje de ERROR o ATENCIÓN.

## 4.2 ÓRDENES DE CONTROL

Las órdenes de control del programa son:

- \*CONTROL DEL PROBLEMA
- \*PARAMETROS GENERALES
- \*PARÁMETROS DE ANÁLISIS
- \*FIN

### 4.3 ORDEN CONTROL DEL PROBLEMA

Esta orden permite introducir los datos de control del problema.

Su formato es:

\*CONTROL DEL PROBLEMA

Las instrucciones de datos de control del problema son:

<u>IDPR</u>	Identificador del problema
<u>TITULO</u>	Título del problema
<u>SISUNI</u>	Sistema de unidades del problema
<u>TIPEST</u>	Tipo de estructura

INSTRUCCIÓN: IDPR.

Descripción: Identificador del problema.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
IDPR	Literal	Indicador del identificador (1).
idpr	Alfa*8	Identificador del problema (2).

Ejemplos:

IDPR , EJNA \_BAS

Notas:

1. El identificador se actualiza inmediatamente después de esta instrucción, pasando a ser accesible únicamente la información almacenada con dicho identificador, y almacenándose con el mismo cualquier información nueva.
2. La opción por defecto es IDPR , DISSENY.

INSTRUCCIÓN: TITULO.

Descripción: Título del problema.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
TITU[LO]	Literal	Indicador del título.
título	Tira	Título del problema (1).

Ejemplos:

TITU , "Torre de Transmisión"

Notas:

El título debe ir entre comillas.

## INSTRUCCIÓN: SISUNI.

Descripción: Sistema de unidades del problema.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
SISUNI	Literal	Indicador del sistema de unidades.
sisuni	Alfa*4	Sistema de unidades (1).

Ejemplos:

SISUNI , mkN

Notas:

- Los sistemas de unidades disponibles son:
  - SI            Sistema Internacional (m, N, ...).
  - mkN        Metros y kilo-Newtons (m, kN, ...).
  - mkp        Metros y kilopondios (m, kp, ...).
  - cmkp       Centímetros y kilopondios (cm, kp, ...).
  - mt          Metros y toneladas (m, t, ...).
  - US-B        US-British (inches, libras, ...).
- La opción por defecto es SISUNI , SI.

## INSTRUCCIÓN: TIPEST.

Descripción: Tipo de estructura.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
TIPEST	Literal	Indicador tipo de estructura.
tipest	Alfa*8	Tipo de estructura (1, 2).

Ejemplos:

TIPEST , EE\_NA

Notas:

- Los tipos de estructura posibles son:
  - EP\_NA\_XY Estructura plana, nudos articulados, en plano XY.
  - EP\_NA\_XZ Estructura plana, nudos articulados, en plano XZ.
  - EP\_NA\_YZ Estructura plana, nudos articulados, en plano YZ.
  - EP\_NR\_XY Estructura plana, nudos rígidos, en plano XY.
  - EP\_NR\_XZ Estructura plana, nudos rígidos, en plano XZ.
  - EP\_NR\_YZ Estructura plana, nudos rígidos, en plano YZ.
  - EM\_NR\_XY Estructura emparrillado, nudos rígidos, en plano XY.
  - EM\_NR\_XZ Estructura emparrillado, nudos rígidos, en plano XZ.
  - EM\_NR\_YZ Estructura emparrillado, nudos rígidos, en plano YZ.
  - EP\_EF\_XY Estructura plana, elementos finitos, en plano XY.
  - EE\_NA Estructura espacial, nudos articulados.
  - EE\_NR Estructura espacial, nudos rígidos.
- Esta instrucción se usa, exclusivamente, para controlar la representación de los apoyos de la estructura. Si no se indica el tipo de estructura, el programa representa TODAS las restricciones de grados de libertad definidos. Si se indica el tipo de estructura, el programa filtra las restricciones de grados de libertad y representa UNICAMENTE los apoyos que pueden soportar cargas.

#### **4.4 ORDEN PARAMETROS GENERALES**

Esta orden permite introducir los valores de los parámetros generales del problema.

Su formato es:

\*PARAMETROS GENERALES

Descripción: Parámetros generales

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
PARAMG	Alfa*8	Nombre del parámetro general.
valorPG	Variable	Valor del parámetro general (1).

Ejemplo:

EAC = 210.0e9  
 POISS = 0.3  
 G =  $EAC/(2*(1+POISS))$   
 H\_P = 5.0 ! altura del pilar  
 A\_P = 1.5 ! altura de pilar a clave  
 B\_P = 20.0/2.0 ! anchura del pórtico  
 Alfa =  $\text{atan}(A\_P/B\_P)$  ! pendiente de los dinteles  
  
 LISTA2 = {1 2 3 5 A 15 SALT 3} ! lista de enteros (2)

Notas:

- El tipo de variable del valor lo determina el programa de acuerdo con las siguientes reglas:
  - Entera Si no tiene punto y el módulo es menor que el mayor número entero admitido por el ordenador.
  - Real Si tiene punto y el módulo es menor que el mayor número real admitido por el ordenador.
  - Doble El resto de los casos.
- Se pueden definir listas de números enteros.

## 4.5 ORDEN PARÁMETROS DE ANÁLISIS

Esta orden da acceso al procesador de datos, que permite introducir o modificar la información de la estructura en estudio.

Su formato es:

\*PARAMETROS DE ANALISIS

### 4.5.1 Instrucciones de la lectura de datos

Los tipos de instrucciones de la lectura de datos son:

#### >[TIPOS DE ANALISIS](#)

#### >[COORDENADAS](#)

Datos de las coordenadas de los nudos  
Segundo nivel de generación de coordenadas  
Tercer nivel de generación de coordenadas

#### >[RESTRICCIONES](#)

Datos de las restricciones en los nudos  
Segundo nivel de generación de restricciones  
Tercer nivel de generación de restricciones

#### >[MATERIALES](#)

Propiedades de los materiales

#### >[PROPIEDADES \[GEOMETRICAS\]](#)

Propiedades geométricas de los elementos

#### >[ELEMENTOS](#)

GRUPO Definición del grupo de elementos  
Definición de los elementos Barra de Nudos Articulados  
Segundo nivel de generación de elementos BNA  
Tercer nivel de generación de elementos BNA  
Definición de los elementos Barra de Nudos Rígidos  
Segundo nivel de generación de elementos BNR  
Tercer nivel de generación de elementos BNA  
Definición de los Plementos Planos de Tensión o Deformación Plana  
Segundo nivel de generación de elementos EPTP o EPDP  
Tercer nivel de generación de elementos EPTP o EPDP

#### >[CARGAS](#)

[ESTADO](#) Definición del estado de carga simple

CARGAS [EN] NUDOS

- Datos de las cargas en nudos
- Segundo nivel de generación de cargas en nudos
- Tercer nivel de generación de cargas en nudos

CARGAS [EN] BARRAS

- Tipo de carga en barra
- Datos de las cargas en barras
- Segundo nivel de generación de cargas en barras
- Tercer nivel de generación de cargas en barras

PESO PROPIO

- Definición del peso propio

CARGAS TERMICAS

- Datos de las cargas térmicas
- Segundo nivel de generación de cargas térmicas
- Tercer nivel de generación de cargas térmicas

> COMBINACIONES

- ESTADO Definición del estado de carga combinado
- Datos del estado a añadir a la combinación

> ENVOLVENTES

- ESTADO Definición del estado de carga envolvente
- Lista de estados incluidos en el estado de carga envolvente
- Lista de criterios del estado de carga envolvente

> MODIFICAR NUDOS> MODIFICAR MATERIALES> MODIFICAR PROPIEDADES> MODIFICAR INFORMACION EJES> MODIFICAR INFORMACION DISEÑO> MODIFICAR ELEMENTOS> MODIFICAR CONEXIONES> SUMA> FACTOR

INSTRUCCIÓN: TIPO DE ANALISIS.

Descripción: Instrucción para indicar que los datos que se introducen a continuación corresponden al tipo de análisis a realizar.

Se introduce la instrucción:

>TIPO DE ANALISIS

INSTRUCCIÓN: Datos del tipo de análisis.

Descripción: Instrucción de definición de los parámetros del tipo de análisis.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
TIPAN	Alfa*4	Tipo de análisis (1).
METAN	Alfa*4	Método de análisis (2)
GD	Alfa*2	Grandes desplazamientos (3).
GFA	Alfa*2	Grandes fuerzas axiales (4).
NINC	Entera	Número de incrementos de carga (5).
NEC	Entera	Número del estado de carga (6).
TOLC	Real	Tolerancia (7).
FACM	Real	Factor (8).

Ejemplo:

```
>TIPO DE ANALISIS
TIPAN , NOLI      GD   , SI   GFA  , FEST
METAN , INCR      NEC   , 1    FACM , 4.0
TOLC  , 1.0e-2    NINC  , 50
```

Notas:

1. Los tipos de análisis posibles son:  
LINE      Análisis lineal.  
NOLI      Análisis no lineal
2. Los métodos de análisis posibles son:  
INCR      Incremental.
3. Las opciones son SI o NO.
4. Las opciones son:  
FEST      Funciones de estabilidad.
5. El número de incrementos de carga debe ser  $\geq 1$  y  $\leq 100$ .
6. El número del estado de carga para el que se va a hacer el análisis no lineal.
7. La tolerancia en carga para finalizar el proceso.
8. El factor que multiplica a la carga aplicada para obtener la carga máxima a aplicar.

INSTRUCCIÓN: >COORDENADAS.

Descripción: Instrucción para indicar que los datos que se introducen a continuación corresponden a las coordenadas de los nudos.

Se introduce la instrucción:

>COORDENADAS

INSTRUCCIÓN: Datos de las coordenadas de los nudos.

Descripción: Instrucción de definición de las coordenadas.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
KN	Entera	Número del nudo (2).
C(1,KN)	Real	Coordenada X del nudo KN (3).
C(2,KN)	Real	Coordenada Y del nudo KN (3).
C(3,KN)	Real	Coordenada Z del nudo KN (3).
[L]	Literal	Indicador del primer nivel de generación (4).
[NN(1)]	Entera	Número de nudos a generar (4).
[IN(1)]	Entera	Incremento del número de los nudos (4).
[IC(1,1)]	Real	Incremento de la coordenada X (4).
[IC(1,2)]	Real	Incremento de la coordenada Y (4).
[IC(1,3)]	Real	Incremento de la coordenada Z (4).

Ejemplo:

KN	C(1,KN)	C(2,KN)	C(3,KN)	L	NN(1)	IN(1)	IC(1,1)	IC(1,2)	IC(1,3)
1	0.0	0.0	0.0	L	6	1	0.5	1.0	0.0

Notas:

1. El número de instrucciones de este tipo estará comprendido entre dos y el número de nudos definidos en el problema.
2. La numeración de los nudos es indiferente, pero la mínima ocupación de memoria se obtiene con una numeración correlativa.

La numeración interna de los nudos depende únicamente del orden en que se introduzcan las instrucciones de este tipo (dicha numeración es la que influye para el semiancho de banda de la matriz de rigidez)

3. Coordenadas referidas al Sistema Global de coordenadas.
4. Se incluirán estos datos cuando exista generación de coordenadas.
5. El primer nivel de generación tiene como identificador la letra L; los datos de la generación deben ir precedidos por ella. Se generarán NN(1) nudos, incluyendo al inicial, con un incremento en el número de los nudos de IN(1) y un incremento de coordenadas de IC(1,I), I= 1,2,3.

A partir del nudo KN con coordenadas C(I,KN) se obtienen los nudos:

$$N_j = KN + IN(1) * (J-1) \quad J = 1, NN(1)$$

con coordenadas:

$$C(I, N_j) = C(I, KN) + IC(1, I) * (J-1) \quad I = 1, 2, 3$$

$$J = 1, NN(1)$$

INSTRUCCIÓN: Segundo nivel de generación de coordenadas.

Descripción: Instrucción de definición del segundo nivel de generación de coordenadas.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
P	Literal	Indicador del segundo nivel de generación.
NN(2)	Entera	Número de nudos a generar.
IN(2)	Entera	Incremento del número de los nudos.
IC(2,1)	Real	Incremento de la coordenada X.
IC(2,2)	Real	Incremento de la coordenada Y.
IC(2,3)	Real	Incremento de la coordenada Z.

Ejemplo:

P	NN(2)	IN(2)	IC(2,1)	IC(2,2)	IC(2,3)
P	2	2	-2.0	0.0	5.0

Notas:

1. Esta instrucción solo puede utilizarse a continuación de una instrucción de definición de las coordenadas, que tenga primer nivel de generación.
2. Se incluirá esta instrucción cuando exista un segundo nivel de generación de coordenadas. El segundo nivel de generación tiene como identificador la letra P; los datos de la generación deben ir precedidos por ella. Se generarán NN(2) generaciones del primer nivel, incluyendo la inicial con un incremento en el número de los nudos de IN(2) y un incremento de coordenadas de IC(2,I), I= 1,2,3.

A partir de cada nudo N<sub>j</sub> generado en el primer nivel, con coordenadas C(I,N<sub>j</sub>) se obtienen los nudos:

$$N_k = N_j + IN(2) * (K-1) \quad K = 1, NN(2)$$

con coordenadas:

$$C(I, N_k) = C(I, N_j) + IC(2, I) * (K-1) \quad I = 1, 2, 3$$

$$K = 1, NN(2)$$

INSTRUCCIÓN: Tercer nivel de generación de coordenadas.

Descripción: Instrucción de definición del tercer nivel de generación de coordenadas.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
E	Literal	Indicador del tercer nivel de generación.
NN(3)	Entera	Número de nudos a generar.
IN(3)	Entera	Incremento del número de los nudos.
IC(3,1)	Real	Incremento de la coordenada X.
IC(3,2)	Real	Incremento de la coordenada Y.
IC(3,3)	Real	Incremento de la coordenada Z.

Ejemplo:

E	NN(3)	IN(3)	IC(3,1)	IC(3,2)	IC(3,3)
E	1	16	-1.0	5.0	1.0

Notas:

1. Esta instrucción solo puede utilizarse a continuación de una instrucción de definición de las coordenadas, que tenga segundo nivel de generación.
2. Se incluirá esta instrucción cuando exista un tercer nivel de generación de coordenadas. El tercer nivel de generación tiene como carácter identificador la letra E; los datos de la generación deben ir precedidos por ella. Se generarán NN(3) generaciones del segundo nivel, incluyendo la inicial, con un incremento NN(3) en el número de los nudos de IN(3) y un incremento de coordenadas de IC(3,I), I= 1,2,3.

A partir de cada nudo N<sub>k</sub> generado en el segundo nivel, con coordenadas COOR(I,N<sub>k</sub>), se obtienen los nudos:

$$N_m = N_k + IN(3) * (M-1) \quad M = 1, NN(3)$$

on coordenadas:

$$C(I, N_m) = C(I, N_k) + IC(3, I) * (M-1) \quad I = 1, 2, 3$$

$$M = 1, NN(3)$$

## INSTRUCCIÓN: RESTRICCIONES

Descripción: Instrucción para indicar que los datos que se introducen a continuación corresponden a las restricciones de los nudos.

Se introduce la instrucción:

>RESTRICCIONES

INSTRUCCIÓN: Datos de las restricciones en los nudos.

Descripción: Instrucción de definición de las restricciones.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
KN	Entera	Número del nudo a restringir (1, 2).
[DX]	Alfa.*1	Indicador de restricción del desplazamiento en X (3).
[DY]	Alfa*1	Indicador de restricción del desplazamiento en Y.
[DZ]	Alfa*1	Indicador de restricción del desplazamiento en Z.
[GX]	Alfa*2	Indicador de restricción del giro en X.
[GY]	Alfa*2	Indicador de restricción del giro en Y.
[GZ]	Alfa*2	Indicador de restricción del giro en Z.
[L]	Literal	Indicador del primer nivel de generación (4).
[NN(1)]	Entera	Número de nudos en los que se generan restricciones.
[IN(1)]	Entera	Incremento del número de los nudos.

Ejemplo:

a) Con generación

NUDR	DX	DZ	L	NN(1)	IN(1)
1	DX	DZ	L	5	2

b) Sin generación

NUDR	DZ	GX	GY
5	DZ	GX	GY

c) Usando una lista

NUDR	DZ	GX	GY
{1 5}	DZ	GX	GY

d) Usando una lista predefinida

NUDR	DZ	GX	GY
LISTA2	DZ	GX	GY

Notas:

1. El orden en que se introduzcan los nudos restringidos es indiferente. Además un nudo puede aparecer varias veces con lo que sus restricciones se acumularán.
2. Se puede aplicar una restricción a todos los nudos incluyendo la opción TODOS en lugar del número del nudo. Las restricciones incluidas en la línea se aplicarán a todos los nudos que hayan sido previamente definidos a través

de sus coordenadas. Esta instrucción no puede contener generación.

3. Se podrán introducir de uno a seis indicadores de restricciones. No es necesario seguir ningún orden para introducirlos.
4. Se incluirán esta serie de datos cuando exista generación de restricciones.
5. El primer nivel de generación tiene como identificador una L. Los datos de la generación deben ir precedidos por ella. Se generarán restricciones en NN(1) nudos, incluyendo el inicial, con un incremento en el número de los nudos de IN(1) e iguales grados de libertad restringidos. Así, a partir de las restricciones del nudo KN se generarán las restricciones para los nudos:

$$N_j = KN + IN(1) * (J-1) \qquad J = 1, NN(1)$$

INSTRUCCIÓN: Segundo nivel de generación de restricciones.

Descripción: Instrucción de definición del segundo nivel de generación de restricciones.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
P	Literal	Indicador del segundo nivel de generación.
NN(2)	Entera	Número de nudos en los que se generan restricciones.
IN(2)	Entera	Incremento del número de los nudos.

Ejemplo:

P	NN(2)	IN(2)
P	2	2

Notas:

1. Esta instrucción solo puede utilizarse a continuación de una instrucción de datos de las restricciones, que tenga primer nivel de generación.
2. Se incluirá esta instrucción cuando exista un segundo nivel de generación de restricciones. El segundo nivel de generación tiene como identificador la letra P; los datos de la generación deben ir precedidos por ella. Por cada nudo restringido en el primer nivel, se generarán las restricciones de NN(2) nudos, incluyendo el inicial, con un incremento en el número de los nudos de IN(2) e iguales grados de libertad restringidos.

A partir de las restricciones de un nudo  $N_j$  generado en el primer nivel se generarán las mismas restricciones para los nudos:

$$N_k = N_j + IN(2) * (K-1) \quad K = 1, NN(2)$$

y así con todos los nudos para los que se han generado restricciones en el primer nivel.

INSTRUCCIÓN: Tercer nivel de generación de restricciones.

Descripción: Instrucción de definición del tercer nivel de generación de restricciones.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
E	Literal	Indicador del tercer nivel generación.
NN(3)	Entera	Número de nudos en los que se generan restricciones.
IN(3)	Entera	Incremento del número de los nudos.

Ejemplo:

E	NN(3)	IN(3)
E	1	2

Notas:

1. Esta instrucción solo puede utilizarse a continuación de una instrucción de segundo nivel de generación de restricciones.
2. Se incluirá esta instrucción cuando exista un tercer nivel de generación de restricciones. El carácter identificador del tercer nivel de generación es una E. Los datos de la generación deben ir precedidos por ella. Por cada nudo restringido en el segundo nivel, se generarán restricciones en NN(3) nudos, incluyendo el inicial, con un incremento en el número de los nudos de IN(3) e iguales grados de libertad restringidos.

A partir de las restricciones de un nudo  $N_k$  generado en el segundo nivel, se obtienen las mismas restricciones para los nudos:

$$N_m = N_k + IN(3) * (M-1) \quad M = 1, NN(3)$$

y así con todos los nudos para los que se han generado restricciones en el segundo nivel.

INSTRUCCIÓN: MATERIALES.

Descripción: Instrucción para indicar que se va a proceder a la entrada de tipos de materiales.

Se introduce la instrucción:

>MATERIALES

INSTRUCCIÓN: Propiedades de los materiales.

Descripción: Instrucción de definición de materiales.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
KM	Entera	Número del material (1, 2).
E	Real	Módulo de elasticidad longitudinal ( $E$ ).
G	Real	Módulo de elasticidad transversal ( $G$ ) (3).
NU	Real	Coefficiente de Poisson ( $\nu$ ) (4).
RHO	Real	Peso específico (5).
ALPHA	Real	Coefficiente de dilatación térmica (6).
SE	Real	Límite elástico (7).

Ejemplo:

KM	E	G	NU	RHO	ALPHA	SE
1	21.E6	0.0	0.3	7.8E-3	11.7E-6	21.E3

Notas:

1. El número de instrucciones de este tipo será el número de materiales distintos que forman la estructura.
2. El orden en que se introducen los materiales es indiferente, pero al final deben existir todos los materiales, desde el 1 hasta el definido con el número más alto.
3. Si se da un módulo de elasticidad transversal ( $G$ ) nulo y un coeficiente de Poisson ( $\nu$ ) positivo, el programa recalcula el valor de  $G$  por medio de la expresión:

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

4. Si se da un coeficiente de Poisson ( $\nu$ ) nulo y un módulo de elasticidad transversal ( $G$ ) positivo, el programa recalcula el valor de  $\nu$  por medio de la expresión:

$$\nu = \frac{E}{2G} - 1$$

5. El peso específico se usa para el cálculo del peso propio.
6. El coeficiente de dilatación térmica se usa para la determinación de las cargas térmicas.
7. Este valor se utiliza, en las estructuras de barras, para calcular el valor del coeficiente de pandeo omega.

INSTRUCCIÓN. Materiales predefinidos.

Descripción: Materiales predefinidos.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
KM	Entera	Número del material.
IDMAT	Alfa*8	Identificador del material.
TIPO	Alfa*8	Tipo de material.

Ejemplo:

kM	IDMAT	TIPO
3	ACERO	S275

Notas:

1. Cada instrucción de este tipo que se introduzca sustituye a una instrucción del tipo "Propiedades de los materiales".
2. Estas instrucciones se pueden mezclar libremente con las instrucciones del tipo "Propiedades de los materiales".
3. IDMAT hace referencia a un fichero de datos (con nombre igual a IDMAT y extensión BDM) que debe contener las propiedades del material.
4. El identificador TIPO hace referencia a un grupo de datos del material contenidos en el fichero del material.
5. Se acepta que el identificador del material puede ser un dato de cualquier tipo, aunque se convierte internamente a un alfanumérico A8. Por ello, el identificador puede empezar por un dígito.
6. Los materiales disponibles son:

ACERO	S235	S275	S355	A37	A42	A52			
ALUMINIO	AL00								
HORMIGÓN	H25								
MADERA	C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40
	D30	D35	D40	D50	D60	D70			

INSTRUCCIÓN: PROPIEDADES GEOMETRICAS.

Descripción: Instrucción para indicar que se va a proceder a la entrada de conjuntos de propiedades geométricas de los elementos.

Se introduce la instrucción:

>PROPIEDADES [GEOMETRICAS]

INSTRUCCIÓN: Propiedades geométricas de los elementos.

Descripción: Instrucción de definición de las propiedades geométricas de los elementos.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
KPI	Entera	Número inicial del conjunto de propiedades.
KPF	Entera	Número final del conjunto de propiedades (1,2).
A	Real	Área de la sección recta (3,4).
Ay	Real	Área efectiva a cortante, según eje local Y.
Az	Real	Área efectiva a cortante, según eje local Z.
J	Real	Inercia respecto al eje local x. (6).
Iy	Real	Inercia respecto al eje local y.
Iz	Real	Inercia respecto al eje local z.
dpy	Real	Dimensión de la sección paralela al eje local y
dpz	Real	Dimensión de la sección paralela eje local z
[ETI]	Alfa*8	Etiqueta identificadora (8).

Ejemplos:

KP	A	Ay	Az	J	Iy	Iz	dpy	dpz	ETI
1	10.6	0.	0.	1.76	12.2	171.	4.2	6.4	"PER-1"

Notas:

1. Se incluirán tantas instrucciones de este tipo, como propiedades de elementos distintas haya.
2. El orden en que se introducen las propiedades es indiferente, pero al final deben existir todas las propiedades, desde la 1 hasta la definida con el número más alto.
3. Para elementos planos a tensión plana la única propiedad es el espesor. Para elementos planos a deformación plana, el programa toma, internamente, un espesor unitario (independientemente del valor asignado en esta instrucción).
4. Las inercias de los elementos barra sirven para calcular tensiones de pandeo (que no serán calculadas si las inercias son nulas).
5. Los valores  $b$  y  $h$  se utilizan para el cálculo de las tensiones del elemento.
6. La etiqueta es un identificador alfanumérico que permite "etiquetar" la representación de los elementos en el procesador gráfico.
7. No es necesario incluir todas las propiedades. A partir de la primera no incluida, se asigna a las restantes el valor cero.

INSTRUCCIÓN. Propiedades geométricas predefinidas.

Descripción: Propiedades geométricas de la sección transversal de un perfil de una familia de elementos predefinida.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
KP	Entera	Número del grupo de propiedades.
FAMI	Alfa*12	Identificador de la familia de perfiles.
PERF	Alfa*12	Identificador del perfil (4).
ANG	Real	Ángulo desde el eje local y hasta el eje y del perfil.

Ejemplo:

KP	FAMI	PERF	ANG
3	L	40x4	90.0

Notas:

1. Cada instrucción de este tipo que se introduzca sustituye a una instrucción del tipo "Propiedades geométricas".
2. Estas instrucciones se pueden mezclar libremente con las instrucciones del tipo "Propiedades geométricas".
3. La familia hace referencia a un fichero de datos (con nombre igual a FAMI y extensión PER) que debe contener las características del perfil.
4. El identificador PERF hace referencia a un grupo de datos contenidos en el fichero de la familia.
5. Se acepta que el identificador de perfil puede ser un dato de cualquier tipo, aunque se convierte internamente a un alfanumérico A12. Por ello, el identificador puede empezar por un dígito.
6. Las familias de perfiles disponibles son:

Perfiles laminados: IPE, HEB, IPN, L.

Perfiles tubulares: SHC, SHR, SHRC.

Medios perfiles laminados: MIPE, MHEB, MIPN.

Perfiles compuestos: IPNC, UPNC, UPNP, LC.

Perfiles rectangulares: RECT

Perfiles circulares: CIRC 25 a CIRC 100, de 5 en 5 cm.

INSTRUCCIÓN: ELEMENTOS.

Descripción: Instrucción para indicar que se va a proceder a la entrada de la información sobre elementos.

Se introduce la instrucción:

ELEMENTOS

INSTRUCCIÓN: GRUPO Definición de los grupos de elementos.

Descripción: Instrucción que define los grupos de elementos.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
GRUPO	Literal	Identificador grupo elementos.
[KG]	Entera	Número del grupo de elementos (3).
TIPO	Alfa*4	Tipo de elementos (4).
NUCS	Entera	Número de nudos del elemento (5).

Ejemplo:

GRUPO	KG	TIPO	NUCS
GRUPO	1	BNA	

Notas:

- Existirá una instrucción de este tipo para cada grupo de elementos. Se pueden separar los elementos de un mismo tipo en distintos grupos, pero no se puede tener dentro de un mismo grupo elementos de tipos diferentes. Es decir, que habrá, al menos, tantos grupos como tipos de elementos diferentes tenga la estructura.
- Esta instrucción se identificará por ir encabezada por la palabra GRUPO.
- Los grupos de elementos se deben introducir de forma correlativa, desde el grupo 1 hasta el grupo definido con el número más alto. Si no se numeran, lo hará el programa.
- Se dispone de los elementos siguientes:
 

BNA	Elemento barra de nudos articulados (espacial).
BNR	Elemento barra de nudos rígidos (espacial).
EPTP	Elemento plano con comportamiento de tensión plana.
EPDP	Elemento plano con comportamiento de deformación plana.
- Indica el número de nudos que tiene cada elemento del grupo. Sólo es necesaria para elementos planos con número variable de nudos.

INSTRUCCIÓN: Definición de elementos barra de nudos articulados.

Descripción: Instrucción de definición de los datos de elementos BNA.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
KE	Entera	Número del elemento (1).
NI	Entera	Nudo inicial al que está conectado el KE-ésimo elemento.
NF	Entera	Nudo final al que está conectado el KE-ésimo elemento.
NM	Entera	Número de material.
NP	Entera	Número de conjunto de propiedades.
NEJ	Entera	Número de identificación del nudo para definir los ejes locales (2).
NDI	Entera	Número de identificación de información de diseño del elemento.
[CA, CAR]	Literal	Indicador de coordenadas auxiliares (2).
CA(1)	Real	Coordenada auxiliar X.
CA(2)	Real	Coordenada auxiliar Y.
CA(3)	Real	Coordenada auxiliar Z.
[L]	Literal	Indicador del primer nivel de generación (4).
[NE(1)]	Entera	Número de elementos a generar (5).
[IE(1)]	Entera	Incremento en el número de los elementos.
[INI(1)]	Entera	Incremento en el número de los nudos iniciales.
[INF(1)]	Entera	Incremento en el número de los nudos finales.

Ejemplo:

a) Con generación

KE	NI	NF	NM	NP	NEJ	NDI	L	NE(1)	IE(1)	INI(1)	INF(1)
1	1	2	1	1	0	0	L	3	1	2	3

b) Sin generación

KE	NI	NF	NM	NP	NEJ	NDI
5	5	6	2	1	0	0

Notas:

1. Los elementos tienen una numeración independiente del grupo al que pertenecen; no obstante, los elementos del grupo actual deben estar numerados con valores comprendidos entre el más alto del grupo anterior (excluido) y el último definido en el grupo (incluido). Los elementos de un grupo se pueden introducir en cualquier orden pero al final deben estar todos.

2. El número de identificación de punto auxiliar para ejes locales, hace referencia a un nudo de la estructura cuyas coordenadas corresponden al nudo auxiliar del elemento actual.

Las coordenadas auxiliares también se pueden dar directamente. Se identifican con uno de los literales CA o CAR precediendo a las tres componentes. Si hay coordenada auxiliar directa, se ignora el número de identificación del nudo para ejes locales. Si se utiliza CA las coordenadas del punto auxiliar son absolutas. Si se utiliza CAR las coordenadas del punto auxiliar son relativas al nudo inicial del elemento.

En cualquier caso, las tres coordenadas definen un punto auxiliar K, para determinar el sistema local de coordenadas del elemento (ver 3.4.2). Para definir las se utiliza el mismo sistema de coordenadas globales definido implícitamente para los nudos.

Dada la forma de cálculo de este sistema, es aconsejable que el triángulo formado por K y los dos extremos de la barra no tenga ángulos muy cercanos a cero.

3. Se incluirán esta serie de datos cuando exista generación de elementos BNA. El primer nivel de generación tiene como identificador la letra L. Los datos de la generación deben ir precedidos por ella.
4. Se generarán NE(1) elementos, incluyendo el inicial, con un incremento en el número de los elementos de IE(1), un incremento en el número de los nudos iniciales de INI(1), un incremento en el número de los nudos finales de INF(1), iguales propiedades de material y geometría, y los mismos números de identificación de ejes locales e información de diseño. A partir del elemento KE, con nudo inicial NI y nudo final NF, se obtendrán los elementos:

$$E_j = KE + IE(1) * (J-1) \qquad J = 1, NE(1)$$

con nudos iniciales y finales:

$$NI_j = NI + INI(1) * (J-1) \qquad J = 1, NE(1)$$

$$NF_j = NF + INF(1) * (J-1) \qquad J = 1, NE(1)$$

Si no se introduce la coordenada auxiliar, el programa genera una en base a la posición del primer elemento de la generación. La posición relativa del punto auxiliar, respecto del punto inicial, se utiliza para todos los elementos generados.

INSTRUCCIÓN: Segundo nivel de generación de elementos BNA.

Descripción: Instrucción de definición del segundo nivel de generación de elementos BNA.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
P	Literal	Indicador del segundo nivel generación.
NE(2)	Entera	Número de elementos a generar.
IE(2)	Entera	Incremento del número de los elementos.
INI(2)	Entera	Incremento del nudo inicial.
INF(2)	Entera	Incremento del nudo final.

Ejemplo:

P NE(2) IE(2) INI(2) INF(2)  
 P 5 2 1 1

Notas:

1. Esta instrucción sólo puede utilizarse a continuación de una instrucción de definición de elementos barra de nudos articulados que tenga el primer nivel de generación.
2. Se incluirá esta instrucción cuando exista un segundo nivel de generación de elementos. El segundo nivel de generación tiene como carácter identificador la letra P; los datos de la generación deben ir precedidos por ella. Se generarán NE(2) generaciones del primer nivel, incluyendo la inicial con un incremento en el número de los elementos de IE(2), un incremento en el número de los nudos iniciales de INI(2), un incremento en el número de los nudos finales de INF(2), iguales propiedades de material y geometría y los mismos números de identificación de ejes locales e información de diseño. A partir de un elemento E<sub>j</sub> generado en el primer nivel, con nudo inicial NI<sub>j</sub> y nudo final NF<sub>j</sub> se obtendrán los elementos:

$$E_k = E_j + IE(2) * (K-1) \quad K = 1, NE(2)$$

con nudos inicial y final:

$$NI_k = NI_j + INI(2) * (K-1) \quad K = 1, NE(2)$$

$$NF_k = NF_j + INF(2) * (K-1) \quad K = 1, NE(2)$$

y así con todos los elementos generados en el primer nivel.

INSTRUCCIÓN: Tercer nivel de generación de elementos BNA.

Descripción: Instrucción de definición del tercer nivel de generación de elementos BNA.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
E	Literal	Indicador del tercer nivel de generación.
NE(3)	Entera	Incremento del número de los elementos.
INI(3)	Entera	Incremento del número del nudo inicial.
INF(3)	Real	Incremento del número del nudo final.

Ejemplo:

```
E  NE(3)  IE(3)  INI(3)  INF(3)
E    5      142    63      63
```

Notas:

1. Esta instrucción sólo puede utilizarse a continuación de una instrucción de segundo nivel de generación de elementos BNA.
2. Se incluirá esta instrucción cuando exista un tercer nivel de generación de elementos. El carácter indicador del tercer nivel de generación es la E. Ésta debe preceder a los datos de la generación. Se generarán NE(3) generaciones del segundo nivel, incluyendo la inicial con un incremento en el número de los elementos de IE(3), un incremento del número de los nudos iniciales de INI(3), un incremento del número de los nudos finales de INF(3), iguales propiedades de material y geometría, y los mismos números de identificación de ejes locales e información de diseño. A partir de un elemento Ek generado en el segundo nivel, con nudo inicial NIk y nudo final NFk se obtendrán los elementos:

$$E_m = E_k + IE(3) * (M-1) \qquad M = 1, NE(3)$$

con nudos iniciales y finales:

$$NI_m = NI_k + INI(3) * (M-1) \qquad M = 1, NE(3)$$

$$NF_m = NF_k + INF(3) * (M-1) \qquad M = 1, NE(3)$$

y así con todos los elementos generados en el segundo nivel.

INSTRUCCIÓN: Definición de elementos barra de nudos rígidos.

Descripción: Instrucción de definición de los datos de elementos BNR.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
KE	Entera	Número del elemento (1).
NI	Entera	Nudo inicial al que está conectado el elemento.
NF	Entera	Nudo final al que está conectado el elemento.
NM	Entera	Número de Material.
NP	Entera	Número de conjunto de propiedades.
NEJ	Entera	Número de identificación del nudo para definir los ejes locales del elemento (2).
NDI	Entera	Número de identificación de información de diseño del elemento.
[CA, CAR]	Literal	Indicador de coordenadas auxiliares (2).
[CA(1)]	Real	Coordenada auxiliar X.
[CA(2)]	Real	Coordenada auxiliar Y.
[CA(3)]	Real	Coordenada auxiliar Z.
[LIBE]	Literal	Indicador de códigos de liberación en extremos (3).
[LI]	Entera	Código de liberación del extremo inicial (3,4).
[LF]	Entera	Código de liberación del extremo final.
[L]	Literal	Indicador del primer nivel de generación. (5).
[NE(1)]	Entera	Número de elementos a generar (6).
[IE(1)]	Entera	Incremento en el número de los elementos.
[INI(1)]	Entera	Incremento en el número de los nudos iniciales.
[INF(1)]	Entera	Incremento en el número de los nudos finales.

Ejemplo:

a) Con generación

KE NI NF NM NP NEJ NDI CA CA(1) CA(2) CA(3) L NE(1) IE(1) INI(1)

12 7 9 1 2 0 1 CA 20.0 10.0 22.5 L 5 1 5

INF(1)

5

b) Con códigos de liberación:

KE NI NF NM NP NEJ NDI CAR CA(1) CA(2) CA(3) LIBE LI LF

20 30 31 2 2 1 1 CAR 20.0 10.0 22.5 LIBE 0 345

Notas:

1. Los elementos tienen una numeración independiente del grupo al que

pertenecen. No obstante, los elementos del grupo actual, deben estar numerados con valores comprendidos entre el más alto del grupo anterior (excluido) y el último definido (incluido).

Los elementos de un grupo se pueden introducir en cualquier orden, pero al final deben estar todos.

2. El número de identificación de punto auxiliar para ejes locales, hace referencia a un nudo de la estructura cuyas coordenadas corresponden al nudo auxiliar del elemento actual.

Las coordenadas auxiliares también se pueden dar directamente. Se identifican con uno de los literales CA o CAR precediendo a las tres componentes. Si hay coordenada auxiliar directa, se ignora el número de identificación del nudo para ejes locales. Si se utiliza CA las coordenadas del punto auxiliar son absolutas. Si se utiliza CAR las coordenadas del punto auxiliar son relativas al nudo inicial del elemento.

En cualquier caso, las tres coordenadas definen un punto auxiliar K, para determinar el sistema local de coordenadas del elemento (ver 3.4.2). Para definir las se utiliza el mismo sistema de coordenadas globales definido implícitamente para los nudos.

Dada la forma de cálculo de este sistema, es aconsejable que el triángulo formado por K y los dos extremos de la barra no tenga ángulos muy cercanos a cero.

3. El identificador de los datos de liberación se incluirá cuando haya liberaciones en los nudos.
4. El código de liberación de extremo, es un número entero que consta de uno a seis dígitos. De forma que cada dígito indica el grado de libertad liberado en el extremo correspondiente de la barra.

El significado de estos dígitos es:

- 0 no tiene significado;
- 1 liberación de traslación en la dirección x local del elemento;
- 2 liberación de traslación en la dirección y local del elemento;
- 3 liberación de traslación en la dirección z local del elemento;
- 4 liberación de giro alrededor del eje x local del elemento;
- 5 liberación de giro alrededor del eje y local del elemento;
- 6 liberación de giro alrededor del eje z local del elemento.

Los dígitos se pueden poner en cualquier orden (p.e. 345=534).

5. Se incluirán esta serie de datos cuando exista generación de elementos BNR.

El primer nivel de generación tiene como identificador una L. Los datos de la generación deben ir precedidos por ella.

6. Se generarán NE(1) elementos, incluyendo el inicial, con un incremento en el número de los elementos de IE(1); un incremento en el número de los nudos iniciales de INI(1); un incremento en el número de los nudos finales de

INF(1); iguales propiedades de material y geometría; los mismos números de identificación de ejes locales e información de diseño; iguales códigos de liberación, y unas coordenadas auxiliares con la misma posición relativa respecto al nudo inicial del elemento. A partir del elemento KE, con nudo inicial NI y nudo final NF, se obtendrán los elementos:

$$E_j = KE + IE(1) * (J-1) \quad J= 1,NE(1)$$

con nudos iniciales y finales:

$$NI_j = NI + INI(1) * (J-1) \quad J= 1,NE(1)$$

$$NF_j = NF + INF(1) * (J-1) \quad J= 1,NE(1)$$

Las coordenadas auxiliares de estos elementos serán:

$$CA(I) = C(I,NIJ) + CAKE(I) - C(I,NI) \quad I = 1,2,3$$

siendo  $C(I,NI)$  la I-ésima componente de las coordenadas del nudo inicial del elemento KE, y siendo  $CAKE(I)$  la I-ésima componente de las coordenadas auxiliares del elemento KE.

Es decir, que se asignan como coordenadas de puntos auxiliares, para todos los elementos generados, las que corresponden a puntos con la misma posición relativa respecto al nudo inicial que la del elemento KE, origen de la generación.

INSTRUCCIÓN: Segundo nivel de generación de elementos BNR.

Descripción: Instrucción de definición del segundo nivel de generación de elementos BNR.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
P	Literal	Indicador del segundo nivel de generación.
NE(2)	Entera	Número de elementos a generar.
IE(2)	Entera	Incremento del número de los elementos.
INI(2)	Entera	Incremento del nudo inicial.
INF(2)	Entera	Incremento del nudo final.

Ejemplo:

```
P NE(2) IE(2) INI(2) INF(2)
P   5     2     1     1
```

Notas:

1. Esta instrucción sólo puede utilizarse a continuación de una instrucción de definición de elementos BNR, que tenga el primer nivel de generación.
2. Se incluirá esta instrucción cuando exista un segundo nivel de generación de elementos. El segundo nivel de generación tiene como carácter identificador una P. Los datos de la generación deben ir precedidos por ella. Se generarán NE(2) generaciones del primer nivel, incluyendo la inicial con un incremento en el número de los elementos de IE(2), un incremento en el número de los nudos iniciales de INI(2), un incremento en el número de los nudos finales de INF(2) e iguales propiedades de material y geometría; los mismos números de identificación de ejes locales e información de diseño; iguales códigos de liberación, y unas coordenadas auxiliares con la misma posición relativa respecto al nudo inicial del elemento.

A partir de un elemento  $E_j$  generado en el primer nivel, con nudo inicial  $NI_j$  y nudo final  $NF_j$  se obtendrán los elementos:

$$E_k = E_j + IE(2) * (K-1) \quad K = 1, NE(2)$$

con nudos iniciales y finales:

$$NI_k = NI_j + INI(2) * (K-1) \quad K = 1, NE(2)$$

$$NF_k = NF_j + INF(2) * (K-1) \quad K = 1, NE(2)$$

y así con todos los elementos generados en el primer nivel.

Las coordenadas auxiliares de estos elementos serán:

$$CA(I) = C(I, NI_k) + CAKE(I) - C(I, NI) \quad I = 1, 2, 3$$

siendo  $C(I, NI)$  la I-ésima componente de las coordenadas del nudo inicial del elemento  $KE$ , y siendo  $CAKE(I)$  la I-ésima componente de las coordenadas auxiliares del elemento  $KE$  (origen del primer nivel de generación).

INSTRUCCIÓN: Tercer nivel de generación de elementos BNR.

Descripción: Instrucción de definición del tercer nivel de generación de elementos BNR.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
E	Literal	Indicador del tercer nivel de generación.
NE(3)	Entera	Número de elementos a generar.
IE(3)	Entera	Incremento del número de los elementos.
INI(3)	Entera	Incremento del número del nudo inicial.
INF(3)	Real	Incremento del número del nudo final.

Ejemplo:

E NE(3) IE(3) INI(3) INF(3)  
 E 5 142 63 63

Notas:

1. Esta instrucción sólo puede utilizarse después de una instrucción de segundo nivel de generación de elementos BNR.
2. Se incluirá esta instrucción cuando exista un tercer nivel de generación de elementos. El carácter indicador del tercer nivel de generación es la E. Ésta debe preceder a los datos de la generación. Se generarán NE(3) generaciones del segundo nivel, incluyendo la inicial con un incremento en el número de los elementos de IE(3), un incremento del número de los nudos iniciales de INI(3), un incremento del número de los nudos finales de INF(3), iguales propiedades de material y geometría; los mismos números de identificación de ejes locales e información de diseño; iguales códigos de liberación, y unas coordenadas auxiliares con la misma posición relativa respecto al nudo inicial del elemento.

A partir de un elemento  $E_k$  generado en el segundo nivel, con nudo inicial  $NI_k$  y nudo final  $NF_k$  se obtendrán los elementos:

$$E_m = E_k + IE(3) * (M-1) \quad M = 1, NE(3)$$

con nudos iniciales y finales:

$$NI_m = NI_k + INI(3) * (M-1) \quad M = 1, NE(3)$$

$$NF_m = NF_k + INF(3) * (M-1) \quad M = 1, NE(3)$$

y así con todos los elementos generados en el segundo nivel.

Las coordenadas auxiliares de estos elementos serán:

$$CA(I) = C(I, NI_m) + CAKE(I) - C(I, NI) \quad I = 1, 2, 3$$

siendo  $C(I, NI)$  la I-ésima componente de las coordenadas del nudo inicial del elemento  $KE$ , y siendo  $CAKE(I)$  la I-ésima componente de las coordenadas auxiliares del elemento  $KE$  (origen del primer nivel de generación).

INSTRUCCIÓN: Definición de elementos planos con comportamiento de tensión plana o de deformación plana.

Descripción: Instrucción de definición de los datos de elementos EPTP o EPDP.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
KE	Entera	Número del elemento (1).
NE(1)	Entera	Nudo, de esquina, inicial al que está conectado el elemento (2).
NE(4)	Entera	Nudo, de esquina, final al que está conectado el elemento.
NI(1)	Entera	Nudo, intermedio, inicial al que está conectado el elemento (3).
NI(NUCS-4)	Entera	Nudo, intermedio, final al que está conectado el elemento.
NM	Entera	Número de Material.
NP	Entera	Número de conjunto de propiedades.
NEJ	Entera	Número de identificación de ejes locales (4).
NDI	Entera	Número de identificación de información de diseño del elemento.
[L]	Literal	Indicador del primer nivel de generación (5).
[NE(1)]	Entera	Número de elementos a generar (6).
[IE(1)]	Entera	Incremento en el número de los elementos.
[INE(1,1)]	Entera	Incremento en el número de los nudos, de esquina, iniciales.
[INE(1,4)]	Entera	Incremento en el número de los nudos, de esquina, finales.
[INI(1,1)]	Entera	Incremento en el número de los nudos, intermedios, iniciales.
[INI(1,NUCS-4)]	Entera	Incremento en el número de los nudos, intermedios, finales.

Ejemplo:

a) Con generación (elemento de 6 nodos)

```

KE NE(1) . . NE(4) NI(1) NI(2) NM NP NEJ NDI L NE(1) IE(1)
12 1 3 5 6 2 4 1 15 0 0 L 5 1
      INE(1,1) . . INE(1,4) INI(1,1) INI(1,2)

```

5 5 5 5 10 10

Notas:

1. Los elementos tienen una numeración independiente del grupo al que pertenecen. No obstante, los elementos del grupo actual, deben estar numerados con valores comprendidos entre el más alto del grupo anterior (excluido) y el último definido (incluido).

Los elementos de un grupo se pueden introducir en cualquier orden, pero al final deben estar todos.

2. Se definen los cuatro nudos de esquina (obligatorios) en sentido antihorario, a partir del que se tome como inicial.

El sistema local de coordenadas tendrá el origen en el nudo inicial, eje x pasando por el segundo nudo de esquina y el eje y tal que el primer cuadrante contenga al tercer nudo de esquina.

3. Los nudos intermedios deben corresponder ordenadamente con los nudos de esquina. De forma que el primer nudo intermedio separe en dos al lado del cuadrilátero formado por los nudos de esquina primero y segundo, y consecutivamente todos los demás.

Se deben definir tantos nudos intermedios como correspondan a la definición del tipo de elemento, y deben ser consecutivos.

4. En la versión actual, los números de identificación de ejes locales e información de diseño no se usan en elementos EPTP o EPDP.
5. Se incluirán esta serie de datos cuando exista generación de elementos.

El primer nivel de generación tiene como identificador una L. Los datos de la generación deben ir precedidos por ella.

6. Se generarán NE(1) elementos, incluyendo el inicial, con un incremento en el número de los elementos de IE(1); un incremento en el número de los nudos de esquina de INE(N); un incremento en el número de los nudos intermedios de INI(1,N), iguales propiedades de material y geometría, y los mismos números de identificación de ejes locales e información de diseño del elemento.

A partir del elemento KE, con nudos de esquina NE(N) y nudos intermedios NI(N), se obtendrán los elementos:

$$E_j = KE + IE(1) * (J-1) \qquad J= 1,NE(1)$$

con nudos de esquina e intermedios:

$$NE(N)_j = NE(N) + INE(1,N) * (J-1) \qquad J= 1,NE(1)$$

$$NI(N)_j = NI(N) + INI(1,N) * (J-1) \qquad J= 1,NE(1)$$

INSTRUCCIÓN: Segundo nivel de generación de elementos EPTP o EPDP.

Descripción: Instrucción de definición del segundo nivel de generación de elementos EPTP ó EPDP.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
P	Literal	Indicador del segundo nivel de generación.
NE(2)	Entera	Número de elementos a generar.
IE(2)	Entera	Incremento del número de los elementos.
[INE(2,1)] ...	Entera	Incremento en el número de los nudos, de esquina, iniciales.
[INE(2,4)]	Entera	Incremento en el número de los nudos, de esquina, finales.
[INI(2,1)] ...	Entera	Incremento en el número de los nudos, intermedios, iniciales.
[INI(2,NUCS-4)]	Entera	Incremento en el número de los nudos, intermedios, finales.

Ejemplo:

P NE(2) IE(2) INE(2,1) . . INE(2,4) INI(2,1) INI(2,2)  
P 5 2 5 5 5 5 10 10

Notas:

1. Esta instrucción sólo puede utilizarse a continuación de una instrucción de definición de elementos EPTP o EPDP con el primer nivel de generación.
2. Se incluirá esta instrucción cuando exista un segundo nivel de generación de elementos. El segundo nivel de generación tiene como carácter identificador una P. Los datos de la generación deben ir precedidos por ella. Se generarán NE(2) generaciones del primer nivel, incluyendo la inicial con un incremento en el número de los elementos de IE(2), un incremento en el número de los nudos de esquina INE(2,N), un incremento en el número de los nudos intermedios INI(2,N), iguales propiedades de material y geometría, y los mismos números de identificación de ejes locales e información de diseño del elemento.

A partir de un elemento E<sub>j</sub> generado en el primer nivel, con nudos de esquina NE(N)<sub>j</sub>, e intermedios NI(N)<sub>j</sub>, se obtendrán los elementos:

$$E_k = E_j + IE(2) * (K-1) \quad K = 1, NE(2)$$

con nudos de esquina e intermedios:

$$NE(N)_k = NE(N)_j + INE(2,N) * (K-1) \quad K = 1, NE(2)$$

$$NI(N)_k = NI(N)_j + INI(2,N) * (K-1) \quad K = 1, NE(2)$$

y así con todos los elementos generados en el primer nivel.

INSTRUCCIÓN: Tercer nivel de generación de elementos EPTP o EPDP.

Descripción: Instrucción de definición del tercer nivel de generación de elementos EPTP o EPDP.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
E	Literal	Indicador del tercer nivel de generación.
NE(3)	Entera	Número de elementos a generar.
[INE(3,1)]	Entera	Incremento en el número de los nudos, de esquina, iniciales.
[INE(3,4)]	Entera	Incremento en el número de los nudos, de esquina, finales.
[INI(3,1)]	Entera	Incremento en el número de los nudos, intermedios, iniciales.
[INI(3,NUCS-4)]	Entera	Incremento en el número de los nudos, intermedios, finales.

Ejemplo:

E NE(3) IE(3) INE(3,1) . . . INE(3,4) INI(3,1) INI(3,2)  
 E 5 20 30 30 30 30 60 60

Notas:

1. Esta instrucción sólo puede utilizarse después de una instrucción de segundo nivel de generación de elementos EPTP ó EPDP.
2. Se incluirá esta instrucción cuando exista un tercer nivel de generación de elementos. El carácter indicador del tercer nivel de generación es la E. Ésta debe preceder a los datos de la generación. Se generarán NE(3) generaciones del segundo nivel, incluyendo la inicial con un incremento en el número de los elementos de IE(3), un incremento del número de los nudos de esquina INE(3,N), un incremento del número de los nudos intermedios INI(3,N), iguales propiedades de material y geometría, y los mismos números de identificación de ejes locales e información de diseño del elemento.

A partir de un elemento Ek generado en el segundo nivel, con nudo inicial NI<sub>k</sub> y nudo final NF<sub>k</sub> se obtendrán los elementos:

$$E_m = E_k + IE(3) * (M-1) \quad M = 1, NE(3)$$

con nudos de esquina e intermedios:

$$NE(N)_m = NE(N)_k + INE(3,N) * (M-1) \quad M = 1, NE(3)$$

$$NI(N)_m = NI(N)_k + INI(3,N) * (M-1) \quad M = 1, NE(3)$$

y así con todos los elementos generados en el segundo nivel.

INSTRUCCIÓN: CARGAS.

Descripción: Instrucción para indicar que se va a proceder a la entrada de la información sobre cargas.

Se introduce la instrucción:

>CARGAS

INSTRUCCIÓN: ESTADO Definición de los estados de carga simples.

Descripción: Instrucción para iniciar la entrada de datos del próximo estado de cargas simple.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
ESTADO	Literal	Indicador de estados de carga.
[KH]	Entera	Número del estado de carga simple (2).
[TITU]	Tira	Título del estado de carga (3).

Ejemplo:

ESTADO	KH	TITU
ESTADO	1	"Sobrecarga de uso"

Notas:

1. Esta instrucción se identificará por estar encabezada por la palabra ESTADO.
2. Los estados de carga se deben introducir por orden, desde el estado 1 hasta el definido con el número más alto. Si no se numeran, lo hará el programa.
3. El título del estado de carga debe ir entre comillas (" ").
4. Tanto el número del estado de carga como el título son opcionales.

## INSTRUCCIÓN: CARGAS EN NUDOS.

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de cargas en nudos para el estado de cargas correspondiente.

Se introduce la instrucción:

CARGAS [EN] NUDOS

### Notas:

1. Habrá como máximo una instrucción de este tipo por cada estado de cargas, debiéndose utilizar sólo en aquellos casos en que se vaya a introducir cargas en nudos.  
Si se utiliza más de una vez en un mismo estado de cargas, sólo se consideran las cargas introducidas a continuación de la última de estas instrucciones.
2. Es indiferente el orden seguido para introducir cargas en nudos, en barras, térmicas y peso propio, dentro de un mismo estado de cargas.

INSTRUCCIÓN: Datos de las cargas en nudos.

Descripción: Instrucción de datos de las cargas en nudos.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
KN	Entera	Número del nudo cargado (1).
[FN(1,KN)]	Real	Componente de la fuerza aplicada según el eje X (2,3,4).
[FN(2,KN)]	Real	Componente de la fuerza aplicada según el eje Y.
[FN(3,KN)]	Real	Componente de la fuerza aplicada según el eje Z.
[FN(4,KN)]	Real	Componente del momento aplicado según el eje X.
[FN(5,KN)]	Real	Componente del momento aplicado según el eje Y.
[FN(6,KN)]	Real	Componente del momento aplicado según el eje Z.
[L]	Literal	Indicador del primer nivel de generación.
[NN(1)]	Entera	Número de nudos en que se van a generar fuerzas o momentos (6).
[IN(1)]	Entera	Incremento del número de los nudos.
[IFN(1,1)]	Real	Incremento de la fuerza según el eje X (7).
[IFN(1,2)]	Real	Incremento de la fuerza según el eje Y.
[IFN(1,3)]	Real	Incremento de la fuerza según el eje Z.
[IFN(1,4)]	Real	Incremento del momento según el eje X.
[IFN(1,5)]	Real	Incremento del momento según el eje Y.
[IFN(1,6)]	Real	Incremento del momento según el eje Z.

Ejemplo:

a) Con generación

KN	FN(1,KN)	FN(2,KN)	L	NN(1)	IN(1)	IFN(1,1)	IFN(1,2)
3	0.0	-10000.0	L	5	1	-100.	250.

b) Sin generación

KN	FN(1,KN)	FN(2,KN)	FN(3,KN)	FN(4,KN)	FN(5,KN)	FN(6,KN)
2	100.0	0.0	-5.0	0.0	4.0	0.0

Notas:

1. Se pueden emplear varias instrucciones de este tipo para aplicar fuerzas o momentos en el mismo nudo. La carga total aplicada será la suma de todas las definidas.

2. Las componentes de las fuerzas y momentos se definen en el Sistema de Coordenadas Global.
3. Las componentes de las fuerzas serán positivas si tienen el mismo sentido que los ejes correspondientes del Sistema Global. Las componentes de los momentos serán positivas de acuerdo con la "regla del sacacorchos".
4. No es necesario incluir todas las componentes de la carga. A partir de la primera no incluida, se asigna a las restantes el valor cero.
5. Se incluirán esta serie de datos cuando exista generación de cargas. El primer nivel de generación tiene como identificador una L. Los datos de la generación deben ir precedidos por ella.
6. Se generarán cargas en NN(1) nudos, incluyendo el inicial, con un incremento en el número de los nudos de IN(1) y un incremento de cargas de IFN(1,I), I= 1,6.

Así, a partir del nudo KN con cargas FN(I,KN) se cargarán los nudos:

$$N_j = KN + IN(1) * (J-1) \quad J = 1, NN(1)$$

con cargas:

$$FN(I, N_j) = FN(I, KN) + IFN(1, I) * (J-1) \quad \begin{array}{l} I = 1, 6 \\ J = 1, NN(1) \end{array}$$

7. No es necesario incluir todos los incrementos. A partir del primero no incluido, se asigna a los restantes el valor cero.

INSTRUCCIÓN: Segundo nivel de generación de cargas en nudos.

Descripción: Instrucción de definición del segundo nivel de generación de cargas en nudos.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
P	Literal	Indicador del segundo nivel de generación.
NN(2)	Entera	Número de nudos a generar.
IN(2)	Entera	Incremento del número de los nudos.
[IFN(2,1)]	Real	Incremento de la fuerza según el eje X (3).
[IFN(2,2)]	Real	Incremento de la fuerza según el eje Y.
[IFN(2,3)]	Real	Incremento de la fuerza según el eje Z.
[IFN(2,4)]	Real	Incremento del momento según el eje X.
[IFN(2,5)]	Real	Incremento del momento según el eje Y.
[IFN(2,6)]	Real	Incremento del momento según el eje Z.

Ejemplo:

```
P NN(2) IN(2) IFN(2,1) IFN(2,2) IFN(2,3)
P 2 2 -2.0 0.0 5.0
```

Notas:

1. Esta instrucción sólo puede utilizarse a continuación de una instrucción de datos de las cargas en nudos, que tenga el primer nivel de generación.
2. Se incluirá esta instrucción cuando exista un segundo nivel de generación de cargas. El carácter indicador del segundo nivel de generación es una P. Ésta debe preceder a los datos de la generación. Se generarán NN(2) generaciones del primer nivel, incluyendo la inicial con un incremento en el número de los nudos de IN(2) y un incremento de cargas de IFN(2,I), I= 1,6

A partir de un nudo Nj generado en el primer nivel, con componentes de la carga FN(I,Nj) se obtendrán los nudos:

$$N_k = N_j + IN(2) * (K-1) \quad K = 1, NN(2)$$

con cargas:

$$FN(I, N_k) = FN(I, N_j) + IFN(2, I) * (K-1) \quad I = 1, 6$$

$$K = 1, NN(2)$$

y así con todos los nudos generados en el primer nivel.

3. No es necesario incluir todos los incrementos. A partir del primero no incluido, se asigna a los restantes el valor cero.

INSTRUCCIÓN: Tercer nivel de generación de cargas en nudos.

Descripción: Instrucción de definición del tercer nivel de generación de cargas en nudos.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
E	Literal	Indicador del tercer nivel de generación.
NN(3)	Entera	Número de nudos a generar.
IN(3)	Entera	Incremento del número de los nudos.
[IFN(3,1)]	Real	Incremento de la fuerza según el eje X (3).
[IFN(3,2)]	Real	Incremento de la fuerza según el eje Y.
[IFN(3,3)]	Real	Incremento de la fuerza según el eje Z.
[IFN(3,4)]	Real	Incremento del momento según el eje X.
[IFN(3,5)]	Real	Incremento del momento según el eje Y.
[IFN(3,6)]	Real	Incremento del momento según el eje Z.

Ejemplo:

E	NN(3)	IN(3)	IFN(3,1)	IFN(3,2)	IFN(3,3)
E	1	16	-1.0	5.0	1.0

Notas:

1. Esta instrucción sólo puede utilizarse a continuación de una instrucción de segundo nivel de generación de cargas en nudos.
2. Se incluirá esta instrucción cuando exista un tercer nivel de generación de cargas. El carácter indicador del tercer nivel de generación es una E. Ésta debe preceder a los datos de la generación. Se generarán NN(3) generaciones del segundo nivel, incluyendo la inicial con un incremento en el número de los nudos de IN(3) y un incremento de la carga de IFN(3,I), I= 1,6.

A partir de un nudo  $N_k$  generado en el segundo nivel, con componentes de la carga  $FN(I,N_k)$ , se obtendrán los nudos:

$$N_m = N_k + IN(3) * (M-1) \quad M = 1, NN(3)$$

con cargas:

$$FN(I,N_m) = FN(I,N_k) + IFN(3,I) * (M-1) \quad I = 1,6$$

$$M = 1, NN(3)$$

y así con todos los nudos generados en el segundo nivel.

3. No es necesario incluir todos los incrementos. A partir del primero no incluido, se asigna a los restantes el valor cero.

## INSTRUCCIÓN: PESO PROPIO.

Descripción: Instrucción para indicar que se va a proceder a la entrada de la información sobre el vector de gravedad.

Se introduce la instrucción:

### PESO PROPIO

#### Notas:

1. Habrá como máximo una instrucción de este tipo por cada estado de cargas, debiéndose utilizar sólo en aquellos casos en que se vaya a introducir carga de peso propio.  
Si se utiliza más de una vez en un mismo estado de cargas, sólo se considera el último vector de gravedad introducido.
2. Es indiferente el orden seguido para introducir el peso propio, cargas en nudos, en barras y térmicas, dentro de un mismo estado de cargas.

INSTRUCCIÓN: Definición del peso propio.

Descripción: Entrada de datos del vector gravedad.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
VG(1)	Real	Componente X del vector gravedad (2).
VG(2)	Real	Componente Y del vector gravedad.
VG(3)	Real	Componente Z del vector gravedad.

Ejemplo:

VG(1)	VG(2)	VG(3)
0.0	0.0	-1.0

Notas:

1. Se puede introducir una carga de peso propio diferente por cada estado de carga.
2. El vector gravedad indica la dirección y sentido del vector gravedad según el sistema global de coordenadas.
3. El peso propio se obtiene multiplicando el volumen por el peso específico y por el vector gravedad.

## INSTRUCCIÓN: CARGAS EN BARRAS.

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de cargas en barras para el estado de cargas correspondientes.

Se introduce la instrucción:

CARGAS [EN] BARRAS

### Notas:

1. Habrá como máximo una instrucción de este tipo por cada estado de cargas, debiéndose utilizar sólo en aquellos casos en que se deseen introducir cargas en barras.  
Si se utiliza más de una vez en un mismo estado de cargas, sólo se consideran las cargas introducidas a continuación de la última de estas instrucciones.
2. Es indiferente el orden seguido para introducir cargas en barras, en nudos, térmicas y peso propio, dentro de un mismo estado de cargas.

INSTRUCCIÓN: Tipo de carga en barra.

Descripción: Instrucción que indica el tipo de las siguientes cargas, así como los parámetros de las mismas.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
TIPO	Alfa	Tipo del siguiente grupo de cargas (2).
[DIC]	Real	Distancia desde el extremo inicial de la barra hasta el comienzo de la zona de aplicación de la carga (3).
[DJC]	Real	Distancia desde el extremo final de la barra hasta el final de la zona de aplicación de la carga (3, 4).

Ejemplo:

TIPO	DIC	DJC
TRAPEZOIDAL	3.5	2.0

Notas:

1. Se puede utilizar una instrucción de este tipo para cada carga; o bien, una instrucción para cada grupo de cargas con las mismas características. La instrucción se puede repetir tantas veces como se desee.
2. Los tipos de cargas disponibles tienen los identificadores:

PUNTual;  
 UNIForme;  
 TRIAngular CRECiente ( o bien TRC );  
 TRIAngular DECReciente ( o bien TRD );  
 TRAPEzoidal, y  
 FUERzas [DE] EMPOTramiento( o bien FEMP ).

Para barras de nudos articulados, únicamente se aceptan cargas del tipo FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO.

3. Estos dos valores son siempre opcionales. En caso de no incluirse, toman valor cero. Además no son necesarios para FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO.
4. La distancia desde el extremo final no es necesaria para cargas PUNTUALES.

INSTRUCCIÓN: Datos de las cargas en barras.

Descripción: Instrucción de datos de las cargas en barra.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
KE	Entera	Número de la barra cargada (1).
[FB(1)]	Real	Componente 1 de la carga aplicada (2,3).
.	.	.
[FB(J)]	Real	Componente J de la carga aplicada.
[FB(12)]	Real	Componente 12 de la carga aplicada.
[L]	Literal	Indicador del primer nivel de generación (4).
[NN(1)]	Entera	Número de cargas a generar (5).
[IN(1)]	Entera	Incremento del número de las barras.
[IFB(1,1)]	Real	Incremento de la componente 1 de la carga.
.	.	.
[IFB(1,J)]	Real	Incremento de la componente J de la carga.
.	.	.
[IFB(1,12)]	Real	Incremento de la componente 12 de la carga (6).

Ejemplo:

a) Con generación

KE	FB(1)	FB(2)	FB(3)	L	NN(1)	IN(1)	IFB(1,1)
24	0.0	0.0	10.0	L	4	1	2.0

b) Sin generación

KE	FB(1)	FB(2)	FB(3)	FB(4)	FB(5)	FB(6)
31	5.5	0.0	15.0	0.0	0.0	0.0

Notas:

1. Se pueden aplicar tantas cargas como se desee, en la misma o en diferentes barras.
2. Las componentes de la carga contendrán diferentes valores, en función del tipo de la carga:

-Para carga puntual:

FB(1)	fuerza en dirección x local
FB(2)	fuerza en dirección y local
FB(3)	fuerza en dirección z local
FB(4)	momento en dirección x local
FB(5)	momento en dirección y local
FB(6)	momento en dirección z local

El resto de componentes no se usan.

-Para carga uniforme:

FB(1)	fuerza por unidad de longitud, en dirección x local
FB(2)	fuerza por unidad de longitud, en dirección y local
FB(3)	fuerza por unidad de longitud, en dirección z local
FB(4)	momento por unidad de longitud, en dirección x local
FB(5)	momento por unidad de longitud, en dirección y local
FB(6)	momento por unidad de longitud, en dirección z local

El resto de componentes no se usan.

- Para carga triangular:

FB(1)	valor máximo de la fuerza en dirección x local
FB(2)	valor máximo de la fuerza en dirección y local
FB(3)	valor máximo de la fuerza en dirección z local

El resto de componentes no se usan. (No se aceptan distribuciones triangulares de momento).

-Para carga trapezoidal:

FB(1)	fuerza en dirección x local, en el inicio de la carga
FB(2)	fuerza en dirección y local, en el inicio de la carga
FB(3)	fuerza en dirección z local, en el inicio de la carga
FB(4)	fuerza en dirección x local, en el final de la carga
FB(5)	fuerza en dirección y local, en el final de la carga
FB(6)	fuerza en dirección z local, en el final de la carga

El resto de componentes no se usan. (No se aceptan distribuciones trapezoidales de momentos).

-Para fuerzas y momentos de empotramiento perfecto:

FB(1)	fuerza en dirección x local, para el extremo inicial
FB(2)	fuerza en dirección y local, para el extremo inicial
FB(3)	fuerza en dirección z local, para el extremo inicial
FB(4)	momento en dirección x local, para el extremo inicial
FB(5)	momento en dirección y local, para el extremo inicial
FB(6)	momento en dirección z local, para el extremo inicial
FB(7)	fuerza en dirección x local, para el extremo final
FB(8)	fuerza en dirección y local, para el extremo final
FB(9)	fuerza en dirección z local, para el extremo final
FB(10)	momento en dirección x local, para el extremo final
FB(11)	momento en dirección y local, para el extremo final
FB(12)	momento en dirección z local, para el extremo final

Para barras de nudos articulados, sólo se consideran FB(1) y FB(7), por lo que deben introducirse, al menos, las siete primeras componentes.

3. No es necesario incluir todas las componentes, para ninguno de los tipos de carga. A partir de la primera componente no incluida, se asignará a las restantes el valor cero.
4. Se incluirán esta serie de datos cuando exista generación de cargas. El primer nivel de generación tiene como identificador una L. Los datos de la generación deben ir precedidos por ella.
5. Se generarán NN(1) cargas, incluyendo la inicial; con un incremento en el número de las barras de IN(1), y un incremento de cada componente de IFB(1,I), I= 1,12.

Así, a partir de la barra KE con cargas FBKE(I), se obtendrán las cargas en las barras:

$$N_j = KE + IN(1) * (J-1) \quad J = 1, NN(1)$$

de valor:

$$FB_j(I) = FBKE(I) + IFB(1,I) * (J-1) \quad I = 1,12$$

$$J = 1, NN(1)$$

6. No es necesario incluir todos los incrementos. A partir del primero no incluido, se asignará a los restantes el valor cero.

INSTRUCCIÓN : Segundo nivel de generación de cargas en barras.

Descripción: Instrucción de definición del segundo nivel de generación de cargas en barras.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
P	Literal	Indicador del segundo nivel de generación.
NN(2)	Entera	Número de cargas a generar.
IN(2)	Entera	Incremento del número de los elementos.
[IFB(2,1)]	Real	Incremento de la componente 1 de la carga (3).
.	.	.
[IFB(2,J)]	Real	Incremento de la componente J de la carga.
.	.	.
[IFB(2,12)]	Real	Incremento de la componente 12 de la carga.

Ejemplo:

```
P NN(2) IN(2) IF(2,1) IF(2,2)
P 2 2 -1.0 1.0
```

Notas:

1. Esta instrucción sólo puede utilizarse a continuación de una instrucción de datos de las cargas en barras, que tenga el primer nivel de generación.
2. Se incluirá esta instrucción cuando exista un segundo nivel de generación de cargas en barras. El carácter indicador del segundo nivel de generación es una P, que debe preceder a los datos de la generación.

Se generarán NN(2) generaciones del primer nivel, incluyendo la inicial, con un incremento en el número de los elementos de IN(2) y un incremento de cargas de IFB(2,J), con J= 1,12.

A partir de una carga sobre la barra N<sub>j</sub> generada en el primer nivel, con componentes de la carga FB(I), se obtendrán las cargas sobre las barras

$$N_k = N_j + IN(2) * (K-1) \quad K= 1, NN(2)$$

con componentes de las cargas

$$FB_k(I) = FB_j(I) + IFB(2,I) * (K-1) \quad I= 1,12 \\ K= 1, NN(2)$$

y así con todas las cargas en barras generadas en el primer nivel.

3. No es necesario incluir todos los incrementos. A partir del primero no incluido se asignan a los restantes el valor cero.

INSTRUCCIÓN: Tercer nivel de generación de cargas en barras.

Descripción: Instrucción de definición del tercer nivel de generación de cargas en barras.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
E	Literal	Indicador del tercer nivel de generación.
NN(3)	Entera	Número de cargas a generar.
IN(3)	Entera	Incremento del número de los elementos.
[IFB(3,1)]	Real	Incremento de la componente 1 de la carga.
.	.	.
[IFB(3,J)]	Real	Incremento de la componente J de la carga.
.	.	.
[IFB(3,12)]	Real	Incremento de la componente 12 de la carga.

Ejemplo :

```
E NN(3) IN(3) IFB(3,1) IFB(3,2)
E 4 2 0.0 1.0
```

Notas :

1. Esta instrucción sólo puede utilizarse a continuación de una instrucción de segundo nivel de generación de cargas en barras.
2. Se incluirá esta instrucción cuando exista un tercer nivel de generación de cargas en barras. El carácter indicador del tercer nivel de generación es una E, que debe preceder a los datos de la generación.

Se generarán NN(3) generaciones del segundo nivel, incluyendo la inicial, con un incremento en el número de los elementos de IN(3) y un incremento de cargas de IFB(3,J), con J= 1,12.

A partir de una carga sobre la barra Nj generada en el segundo nivel, con componentes de la carga FB(I), se obtendrán las cargas sobre las barras

$$N_m = N_k + IN(3) * (K-1) \quad M= 1,NN(3)$$

con componentes de las cargas

$$FB_m(I) = FB_k(I) + IFB(3,I) * (M-1) \quad I= 1,12$$

$$M= 1,NN(3)$$

y así con todas las cargas en barras generadas en el segundo nivel.

3. No es necesario incluir todos los incrementos. A partir del primero no incluido se asignan a los restantes el valor cero.

## INSTRUCCIÓN: CARGAS TERMICAS.

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de cargas térmicas en elementos para el estado de cargas correspondiente.

Se introduce la instrucción:

### CARGAS TERMICAS

#### Notas:

1. Habrá como máximo una instrucción de este tipo por cada estado de cargas, debiéndose utilizar sólo en aquellos casos en que se vaya a introducir cargas térmicas.  
Si se utiliza más de una vez en un mismo estado de cargas, sólo se consideran las cargas introducidas a continuación de la última de estas instrucciones.
2. Es indiferente el orden seguido para introducir cargas térmicas, en nudos, peso propio y cargas en barras, dentro de un mismo estado de cargas.

INSTRUCCIÓN: Datos de las cargas térmicas.

Descripción: Instrucción de datos de las cargas térmicas.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
KE	Entera	Número del elemento cargado. <sup>(1)</sup>
FTKH	Real	Incremento de temperatura. <sup>(2)</sup>
[L]	Literal	Indicador del primer nivel de generación.
[NE(1)]	Entera	Número de elementos en que se van a generar cargas térmicas. <sup>(3)</sup>
[IE(1)]	Entera	Incremento del número de los elementos.
[IFT(1)]	Real	Incremento del incremento de temperatura.

Ejemplo:

KE FTKH L NE(1) IE(1) IFT(1)  
 1 25 L 5 1 0.

Notas:

1. Se pueden emplear varias instrucciones de este tipo para aplicar incrementos de temperatura en el mismo elemento. El incremento total aplicado será la suma de todos los definidos.
2. El aumento de temperatura se define en unidades coherentes con las del coeficiente de dilatación del material.
3. Se incluirán esta serie de datos cuando exista generación de cargas. El primer nivel de generación tiene como identificador una L. Los datos de la generación deben ir precedidos por ella.
4. Se generarán cargas en NE(1) elementos, incluyendo el inicial, con un incremento en el número de los elementos de IE(1) y un incremento del incremento de temperatura de IFT(1).

Así, a partir del elemento KE con incremento de temperatura FTKH, se cargarán los elementos:

$$E_j = KE + IE(1) * (J-1) \qquad J = 1, NE(1)$$

con incrementos de temperatura:

$$FTKH_j = FTKH + IFT(1) * (J-1) \qquad J = 1, NE(1)$$

INSTRUCCIÓN: Segundo nivel de generación de cargas térmicas.

Descripción: Instrucción de definición del segundo nivel de generación de cargas térmicas.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
P	Literal	Indicador del segundo nivel de generación(1).
NE(2)	Entera	Número de elementos en que se van a generar cargas térmicas.
IE(2)	Entera	Incremento del número de los elementos.
IFT(2)	Real	Incremento del incremento de temperatura.

Ejemplo:

P NE(2) IE(2) IFT(2)  
 P 5 5 0.

Notas:

1. Esta instrucción sólo puede utilizarse a continuación de una instrucción de datos de las cargas térmicas, que tenga el primer nivel de generación.
2. Se incluirá esta instrucción cuando exista un segundo nivel de generación de cargas térmicas. El carácter indicador del segundo nivel de generación es una P. Esta debe preceder a los datos de la generación. Se generarán NE(2) generaciones del primer nivel, incluyendo la inicial con un incremento en el número de los elementos de IE(2) y un incremento del incremento de temperatura de IFT(2).

A partir de un elemento  $E_j$  generado en el primer nivel, con incremento de temperatura FTKH, se cargarán los elementos:

$$E_k = E_j + IE(2) * (K-1) \quad K = 1, NN(2)$$

con incrementos de temperatura:

$$FTKH_k = FTKH_j + IFT(2) * (K-1) \quad K = 1, NN(2)$$

y así con todos los elementos generados en el primer nivel.

INSTRUCCIÓN: Tercer nivel de generación de cargas térmicas.

Descripción: Instrucción de definición del tercer nivel de generación de cargas térmicas.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
E	Literal	Indicador del tercer nivel de generación.
NE(3)	Entera	Número de elementos en que se van a generar cargas térmicas.
IE(3)	Entera	Incremento del número de los elementos.
IFT(3)	Real	Incremento del incremento de temperatura.

Ejemplo:

E NE(3) IE(3) IFT(3)  
E 5 25 0

Notas:

1. Esta instrucción sólo puede utilizarse a continuación de una instrucción de segundo nivel de generación de cargas térmicas.
2. Se incluirá esta instrucción cuando exista un tercer nivel de generación de cargas. El carácter indicador del tercer nivel de generación es una E. Ésta debe preceder a los datos de la generación. Se generarán NE(3) generaciones del segundo nivel, incluyendo la inicial con un incremento en el número de los elementos IE(3) y un incremento del incremento de temperatura de IFT(3).

A partir de un elemento  $E_k$  generado en el segundo nivel, con incremento de temperatura FTKHk, se cargarán los elementos:

$$E_m = E_k + IE(3) * (M-1) \quad M = 1, NN(3)$$

con incrementos de temperatura:

$$FTKH_m = FTKH_k + IFT(3) * (M-1) \quad M = 1, NN(3)$$

y así con todos los nudos generados en el segundo nivel.

## INSTRUCCIÓN: COMBINACIONES.

Descripción: Instrucción para iniciar la entrada de datos de las combinaciones de estados de carga.

Se introduce la instrucción:

>COMBINACIONES

### Notas:

1. Los estados combinados se deben introducir posteriormente a los estados simples.
2. Se deberá utilizar esta instrucción cuando existan uno o más estados combinados.

INSTRUCCIÓN: ESTADO Definición del estado de carga combinado.

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de datos del próximo estado combinado.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
ESTADO	Literal	Indicador de estados de carga.
[KH]	Entera	Número del estado de carga combinado (2).
[TITU]	Tira	Título del estado de carga (3).

Ejemplo:

```
ESTADO KH          TITU
ESTADO 4  "1.33*Viento + 1.5 Nieve"
```

Notas:

1. Esta instrucción se identificará por estar encabezada por la palabra ESTADO.
2. Los estados combinados se deben introducir por orden, desde el siguiente al último estado simple definido. Si no se numeran lo hará el programa.
3. El título del estado combinado debe ir entre comillas (" ").
4. Tanto el número del estado combinado como su título son opcionales.

INSTRUCCIÓN: Datos de los estados a combinar

Descripción: Datos de los estados de carga simples a combinar.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
KHS	Entera	Número del estado de carga simple (1, 2).
CP	Real	Coefficiente de ponderación del estado de carga simple.

Ejemplo:

KHS	CP	KHS	CP
1	1.5	2	1.33

Notas:

1. Los estados combinados deben ser combinaciones de estados simples.
2. Puede haber tantas instrucciones de este tipo como se desee, y cada una puede contener una o más parejas de parámetros (KHS, CP).
3. Se puede introducir más de una vez un mismo estado, que se incluirá en la combinación con un coeficiente igual a la suma de todos los coeficientes CP con los que se haya introducido.

## INSTRUCCIÓN: ENVOLVENTES

Descripción: Instrucción para iniciar la entrada de datos de las combinaciones de resultados máximos o mínimos de diferentes estados de carga.

Se introduce la instrucción:

>ENVOLVENTES

### Notas:

1. Los estados envolventes se deben introducir posteriormente a los estados simples y combinados.
2. Se deberá utilizar esta instrucción cuando existan uno o más estados envolventes.

INSTRUCCIÓN: ESTADO Definición del estado de carga envolvente.

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de datos del próximo estado envolvente.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
ESTADO	Literal	Indicador de estado de carga.
[KH]	Entera	Número del estado de carga envolvente (2).
[TITU]	Tira	Título del estado de carga (3).

Ejemplo:

```
ESTADO KH      TITU
ESTADO 5      "Máximos y Mínicos"
```

Notas:

1. Esta instrucción se identificará por estar encabezada por la palabra ESTADO.
2. Los estados envolventes se deben numerar por orden, desde el siguiente al último estado simple o combinado definido. Si no se numeran lo hará el programa.
3. El título del estado envolvente debe ir entre comillas (" ").
4. Tanto el número del estado envolvente como su título son opcionales.

INSTRUCCIÓN: Datos del estado envolvente

Descripción: Datos de los estados a considerar para calcular el estado envolvente.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
ESTADOS	Enteros	Lista de estados (1).

Ejemplo:

ESTADOS

1 A 3 5

Notas:

1. Se incluye una lista de todos los estados que se van a considerar para calcular el estado envolvente. Los estados pueden ser simples o combinados.

INSTRUCCIÓN: Datos del estado envolvente.

Descripción: Datos de los criterios para calcular el estado envolvente.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
CRITERIOS	Alfa*4	Indicadores de los criterios (1,2).

Ejemplo:

CRITERIOS

MAXI MINI MAXI MAXI MAXN MAXI MAXI MINI MAXI MAXI MAXN  
MAXI

Notas:

1. Los criterios posibles son:

MAXI	valor máximo de todos los considerados;
MINI	valor mínimo de todos los considerados;
MAXA	valor máximo, en valor absoluto, de todos los considerados;
MINA	valor mínimo, en valor absoluto, de todos los considerados;
MAXP	valor máximo, considerando sólo los positivos;
MINP	valor mínimo, considerando sólo los positivos;
MAXN	valor máximo, considerando sólo los negativos, y
MINN	valor mínimo, considerando sólo los negativos.
ABMI	valor absoluto mínimo.
ABMA	valor absoluto máximo.

Puesto que MAXP y MINP consideran únicamente los valores positivos; cuando estos criterios se apliquen a un resultado que tome valor negativo en todos los casos considerados, el resultado será 0. Análogamente, MAXN y MINN sólo consideran valores negativos.

2. Se introducen hasta doce criterios, que serán utilizados por el programa en el mismo orden de entrada para los diferentes resultados. Los seis primeros se aplican a los desplazamientos, fuerzas en nudos y esfuerzos en el extremo inicial del elemento. Los seis segundos se aplican a los esfuerzos en el extremo final del elemento.

INSTRUCCIÓN. Modificar numeración de nudos.

Descripción: Incremento o decremento que debe aplicarse a la numeración de los nudos en las instrucciones posteriores.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
MODIFICAR NUDOS INCNU	Literal Entera	Incremento (o decremento) del número de los nudos que se indiquen en las instrucciones del tipo actual.

Ejemplo:

```
MODIFICAR NUDOS  INCNU
MODIFICAR NUDOS  +25
```

Notas:

1. Esta instrucción puede preceder, o intercalarse, en un grupo de instrucciones que incluyan numeración de nudos. Su inclusión no provoca el cambio del tipo de instrucciones que se estén introduciendo, solo produce un cambio en la numeración de los nudos que se introduzcan después de ella.
2. Los tipos de instrucciones entre los que se puede intercalar son:
  - coordenadas de los nudos;
  - restricciones en los nudos, y
  - cargas en los nudos.
3. La modificación que provoca una instrucción de este tipo se mantiene mientras se sigan introduciendo instrucciones del mismo tipo, o hasta que se intercale una nueva instrucción de modificar nudos.

INSTRUCCIÓN. Modificar numeración de materiales.

Descripción: Incremento o decremento que debe aplicarse a la numeración de los materiales en las instrucciones del tipo actual.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
-----------	------	---------

MODIFICAR MATERIALES	Literal	
----------------------	---------	--

INCMA	Entera	Incremento (o decremento) del número del material que se indique en las instrucciones del tipo actual.
-------	--------	--

Ejemplo:

MODIFICAR MATERIALES	INCMA
----------------------	-------

MODIFICAR MATERIALES	+8
----------------------	----

Notas:

1. Esta instrucción puede preceder, o intercalarse, en un grupo de instrucciones que incluyan numeración de materiales. Su inclusión no provoca el cambio del tipo de instrucciones que se estén introduciendo, solo produce un cambio en la numeración de los materiales que se introduzcan después de ella.
2. Los tipos de instrucciones entre los que se puede intercalar son:
  - propiedades de los materiales, e
  - información de los elementos.
3. La modificación que provoca una instrucción de este tipo se mantiene mientras se sigan introduciendo instrucciones del tipo actual, o hasta que se intercale una nueva instrucción de modificar numeración de materiales.

INSTRUCCIÓN. Modificar numeración de propiedades.

Descripción: Incremento o decremento que debe aplicarse a la numeración de las propiedades en las instrucciones del tipo actual.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
MODIFICAR PROPIEDADES	Literal	
INCPR	Entera	Incremento (o decremento) del número de las propiedades geométricas que se indique en las instrucciones del tipo actual.

Ejemplo:

MODIFICAR PROPIEDADES	INCPR
MODIFICAR PROPIEDADES	-5

Notas:

1. Esta instrucción puede preceder, o intercalarse, en un grupo de instrucciones que incluyan numeración de propiedades geométricas. Su inclusión no provoca el cambio del tipo de instrucciones que se estén introduciendo, solo produce un cambio en la numeración de las propiedades geométricas que se introduzcan después de ella.
2. Los tipos de instrucciones entre los que se puede intercalar son:
  - propiedades geométricas de los elementos, E
  - información de los elementos.
3. La modificación que provoca una instrucción de este tipo se mantiene mientras se sigan introduciendo instrucciones del tipo actual, o hasta que se intercale una nueva instrucción de modificar numeración de propiedades.

INSTRUCCIÓN. Modificar información de ejes locales.

Descripción: Incremento o decremento que debe aplicarse a la numeración de identificación de ejes locales en las instrucciones del tipo actual.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
-----------	------	---------

MODIFICAR INFORMACIÓN EJES		Literal
----------------------------	--	---------

INCEJ	Entera	Incremento (o decremento) del número de identificación de ejes locales que se indique en las instrucciones del tipo actual.
-------	--------	---

Ejemplo:

MODIFICAR INFORMACION EJES		INCEJ
----------------------------	--	-------

MODIFICAR INFORMACION EJES		+12
----------------------------	--	-----

Notas:

1. Esta instrucción puede preceder, o intercalarse, en un grupo de instrucciones que incluyan numeración de información de ejes locales. Su inclusión no provoca el cambio del tipo de instrucciones que se estén introduciendo, solo produce un cambio en la numeración de información de ejes locales que se introduzcan después de ella.
2. Los tipos de instrucciones entre los que se puede intercalar son:
  - Información de los elementos.
3. La modificación que provoca una instrucción de este tipo se mantiene mientras se sigan introduciendo instrucciones del tipo actual, o hasta que se intercale una nueva instrucción de modificar información de ejes.

INSTRUCCIÓN. Modificar numeración de la información de diseño.

Descripción: Incremento o decremento que debe aplicarse a la numeración de identificación de diseño en las instrucciones del tipo actual.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
MODIFICAR INFORMACION DISEÑO	Literal	
INCDI	Entera	Incremento (o decremento) del número de identificación de diseño que se indique en las instrucciones del tipo actual.

Ejemplo:

MODIFICAR INFORMACION DISEÑO	INCDI
MODIFICAR INFORMACION DISEÑO	+1

Notas:

1. Esta instrucción puede preceder, o intercalarse, en un grupo de instrucciones que incluyan información de diseño. Su inclusión no provoca el cambio del tipo de instrucciones que se estén introduciendo, solo produce un cambio en la información de diseño que se introduzca después de ella.
2. Los tipos de instrucciones entre los que se puede intercalar son:
  - información de los elementos.
3. La modificación que provoca una instrucción de este tipo se mantiene mientras se sigan introduciendo instrucciones del tipo actual, o hasta que se intercale una nueva instrucción de modificar información de diseño.

INSTRUCCIÓN. Modificar numeración de elementos.

Descripción: Incremento o decremento que debe aplicarse a la numeración de los elementos en las instrucciones del tipo actual.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
MODIFICAR ELEMENTOS		Literal
INCEL	Entera	Incremento (o decremento) del número de los elementos que se indiquen en las instrucciones del tipo actual.

Ejemplo:

MODIFICAR ELEMENTOS	INCEL
MODIFICAR ELEMENTOS	-54

Notas:

1. Esta instrucción puede preceder, o intercalarse, en un grupo de instrucciones que incluyan numeración de elementos. Su inclusión no provoca el cambio del tipo de instrucciones que se estén introduciendo, solo produce un cambio en la numeración de elementos que se introduzcan después de ella.
2. Los tipos de instrucciones entre los que se puede intercalar son:
  - información de los elementos;
  - cargas en elementos, y
  - cargas térmicas.
3. La modificación que provoca una instrucción de este tipo se mantiene mientras se sigan introduciendo instrucciones del tipo actual, o hasta que se intercale una nueva instrucción de modificar numeración de elementos.

INSTRUCCIÓN. Modificar conexiones de elementos.

Descripción: Incremento (o decremento) que debe aplicarse a la numeración de los nudos de conexión de elementos de dos nudos, que se introduzcan después de esta instrucción.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
MODIFICAR CONEXIONES		Literal
INNI	Entera	Incremento (o decremento) del número del nudo inicial al que se conecta cada uno de los elementos que se indique en las instrucciones del tipo actual.
INNF	Entera	Incremento (o decremento) del número del nudo final al que se conecta cada uno de los elementos que se indique en las instrucciones del tipo actual.

Ejemplo:

MODIFICAR CONEXIONES	INNI	INNF
MODIFICAR CONEXIONES	+20	0

Notas:

1. Esta instrucción puede preceder, o intercalarse, en un grupo de instrucciones que incluyan numeraciones de nudos de conexión. Su inclusión no provoca el cambio del tipo de instrucciones que se estén introduciendo, solo produce un cambio en las numeraciones de los nudos de conexión que se introduzcan después de ella.
2. Los tipos de instrucciones entre los que se puede intercalar son:
  - información de los elementos.
3. La modificación que provoca una instrucción de este tipo se mantiene mientras se sigan introduciendo instrucciones del tipo actual, o hasta que se intercale una nueva instrucción de modificar conexiones de elementos.

## INSTRUCCIÓN. Suma.

Descripción: Valores que deben sumarse a cada uno de los parámetros considerados, que se introduzcan después de esta instrucción.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
SUMA	Literal	
DELTA1	Real	Suma al parámetro 1.
DELTA2	Real	Suma al parámetro 2.
DELTA6	Real	Suma al parámetro 6.

Ejemplo:

```
SUMA DELTA1 DELTA2 DELTA3
SUMA 100.0 -20.0 0.0
```

Notas:

1. Esta instrucción es genérica, dependiendo el número de parámetros necesarios del dato al que se aplique (desde 3 para coordenadas hasta 6 para cargas). No es necesario incluir todos los factores. A partir del primero no incluido se asigna a los restantes el valor cero.
2. Esta instrucción puede preceder, o intercalarse, en un grupo de instrucciones que incluyan parámetros que admiten que se les sumen valores constantes. Su inclusión no provoca el cambio del tipo de instrucciones que se estén introduciendo, solo produce un cambio en los parámetros que se introduzcan después de ella.
3. Los tipos de instrucciones entre los que se puede intercalar son:
  - coordenadas de los nudos;
  - cargas en nudos;
  - cargas en elementos, y
  - cargas térmicas.
4. Los valores constantes se aplican tanto a las instrucciones básicas como a las instrucciones con generación.
5. La modificación que provoca una instrucción de este tipo se mantiene mientras se sigan introduciendo instrucciones del tipo actual, o hasta que se intercale una nueva instrucción de suma.

## INSTRUCCIÓN. Factor.

Descripción: Factor que debe aplicarse a cada uno de los parámetros, que se introduzcan después de esta instrucción.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
FACTOR	Literal	
FACT1	Real	Factor del parámetro 1.
FACT2	Real	Factor del parámetro 2.
FACT6	Real	Factor del parámetro 6.

### Ejemplo:

```
FACTOR FACT1 FACT2 FACT3
FACTOR 1.0E-2 1.0E-2 1.0E-2
```

### Notas:

1. Esta instrucción es genérica, dependiendo el número de parámetros necesarios del dato al que se aplique (desde 3 para coordenadas hasta 6 para cargas). No es necesario incluir todos los factores. A partir del primero no incluido se asigna a los restantes el valor uno.
2. Esta instrucción puede preceder, o intercalarse, en un grupo de instrucciones que incluyan parámetros a los que se pueda aplicar un factor. Su inclusión no provoca el cambio del tipo de instrucciones que se estén introduciendo, solo produce un cambio en los parámetros que se introduzcan después de ella.
3. Los tipos de instrucciones entre los que se puede intercalar son:
  - coordenadas de los nudos;
  - cargas en nudos;
  - cargas en elementos, y
  - cargas térmicas.
4. Los factores se aplican tanto a las instrucciones básicas como a las instrucciones con generación.
5. La modificación que provoca una instrucción de este tipo se mantiene mientras se sigan introduciendo instrucciones del tipo actual, o hasta que se intercale una nueva instrucción de este tipo.
6. Los factores se aplican a los parámetros antes de sumar el valor constante. Es decir, a los parámetros afectados simultáneamente de suma y factor, se les aplica primero el factor y se les suma luego el valor constante, tal como se indica en la siguiente expresión:

$$\text{VALOR}_i = \text{DELTA}_i + \text{PARAM}_i * \text{FACT}_i$$



#### **4.5.2 Comando RENUMERACION**

Con este comando se reenumeran los nudos de la estructura, de forma que el ancho de banda de la matriz de rigidez sea mínimo.

Su formato es:

>RENUMERACION

#### Notas:

1. La reenumeración es interna, transparente al usuario, que sigue utilizando su numeración, tanto en la entrada de datos, como en la salida de resultados.
2. Se debe ejecutar posteriormente a la entrada de coordenadas y elementos.

### 4.5.3 Comando ESCRITURA DE DATOS

Comando que da acceso al módulo de escritura de los datos del problema.

Su formato es:

>ESCRITURA DE DATOS

#### Opciones de la escritura de datos

Las opciones de la escritura de datos son:

OPCIÓN	ACCIÓN
/TODO	Escritura de toda la información del problema.
/IDENTificador	Escritura del identificador del problema.
/TITulo	Escritura del título del problema.
/PARAMetros	Escritura de todos los parámetros del problema.
/NUMEracion	Escritura de la numeración interna asignada a los nudos (depende del orden de entrada de los mismos, o de la reenumeración).
/COORDenadas	Escritura de las coordenadas de todos los nudos, incluyendo los generados.
/RESTRicciones	Escritura de todas las restricciones en nudos, incluyendo los generados.
/MATERiales	Escritura de las propiedades de todos los materiales.
/PROPIedades	Escritura de todas las propiedades de los elementos.
/ELEMENTos	Escritura de la información de todos los elementos, incluyendo los generados.
/CARGas	Escritura de la información de todos los estados de carga simples, y todos los tipos de carga, incluyendo las cargas generadas.
/COMBINaciones	Escritura de la información de todos los estados combinados.
/ENVOlventes	Escritura de la información de todos los estados envolventes.

#### Notas:

1. En la versión actual, al utilizar el comando >ESCRITURA DE DATOS el programa asume la opción TODO y escribe todos los datos del problema.

#### 4.5.4 Comando ESCRITURA DE RESULTADOS

Comando que da acceso al módulo de escritura de los resultados del problema.  
Su formato es:

> ESCRITURA DE RESULTADOS

##### Opciones de la escritura de resultados

Los comandos del procesador de resultados son:

COMANDO	ACCIÓN
/TODo	Se solicitan desplazamientos, esfuerzos y reacciones.
/Desplazamientos	Se solicitan desplazamientos de nudos.
/ESFUERZOS	Se solicitan esfuerzos en elementos.
/TENsiones	Se solicitan tensiones en elementos.
/Reacciones	Se solicitan reacciones.
/FUerzas [en Nudos]	Se solicitan todas las fuerzas en nudos (incluyendo reacciones).
/COMPONENTES [de FUerzas en Nudos]	Se solicitan todas las componentes de las fuerzas en nudos.
/ESTADOS (lista)	Se selecciona una lista de estados de carga (3,4).
/NUDOS (lista)	Se selecciona una lista de nudos.
/ELEMENTOS (lista)	Se selecciona una lista de elementos.

##### Ejemplo:

```
DESPLAZAMIENTOS
ESFUERZOS
ESTADOS 1 3 5
NUDOS    1 3 A 45 67 80
ELEMENTOS  TODOS
ESCRIBE
```

##### Notas:

1. En la versión actual, al utilizar el comando > ESCRITURA DE RESULTADOS el programa asume la opción TODO y escribe todos los resultados del problema.

# 5 Entrada de datos avanzada

## 5.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se exponen una serie de instrucciones que aumentan las posibilidades de entradas de datos al programa. Estas instrucciones son:

- Parámetros
- Listas
- Bucles y estructuras de control
- Operaciones con números y parámetros.

## 5.2 PARÁMETROS

En cualquier punto del programa se puede definir el nombre y el valor de un parámetro. A partir del punto de definición, el nombre del parámetro podrá utilizarse en todas las instrucciones, listas y operaciones realizadas en la entrada de datos del programa.

Las normas para estos parámetros son las mismas definidas para los PARAMETROS GENERALES.

Estos parámetros son muy útiles para parametrizar los datos de una estructura, de forma que se pueda cambiar fácilmente su geometría, propiedades, cargas, etc.

Ejemplos de parámetros son:

$\text{LongV} = 12.0$  ; Longitud de los vanos.

$\text{Apoyos} = \{1\ 3\ 6\ A\ 8\}$

$\text{Coor1} = \text{LongV}$

$\text{Coor2} = 2 * \text{LongV}$

## 5.3 OPERACIONES CON NÚMEROS Y PARÁMETROS

En cualquier instrucción de la entrada de datos se pueden utilizar las

operaciones que realiza la calculadora del programa. Además de números, estas operaciones se pueden realizar con los parámetros definidos hasta el momento de realizar la operación.

Las operaciones que se pueden realizar son: suma (+), resta (-), multiplicación (\*), división (/) y potenciación (\*\*). Se pueden utilizar paréntesis, y el orden de preferencia de las operaciones es de izquierda a derecha, evaluando en orden los siguientes operadores:

1. Términos entre paréntesis.
2. Potenciación y raíces.
3. Multiplicación y división.
4. Suma y resta.

Se pueden utilizar las siguientes funciones°:

- Coseno ( $\cos(\text{ángulo})$ ), con el ángulo en radianes.
- Seno ( $\sin(\text{ángulo})$ ), con el ángulo en radianes.
- Tangente ( $\tan(\text{ángulo})$ ), con el ángulo en radianes.
- Coseno ( $\text{acos}(\text{valor})$ ), con el ángulo resultante en radianes.
- Seno ( $\text{asin}(\text{valor})$ ), con el ángulo resultante en radianes.
- Tangente ( $\text{atan}(\text{valor})$ ), con el ángulo resultante en radianes.
- Coseno hiperbólico ( $\text{cosh}(\text{ángulo})$ ), con el ángulo en radianes.
- Seno hiperbólico ( $\text{sinh}(\text{ángulo})$ ), con el ángulo en radianes.
- Tangente hiperbólica ( $\text{tanh}(\text{ángulo})$ ), con el ángulo en radianes.
- Parte entera ( $\text{rint}(\text{real})$ )
- Parte entera ( $\text{int}(\text{real})$ )
- Valor absoluto ( $\text{abs}(\text{número})$ ).

Se pueden utilizar los siguientes formatos de números:

Enteros: #

Reales: . # o #.#

Doble precisión: #.#d# o #.#d+# o #.#d-#

## 5.4 LISTAS

En todos los puntos de entrada del programa en que haya que proporcionar una lista de números, se podrá utilizar la forma  $\{n1 \text{ A } n2\}$  para definir como pertenecientes a la lista todos los números comprendidos entre  $n1$  y  $n2$  (ambos inclusive). Por ejemplo, la entrada  $\{1, 2, 5, 7 \text{ A } 14, 16\}$  dará como resultado la siguiente lista: 1, 2, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16.

También se puede indicar un SALTO para introducir sólo valores alternos. Por ejemplo, la entrada  $\{1 \text{ A } 12 \text{ SALTO } 3\}$  dará como resultado la lista: 1, 4, 7, 11. El salto por defecto es 1.

También se podrá utilizar el literal TODOs (o TODAs) para que, automáticamente, se incluyan en la lista todos los números posibles (que dependerán del rango de la lista, es decir, de la información a que se refiera).

También se podrá utilizar el nombre de una lista definida previamente de la forma  $NOMBRE = \{2 \text{ A } 20 \text{ SALT } 2\}$ .

Una lista puede escribirse en más de una línea, siempre que el último carácter de cada línea sea el de continuación (:). Este carácter debe escribirse separado del dato precedente.

Al finalizar la entrada de la lista, ésta será ordenada, automáticamente, en orden creciente.

## 5.5 BUCLES Y ESTRUCTURAS DE CONTROL

Se pueden utilizar las siguientes estructuras para programar la entrada de datos:

### Bucles DO-ENDDO

Se pueden utilizar bucles del tipo:

```
DO,Ind,Iini,Ifin,Salto
  Datos del problema
ENDDO
```

Siendo: Ind el índice del bucle, Iini el valor inicial del índice, Ifin el valor final y Salto el incremento del índice en cada ejecución del bucle. Todos estos valores deben ser enteros.

Ejemplo:

```
IncX = 1.0
DO,I,1,11,1
  I (I-1)*IncX
ENDDO
```

Este ejemplo puede servir para generar las coordenadas X de 11 puntos: 1 0.0, 2 1.0, 3 2.0, ..., 11 10.0.

Se puede utilizar un bucle anidado dentro de otro bucle.

```
DO,Ind1,Iini1,Ifin1,Salto1
  DO, DO,Ind2,Iini2,Ifin2,Salto2
    Líneas de datos
  ENDDO
ENDDO
```

Únicamente se puede utilizar un bucle o un bucle anidado dentro de otro bucle.

### **Estructuras de control IF-THEN-ELSE-ENDIF**

```
IF,VAR1,COND1,VALOR1,THEN
```

```
  Líneas de datos
```

```
ELSEIF,VAR2,COND2,VALOR2,THEN
```

```
  Líneas de datos
```

```
ELSE
```

```
  Líneas de datos
```

```
ENDIF
```

No se puede utilizar un IF dentro de otro IF.



# 6 Mensajes del Programa

## 6.1 MENSAJES

Si en algún momento de la ejecución se detecta una anomalía, el programa imprime el mensaje correspondiente. Los mensajes posibles son de tres tipos:

- mensajes de \*INFORMACION\*
- mensajes de \*\*ATENCIÓN\*\*
- mensajes de \*\*\*ERROR\*\*\*

La diferencia fundamental entre ambos es que en el primer caso el control del programa se devuelve al punto en donde ha sido interrumpido y la ejecución continúa (sustituyendo la entrada incorrecta por un valor estándar interno, o ignorándola), o bien se repite la lectura. En el caso de \*\*\*ERROR\*\*\* el programa no puede seguir la ejecución y, o bien aborta la ejecución del programa, o bien devuelve el control al nivel superior, a partir del cual se puede continuar.

Los mensajes de error se pueden clasificar, también, como:

- Errores en entrada de información. Estos son los errores que se producen cuando se pretende introducir un dato de forma incorrecta o que no responde al tipo esperado.
- Errores de ejecución. Estos errores aparecen cuando no se puede llevar a cabo la tarea solicitada por inconsistencia de la información. Por ejemplo, en el análisis de la estructura, son los errores que se derivan de una mala definición de la estructura, o de que ésta es inestable.
- Desbordamiento de memoria. Aparecen cuando no hay suficiente memoria para resolver el problema propuesto.

Todos los mensajes del programa indican el punto donde se ha producido el error, e incluyen una breve explicación de la causa del mismo.



# 7 Ejemplos



## 7.1 EJEMPLO 1: MARCO COMPLEJO

### 7.1.1 Modelo de análisis

En este ejemplo se muestra el análisis de la estructura compleja, plana y de nudos articulados, sometida a un estado de cargas compuesto por las tres cargas puntuales indicadas en la Fig. 7.1. En el diseño previo se han adoptado para todos los elementos perfiles tubulares circulares  $\text{Ø}125 \times 4$ .

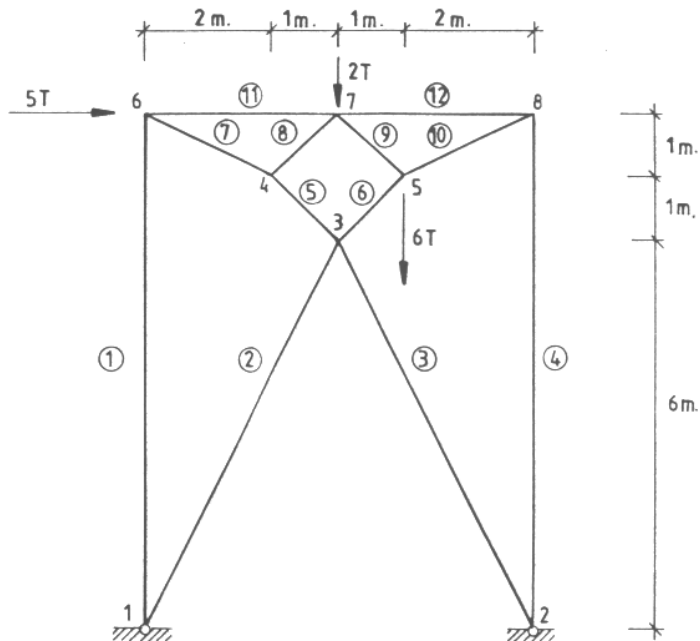


Figura 7.1 Marco complejo.

### 7.1.2 Archivo de datos

\*CONTROL DEL PROBLEMA

IDPR , MARC

TITU , "Marco complejo articulado"

SISUNI , mkN ! Sistema de unidades: metros y kN

TIPEST , EP\_NA\_XY

\*PARAMETROS DE ANALISIS

>COORDENADAS

1	0.000	0.000	0.0
2	6.000	0.000	0.0
3	3.000	6.000	0.0
4	2.000	7.000	0.0
5	4.000	7.000	0.0

110 EJEMPLOS

6	0.000	8.000	0.0
7	3.000	8.000	0.0
8	6.000	8.000	0.0

>RESTRICCIONES

TODOS	DZ	GX	GY	GZ
1	DX	DY		
2	DX	DY		

>MATERIALES

! kM	E	G	Nu	Rho	Alpha	Se	Sc
Sp							
1	210.0e+6	0.0	0.3	77.01	12.0e-6	275.0e+3	275.0e+3
	275.0e+3						

>PROPIEDADES GEOMETRICAS

! kP	Familia	Perfil
1	SHC	125x4

>ELEMENTOS

GRUPO	1	BNA					
1	1	6	1	1	0	0	
2	1	3	1	1	0	0	
3	2	3	1	1	0	0	
4	2	8	1	1	0	0	
5	3	4	1	1	0	0	
6	3	5	1	1	0	0	
7	4	6	1	1	0	0	
8	4	7	1	1	0	0	
9	5	7	1	1	0	0	
10	5	8	1	1	0	0	
11	6	7	1	1	0	0	
12	7	8	1	1	0	0	

>CARGAS

ESTADO 1 "Cargas puntuales"

CARGAS EN NUDOS

5	0.0	-60.0	0.0
6	50.0	0.0	0.0
7	0.0	-20.0	0.0

\*FIN

## 7.2 EJEMPLO 2: CERCHA MANSARDA

### 7.2.1 Modelo de análisis

En este ejemplo se muestra una estructura articulada plana con dos estados de carga simples y una combinación.

La geometría de la estructura y los estados de carga se representan en la Fig. 7.2. Esta codificación se introduce en el programa a través de las posibilidades de generación de datos. El resultado de esta generación puede comprobarse con el listado de los datos obtenido del módulo de escritura de datos.

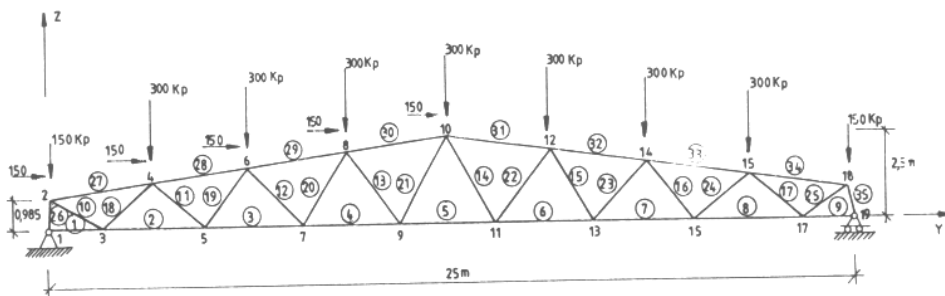


Figura 7.2 Cercha mansarda. Discretización y estados de carga.

### 7.2.2 Archivo de datos

```
*PARAMETROS_CONTROL_PROBLEMA
  IDPR   , CEMA
  TITU   , "Cercha mansarda de 25 m. de luz"
  SISUNI , mkN! (m y kN)
  TIPEST , EP_NA_XY

*PARAMETROS_GENERALES
  FNE = -1.50
  FNI = -3.00

*PARAMETROS_ANALISIS

>COORDENADAS
  1    0.0    0.0
  2    0.174  0.985
  3    1.7    0.0
  4    3.25   1.35
  5    4.8    0.0
  6    6.3    1.75
  7    8.0    0.0
  8    9.4    2.1
  9   11.0    0.0
 10   12.5    2.5
```

112 EJEMPLOS

11	14.0	0.0
12	15.65	2.1
13	17.0	0.0
14	18.75	1.75
15	20.2	0.0
16	21.75	1.35
17	23.3	0.0
18	24.826	0.985
19	25.0	0.0

>RESTRICCIONES

TODOS		DZ	GX	GY	GZ
1	DX	DY			
19		DY			

>MATERIALES

! km	E	G	Nu	Rho	alpha	Se	Sc
Sp							
1	210.0e6	0.0	0.3	77.01	12.0e-6	260.0e3	260.0e3
260.0e3							

>PROPIEDADES

1	L	90x8
2	L	120x15
3	L	90x10

>ELEMENTOS

GRUPO	1	BNA									
1	1	3	1	3	0	1	L	9	1	2	2
10	2	3	1	1	0	1	L	8	1	2	2
18	3	4	1	1	0	1	L	8	1	2	2
26	1	2	1	2	0	1					
27	2	4	1	2	0	1	L	8	1	2	2
35	18	19	1	2	0	1					

>CARGAS

ESTADO 1 "Fuerzas verticales"

CARGAS	EN	NUDOS				
2	0.00	FNE	L	2	16	
4	0.00	FNI	L	7	2	

ESTADO 2 "Fuerzas horizontales"

CARGAS	EN	NUDOS				
2	1.5	L	5	2		

>COMBINACIONES

ESTADO 3 "1.3\*Fuerzas verticales + 1.5\*Fuerzas horizontales"

1	1.3	2	1.5		
---	-----	---	-----	--	--

\*FIN

### 7.3 EJEMPLO 3: MÉNSULA ESPACIAL DE NUDOS ARTICULADOS

#### 7.3.1 Modelo de análisis

Este ejemplo pretende ilustrar la definición de una estructura espacial formada por elementos tipo barra de nudos articulados. El emplazamiento de los nudos puede verse en la Fig. 7.3. En la Fig. 7.4 se puede ver la numeración de los elementos.

Puede destacarse en este ejemplo el uso que se ha hecho de la definición de grupos. Se han definido tres grupos del mismo tipo de elementos con el fin de poder tratarlos por separado. En el primer grupo se encuentran los elementos que forman los cordones superior e inferior de la ménsula; en el segundo todos los montantes y diagonales, y en el tercero los elementos de la cara superior.

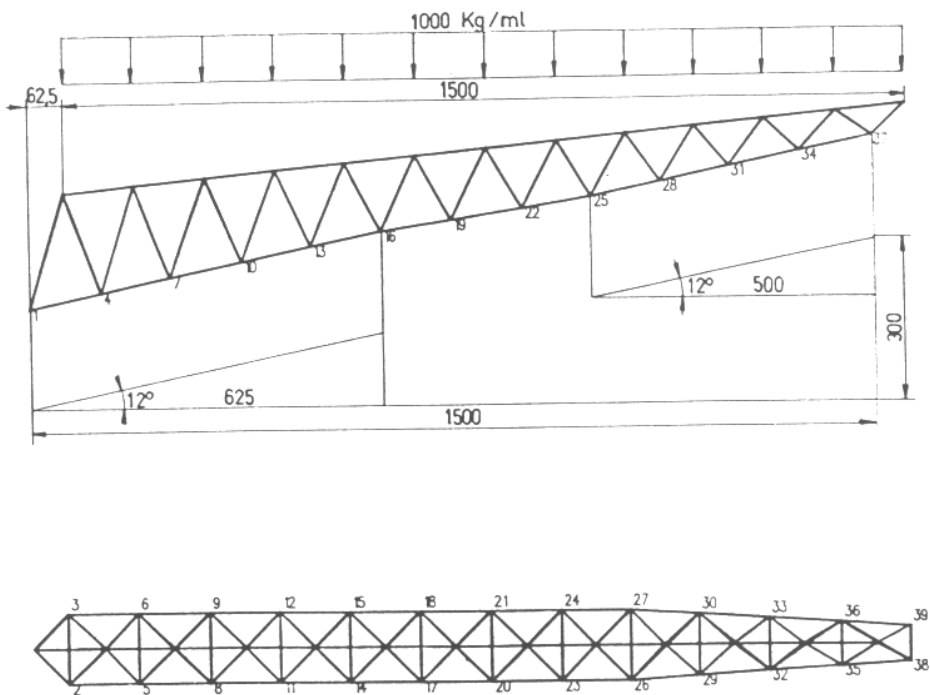


Figura 7.3 Ménsula espacial de nudos articulados. Nudos en alzado y planta.

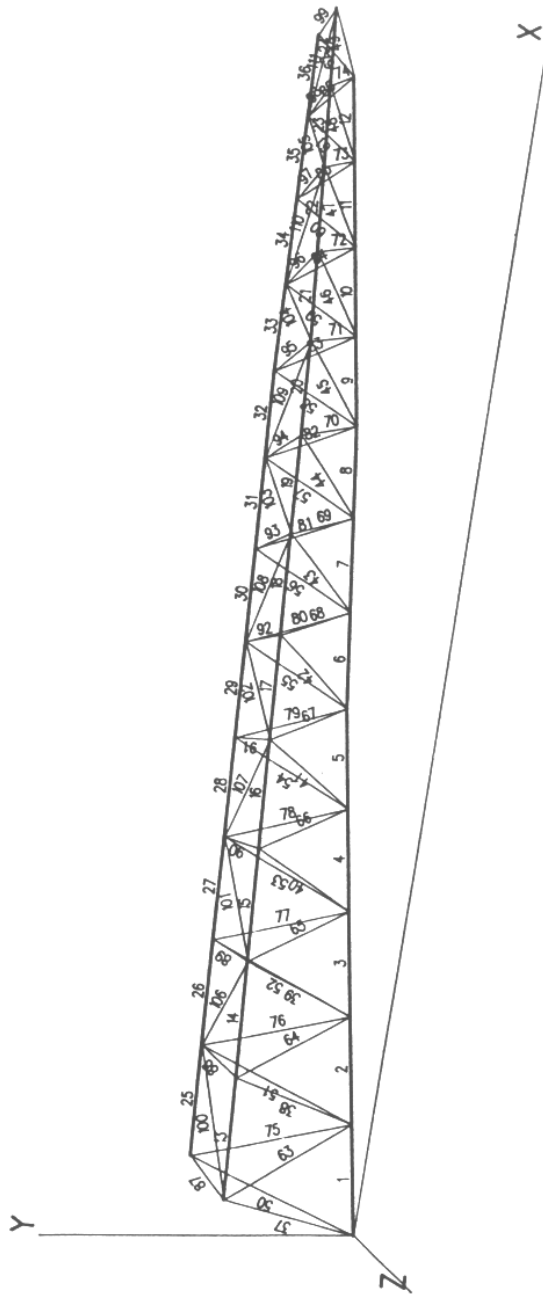


Figura 7.4 Ménsula espacial de nudos articulados.  
 Perspectiva con numeración de elementos.

## 7.3.2 Archivo de datos

## \*CONTROL DEL PROBLEMA

```

IDPR   , MENSE_NA
TITU   , "Ménsula espacial de nudos articulados"
SISUNI , cmkp
TIPEST , EE_NA

```

## \*PARAMETROS DE ANALISIS

## &gt;COORDENADAS

## ! Cordón inferior

```

 1   0.0   0.0   0.0   L 5  3 125.0 26.57  0.0
16 625.0 132.85 0.0   L 3  3 125.0 20.29  0.0
25 1000.0 193.72 0.0   L 5  3 125.0 26.57  0.0

```

## ! Cordones superiores

```

 2  62.5 206.25 62.5   L 8  3 125.0 12.5   0.0
                   P 2  1   0.0   0.0 -125.0
26 1062.5 306.25 62.5   L 5  3 125.0 12.5  -7.8125
27 1062.5 306.25 -62.5  L 5  3 125.0 12.5   7.8125

```

## &gt;RESTRICCIONES

```

TODOS           GX GY GZ
{1 A 3}  DX DY DZ

```

## &gt;MATERIALES

```

!  km      E      G      Nu      Rho      alpha      Se
   1  2.1e6  0.0    0.3    7.85e-3  12.0e-6  2600.0

```

## &gt;PROPIEDADES GEOMETRICAS

```

1  23.20
2  16.60
3  10.10
4   8.03
5   3.20
6   1.61

```

## &gt;ELEMENTOS

## GRUPO 1 BNA

## ! Cordones

## ! Cordón inferior

```

 1   1   4   1   1   0 0   L 5  1  3 3
 6  16  19  1   2   0 0   L 7  1  3 3

```

## ! Cordón superior derecho

```

13  2   5   1   3   0 0   L 4  1  3 3
17 14  17  1   4   0 0   L 8  1  3 3

```

## ! Cordón superior izquierdo

```

25  3   6   1   3   0 0   L 4  1  3 3
29 15  18  1   4   0 0   L 8  1  3 3

```

## ! Montantes y diagonales

```

37  1   2   1   5   0 0   L 9  1  3 3
                   P 2 13  0 1
46 28  29  1   6   0 0   L 4  1  3 3
                   P 2 13  0 1

```

116 EJEMPLOS

63	2	4	1	5	0	0	L	8	1	3	3
							P	2	12	1	0
71	26	28	1	6	0	0	L	4	1	3	3
							P	2	12	1	0
87	2	3	1	5	0	0	L	13	1	3	3
! Elementos de arriostramiento											
100	2	6	1	6	0	0	L	6	1	6	6
106	6	8	1	6	0	0	L	6	1	6	6

>CARGAS

ESTADO 1 "Sobrecarga uniforme 1000 kp/m"

CARGAS EN NUDOS

2	0.0	-312.5									
3	0.0	-312.5									
5	0.0	-625.0	L	11	3	0.0	0.0	0.0			
			P	2	1	0.0	0.0	0.0			
38	0.0	-312.5									
39	0.0	-312.5									

>RENUMERACION

\*FIN

### 7.3 EJEMPLO 4: PÓRTICO A DOS AGUAS CON PUENTE GRÚA

#### 7.4.1 Modelo de análisis

Este ejemplo muestra el análisis de un pórtico a dos aguas con distintos estados de carga en los que se combinan diferentes tipos de cargas sobre elementos. Para la definición del sistema local de los elementos se ha tomado el criterio de la Fig. 7.5. En la Fig. 7.6 se esquematizan los tres estados de carga considerados.

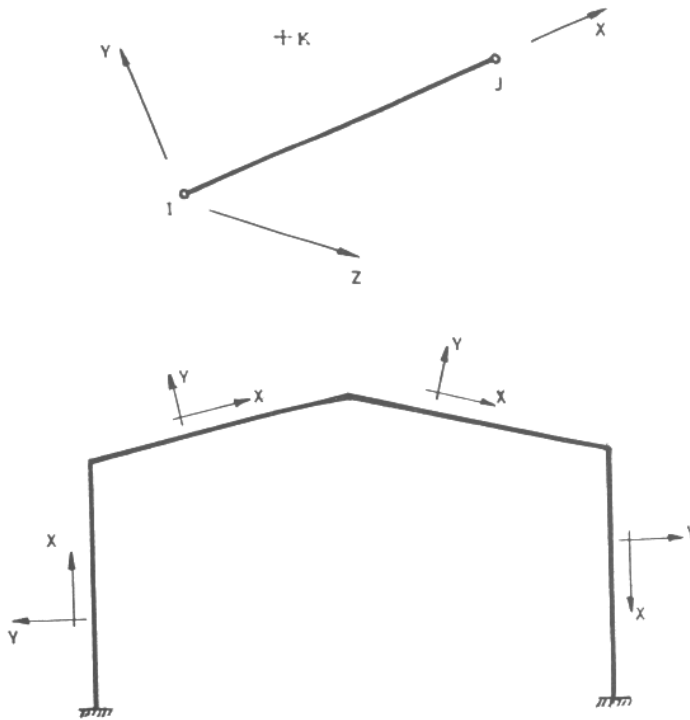


Figura 7.5 Pórtico. Sistemas de coordenadas locales.

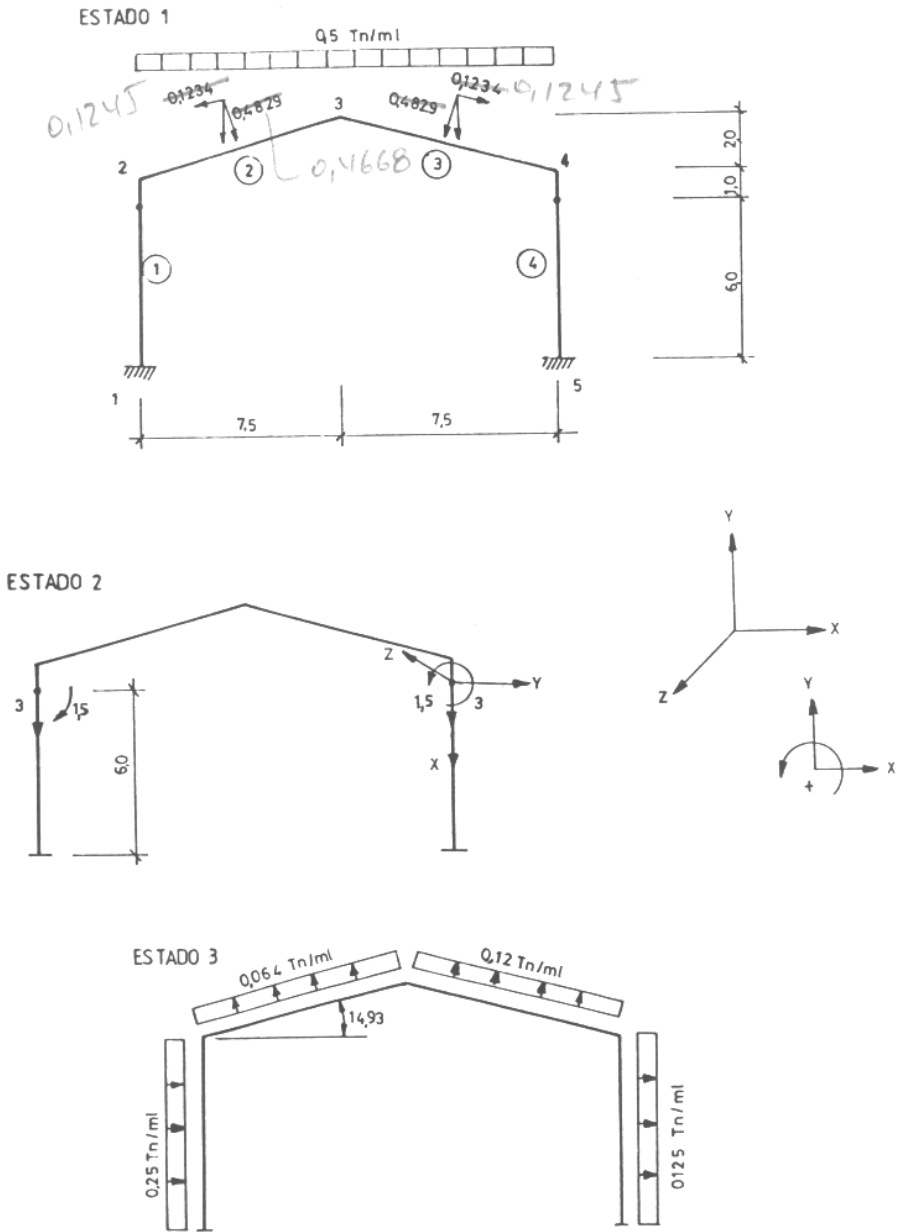


Figura 7.6 Pórtico. Estados de carga

## 7.4.2 Archivo de datos

## \*CONTROL DEL PROBLEMA

```
IDPR   , P2A_PG
TITU   , "Pórtico a dos aguas con puente grúa"
SISUNI , mkN
TIPEST , EP_NR_XY
```

## \*PARAMETROS GENERALES

```
LP = 15.0
H1 = 7.0
H2 = 2.0
```

## \*PARAMETROS DE ANALISIS

## &gt;COORDENADAS

```
! kN      X      Y      Z
1      0.0      0.0      0.0
2      0.0      H1      0.0
3      LP/2     H1+H2     0.0
4      LP      H1      0.0
5      LP      0.0      0.0
```

## &gt;RESTRICCIONES

```
TODOS      DZ GX GY! Estructura plana (XY) de nudos rígidos
1      DX DY DZ GX GY GZ
5      DX DY DZ GX GY GZ
```

## &gt;MATERIALES

```
! kM      E      G      Nu      Rho      Alpha      Se
1 210.0e6 0.0 0.3 77.01 12.0e-6 260.0e3
```

## &gt;PROPIEDADES

```
! kP      A      Ay      Az      Ix      Iy      Iz      h//y
b//z
! kP Familia Perfil Ángulo (Alternativa)
!1 0.00459 0.0 0.0 0.000000154 0.00000420 0.00005790 0.270
0.135 "IPE 270"
1 IPE 270 90.0
!2 0.00653 0.0 0.0 0.000000465 0.00001363 0.00003831 0.180
0.180 "HEB 180"
2 HEB 180 90.0
```

## &gt;ELEMENTOS

```
GRUPO 1 BNR
1 1 2 1 2 0 0 CA -3.0 3.0 0.0
2 2 3 1 1 0 0 CA 3.0 10.0 0.0
3 3 4 1 1 0 0 CA 11.0 10.0 0.0
4 4 5 1 2 0 0 CA 18.0 3.0 0.0
```

## &gt;CARGAS

```
ESTADO 1 "Cargas gravitatorias"
```

```
CARGAS EN ELEMENTOS
```

```
UNIFORME 0.0 0.0
2 -0.1294 -0.4829 0.0 0.0 0.0 0.0
3 0.1294 -0.4829 0.0 0.0 0.0 0.0
```

120 EJEMPLOS

ESTADO 2 "Acciones del puente grúa"

CARGAS EN ELEMENTOS

PUNTUAL	6.0	1.0					
1	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.5
PUNTUAL	1.0	6.0					
4	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5

ESTADO 3 "Sobrecarga de viento"

CARGAS EN ELEMENTOS

UNIFORME	0.0	0.0					
1	0.0	-0.250	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.064	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.125	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

>COMBINACIONES

ESTADO 4 "1.5\*Gravitatorias + 1.2\*Puente grúa + 0.8\*Viento"

1	1.5	2	1.2	3	0.8
---	-----	---	-----	---	-----

\*FIN

## 7.4 EJEMPLO 5: VIGA ATIRANTADA

### 7.5.1 Modelo de análisis

Este ejemplo muestra la forma de definir una estructura mixta, formada por elementos de distinto tipo. La estructura está formada por tres elementos barra de nudos rígidos (los elementos 1,2 y 3) y ocho de nudos articulados (elementos 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11). La información de la estructura esta recogida en la Fig. 6.7.

Es importante destacar en este ejemplo que, si bien a los nudos conectados únicamente por elementos barra de nudos articulados se les debe restringir la posibilidad de giro en los tres ejes globales, para los nudos conectados por elementos de distinto tipo (nudos 1, 3, 5 y 7) no será necesario imponer estas restricciones.

En el caso tratado en este ejemplo, a los nudos 1,3,5 y 7 no se les restringe el giro en la dirección  $Z$ , ya que los elementos barra de nudos rígidos confieren a éstos nudos rigidez al giro en la dirección  $Z$ .

El resto de nudos, por estar conectados únicamente por elementos barra de nudos articulados tienen restringida la posibilidad de giro en las direcciones de los tres ejes.

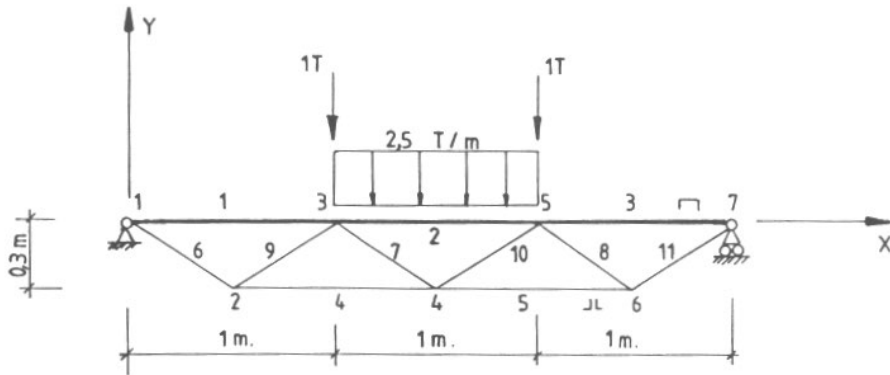


Figura 7.7 Viga atirantada.

## 7.5.2 Archivo de datos

### \*CONTROL DEL PROBLEMA

```
IDPR,   VIGA_ATI
TITU,   "Viga atirantada"
SISUNI, mkN           ! (metros y kN)
TIPEST, EP_NR_XY
```

### \*PARAMETROS DE ANALISIS

#### >COORDENADAS

```
! kN      X      Y      Z
1         0.0    0.0    0.0    L 4 2    1.0  0.0  0.0
2         0.5   -0.3    0.0    L 3 2    1.0  0.0  0.0
```

#### >RESTRICCIONES

```
1  DX DY DZ GX GY
2           DZ GX GY GZ
3           DZ GX GY
4           DZ GX GY GZ
5           DZ GX GY
6           DZ GX GY GZ
7  DY DZ GX GY
```

#### >MATERIALES

```
!      E      G      Nu      Rho      Alpha      Se
1  210.0e6  0.0  0.3  77.01  12.0e-6  260.0e3
```

#### >PROPIEDADES

```
! kP      Familia      Perfil      Ángulo
1         SHR          70x50x2      90.0
2         SHRC         70x2         90.0
```

#### >ELEMENTOS

```
GRUPO 1 BNR
1  1  3  1  1      0  0      CA  1.5  2.0  0.0
2  3  5  1  1      0  0      CA  1.5  2.0  0.0
3  5  7  1  1      0  0      CA  1.5  2.0  0.0
GRUPO 2 BNA
4  2  4  1  2      0  0
5  4  6  1  2      0  0
6  1  2  1  2      0  0
7  3  4  1  2      0  0
8  5  6  1  2      0  0
9  2  3  1  2      0  0
10 4  5  1  2      0  0
11 6  7  1  2      0  0
```

#### >CARGAS

```
ESTADO 1 "Cargas en nudos"
CARGAS EN NUDOS
3         0.0 -10.0
5         0.0 -10.0
```

```
ESTADO 2 "Carga repartida en viga, tramo central"
```

CARGAS EN ELEMENTOS

UNIFORME 0.0 0.0  
2 0.0 -25.0

>COMBINACIONES

ESTADO 3 "Combinación: 1 \* 1.50 + 2 \* 1.50"  
1 1.50 2 1.50

\*FIN



## 7.6 EJEMPLO 6: EMPARRILLADO

### 7.6.1 Modelo de análisis

En este ejemplo se analiza el emparrillado de la Fig. 7.8. Se consideran dos estados de carga diferentes: el primero con las cargas puntuales sobre el nudo 1 y el segundo con la carga sobre el elemento 2. En un tercer estado se combinan ambas sollicitaciones, mayorando la segunda con un factor de 2.

La orientación de los perfiles se ha conseguido con un mismo punto auxiliar, situado encima del punto 1, tal como puede verse en el listado de entrada de datos.

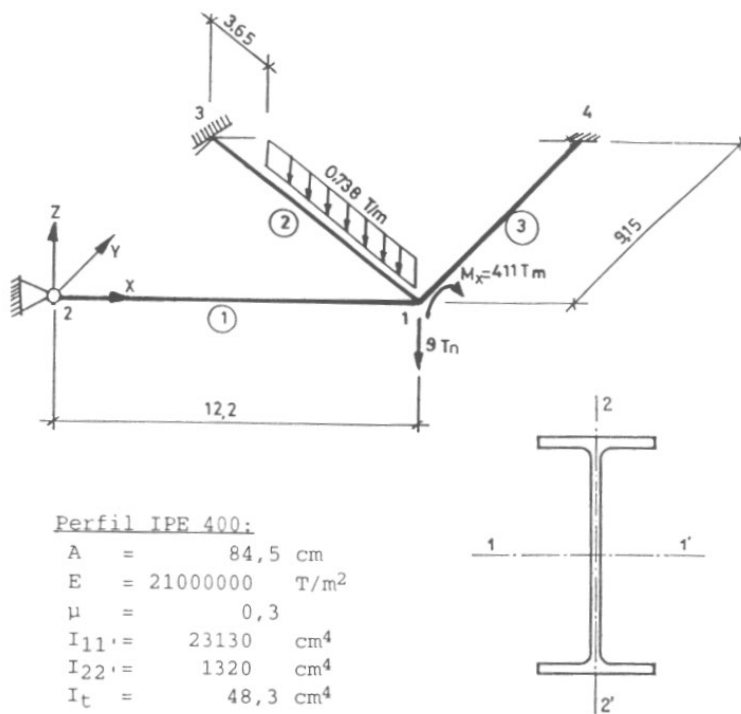


Figura 7.8 Emparrillado.

## 7.6.2 Listado de datos

## \*CONTROL DEL PROBLEMA

```

IDPR   , EMPA
TITU   , "Emparrillado"
SISUNI , mkp
TIPEST , EM_NR_XY

```

## \*PARAMETROS DE ANALISIS

## &gt;COORDENADAS

```

1      12.2    0.0    0.0
2      0.0     0.0    0.0
3      0.0     9.15   0.0
4      12.2    9.15   0.0

```

## &gt;RESTRICCIONES

```

2      DX DY DZ GX !GY GZ
3      DX DY DZ GX GY !  GZ
4      DX DY DZ GX GY GZ

```

## &gt;MATERIALES

```

! km      E          G      Nu          Rho          Alpha          Se
1  21.0e6  0.0      0.3      7.85e+3  12.0e-6  21.0e3

```

## &gt;PROPIEDADES

```

1  IPE  400  90.0

```

## &gt;ELEMENTOS

## GRUPO 1 BNR

```

1  1  2      1  1    0  0    CA  12.2    0.0    6.0
2  1  3      1  1    0  0    CA  12.2    0.0    6.0
3  1  4      1  1    0  0    CA  12.2    0.0    6.0

```

## &gt;CARGAS

## ESTADO 1 "Puntual en el nudo 1"

## CARGAS EN NUDOS

```

1  0.0  0.0  -9.0  -4.11  0.0  0.0

```

## ESTADO 2 "Uniforme en la barra 2"

## CARGAS EN ELEMENTOS

```

UNIFORME  0.0  3.65

```

```

2  0.0 -0.738  0.0  0.0  0.0  0.0

```

## &gt;COMBINACIONES

## ESTADO 3 "Carga total ponderada"

```

1  1.0  2  2.0

```

\*FIN

## 7.5 EJEMPLO 7: ESTRUCTURA ESPACIAL DE NUDOS RÍGIDOS

### 7.7.1 Modelo de análisis

En este ejemplo se analiza una estructura de barras de nudos rígidos con diferentes orientaciones de los ejes principales de las barras. En el ejemplo se ilustra la forma de definir los ejes locales principales de las barras de nudos rígidos por medio de puntos auxiliares.

En la Fig. 7.9 se muestra la codificación de los nudos y elementos de la estructura.

En el ejemplo se muestra la forma de definir diferentes tipos de cargas en elementos, así como estados de carga combinados y envolventes.

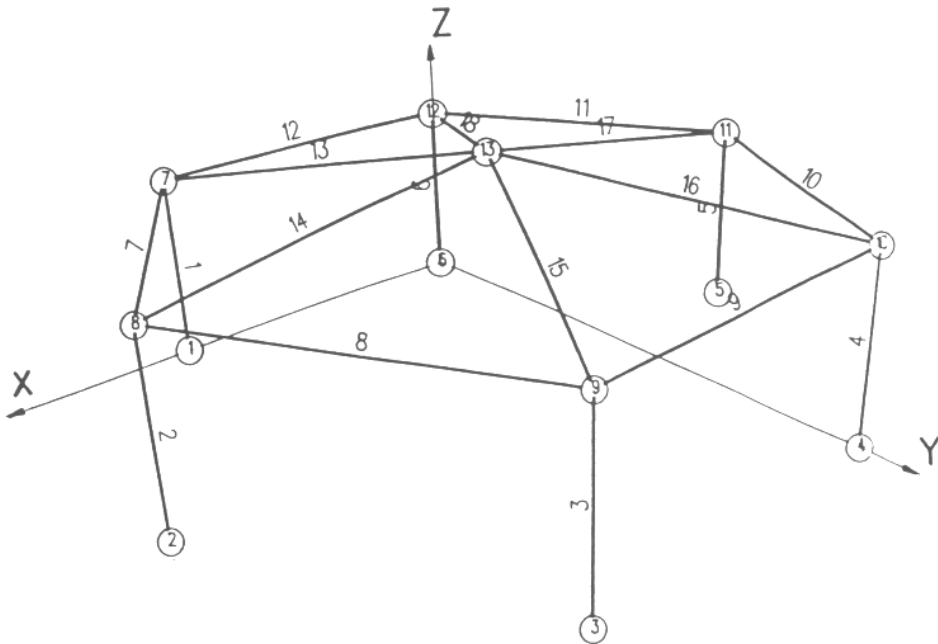


Figura 7.9 Estructura espacial.

El primer estado de carga considerado en el ejemplo es una carga vertical de  $60 \text{ kp/m}^2$  uniforme sobre toda la superficie cubierta. Esta carga se ha repartido sobre las seis barras que forman la pirámide de la cubierta de la forma que se muestra en la Fig. 6.10.

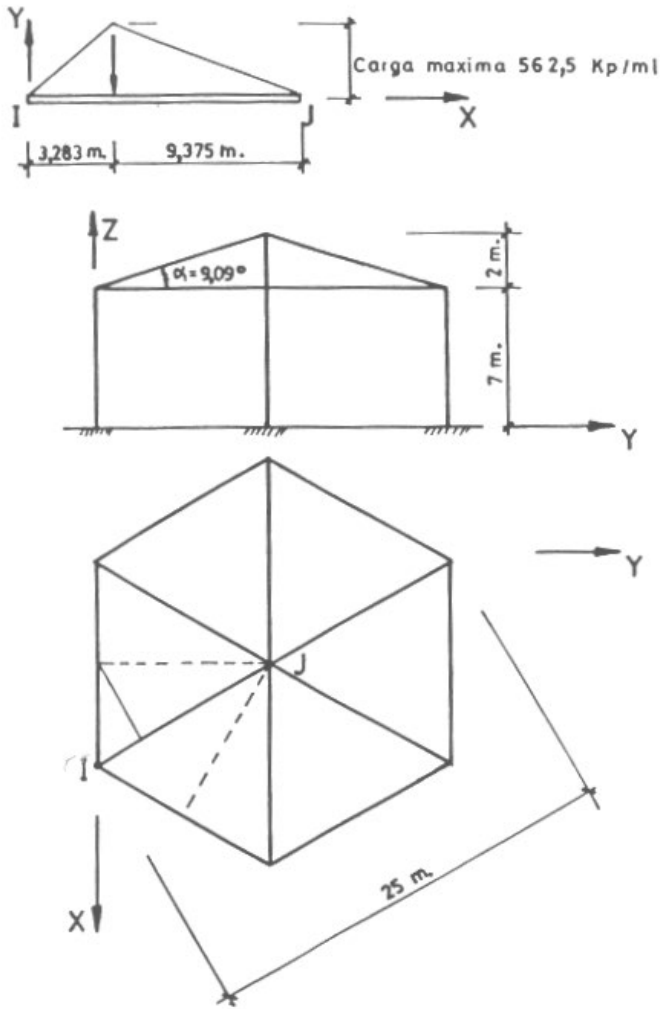


Figura 7.10 Carga sobre las barras 13, 14, 15, 16, 17 y 18.

El segundo estado de cargas corresponde a una carga puntual vertical de 500 kp, aplicada en el nudo central. El tercer caso incluye automáticamente el peso propio de las barras que componen la estructura (a partir de su sección recta y del peso específico del material).

El cuarto estado de cargas es el resultado de una dilatación térmica de las barras perimetrales (por aumento de temperatura de  $10^{\circ}\text{C}$ ). Este mismo efecto se ha conseguido en el quinto estado introduciendo las fuerzas de empotramiento equivalentes, según la relación:

$$N = \sigma A = E\alpha\Delta T A = 21,0 \cdot 10^6 \cdot 11,7 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 66,3 \cdot 10^{-4} = 16,29 \text{ T}$$

### 7.7.2 Archivo de datos

```

*CONTROL DEL PROBLEMA
  IDPR   , EENR
  TITU   , "Estructura espacial de nudos rígidos"
  SISUNI , mkN
  TIPEST , EE_NR

*PARAMETROS GENERALES
  ! Parámetros
  Ea = 210.0e6
  Ap = 7.81e-3
  alpha = 12.0e-6
  Ftu = Ea*Ap*alpha

  ! Listas
  Apoyos = {1 A 6 SALTO 1}

*PARAMETROS DE ANALISIS

>COORDENADAS
! kN      X          Y          Z
  1      12.50      0.000      0.0
  2      18.75     10.825      0.0
  3      12.50     21.650      0.0
  4       0.00     21.650      0.0
  5      -6.25     10.825      0.0
  6       0.00      0.000      0.0
  7      12.50      0.000      7.0
  8      18.75     10.825      7.0
  9      12.50     21.650      7.0
 10       0.00     21.650      7.0
 11      -6.25     10.825      7.0
 12       0.00      0.000      7.0
 13       6.25     10.825      9.0

>RESTRICCIONES
TipoDA = 1
IF,TipoDA,=,1,THEN
  ! Usa lista predefinida
  Apoyos DX DY DZ GX GY GZ          ! Todos los nudos de la base
empotrados
ELSEIF,TipoDA,=,2,THEN
  ! Usa lista
  {1 A 6} DX DY DZ GX GY GZ
ELSEIF,TipoDA,=,3,THEN
  ! Usa generación lineal
  1      DX DY DZ          L 6 1    ! Todos los nudos de la base
articulados
ENDIF

>MATERIALES
! kM      E      G      Nu      Rho      alpha      Se
  1 210.0e6  0.0  0.3  77.01  12.0e-6  275.0e3

```

130 EJEMPLOS

>PROPIEDADES

1 HEB 200 90.0

>ELEMENTOS

GRUPO 1 BNR

```

! Columnas
1 1 7 1 1 00 CA6.25 10.825 9.0
2 2 8 1 1 00 CA6.25 10.825 9.0
3 3 9 1 1 00 CA6.25 10.825 9.0
4 4 10 1 1 00 CA6.25 10.825 9.0
5 5 11 1 1 00 CA6.25 10.825 9.0
6 6 12 1 1 00 CA6.25 10.825 9.0
! Vigas perimetrales
7 7 8 1 1 00 CA12.50 0.0 40.0
8 8 9 1 1 00 CA18.75 10.825 40.0
9 9 10 1 1 00 CA12.50 21.650 40.0
10 10 11 1 1 00 CA 0.00 21.650 40.0
11 11 12 1 1 00 CA-6.25 10.825 40.0
12 12 7 1 1 00 CA 0.00 0.000 40.0
! Vigas de cubierta
13 7 13 1 1 00 CA12.50 0.0 40.0
14 8 13 1 1 00 CA18.75 10.825 40.0
15 9 13 1 1 00 CA12.50 21.650 40.0
16 10 13 1 1 00 CA 0.00 21.650 40.0
17 11 13 1 1 00 CA-6.25 10.825 40.0
18 12 13 1 1 00 CA 0.00 0.000 40.0

```

>CARGAS

ESTADO 1 "Cargas gravitatorias"

CARGAS EN ELEMENTOS

```

TRC 0.0 9.375
13 0.0 -5.625 ! (sistema local del elemento)
14 0.0 -5.625
15 0.0 -5.625
16 0.0 -5.625
17 0.0 -5.625
18 0.0 -5.625
TRD 3.283 0.0
18 0.0 -5.625
17 0.0 -5.625
16 0.0 -5.625
15 0.0 -5.625
14 0.0 -5.625
13 0.0 -5.625

```

ESTADO 2 "Carga puntual"

CARGAS EN NUDOS

13 0.0 0.0 -5.0 0.0 0.0 0.0

ESTADO 3 "Peso propio"

PESO PROPIO

0.0 0.0 -1.0

ESTADO 4 "Cargas térmicas"

CARGAS TERMICAS

7 10.0

8 15.0  
 9 20.0  
 10 30.0  
 11 40.0  
 12 50.0

ESTADO 5 "Fuerzas de empotramiento equivalentes a las cargas térmicas"

CARGAS EN ELEMENTOS

FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO

7 Ftu\*10 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 -Ftu\*10 0.0 0.0 0.0 0.0  
 0.0  
 8 Ftu\*15 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 -Ftu\*15 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
 9 Ftu\*20 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 -Ftu\*20 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
 10 Ftu\*30 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 -Ftu\*30 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
 11 Ftu\*40 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 -Ftu\*40 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
 12 Ftu\*50 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 -Ftu\*50 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

>COMBINACIONES

ESTADO 6 "1.0\*CG + 2.0\*CP + 1.33\*PP"

1 1.0 2 2.0 3 1.33

>ENVOLVENTES

ESTADO 7 "Valores máximos en valor absoluto"

TODOS

MAXA MAXA MAXA MAXA MAXA MAXA MAXA MAXA MAXA MAXA MAXA MAXA

ESTADO 8 "Valores máximos"

1 A 3

MAXI MAXI MAXI MAXI MAXI MAXI MAXI MAXI MAXI MAXI MAXI MAXI

ESTADO 9 "Valores máximos positivos"

1 A 3

MAXP MAXP MAXP MAXP MAXP MAXP MAXP MAXP MAXP MAXP MAXP MAXP

>RENUMERACION

\*FIN



## 7.6 EJEMPLO 8: MÉNSULA

### 7.8.1 Modelo de análisis

En este ejemplo se analiza una ménsula discretizada a base de elementos planos a tensión plana. Esta ménsula está cargada en su extremo libre con una fuerza tangencial  $P$ .

Los datos generales del problema son:

Fuerza ( $P$ )	=	4077,5	kp
Longitud ( $L$ )	=	36,0	cm
Altura ( $h$ )	=	6,0	cm
Espesor ( $e$ )	=	1,333	cm
$E$	=	$2,1 \cdot 10^6$	kp/cm <sup>2</sup>
$\mu$	=	0,3	

La discretización de la ménsula se ha realizado con elementos de cuatro nodos. Se han considerado tres tramos: un primer tramo de 12 columnas de elementos de 0,5 cm de largo (los más cercanos al empotramiento); un segundo tramo de 8 elementos de 0,75 cm y un tercer tramo de 24 elementos de 1 cm de largo. Las columnas se componen, en los tres tramos de 8 elementos de 0,75 cm de alto. Esta discretización se muestra en la Fig. 7.11, junto con la numeración de los elementos de las columnas inicial y final de cada tramo.

### 7.8.2 Archivo de datos

```
*CONTROL DEL PROBLEMA
  IDPR,      META
  TITU,      "Ménsula con carga tangencial en el extremo libre"
  SISUNI,    cmkp
  TIPEST,    EP_EF_XY

*PARAMETROS DE ANALISIS

>COORDENADAS
  1          0.0  0.0  0.0    L  9  1  0.0  0.75  0.0
                    P 12  9  0.5  0.0  0.0
 109         6.0  0.0  0.0    L  9  1  0.0  0.75  0.0
                    P  8  9  0.75  0.0  0.0
 181        12.0  0.0  0.0    L  9  1  0.0  0.75  0.0
                    P 25  9  1.0  0.0  0.0

>RESTRICCIONES
  TODOS      DZ GX GY GZ
  1    DX DY DZ GX GY GZ    L  9  1

>MATERIALES
! km      E      G      Nu
  1    2.1E6  0.0  0.3  0.0  0.0  0.1
```

134 EJEMPLOS

>PROPIEDADES

! kP      Espesor  
1      1.333

>ELEMENTOS

GRUPO 1 EPTP 4

1	1	10	11	2	1	1	0	0	L	8	1	1	1	1	1
									P	44	8	9	9	9	9

>CARGAS

ESTADO 1 "Carga tangencial distribuida (4077.5 kp)"

CARGAS EN NUDOS

397	0.0	-255.1020	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
398	0.0	-510.2040	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
399	0.0	-510.2040	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
400	0.0	-510.2040	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
401	0.0	-510.2040	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
402	0.0	-510.2040	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
403	0.0	-510.2040	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
404	0.0	-510.2040	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
405	0.0	-255.1020	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

\*FIN

**7.9 EJEMPLO 9: DIENTE DE ENGRANAJE**

**7.9.1 Modelo de análisis**

En este ejemplo se analiza un diente de una rueda dentada discretizado a base de elementos planos de tensión plana. A este diente se le aplican tres estados de carga, que simulan el contacto con los dientes de otra rueda dentada del engranaje.

La discretización del diente se ha realizado, en su mayor parte, con elementos de cuatro nodos. Para las transiciones se han utilizado elementos de tres nodos obtenidos a partir de elementos de cuatro nodos, repitiendo alguno de los nodos. La discretización se muestra en la Fig. 7.11, junto con la numeración de algunos de los nudos y elementos, y las cargas aplicadas.

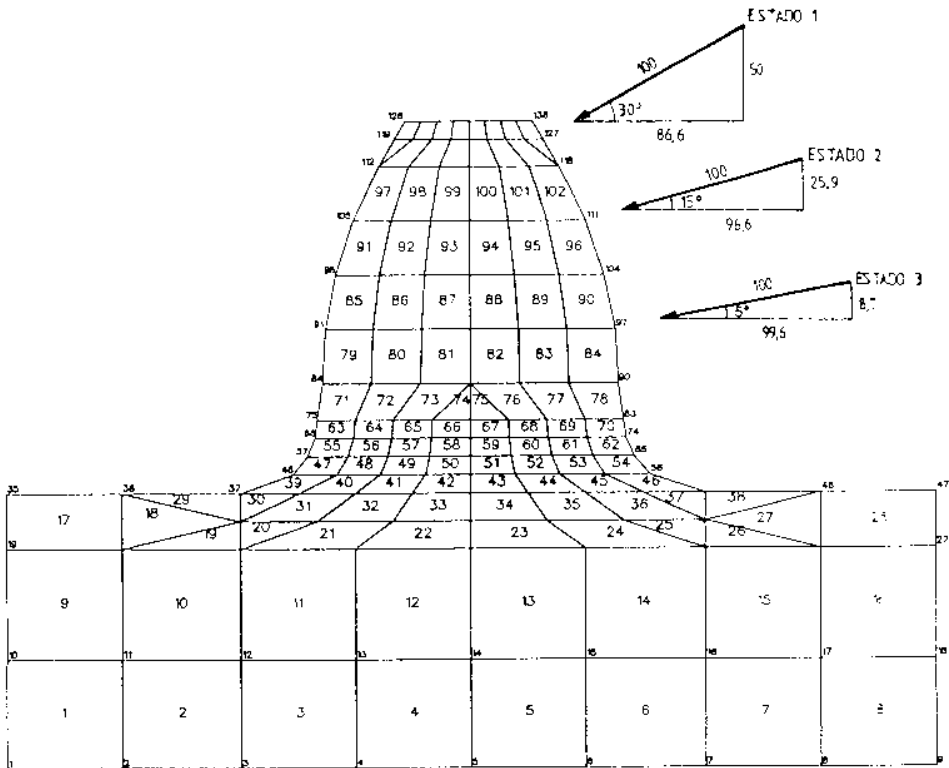


Figura 7.11 Diente de engranaje. Discretización, numeración y cargas.

## 7.9.2 Archivo de datos

## \*CONTROL DEL PROBLEMA

```

IDPR   , DENT
TITU   , "Diente de engranaje"
SISUNI , SI
TIPEST , EP_EF_XY

```

## \*PARAMETROS DE ANALISIS

## &gt;COORDENADAS

```

FACTORES  1.E-2  1.0E-2  1.0E-2  ! (Conversión de 1/10 mm a cm)

```

## ! Nudos de la base

```

 1  -96.0  0.0  0.0  L 9 1 24.0  0.0  0.0
                    P 3 9 0.0  24.0  0.0

```

## ! Nudos de la transición base-diente

```

28  -48.0  54.0  0.0  L 7 1 16.0  0.0  0.0
35  -96.0  60.0  0.0
36  -72.0  60.0  0.0
37  -48.0  60.0  0.0  L 9 1 12.0  0.0  0.0
46  72.0  60.0  0.0
47  96.0  60.0  0.0

```

## ! Nudos de la base del diente

```

48  -37.28  64.0  0.0  L 9 1 9.32  0.0  0.0
57  -34.14  68.0  0.0  L 9 1 8.535  0.0  0.0
66  -32.51  72.0  0.0  L 9 1 8.1275  0.0  0.0
75  -32.00  76.0  0.0  L 9 1 8.00  0.0  0.0

```

## ! Nudos del diente

```

84  -30.90  84.0  0.0  L 7 1 10.30  0.0  0.0
91  -30.30  96.0  0.0  L 7 1 10.10  0.0  0.0
98  -28.08  108.0  0.0  L 7 1 9.36  0.0  0.0
105 -24.30  120.0  0.0  L 7 1 8.10  0.0  0.0
112 -18.78  132.0  0.0  L 7 1 6.26  0.0  0.0
119 -15.44  138.0  0.0  L 9 1 3.86  0.0  0.0
128 -13.20  142.0  0.0  L 9 1 3.30  0.0  0.0

```

## &gt;RESTRICCIONES

```

  TODOS      DZ  GX  GY  GZ
  1  DX  DY  DZ  GX  GY  GZ  L 9 1
 10  DX  DY  DZ  GX  GY  GZ
 18  DX  DY  DZ  GX  GY  GZ
 19  DX  DY  DZ  GX  GY  GZ
 27  DX  DY  DZ  GX  GY  GZ
 35  DX  DY  DZ  GX  GY  GZ
 47  DX  DY  DZ  GX  GY  GZ

```

## &gt;MATERIALES

```

!      E      G      Nu      ! kg y cm
  1  2.1E6  0.0  0.3

```

## &gt;PROPIEDADES

```

!      Espesor

```

1 0.800

## &gt;ELEMENTOS

GRUPO 1 EPTP 4

! Elementos de la base

1	1	2	11	10	1	1	0	0	L	8	1	1	1	1
									P	2	8	9	9	9

! Elementos de la transición base-diente

17	19	20	36	35	1	1	0	0						
18	20	28	36	36	1	1	0	0						
19	20	21	28	28	1	1	0	0						
20	21	29	28	28	1	1	0	0						
21	21	22	30	29	1	1	0	0	L	4	1	1	1	1
25	25	34	33	33	1	1	0	0						
26	25	26	34	34	1	1	0	0						
27	26	46	34	34	1	1	0	0						
28	26	27	47	46	1	1	0	0						
29	36	28	37	36	1	1	0	0						
30	28	38	37	37	1	1	0	0						
31	28	29	39	38	1	1	0	0	L	6	1	1	1	1
37	34	45	44	44	1	1	0	0						
38	34	46	45	45	1	1	0	0						

! Elementos de la base del diente

39	37	38	49	48	1	1	0	0	L	8	1	1	1	1
47	48	49	58	57	1	1	0	0	L	8	1	1	1	1
									P	3	8	9	9	9

! Elementos del diente

71	75	76	85	84	1	1	0	0	L	3	1	1	1	1
74	78	79	87	87	1	1	0	0						
75	79	80	87	87	1	1	0	0						
76	80	81	88	87	1	1	0	0	L	3	1	1	1	1
79	84	85	92	91	1	1	0	0	L	6	1	1	1	1
									P	4	6	7	7	7
103	112	120	119	119	1	1	0	0						
104	112	113	121	120	1	1	0	0	L	6	1	1	1	1
110	118	127	126	126	1	1	0	0						
111	119	120	129	128	1	1	0	0	L	8	1	1	1	1

## &gt;CARGAS

ESTADO 1 "Fuerza de contacto en el punto 1"

CARGAS EN NUDOS

FACTORES	1.0E+2	1.0E+2	1.0E+0				
127	-.866E+0	-.500E+0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ESTADO 2 "Fuerza de contacto en el punto 2"

CARGAS EN NUDOS

FACTORES	1.0E+2	1.0E+2	1.0E+0				
111	-.966E+1	-.259E+1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ESTADO 3 "Fuerza de contacto en el punto 3"

CARGAS EN NUDOS

FACTORES	1.0E+2	1.0E+2	1.0E+0				
97	-.996E+1	-.087E+1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

## ESTADO 4 "Carga simétrica sobre el diente"

## CARGAS EN NUDOS

FACTORES	1.0E+2	1.0E+2	1.0E+0			
128	.0	-.10E+1	0.0	0.0	0.0	0.0
129	.0	-.10E+1	0.0	0.0	0.0	0.0
130	.0	-.10E+1	0.0	0.0	0.0	0.0
131	.0	-.10E+1	0.0	0.0	0.0	0.0
132	.0	-.10E+1	0.0	0.0	0.0	0.0
133	.0	-.10E+1	0.0	0.0	0.0	0.0
134	.0	-.10E+1	0.0	0.0	0.0	0.0
135	.0	-.10E+1	0.0	0.0	0.0	0.0
136	.0	-.10E+1	0.0	0.0	0.0	0.0

\*FIN