Manual de usuario del programa MEFI

II.1 INTRODUCCIÓN

MEFI es un programa de Análisis por el Método de los Elementos Finitos (MEF) ejecutable en un PC con Windows XP o superior. Puede descargarse de la web del Departamento de Estructuras, Construcción y Expresión Gráfica de la Universidad Politécnica de Cartagena (www.upct.es/goe/).

MEFI ha sido desarrollado para la realización de las prácticas de la asignatura “El Método de los Elementos Finitos en Ingeniería” correspondiente a cuarto curso de Ingeniería Industrial.

MEFI realiza el análisis estático (elástico-lineal), por el MEF, de problemas de elasticidad y problemas de campos en régimen permanente, y mediante análisis matricial, de estructuras planas articuladas o rígidas.

El principal objetivo ha sido conseguir un programa sencillo, que permita a los estudiantes del MEF una comprobación rápida de los resultados obtenidos con la aplicación del MEF. Las opciones se han reducido al mínimo indispensable, con objeto de que el programa sea fácil de usar, tenga un tiempo de aprendizaje mínimo, y sirva de ayuda para la comprensión del MEF.

II.2 INSTRUCCIONES DE CONTROL DE LA EJECUCIÓN

El programa tiene una ventana principal en la que se pueden insertar hojas que están divididas en tres ventanas: ventana de datos, ventana de resultados y ventana de gráficos.

A las instrucciones de control se puede acceder desde el menú principal. Las más usadas disponen de botones en la barra de herramientas.

II.2.1 Menú: Archivo

El menú Archivo tiene las siguientes opciones:

Nuevo	crea un nuevo archivo de datos;
Abrir...	abre un archivo de datos;
Cerrar	cierra la hoja de datos activa;
Cerrar todo	cierra todas las hojas de datos;
Guardar	guarda los datos de la hoja activa;
Guardar como...	guarda los datos de la hoja activa en un archivo;
Guardar gráficos...	guarda los gráficos de la hoja activa en un archivo -no funciona en Windows Vista/7 con Aero-;
Guardar resultados...	guarda los resultados de la hoja activa en un archivo;
Guardar resultados (con tabulaciones)...	guarda los resultados de la hoja activa en un archivo sustituyendo los blancos por tabulaciones (para facilitar la copia en hojas de cálculo);
Exportar a ANSYS	crea el archivo de macros de ANSYS que genera el modelo de elementos finitos, y
Salir	sale del programa.

II.2.2 Menú: Edición

El menú Edición tiene las siguientes opciones:

Deshacer	deshace la última modificación hecha;
Cortar	corta lo seleccionado en el portapapeles (sólo en la ventana de datos);
Copiar	copia lo seleccionado (o la ventana gráfica si no hay selección -no funciona en Windows Vista/7 con Aero-) en el portapapeles;
Copiar resultados (con tabulaciones)	copia lo seleccionado en el portapapeles (sólo en la ventana de resultados) sustituyendo los blancos por tabulaciones (para facilitar la copia en hojas de cálculo);
Pegar	pega desde el portapapeles (sólo en la ventana de datos), y
Seleccionar todo	selecciona todo el texto.

II.2.3 Menú: Ver

El menú Ver tiene las siguientes opciones:

Ventana de datos	hace visible la ventana de datos si está chequeado;
Ventana de gráficos	hace visible la ventana de gráficos si está chequeado;
Ventana de resultados	hace visible la ventana de resultados si está chequeado;
Barra de estado	hace visible la barra de estado si está chequeado;
Parámetros	muestra una ventana con los valores de los parámetros;
Materiales predefinidos	muestra una ventana con los materiales predefinidos;
Propiedades predefinidas	muestra una ventana con las propiedades predefinidas;
Ensamblaje	muestra el ensamblaje en la ventana de gráficos;
Diagnóstico de la solución	muestra una ventana con el diagnóstico de la solución, y
Sección más solicitada	muestra las tensiones de la sección de la barra más solicitada (si no se elige una sección con perfil predeterminado se supone sección circular para elemento articulado y sección rectangular para elemento rígido). Las tensiones tangenciales se calculan considerando perfil de sección llena y sin tener en cuenta los radios de acuerdo (en los perfiles simétricos respecto del eje ‘z’, para disminuir el error, la tensión tangencial ‘xz’ se calcula para la mitad inferior).

II.2.4 Menú: Proceso

El menú Proceso tiene las siguientes opciones:

Actualizar	carga los datos de la hoja activa en memoria y representa el modelo de diseño;
Mallar	carga y malla los datos de la hoja activa y representa el modelo de elementos finitos;
Analizar	carga y analiza los datos de la hoja activa y representa resultados;
Analizar todo	carga y analiza los datos del editor y representa resultados;

II.2.5 Menú: Plantillas

El menú de Plantillas tiene las siguientes opciones:

Problemas plantillas de problemas completos;

Problema de elementos articulados	escribe una plantilla de un problema de elementos articulados;
Problema de elementos rígidos	escribe una plantilla de un problema de elementos rígidos;

Problema de tensión plana escribe una plantilla de un problema de tensión plana;

Problema de deformación plana escribe una plantilla de un problema de deformación plana;

Problema de axisimetría escribe una plantilla de un problema de axisimetría;

Problema de elasticidad tridimensional escribe una plantilla de un problema de elasticidad tridimensional;

Problema de transmisión de calor escribe una plantilla de un problema de transmisión de calor, y

Problema de torsión escribe una plantilla de un problema de torsión.

Título escribe una plantilla de la instrucción TÍTULO;

Parámetros escribe una plantilla de la instrucción PARÁMETROS;

Puntos escribe una plantilla de la instrucción PUNTOS;

Líneas escribe una plantilla de la instrucción LÍNEAS;

Áreas escribe una plantilla de la instrucción ÁREAS;

Volúmenes escribe una plantilla de la instrucción VOLÚMENES;

Nodos escribe una plantilla de la instrucción NODOS;

Materiales escribe una plantilla de la instrucción MATERIALES;

Propiedades escribe una plantilla de la instrucción PROPIEDADES;

Elementos plantillas de elementos;

Elementos en puntos escribe una plantilla de la instrucción ELEMENTOS_PUNTOS;

Elementos en líneas escribe una plantilla de la instrucción ELEMENTOS_LÍNEAS;

Elementos en áreas escribe una plantilla de la instrucción ELEMENTOS_ÁREAS;

Elementos en volúmenes escribe una plantilla de la instrucción ELEMENTOS_VOLÚMENES, y

Elementos escribe una plantilla de la instrucción ELEMENTOS.

Mallado plantillas de mallado;

Mallado en puntos escribe una plantilla de la instrucción MALLADO_PUNTOS;

Mallado en líneas escribe una plantilla de la instrucción MALLADO_LÍNEAS, y

Mallado en áreas escribe una plantilla de la instrucción MALLADO_ÁREAS.

Acoplamientos plantillas de acoplamientos;

Acoplamientos en puntos escribe una plantilla de la instrucción ACOPLAMIENTOS_PUNTOS;

Acoplamientos en líneas escribe una plantilla de la instrucción ACOPLAMIENTOS_LÍNEAS;

Acoplamientos en áreas escribe una plantilla de la instrucción ACOPLAMIENTOS_ÁREAS;

Acoplamientos en nodos escribe una plantilla de la instrucción ACOPLAMIENTOS_NODOS, y

Acoplamientos en elementos escribe una plantilla de la instrucción ACOPLAMIENTOS_ELEMENTOS.

Desplazamientos plantillas de desplazamientos impuestos, y

Desplazamientos globales en puntos escribe una plantilla de la instrucción DESPLAZAMIENTOS_GLOBALES_PUNTOS;

Desplazamientos locales en puntos escribe una plantilla de la instrucción DESPLAZAMIENTOS_LOCALES_PUNTOS;

Desplazamientos globales en líneas escribe una plantilla de la instrucción DESPLAZAMIENTOS_GLOBALES_LÍNEAS;

Desplazamientos locales en líneas escribe una plantilla de la instrucción DESPLAZAMIENTOS_LOCALES_LÍNEAS;

Desplazamientos globales en áreas escribe una plantilla de la instrucción DESPLAZAMIENTOS_GLOBALES_ÁREAS;

Desplazamientos locales en áreas escribe una plantilla de la instrucción DESPLAZAMIENTOS_LOCALES_ÁREAS;

Desplazamientos globales en nodos escribe una plantilla de la instrucción DESPLAZAMIENTOS_GLOBALES_NODOS, y

Desplazamientos locales en nodos	escribe una plantilla de la instrucción DESPLAZAMIENTOS_LOCALES_NODOS.
Cargas	plantillas de cargas.
Cargas globales en puntos	escribe una plantilla de la instrucción CARGAS_GLOBALES_PUNTOS;
Cargas locales en puntos	escribe una plantilla de la instrucción CARGAS_LOCALES_PUNTOS;
Cargas globales en líneas	escribe una plantilla de la instrucción CARGAS_GLOBALES_LÍNEAS;
Cargas locales en líneas	escribe una plantilla de la instrucción CARGAS_LOCALES_LÍNEAS;
Cargas térmicas en líneas	escribe una plantilla de la instrucción CARGAS_TÉRMICAS_LÍNEAS;
Cargas por falta de ajuste en líneas	escribe una plantilla de la instrucción CARGAS_AJUSTE_LÍNEAS;
Cargas globales en áreas	escribe una plantilla de la instrucción CARGAS_GLOBALES_ÁREAS;
Cargas locales en áreas	escribe una plantilla de la instrucción CARGAS_LOCALES_ÁREAS;
Cargas hidrostáticas en áreas	escribe una plantilla de la instrucción CARGAS_HIDROSTÁTICAS_ÁREAS;
Cargas circunferenciales en áreas	escribe una plantilla de la instrucción CARGAS_CIRCUNFERENCIALES_ÁREAS;
Cargas volumétricas en áreas	escribe una plantilla de la instrucción CARGAS_VOLUMÉTRICAS_ÁREAS;
Cargas térmicas en áreas	escribe una plantilla de la instrucción CARGAS_TÉRMICAS_ÁREAS;
Cargas centrífugas en áreas	escribe una plantilla de la instrucción CARGAS_CENTRÍFUGAS_ÁREAS;
Cargas volumétricas en volúmenes	escribe una plantilla de la instrucción CARGAS_VOLUMÉTRICAS_VOLÚMENES;
Cargas térmicas en volúmenes	escribe una plantilla de la instrucción CARGAS_TÉRMICAS_VOLÚMENES;

Cargas gravitatorias escribe una plantilla de la instrucción CARGAS_GRAVITATORIAS;

Cargas globales en nodos escribe una plantilla de la instrucción CARGAS_GLOBALES_NODOS;

Cargas locales en nodos escribe una plantilla de la instrucción CARGAS_LOCALES_NODOS;

Cargas superficiales en elementos escribe una plantilla de la instrucción CARGAS_SUPERFICIALES_ELEMENTOS;

Cargas volumétricas en elementos escribe una plantilla de la instrucción CARGAS_VOLUMÉTRICAS_ELEMENTOS;

Cargas térmicas en elementos escribe una plantilla de la instrucción CARGAS_TÉRMICAS_ELEMENTOS;

Cargas centrífugas en elementos escribe una plantilla de la instrucción CARGAS_CENTRÍFUGAS_ELEMENTOS;

Combinaciones de estados de cargas escribe una plantilla de la instrucción COMBINACIONES_ESTADOS_CARGAS, y

Envolventes de estados de cargas escribe una plantilla de la instrucción ENVOLVENTES_ESTADOS_CARGAS.

II.2.6 Menú: Opciones

El menú de Opciones tiene las siguientes opciones:

Orden de integración orden de integración numérica para la integración de la matriz de rigidez.

Defecto orden por defecto (1 para elemento triangular lineal campo o elástico plano, 2 para triangular lineal axisimétrico, cuadrangular lineal, triangular cuadrático y cuadrangular cuadrático, y 3 para triangular cúbico y cuadrangular cúbico);

1 orden 1;

2 orden 2;

3 orden 3;

4 orden 4, y

5 orden 5.

Matriz de rigidez tipo de matriz a usar en el almacenamiento de la matriz de rigidez ensamblada.

Matriz simétrica densa matriz simétrica densa (se almacena la mitad inferior completa);

Matriz simétrica en banda matriz simétrica en banda (se almacena utilizando una matriz de ancho fijo –el correspondiente a la fila más larga desde el primer elemento no nulo hasta la diagonal-);

Matriz simétrica en perfil matriz simétrica en perfil (se almacena utilizando una matriz de ancho variable –desde el primer elemento no nulo de cada fila hasta la diagonal-), y

Matriz simétrica dispersa matriz simétrica dispersa (se almacenan sólo los elementos no nulos).

Renumeración nodos renumera los nodos minimizando el perfil, y

Método iterativo selecciona un método iterativo para la resolución de los sistemas de ecuaciones.

Contenido llama a la ayuda de MEFI (en formato 'chm'), y

Acerca de... muestra información sobre el programa.

II.2.7 Menú: Idioma

El menú de Idioma tiene las siguientes opciones:

Español selecciona el idioma español, y

Inglés selecciona el idioma inglés excepto para esta ayuda (sólo disponible en español).

II.2.8 Menú: Ayuda

El menú de Ayuda tiene las siguientes opciones:

Contenido llama a la ayuda de MEFI (en formato 'chm'), y

Acerca de... muestra información sobre el programa.

II.2.9 Ventana de datos

La ventana de datos incluye un editor de texto en el que aparecen los datos del sistema a analizar.

II.2.10 Ventana de gráficos

En la ventana de gráficos se pueden representar la geometría, numeración, ejes, apoyos, cargas, mallado, esfuerzos, tensiones y deformada del sistema para cada estado de cargas.

Se selecciona lo que se quiere visualizar mediante botones (se representa aquello cuyo botón esté pulsado).

Se puede hacer una traslación pulsando el botón izquierdo del ratón y arrastrando en cualquier dirección para mover el sistema, un giro pulsando el botón central (o botón izquierdo + botón derecho) y, un zoom pulsando el botón derecho y arrastrando hacia arriba para aumentar o hacia abajo para disminuir.

Para cambiar la escala de los diagramas de esfuerzos / cargas / numeración se pulsa Shift + botón izquierdo / derecho / central y se arrastra hacia arriba para aumentar o hacia la abajo para disminuir.

Para escribir el valor de un mapa en un nodo en la ventana gráfica se pulsa sobre el nodo Ctrl + botón izquierdo (si se pulsa en un nodo, se mueve el ratón sin soltar el botón, y se levanta en otro nodo, se dibuja la evolución del mapa a lo largo de la línea que une los dos nodos), y para escribir la matriz de rigidez y el vector de fuerzas nodales de un elemento en la ventana de resultados se pulsa sobre el elemento Ctrl + botón derecho.

Para seleccionar las líneas cuyos diagramas se quieren dibujar se pulsa sobre las líneas con Ctrl + botón central (o Ctrl + botón izquierdo + botón derecho).

Para representar la sección más solicitada en una línea se pulsa sobre la línea con Alt + botón derecho.

Para volver a los valores por defecto se debe hacer un doble-clic sobre cualquier punto de la pantalla gráfica.

En problemas tridimensionales, para visualizar mejor la numeración de los puntos, líneas y áreas (para definir los radios de acuerdo, tamaños de malla, apoyos, cargas…) se puede activar el modo alámbrico (Ctrl + Alt + A). Al pulsar el botón de numeración consecutivamente, se visualiza la numeración de puntos (negro), líneas (gris oscuro), áreas (gris claro), cargas, nada o todo.

II.2.11 Ventana de resultados

En la ventana de resultados aparecen los resultados numéricos (desplazamientos, reacciones, esfuerzos y tensiones, de todos los estados de cargas) del análisis del sistema. Los criterios de signos adoptados son los siguientes: los giros y momentos se consideran positivos para sentido antihorario, los esfuerzos axiales para tracción y los momentos flectores para los que traccionan la fibra inferior (los cortantes están relacionados con los flectores).

II.3 IDEALIZACIÓN DEL SISTEMA

El programa MEFI emplea un modelo definido mediante la geometría (puntos, líneas, áreas y volúmenes), los materiales, las propiedades, los elementos, los desplazamientos impuestos y las cargas. Para facilitar la modificación de los datos pueden utilizarse parámetros y expresiones matemáticas.

II.3.1 Parámetros

Los parámetros definen valores numéricos que pueden utilizarse en el resto del archivo de datos.

II.3.2 Puntos

Los puntos del modelo se definen especificando sus coordenadas en el Sistema de Coordenadas Global (SCG), que es un sistema de coordenadas cartesiano, ortogonal y dextrógiro.

Los puntos se pueden numerar de cualquier forma, no siendo necesario que la numeración sea consecutiva ni completa.

Los desplazamientos calculados son las traslaciones y rotaciones que sufren los puntos. Se calculan en el SCG y se consideran valores positivos para las traslaciones aquéllos que hacen aumentar la correspondiente coordenada. Para los giros, se consideran valores positivos según la regla de sacacorchos. Los desplazamientos se calculan para todos los puntos y todos los estados de cargas.

Sobre los puntos se definen elementos, imponen desplazamientos o aplican cargas (en el SCG).

II.3.3 Líneas

Las líneas del modelo se definen especificando el tipo de línea y los puntos que la forman (dos o tres en función del tipo de línea).

Los tipos de línea que se admiten son:

1 *Polinomial* (que pasa por dos o tres puntos);

2 *Arco de elipse* (con centro en el primer punto, empieza en el segundo y termina en el tercero en sentido antihorario);

3 *Spline* (cúbico natural), y

4 *Recta* (definida por las coordenadas de los extremos).

Las líneas se pueden numerar de cualquier forma, no siendo necesario que la numeración sea consecutiva ni completa.

En cada línea se define un Sistema de Coordenadas Local (SCL). El eje x del SCL tiene la dirección tangente a la directriz de la línea y su sentido va desde el punto inicial hasta el punto final. El eje y es ortogonal al x y se obtiene girando 90º en sentido antihorario. El eje z es tal que el sistema de coordenadas sea ortogonal y dextrógiro.

Sobre las líneas se definen elementos, imponen desplazamientos o aplican cargas (en el SCG o en el SCL).

II.3.4 Áreas

Las áreas del modelo se definen especificando el tipo de área y las líneas que la forman (como mínimo tres).

Los tipos de área que se admiten son:

1 *Mapeada* (formada por tres o cuatro líneas);

2 *Libre* (formada por dos o más líneas);

3 *Triángulo* (definida por las coordenadas de los vértices);

4 *Cuadrángulo* (definida por las coordenadas de los vértices);

5 *Rectángulo* (definida por las coordenadas de una esquina y las dimensiones);

6 *Poligonal* (definida por las coordenadas del centro, el radio, el ángulo del primer vértice y el número de lados);

7 *Círculo* (definida por las coordenadas del centro y el radio);

8 *Suma* (definida por varias áreas);

9 *Resta* (definida por varias áreas);

10 *Intersección* (definida por varias áreas), y

11 *Radio de acuerdo* (definida por un área, por uno o varios puntos y por el radio).

Las áreas se pueden numerar de cualquier forma, no siendo necesario que la numeración sea consecutiva ni completa.

Sobre las áreas se definen elementos, imponen desplazamientos o aplican cargas (en el SCG o en el SCL).

II.3.5 Volúmenes

Los volúmenes del modelo se definen especificando el tipo de volumen y las áreas que lo forman.

Los tipos de volumen que se admiten son:

1 *Mapeado* (formado por cuatro, cinco o seis áreas mapeadas);

2 *Libre* (formado por cuatro o más áreas);

3 *Bloque* (definido por las coordenadas de una esquina y por las dimensiones), y

4 *Extrusión* (definido por un área y una línea).

Los volúmenes se pueden numerar de cualquier forma, no siendo necesario que la numeración sea consecutiva ni completa.

Sobre los volúmenes se definen elementos o aplican cargas (en el SCG).

II.3.6 Materiales

El modelo puede tener uno o varios materiales diferentes. Para cada material se puede definir el módulo de Young, el coeficiente de Poisson, la densidad, el coeficiente de dilatación térmica y la conductividad térmica.

Los materiales se pueden numerar de cualquier forma, no siendo necesario que la numeración sea consecutiva ni completa.

II.3.7 Propiedades

Los elementos del modelo pueden tener uno o varios conjuntos de propiedades. En función del tipo de elemento habrá que definir un número diferente de propiedades.

Las propiedades se pueden numerar de cualquier forma, no siendo necesario que la numeración sea consecutiva ni completa.

II.3.8 Tipos de elementos

Hay que definir el tipo de elemento que va a formar cada punto, línea, área o volumen, su material y sus propiedades. Los SCL de los elementos en las líneas son los de las líneas y el de las áreas es el SCG.

Los tipos de elementos implementados son:

II.3.8.1 Elemento masa

El elemento masa es un elemento con la masa concentrada en un punto y sin inercia a la rotación. El elemento no tiene material y tiene una propiedad (la masa). Está formado por un nodo.

II.3.8.2 Elemento articulado

El elemento articulado es un elemento articulado en los dos extremos, de directriz recta, unidimensional, de sección constante y que sólo presenta rigidez axial. El elemento tiene material (el módulo de Young y la densidad si se considera el peso) y una propiedad (el área de la sección transversal). Está formado por dos nodos.

II.3.8.3 Elemento rígido

El elemento rígido es un elemento rígido en los dos extremos, de directriz recta, unidimensional, de sección constante, que considera esfuerzos axiales, esfuerzos cortantes y momentos flectores en el eje Z. El elemento tiene material (el módulo de Young y la densidad si se considera el peso) y dos propiedades (el área de la sección transversal y el momento de inercia de la sección respecto a un eje perpendicular al plano que pasa por el centro de gravedad de la sección). Está formado por dos nodos.

II.3.8.4 Elemento articulado-articulado

El elemento articulado-articulado es un elemento articulado en los dos extremos, de directriz recta, unidimensional, de sección constante, que considera esfuerzos axiales, esfuerzos cortantes y momentos flectores en el eje Z. El elemento tiene material (el módulo de Young y la densidad si se considera el peso) y dos propiedades (el área de la sección transversal y el momento de inercia de la sección respecto a un eje perpendicular al plano que pasa por el centro de gravedad de la sección). Está formado por dos nodos.

II.3.8.5 Elemento articulado- rígido

El elemento articulado-rígido es un elemento articulado en el extremo inicial y rígido en el extremo final, de directriz recta, unidimensional, de sección constante, que considera esfuerzos axiales, esfuerzos cortantes y momentos flectores en el eje Z. El elemento tiene material (el módulo de Young y la densidad si se considera el peso) y dos propiedades (el área de la sección transversal y el momento de inercia de la sección respecto a un eje perpendicular al plano que pasa por el centro de gravedad de la sección). Está formado por dos nodos.

II.3.8.6 Elemento rígido-articulado

El elemento rígido-articulado es un elemento rígido en el extremo inicial y articulado en el extremo final, de directriz recta, unidimensional, de sección constante, que considera esfuerzos axiales, esfuerzos cortantes y momentos flectores en el eje Z. El elemento tiene material (el módulo de Young y la densidad si se considera el peso) y dos propiedades (el

área de la sección transversal y el momento de inercia de la sección respecto a un eje perpendicular al plano que pasa por el centro de gravedad de la sección). Está formado por dos nodos.

II.3.8.7 Elemento semirrígido

El elemento semirrígido es un elemento semirrígido en los dos extremos, de directriz recta, unidimensional, de sección constante, que considera esfuerzos axiales, esfuerzos cortantes y momentos flectores en el eje Z. El elemento tiene material (el módulo de Young y la densidad si se considera el peso) y cuatro propiedades (el área de la sección transversal, el momento de inercia de la sección respecto a un eje perpendicular al plano que pasa por el centro de gravedad de la sección y los dos grados de rigidez de las uniones semirrígidas de los extremos). Los grados de rigidez de las uniones semirrígidas de los extremos tienen un valor comprendido entre 0 (unión articulada) y 1 (unión rígida). La relación entre el grado de rigidez (gr) y la rigidez del muelle (k) es: gr=1/(1+2*E*I/L/k). Está formado por dos nodos.

II.3.8.8 Elemento articulado-semirrígido

El elemento articulado-semirrígido es un elemento articulado en el extremo inicial y semirrígido en el extremo final, de directriz recta, unidimensional, de sección constante, que considera esfuerzos axiales, esfuerzos cortantes y momentos flectores en el eje Z. El elemento tiene material (el módulo de Young y la densidad si se considera el peso) y tres propiedades (el área de la sección transversal, el momento de inercia de la sección respecto a un eje perpendicular al plano que pasa por el centro de gravedad de la sección y el grado de rigidez de la unión semirrígida del extremo final). Está formado por dos nodos.

II.3.8.9 Elemento semirrígido-articulado

El elemento semirrígido-articulado es un elemento semirrígido en el extremo inicial y articulado en el extremo final, de directriz recta, unidimensional, de sección constante, que considera esfuerzos axiales, esfuerzos cortantes y momentos flectores en el eje Z. El elemento tiene material (el módulo de Young y la densidad si se considera el peso) y tres propiedades (el área de la sección transversal, el momento de inercia de la sección respecto a un eje perpendicular al plano que pasa por el centro de gravedad de la sección y el grado de rigidez de la unión semirrígida del extremo inicial). Está formado por dos nodos.

II.3.8.10 Elemento rígido-semirrígido

El elemento rígido-semirrígido es un elemento rígido en el extremo inicial y semirrígido en el extremo final, de directriz recta, unidimensional, de sección constante, que considera esfuerzos axiales, esfuerzos cortantes y momentos flectores en el eje Z. El elemento tiene material (el módulo de Young y la densidad si se considera el peso) y tres propiedades (el área de la sección transversal, el momento de inercia de la sección respecto a un eje

perpendicular al plano que pasa por el centro de gravedad de la sección y el grado de rigidez de la unión semirrígida del extremo final). Está formado por dos nodos.

II.3.8.11 Elemento semirrígido-rígido

El elemento semirrígido-rígido es un elemento semirrígido en el extremo inicial y rígido en el extremo final, de directriz recta, unidimensional, de sección constante, que considera esfuerzos axiales, esfuerzos cortantes y momentos flectores en el eje Z. El elemento tiene material (el módulo de Young y la densidad si se considera el peso) y tres propiedades (el área de la sección transversal, el momento de inercia de la sección respecto a un eje perpendicular al plano que pasa por el centro de gravedad de la sección y el grado de rigidez de la unión semirrígida del extremo inicial). Está formado por dos nodos.

II.3.8.12 Elemento rígido-medio

El elemento rígido-medio es un elemento rígido en los dos extremos, de directriz recta, unidimensional, de sección constante, que considera esfuerzos axiales, esfuerzos cortantes y momentos flectores en el eje Z, apoyado sobre un medio elástico. El elemento tiene material (el módulo de Young y la densidad si se considera el peso) y tres propiedades (el área de la sección transversal, el momento de inercia de la sección respecto a un eje perpendicular al plano que pasa por el centro de gravedad de la sección y el módulo de balasto del medio elástico). Está formado por dos nodos.

II.3.8.13 Elemento muelle

El elemento muelle es un elemento formado por dos puntos que tiene rigidez longitudinal, si los puntos no tienen las mismas coordenadas, y rigidez torsional, si las coordenadas son coincidentes. En el muelle torsional se acoplan los desplazamientos de los dos puntos. El elemento no tiene material y tiene una propiedad (la rigidez). Está formado por dos nodos.

II.3.8.14 Elemento campo

El elemento campo es un elemento bidimensional usado para la resolución de problemas de campos en régimen permanente (transmisión de calor por conducción en régimen permanente, torsión de barras prismáticas rectas,...). La incógnita es el potencial de dicho campo (temperatura, función de tensiones,...). El elemento tiene material (la conductividad) y no tiene propiedades (el espesor es unitario). Puede ser triangular o cuadrangular, y lineal, cuadrático o cúbico.

II.3.8.15 Elemento tensión plana

El elemento tensión plana es un elemento elástico bidimensional de espesor constante en el que se cumple la hipótesis de tensión plana. El elemento tiene material (el módulo de Young, el coeficiente de Poisson y la densidad si se considera el peso) y una propiedad (el espesor). Puede ser triangular o cuadrangular, y lineal, cuadrático o cúbico.

II.3.8.16 Elemento deformación plana

El elemento deformación plana es un elemento elástico bidimensional de espesor unitario en el que se cumple la hipótesis de deformación plana. El elemento tiene material (el módulo de Young, el coeficiente de Poisson y la densidad si se considera el peso) y no tiene propiedades (el espesor es unitario). Puede ser triangular o cuadrangular, y lineal, cuadrático o cúbico.

II.3.8.17 Elemento axisimétrico

El elemento axisimétrico es un elemento elástico en el que se cumple la hipótesis de axisimetría (simetría de revolución). El elemento tiene material (el módulo de Young, el coeficiente de Poisson y la densidad si se considera el peso) y no tiene propiedades. Puede ser triangular o cuadrangular, y lineal, cuadrático o cúbico.

II.3.8.18 Elemento sólido

El elemento sólido es un elemento elástico tridimensional. El elemento tiene material (el módulo de Young, el coeficiente de Poisson y la densidad si se considera el peso) y no tiene propiedades. Puede ser tetraédrico o hexaédrico, y lineal, cuadrático o cúbico.

II.3.9 Mallado

Para mallar el sistema se define el tamaño del elemento en los puntos o el número de divisiones en las líneas.

Se admite mallar las líneas parabólicas o los arcos de elipse mediante elementos rígidos, para ello se discretizan dichas líneas en elementos rectos (por defecto se discretizan en 100 divisiones). Los elementos campo y los elásticos se mallan definiendo el tamaño de los puntos o el número de divisiones de las líneas que forman las áreas a mallar.

II.3.10 Desplazamientos impuestos

Para que el sistema de ecuaciones no sea indeterminado hay que imponer el valor de algunos desplazamientos.

Se puede imponer el valor de desplazamientos en puntos, en líneas o en áreas. El valor del desplazamiento impuesto está definido en el SCG o en el SCL. Hay que definir un estado de desplazamientos impuestos por cada estado de cargas aplicado (el estado 0 es común a todos los demás).

II.3.11 Cargas

Se pueden definir uno o varios estados de cargas simples (el estado 0 es común a todos los demás) que puede contener diferentes tipos de cargas.

El sistema puede analizarse para varios estados de cargas, que se pueden numerar de forma no consecutiva pero que debe ser completa (el estado 0 se añade a todos los demás).

II.3.11.1 Tipos de cargas

Las cargas que pueden aplicarse sobre el sistema son de veinte tipos:

1 Cargas puntuales aplicadas sobre los puntos en el SCG;

2 Cargas puntuales aplicadas sobre los puntos en el SCL;

3 Cargas puntuales o distribuidas aplicadas sobre las líneas en el SCG;

4 Cargas puntuales o distribuidas aplicadas sobre las líneas en el SCL;

5 Cargas térmicas en los elementos de las líneas;

6 Cargas debidas a la falta de ajuste de las líneas;

7 Cargas distribuidas aplicadas sobre las áreas en el SCG;

8 Cargas distribuidas aplicadas sobre las áreas en el SCL;

9 Cargas hidrostáticas aplicadas sobre las áreas en el SCL;

10 Cargas circunferenciales aplicadas sobre las áreas en el SCL;

11 Cargas volumétricas en los elementos de las áreas;

12 Cargas térmicas en los elementos de las áreas;

13 Cargas centrífugas en los elementos de las áreas;

14 Cargas volumétricas en los elementos de los volúmenes;

15 Cargas térmicas en los elementos de los volúmenes;

16 Cargas gravitatorias aplicadas a todos los elementos con masa, en el SCG.

17 Cargas puntuales aplicadas sobre los nodos en el SCG;

18 Cargas puntuales aplicadas sobre los nodos en el SCL;

19 Cargas superficiales en elementos;

20 Cargas volumétricas en elementos;

21 Cargas centrífugas en elementos, y

22 Cargas térmicas en elementos.

II.3.11.2 Estados combinados

Existe la posibilidad de obtener la respuesta del sistema a estados de cargas que sean combinación lineal de otros (simples) definidos previamente. La contribución de los

diferentes estados se tiene en cuenta mediante factores de ponderación dados por el usuario.

II.3.11.3 Estados envolventes

Se puede obtener la envolvente de varios estados de cargas.

II.4 SINTAXIS DE LOS ARCHIVOS DE DATOS

La entrada de datos es mediante archivos de texto. Al escribir los archivos de datos se deben tener en cuenta las siguientes normas:

1 La extensión de los archivos de datos es libre, aunque es preferible usar la extensión 'mefi', que es la que utiliza el programa por defecto;

2 Los archivos de datos están formados por instrucciones de lectura de datos y por datos;

3 Todas las instrucciones de lectura de datos pueden abreviarse a las tres primeras letras de cada palabra, escribirse en español o inglés, con mayúsculas o minúsculas y con o sin acentos, y

4 Se pueden introducir comentarios en cualquier punto del archivo de datos utilizando los caracteres ‘%’ o ‘#’. El programa ignorará todo lo que siga a dichos caracteres hasta el final de línea (‘%’) o del archivo (‘#’).

Las instrucciones de lectura de datos admitidas son las siguientes:

II.4.1 Instrucción: TÍT(ULO)

Descripción: Título del problema.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
titu	Tira	Título del problema. (1)

Ejemplo:

```
TÍTULO Estructura simétrica con carga puntual asimétrica
```

Notas:

1 El título del problema debe escribirse en la misma línea que la instrucción TÍTULO.

II.4.2 Instrucción: PAR(ÁMETROS)

Descripción: Instrucción para indicar que se va a proceder a la entrada de parámetros para un uso posterior.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA

par	Tira	Nombre del parámetro. (1)
val	Real	Valor del parámetro ‘par’. (2 y 3)

Ejemplo:

```
PARÁMETROS
% par  val
  rad  4.0
  ang  pi/4.0
  x    rad*cos(ang)
  y    rad*sen(ang)
```

Notas:

1 Los nombres de los parámetros deben ser alfanuméricos y empezar por letra. El parámetro ‘x1’ está reservado como parámetro de funciones. El parámetro ‘pi’ está predefinido. De momento, las funciones sólo se usan para barras rígidas de inercia variable (‘x1’ es la abcisa local de la barra).

2 El valor de los parámetros debe ser real o una expresión.

3 Las expresiones admiten los operadores +, -, *, /, ^, los paréntesis y las siguientes funciones: ‘abs’, ‘acos’, ‘alea’, ‘asen’, ‘atan’, ‘atan2’, ‘cos’, ‘ent’, ‘exp’, ‘ln’, ‘máx’, ‘mín’, ‘raíz’, ‘redon’, ‘resto’, ‘sen’, ‘sgn’ y ‘tan’. No se admiten blancos en las expresiones (el programa entiende que ha terminado la expresión).

II.4.3 Instrucción: PUN(TOS)

Descripción: Instrucción para indicar que se va a proceder a la entrada de las coordenadas de los puntos del sistema.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
pun	Entero	Número del punto. (1)
X	Real	Coordenada X del punto ‘pun’ en el SCG.
Y	Real	Coordenada Y del punto ‘pun’ en el SCG.

Ejemplo:

```
PUNTOS
% pun X    Y
  1   0.0  0.0
  2   6.0  5.0
```

Notas:

1 No es necesario que la numeración sea correlativa ni completa.

II.4.4 Instrucción: LÍN(EAS)

Descripción: Instrucción para indicar que se va a proceder a la entrada de la información sobre las líneas del sistema.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
lín	Entero	Número de línea. (1)
tip	Literal	Indicador del tipo de línea. (2)

pun	Entero	Puntos de la línea ‘lín’. (3)

Ejemplo:

```
LÍNEAS
% lín tip          pun
  1   POLINOMIAL   1 2
  2   ARCO         2:4
```

Notas:

1 No es necesario que la numeración sea correlativa ni completa.

2 Los tipos de línea que admite el programa son:

POL(INOMIAL) (recta o parábola): en el caso de una recta hay que definir dos puntos, el primero es el inicial y el segundo el final, para una parábola se necesitan tres puntos, el primero es el inicial, el segundo el intermedio y el tercero el final;

ARC(O) (de elipse): el arco necesita tres puntos, el primero es el centro de la elipse, el segundo el punto inicial del arco y el tercero el final del arco. Si la distancia de los puntos inicial y final al centro es diferente el programa traza la elipse de ejes paralelos a los cartesianos que pasa por los puntos inicial y final uniéndolos en sentido antihorario, si la distancia es la misma la elipse se convierte en una circunferencia;

SPL(INE) (cúbico natural): el spline necesita al menos tres puntos, y

REC(TA): la recta es una línea polinomial y está definida por las coordenadas de los vértices (se generan, automáticamente, los puntos necesarios).

3 Se admite el uso de ‘:’ (inicial:final:incremento, si se omite el incremento se considera 1) y ‘,’ para varios puntos.

II.4.5 Instrucción: ÁRE(AS)

Descripción: Instrucción para indicar que se va a proceder a la entrada de la información sobre las áreas del sistema.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
áre	Entero	Número de área. (1)
tip	Literal	Indicador del tipo de área. (2)
lín	Entero	Líneas del área ‘áre’. (3)

Ejemplo:

```
ÁREAS
% áre tipo           lín
  1   MAPEADA        5:8
  2   LIBRE          1:8
  3   RECTÁNGULO     0.0 0.0  B H
  5   SUMA           1:4
  7   RADIO_ACUERDO  8  7  R
  8   EXTRUSIÓN      lin  traX traY traZ
  9   EXTRUSIÓN      lin  ejeX ejeY ejeZ  X0 Y0 Z0  ang
```

Notas:

1 No es necesario que la numeración sea correlativa ni completa.

2 Los tipos de área que admite el programa son:

MAP(EADA): el área mapeada está formada por tres o cuatro líneas polinomiales, o cuatro líneas de cualquier tipo. El orden de las líneas es indiferente,

LIB(RE): el área libre está formada por un mínimo de dos líneas (no hay máximo). Puede haber varios contornos de los que sólo el primero es exterior,

TRI(ÁNGULO): el área triángulo es un área libre y está definida por las coordenadas de los vértices (se generan, automáticamente, los puntos y las líneas necesarios),

CUA(DRÁNGULO): el área cuadrángulo es un área mapeada y está definida por las coordenadas de los vértices (se generan, automáticamente, los puntos y las líneas necesarios),

REC(TÁNGULO): el área rectángulo es un área mapeada y está definida por las coordenadas de una esquina y las dimensiones (se generan, automáticamente, los puntos y las líneas necesarios),

POL(ÍGONO): el área polígono es un área libre y está definida por las coordenadas del centro, el radio, el ángulo del primer vértice y el número de lados (se generan, automáticamente, los puntos y las líneas necesarios),

CÍR(CULO): el área círculo es un área libre y está definida por las coordenadas del centro y el radio (se generan, automáticamente, los puntos y las líneas necesarios),

SUM(A): el área suma es un área libre, está definida por varias áreas y es el resultado de sumar todas las áreas (se generan y eliminan, automáticamente, los puntos y las líneas necesarios),

RES(TA): el área resta es un área libre, está definida por varias áreas y es el resultado de restar a la primera todas las demás áreas (se generan y eliminan, automáticamente, los puntos y las líneas necesarios),

INT(ERSECCIÓN): el área intersección es un área libre, está definida por varias áreas y es el resultado de intersectar todas las áreas (se generan y eliminan, automáticamente, los puntos y las líneas necesarios),

EXT(RUSIÓN): el área extrusión está definida por una línea y una dirección -en la dirección de la extrusión- (o un eje, un punto y un ángulo) (se generan y eliminan, automáticamente, los puntos y las líneas necesarios), y

RAD(IO)_ACU(ERDO): el área radio de acuerdo es un área libre, está definida por un área, uno o varios puntos y el radio, y es el resultado de añadir un radio de acuerdo en el área y punto definidos (se generan y eliminan, automáticamente, los puntos y las líneas necesarios).

3 Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varias líneas.

II.4.6 Instrucción: VOL(ÚMENES)

Descripción: Instrucción para indicar que se va a proceder a la entrada de la información sobre los volúmenes del sistema.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
vol	Entero	Número de volumen. (1)
tip	Literal	Indicador del tipo de volumen. (2)
áre	Entero	Áreas del volumen ‘vol’. (3)

Ejemplo:

```
VOLÚMENES
% vol tip            áre
  1   MAPEADO        1:6
  2   BLOQUE         X0 Y0 Z0  B H L
  3   EXTRUSIÓN      1 5
  4   EXTRUSIÓN      are  ejeX ejeY ejeZ  X0 Y0 Z0  ang
  5   CUÑA           X0 Y0 Z0  disX disY disZ % topX
  6   ESFERA         Xc Yc Zc  R % ang  num
  7   CILINDRO       Xc Yc Zc  ejeX ejeY ejeZ  R % ang  num
  8   CONO           Xc Yc Zc  ejeX ejeY ejeZ  Ri Rf % ang  num
  9   TORO           Xc Yc Zc  radR radr % ang  num  pla
  10  TRASLACIÓN     vol  traX traY traZ
  11  ROTACIÓN       vol  ejeX ejeY ejeZ  X0 Y0 Z0  ang
  12  SUMA           vo11 vol2 vol3
  13  RESTA          vol  vol1 vol2 vol3
  14  INTERSECCIÓN   vol1 vol2 vol3
  15  RADIO_ACUERDO  vol  lin1,lin2,lin3  rad
```

Notas:

1 No es necesario que la numeración sea correlativa ni completa.

2 Los tipos de volumen que admite el programa son:

MAP(EADO): el volumen mapeado está formado por cuatro, cinco o seis áreas mapeadas. El orden de las áreas es indiferente;

LIB(RE): el volumen libre está formada por un mínimo de cuatro áreas (no hay máximo);

BLO(QUE): el volumen bloque está definido por las coordenadas de una esquina y las dimensiones (se generan, automáticamente, los puntos, las líneas y las áreas necesarios),

EXT(RUSIÓN): el volumen extrusión está definido por un área y una línea -en la dirección de la extrusión- (o un eje, un punto y un ángulo) (se generan, automáticamente, los puntos, las líneas y las áreas necesarios),

CUÑ(A): el volumen cuña está definido por las coordenadas de un punto y tres distancias (se generan, automáticamente, los puntos, las líneas y las áreas necesarios),

ESF(ERA): el volumen esfera está definido por las coordenadas del centro y el radio (se generan, automáticamente, los puntos, las líneas y las áreas necesarios),

CIL(INDRO): el volumen cilindro está definido por las coordenadas del centro de la base, las del eje y el radio (se generan, automáticamente, los puntos, las líneas y las áreas necesarios),

CON(O): el volumen cono está definido por las coordenadas del centro de la base, las del eje y los radios inicial y final (se generan, automáticamente, los puntos, las líneas y las áreas necesarios),

TOR(O): el volumen toro está definido por las coordenadas del centro, y los radios del toro y del círculo (se generan, automáticamente, los puntos, las líneas y las áreas necesarios),

TRA(SLACIÓN): el volumen traslación está definido por un volumen y la dirección de la traslación (se generan, automáticamente, los puntos, las líneas y las áreas necesarios),

ROT(ACIÓN): el volumen rotación está definido por un volumen, y el eje, el punto y el ángulo de rotación (se generan, automáticamente, los puntos, las líneas y las áreas necesarios),

SUM(A): el volumen suma está definido por varias áreas y es el resultado de sumar todas las áreas (se generan, automáticamente, los puntos, las líneas y las áreas necesarios),

RES(TA): el volumen resta está definido por varios volúmenes y es el resultado de restar al primero todos los demás volúmenes (se generan, automáticamente, los puntos, las líneas y las áreas necesarios),

INT(ERSECCIÓN): el volumen intersección está definido por varios volúmenes y es el resultado de intersectar todos los volúmenes (se generan, automáticamente, los puntos, las líneas y las áreas necesarios), y

RAD(IO)_ACU(ERDO): el volumen radio de acuerdo está definido por un volumen, una o varias líneas y por el radio, y es el resultado de añadir un radio de acuerdo en el volumen y líneas definidos (se generan y eliminan, automáticamente, los puntos y las líneas necesarios).

3 Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varias áreas.

II.4.7 Instrucción: NOD(OS)

Descripción: Instrucción para indicar que se va a proceder a la entrada de las coordenadas de los nodos del sistema.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
nod	Entero	Número del nodo. (1)
X	Real	Coordenada X del nodo ‘nod’ en el SCG.

Y	Real	Coordenada Y del nodo ‘nod’ en el SCG.

Ejemplo:

```
NODOS
% nod X    Y
  1   0.0  0.0
  2   6.0  5.0
```

Notas:

1 No es necesario que la numeración sea correlativa ni completa.

II.4.8 Instrucción: MAT(ERIALES)

Descripción: Instrucción para indicar que se va a proceder a la entrada de datos de los materiales. Con algún tipo de elemento no es necesario definir ningún material.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
mat	Entero	Número del material. (1)
pro(i)	Literal	Propiedad(i) del material. (2)
val(i)	Real	Valor de la propiedad ‘pro(i)’ del material.

Ejemplo:

```
MATERIALES
% mat pro1   val1   pro2     val2
  1   YOUNG  210e6  POISSON  0.3
```

Notas:

1 No es necesario que la numeración sea correlativa ni completa.

2 Los propiedades del material que admite el programa son:
YOU(NG): módulo de elasticidad longitudinal (Young);
POI(SSON): coeficiente de Poisson;
DEN(SIDAD): densidad;
DIL(ATACIÓN): coeficiente de dilatación térmica, y
CON(DUCTIVIDAD): conductividad térmica.

II.4.9 Instrucción: PRO(PIEDADES)

Descripción: Instrucción para indicar que se va a proceder a la entrada de conjuntos de propiedades. Con algún tipo de elemento no es necesario definir ninguna propiedad.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
pro	Entero	Número del conjunto de propiedades. (1)
val(i)	Real	Valor de las propiedad (i) del conjunto de propiedades. (2)

Ejemplo:

```
PROPIEDADES
% pro val1  val2
  1   0.01  8e-5
```

Notas:

1 No es necesario que la numeración sea correlativa ni completa.
2 El significado y el número de propiedades de cada conjunto depende del tipo de elemento.

II.4.10 Instrucción: ELE(MENTOS)_PUN(TOS)

Descripción: Instrucción para la definición del tipo, material y propiedades del elemento de un punto.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
pun	Entero	Punto. (1)
tip	Literal	Tipo de elemento. (2)
mat	Entero	Material de los elementos del punto ‘pun’. Si no es necesario se pone ‘NO’.
pro	Entero	Conjunto de propiedades del elemento del punto ‘pun’. Si no es necesario se pone ‘NO’.

Ejemplo:

```
ELEMENTOS_PUNTOS
% pun tipo  mat pro
  2   MASA  NO  2
```

Notas:

1 Para todos los puntos se pone ‘TOD(OS)’. Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varios puntos.
2 El tipo de elemento en puntos que admite el programa es:
MAS(A): el elemento masa no necesita material y tiene una propiedad (la masa).

II.4.11 Instrucción: ELE(MENTOS)_LÍN(EAS)

Descripción: Instrucción para la definición del tipo, material y propiedades de los elementos de una línea.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
lín	Entero	Línea. (1)
tip	Literal	Tipo de elemento. (2)
mat	Entero	Material de los elementos de la línea ‘lín’. Si no es necesario se pone ‘NO’. (3)
pro	Entero	Conjunto de propiedades de los elementos de la línea ‘lín’. Si no es necesario se pone ‘NO’. (4 y 5)

Ejemplo:

```
ELEMENTOS_LÍNEAS
% lín tipo        mat         pro
  2   ARTICULADO  1           1
  3   RÍGIDO      ACERO       HEB200
  4   RÍGIDO      HORMIGÓN30  2
```

```
5    MUELLE      NO          3
```

Notas:

1 Para todas las líneas se pone ‘TOD(AS)’. Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varias líneas.

2 Los tipos de elemento en líneas que admite el programa son:

ART(ICULADO): el elemento articulado necesita material (Young y densidad si se considera el peso) y tiene una propiedad (área);

RÍG(IDO): el elemento rígido necesita material (Young y densidad si se considera el peso) y tiene dos propiedades (área e inercia);

ART(ICULADO)_ART(ICULADO): el elemento articulado-articulado necesita material (Young y densidad si se considera el peso) y tiene dos propiedades (área e inercia);

ART(ICULADO)_RÍG(IDO): el elemento articulado-rígido necesita material (Young y densidad si se considera el peso) y tiene dos propiedades (área e inercia);

RÍG(IDO)_ART(ICULADO): el elemento rígido-articulado necesita material (Young y densidad si se considera el peso) y tiene dos propiedades (área e inercia);

SEM(IRRÍGIDO): el elemento semirrígido necesita material (Young y densidad si se considera el peso) y tiene cuatro propiedades (área, inercia y los dos grados de rigidez de las uniones semirrígidas de los extremos);

ART(ICULADO)_SEM(IRRÍGIDO): el elemento articulado-semirrígido necesita material (Young y densidad si se considera el peso) y tiene tres propiedades (área, inercia y el grado de rigidez de la unión semirrígida del extremo final);

SEM(IRRÍGIDO)_ART(ICULADO): el elemento semirrígido-articulado necesita material (Young y densidad si se considera el peso) y tiene tres propiedades (área, inercia y el grado de rigidez de la unión semirrígida del extremo inicial);

RÍG(IDO)_SEM(IRRÍGIDO): el elemento rígido-semirrígido necesita material (Young y densidad si se considera el peso) y tiene tres propiedades (área, inercia y el grado de rigidez de la unión semirrígida del extremo final);

SEM(IRRÍGIDO)_RÍG(IDO): el elemento semirrígido-rígido necesita material (Young y densidad si se considera el peso) y tiene tres propiedades (área, inercia y el grado de rigidez de la unión semirrígida del extremo inicial);

RÍG(IDO)_MED(IO): el elemento rígido-medio necesita material (Young y densidad si se considera el peso) y tiene tres propiedades (área, inercia y el módulo de balasto del medio elástico), y

MUE(LLE): el elemento muelle no necesita material y tiene una propiedad (rigidez).

3 Se han predefinido los materiales: ACE(RO), ALU(MINIO), HOR(MIGÓN)fck (siendo fck la resistencia característica en MPa), MAD(ERA)_Cmk (siendo mk la resistencia a

flexión), MAG(NESIO) y TIT(ANIO). Se usan las unidades correspondientes al Sistema Internacional.

4 Se han predefinido las propiedades correspondientes a los siguientes perfiles: IPN, IPE, HEA, HEB, HEM, UPN, T, tubo redondo y tubo rectangular. Se usan las unidades correspondientes al Sistema Internacional.

5 Si se define más de un conjunto de propiedades (uno por cada punto) la propiedad de cada elemento se interpola linealmente (para simular elementos rígidos de inercia variable).

II.4.12 Instrucción: ELE(MENTOS)_ÁRE(AS)

Descripción: Instrucción para la definición del tipo, forma, material y propiedades de los elementos de un área.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
áre	Entero	Área. (1)
tip	Literal	Tipo de elemento. (2)
for	Literal	Forma del elemento. (3)
mat	Entero	Material de los elementos del área ‘áre’. Si no es necesario se pone ‘NO’. (4)
pro	Entero	Conjunto de propiedades de los elementos del área ‘áre’. Si no es necesario se pone ‘NO’. (5)

Ejemplo:

```
ELEMENTOS_ÁREAS
% áre tipo                forma               mat pro
  2   DEFORMACIÓN_PLANA   TRIANGULAR_LINEAL   1   NO
```

Notas:

1 Para todas las áreas se pone ‘TOD(AS)’. Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varias áreas.

2 Los tipos de elemento que admite el programa son:
CAM(PO): el elemento campo necesita material (conductividad) y ninguna propiedad;
TEN(SIÓN)_PLA(NA): el elemento tensión plana necesita material (Young, Poisson y densidad si se considera el peso) y una propiedad (espesor);
DEF(ORMACIÓN)_PLA(NA): el elemento deformación plana necesita material (Young, Poisson y densidad si se considera el peso) y ninguna propiedad, y
AXI(SIMÉTRICO): el elemento axisimétrico necesita material (Young, Poisson y densidad si se considera el peso) y ninguna propiedad. El eje de revolución es el Y.

3 Las formas de los elementos que admite el programa son:
TRI(ANGULAR)_LIN(EAL): elemento triangular lineal (3 nodos);
TRI(ANGULAR)_CUA(DRÁTICO): elemento triangular cuadrático (6 nodos);

TRI(ANGULAR)_CÚB(ICO): elemento triangular cúbico (10 nodos);
CUA(DRANGULAR)_LIN(EAL): elemento cuadrangular lineal (4 nodos);
CUA(DRANGULAR)_CUA(DRÁTICO): elemento cuadrangular cuadrático serendípito (8 nodos), y
CUA(DRANGULAR)_CÚB(ICO): elemento cuadrangular cúbico serendípito (12 nodos).

4 Se han predefinido los materiales: ACE(RO), ALU(MINIO), HOR(MIGÓN)fck (siendo fck la resistencia característica en MPa), MAD(ERA)_Cmk (siendo mk la resistencia a flexión), MAG(NESIO) y TIT(ANIO). Se usan las unidades correspondientes al Sistema Internacional.

5 Si se define más de un conjunto de propiedades (uno por cada punto del área) la propiedad de cada elemento se interpola linealmente (para simular elementos de espesor variable).

II.4.13 Instrucción: ELE(MENTOS)_VOL(ÚMENES)

Descripción: Instrucción para la definición del tipo, forma, material y propiedades de los elementos de un volumen.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
vol	Entero	Volumen. (1)
tip	Literal	Tipo de elemento. (2)
for	Literal	Forma del elemento. (3)
mat	Entero	Material de los elementos del volumen ‘vol’. Si no es necesario se pone ‘NO’.
pro	Entero	Conjunto de propiedades de los elementos del volumen ‘vol’. Si no es necesario se pone ‘NO’.

Ejemplo:

```
ELEMENTOS_VOLÚMENES
% vol tipo    forma                  mat pro
  2   SÓLIDO  HEXAÉDRICO_CUADRÁTICO  1   NO
```

Notas:

1 Para todos los volúmenes se pone ‘TOD(OS)’. Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varios volúmenes.

2 Los tipos de elemento que admite el programa son:
CAM(PO): el elemento campo necesita material (conductividad) y ninguna propiedad, y
SÓL(IDO): el elemento sólido necesita material (Young, Poisson y densidad si se considera el peso) y ninguna propiedad.

3 Las formas de los elementos que admite el programa son:
TET(RAÉDRICO)_LIN(EAL): elemento tetraédrico lineal (4 nodos);

TET(RAÉDRICO)_CUA(DRÁTICO): elemento tetraédrico cuadrático (10 nodos);
TET(RAÉDRICO)_CÚB(ICO): elemento tetraédrico cúbico (20 nodos);
HEX(AÉDRICO)_LIN(EAL): elemento hexaédrico lineal (8 nodos);
HEX(AÉDRICO)_CUA(DRÁTICO): elemento hexaédrico cuadrático serendípito (20 nodos), y
HEX(AÉDRICO)_CÚB(ICO): elemento hexaédrico cúbico serendípito (32 nodos).

II.4.14 Instrucción: ELE(MENTOS)

Descripción: Instrucción para la definición del tipo, forma, nodos, material y propiedades de los elementos.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
ele	Entero	Número del elemento. (1)
tip	Literal	Tipo de elemento. (2)
for	Literal	Forma del elemento ‘ele’. (3)
nod	Entero	Nodos del elemento ‘ele’. (4)
mat	Entero	Material del elemento ‘ele’. Si no es necesario se pone ‘NO’. (5)
pro	Entero	Conjunto de propiedades del elemento ‘ele’. Si no es necesario se pone ‘NO’.

Ejemplo:

```
ELEMENTOS
% ele tipo                forma               nod  mat pro
  2   DEFORMACIÓN_PLANA   TRIANGULAR_LINEAL   1:3  1   NO
```

Notas:

1 No es necesario que la numeración sea correlativa ni completa.
2 Los tipos de elemento que admite el programa son:
CAM(PO): el elemento campo necesita material (conductividad) y ninguna propiedad;
TEN(SIÓN)_PLA(NA): el elemento tensión plana necesita material (Young, Poisson y densidad si se considera el peso) y una propiedad (espesor);
DEF(ORMACIÓN)_PLA(NA): el elemento deformación plana necesita material (Young, Poisson y densidad si se considera el peso) y ninguna propiedad, y
AXI(SIMÉTRICO): el elemento axisimétrico necesita material (Young, Poisson y densidad si se considera el peso) y ninguna propiedad. El eje de revolución es el Y.
3 Las formas de los elementos que admite el programa son:
TRI(ANGULAR)_LIN(EAL): elemento triangular lineal (3 nodos);
TRI(ANGULAR)_CUA(DRÁTICO): elemento triangular cuadrático (6 nodos);
CUA(DRANGULAR)_LIN(EAL): elemento cuadrangular lineal (4 nodos), y

CUA(DRANGULAR)_CUA(DRÁTICO): elemento cuadrangular cuadrático serendípito (8 nodos).

4 Los nodos se enumeran en sentido antihorario, empezando por los vértices.

5 Se han predefinido los materiales: ACE(RO), ALU(MINIO), HOR(MIGÓN)fck (siendo fck la resistencia característica en MPa), MAD(ERA)_Cmk (siendo mk la resistencia a flexión), MAG(NESIO) y TIT(ANIO). Se usan las unidades correspondientes al Sistema Internacional.

II.4.15 Instrucción: MAL(LADO)_PUN(TOS)

Descripción: Instrucción para la definición del tamaño del elemento en el entorno de un punto. Esta instrucción sólo se puede utilizar para mallar áreas libres.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
pun	Entero	Punto. (1)
tam	Real	Tamaño del elemento en el punto 'pun'.

Ejemplo:

```
MALLADO_PUNTOS
% pun tam
  2   0.01
```

Notas:

1 Para todos los puntos se pone 'TOD(OS)'. Se admite el uso de ':' y ',' para varios puntos.

II.4.16 Instrucción: MAL(LADO)_LÍN(EAS)

Descripción: Instrucción para la definición del número de divisiones de una línea. Esta instrucción se puede utilizar para mallar líneas, áreas mapeadas y áreas libres. Si hay elementos en líneas y no se usa esta instrucción el programa discretiza las líneas según el siguiente criterio: para elementos articulados o para elementos rígidos de propiedades constantes y eje recto y para elementos muelle, 1 división, para elementos rígidos de propiedades variables o eje curvo, 100 divisiones.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
lín	Entero	Línea. (1)
div	Entero	Número de divisiones de la línea 'lín'.
relE	Real	Relación de espaciado. (2)

Ejemplo:

```
MALLADO_LÍNEAS
% lín div relE
  2   10  2.0
```

Notas:

1 Para todas las líneas se pone 'TOD(AS)'. Se admite el uso de ':' y ',' para varias líneas.

2 Relación entre la longitud de la última y la de la primera de las divisiones (por defecto se toma 1.0).

II.4.17 Instrucción: MAL(LADO)_ÁRE(AS)

Descripción: Instrucción para la definición del tamaño del elemento en el interior de un área. Esta instrucción sólo se puede utilizar para mallar áreas libres.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
áre	Entero	Área. (1)
tam	Real	Tamaño del elemento en el área 'áre'.

Ejemplo:

```
MALLADO_ÁREAS
% áre tam
  2   0.01
```

Notas:

1 Para todas las áreas se pone 'TOD(AS)'. Se admite el uso de ':' y ',' para varias áreas.

II.4.18 Instrucción: ACO(PLAMIENTOS)_PUN(TOS)

Descripción: Instrucción para el acoplamiento de determinados GDL de los nudos de varios puntos.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
pun	Entero	Puntos a acoplar.
gdl	Literal	GDL a acoplar. (1 y 2)

Ejemplo:

```
ACOPLAMIENTOS_PUNTOS
% pun  gdl
  2 3  DESPLAZAMIENTO_X GIRO_Z
```

Notas:

1 Los grados de libertad que se pueden acoplar son:
POT(ENCIAL): potencial;
DES(PLAZAMIENTO)_X: desplazamiento en X (SCG);
DES(PLAZAMIENTO)_Y: desplazamiento en Y (SCG);
DES(PLAZAMIENTO)_Z: desplazamiento en Z (SCG);
GIR(O)_X: giro en X (SCG);
GIR(O)_Y: giro en Y (SCG), y
GIR(O)_Z: giro en Z (SCG).

2 Esta instrucción sirve para acoplar GDL de puntos (el programa utiliza la misma incógnita para determinados GDL) que no tienen todos los GDL acoplados. Por ejemplo, si se acoplan los GDL DES_X y DES_Y de dos puntos de coordenadas

coincidentes se tendrá una rótula, si se acoplan DES_X y GIR_Z una deslizadera vertical.

II.4.19 Instrucción: ACO(PLAMIENTOS)_LÍN(EAS)

Descripción: Instrucción para el acoplamiento de determinados GDL de los nodos de líneas.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
lín	Entero	Línea a acoplar. (1)
gdl	Literal	GDL a acoplar en la línea 'lín'. (2 y 3)

Ejemplo:

```
ACOPLAMIENTOS_LÍNEAS
% lín gdl
  2   DESPLAZAMIENTO_X
```

Notas:

1 Para todas las líneas se pone 'TOD(AS)'. Se admite el uso de ':' y ',' para varias líneas.

2 Los grados de libertad que se pueden acoplar son:
POT(ENCIAL): potencial;
DES(PLAZAMIENTO)_X: desplazamiento en X (SCG);
DES(PLAZAMIENTO)_Y: desplazamiento en Y (SCG);
DES(PLAZAMIENTO)_Z: desplazamiento en Z (SCG);
GIR(O)_X: giro en X (SCG);
GIR(O)_Y: giro en Y (SCG), y
GIR(O)_Z: giro en Z (SCG).

3 Esta instrucción sirve para acoplar GDL de los nodos de una línea (el programa utiliza la misma incógnita para determinados GDL).

II.4.20 Instrucción: ACO(PLAMIENTOS)_ÁRE(AS)

Descripción: Instrucción para el acoplamiento de determinados GDL de los nodos de áreas.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
áre	Entero	Área a acoplar. (1)
gdl	Literal	GDL a acoplar en el área 'áre'. (2 y 3)

Ejemplo:

```
ACOPLAMIENTOS_ÁREAS
% áre gdl
  2   DESPLAZAMIENTO_X
```

Notas:

1 Para todas las áreas se pone 'TOD(AS)'. Se admite el uso de ':' y ',' para varias áreas.

2 Los grados de libertad que se pueden acoplar son:
POT(ENCIAL): potencial;
DES(PLAZAMIENTO)_X: desplazamiento en X (SCG);

DES(PLAZAMIENTO)_Y: desplazamiento en Y (SCG);
DES(PLAZAMIENTO)_Z: desplazamiento en Z (SCG);
GIR(O)_X: giro en X (SCG);
GIR(O)_Y: giro en Y (SCG), y
GIR(O)_Z: giro en Z (SCG).

3 Esta instrucción sirve para acoplar GDL de los nodos de un área (el programa utiliza la misma incógnita para determinados GDL).

II.4.21 Instrucción: ACO(PLAMIENTOS)_NOD(OS)

Descripción: Instrucción para el acoplamiento de determinados GDL de varios nodos.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
nod	Entero	Nodos a acoplar.
gdl	Literal	GDL a acoplar. (1 y 2)

Ejemplo:

```
ACOPLAMIENTOS_NODOS
% nod  gdl
  2 3  DESPLAZAMIENTO_X GIRO_Z
```

Notas:

1 Los grados de libertad que se pueden acoplar son:
POT(ENCIAL): potencial;
DES(PLAZAMIENTO)_X: desplazamiento en X (SCG);
DES(PLAZAMIENTO)_Y: desplazamiento en Y (SCG);
DES(PLAZAMIENTO)_Z: desplazamiento en Z (SCG);
GIR(O)_X: giro en X (SCG);
GIR(O)_Y: giro en Y (SCG), y
GIR(O)_Z: giro en Z (SCG).

2 Esta instrucción sirve para acoplar GDL de varios nodos (el programa utiliza la misma incógnita para determinados GDL) que no tienen todos los GDL acoplados. Por ejemplo, si se acoplan los GDL DES_X y DES_Y de dos nodos de coordenadas coincidentes se tendrá una rótula, si se acoplan DES_X y GIR_Z una deslizadera vertical.

II.4.22 Instrucción: ACO(PLAMIENTOS)_ELE(MENTOS)

Descripción: Instrucción para el acoplamiento de determinados GDL de los nodos de elementos.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
ele	Entero	Elemento a acoplar. (1)
gdl	Literal	GDL a acoplar en el elemento ‘ele’. (2 y 3)

Ejemplo:

```
ACOPLAMIENTOS_ELEMENTOS
% ele gdl
  2   DESPLAZAMIENTO_X
```

Notas:

1 Para todos los elementos se pone ‘TOD(OS)’. Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varios elementos.

2 Los grados de libertad que se pueden acoplar son:
POT(ENCIAL): potencial;
DES(PLAZAMIENTO)_X: desplazamiento en X (SCG);
DES(PLAZAMIENTO)_Y: desplazamiento en Y (SCG);
DES(PLAZAMIENTO)_Z: desplazamiento en Z (SCG);
GIR(O)_X: giro en X (SCG);
GIR(O)_Y: giro en Y (SCG), y
GIR(O)_Z: giro en Z (SCG).

3 Esta instrucción sirve para acoplar GDL de los nodos de un elemento (el programa utiliza la misma incógnita para deterrminados GDL).

II.4.23 Instrucción: DES(PLAZAMIENTOS)_GLO(BALES)_PUN(TOS)

Descripción: Instrucción para indicar que los datos que se introducen a continuación corresponden a los desplazamientos impuestos en los puntos del sistema en el SCG.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
pun	Entero	Punto con desplazamientos impuestos. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
gdl	Real o literal	Desplazamiento impuesto en los GDL del punto ‘pun’ o LIB(RE). (3 y 4)

Ejemplo:

```
DESPLAZAMIENTOS_GLOBALES_PUNTOS
% pun est gdl (DX, DY y GZ)
  1   1   0.0  0.01  LIBRE
```

Notas:

1 Para todos los puntos se pone ‘TOD(OS)’. Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varios puntos.

2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.

3 Si un desplazamiento no está impuesto se debe poner LIB(RE).

4 Hay tantos valores como GDL tenga el nodo del punto.

II.4.24 Instrucción: DES(PLAZAMIENTOS)_LOC(ALES)_PUN(TOS)

Descripción: Instrucción para indicar que los datos que se introducen a continuación corresponden a los desplazamientos impuestos en los puntos del sistema en el SCL definido.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
pun	Entero	Punto con desplazamientos impuestos. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
gdl	Real o literal	Desplazamiento impuesto en los GDL del punto 'pun' o LIB(RE). (3 y 4)
ángXx	Real	Ángulo (rad) que forma el eje x local con el X global.

Ejemplo:

```
DESPLAZAMIENTOS_LOCALES_PUNTOS
% pun est gdl (Dx, Dy y Gz) ángXx
  1   1   0.0  0.01  LIBRE  30*pi/180
```

Notas:

1 Para todos los puntos se pone 'TOD(OS)'. Se admite el uso de ':' y ',' para varios puntos.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.
3 Si un desplazamiento no está impuesto se debe poner LIB(RE).
4 Hay tantos valores como GDL tenga el nodo del punto.

II.4.25 Instrucción: DES(PLAZAMIENTOS)_GLO(BALES)_LÍN(EAS)

Descripción: Instrucción para indicar que los datos que se introducen a continuación corresponden a los desplazamientos impuestos en las líneas del sistema en el SCG.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
lín	Entero	Línea con desplazamientos impuestos. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
gdl	Real o literal	Desplazamiento impuesto en los GDL de la línea 'lín' o LIB(RE). (3 y 4)

Ejemplo:

```
DESPLAZAMIENTOS_GLOBALES_LÍNEAS
% lín est gdl(DX y DY)
  1   1   0.0  LIBRE
```

Notas:

1 Para todas las líneas se pone 'TOD(AS)'. Se admite el uso de ':' y ',' para varias líneas.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.
3 Si un desplazamiento no está impuesto se debe poner LIB(RE).

4 Hay tantos valores como GDL tengan los nodos de la línea.

II.4.26 Instrucción: DES(PLAZAMIENTOS)_LOC(ALES)_LÍN(EAS)

Descripción: Instrucción para indicar que los datos que se introducen a continuación corresponden a los desplazamientos impuestos en las líneas del sistema en el SCL.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
lín	Entero	Línea con desplazamientos impuestos. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
gdl	Real o literal	Desplazamiento impuesto en los GDL de la línea 'lín' o LIB(RE). (3 y 4)

Ejemplo:

```
DESPLAZAMIENTOS_LOCALES_LÍNEAS
% lín est gdl(Dx y Dy)
  1   1   0.0  LIBRE
```

Notas:

1 Para todas las líneas se pone 'TOD(AS)'. Se admite el uso de ':' y ',' para varias líneas.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.
3 Si un desplazamiento no está impuesto se debe poner LIB(RE).
4 Hay tantos valores como GDL tengan los nodos de la línea.

II.4.27 Instrucción: DES(PLAZAMIENTOS)_GLO(BALES)_ÁRE(AS)

Descripción: Instrucción para indicar que los datos que se introducen a continuación corresponden a los desplazamientos impuestos en las áreas del sistema en el SCG.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
áre	Entero	Área con desplazamientos impuestos. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
gdl	Real o literal	Desplazamiento impuesto en los GDL del área 'áre' o LIB(RE). (3 y 4)

Ejemplo:

```
DESPLAZAMIENTOS_GLOBALES_ÁREAS
% áre est gdl(DX, DY y DZ)
  1   1   0.0  LIBRE  0.0
```

Notas:

1 Para todas las áreas se pone 'TOD(AS)'. Se admite el uso de ':' y ',' para varias áreas.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.
3 Si un desplazamiento no está impuesto se debe poner LIB(RE).
4 Hay tantos valores como GDL tengan los nodos del área.

II.4.28 Instrucción: DES(PLAZAMIENTOS)_LOC(ALES)_ÁRE(AS)

Descripción: Instrucción para indicar que los datos que se introducen a continuación corresponden a los desplazamientos impuestos en las áreas del sistema en el SCL.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
áre	Entero	Área con desplazamientos impuestos. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
gdl	Real o literal	Desplazamiento impuesto en los GDL del área 'áre' o LIB(RE). (3 y 4)

Ejemplo:

```
DESPLAZAMIENTOS_LOCALES_AREAS
% áre est gdl(Dx, Dy y Dz)
  1   1   0.0  LIBRE  0.0
```

Notas:

1 Para todas las áreas se pone 'TOD(AS)'. Se admite el uso de ':' y ',' para varias áreas.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.
3 Si un desplazamiento no está impuesto se debe poner LIB(RE).
4 Hay tantos valores como GDL tengan los nodos del área.

II.4.29 Instrucción: DES(PLAZAMIENTOS)_GLO(BALES)_NOD(OS)

Descripción: Instrucción para indicar que los datos que se introducen a continuación corresponden a los desplazamientos impuestos en los nodos del sistema en el SCG.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
nod	Entero	Nodo con desplazamientos impuestos. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
gdl	Real o literal	Desplazamiento impuesto en los GDL del nodo 'nod' o LIB(RE). (3 y 4)

Ejemplo:

```
DESPLAZAMIENTOS_GLOBALES_NODOS
% nod est gdl (DX y DY)
  1   1   0.0  0.01
```

Notas:

1 Para todos los nodos se pone 'TOD(OS)'. Se admite el uso de ':' y ',' para varios nodos.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.
3 Si un desplazamiento no está impuesto se debe poner LIB(RE).
4 Hay tantos valores como GDL tenga el nodo.

II.4.30 Instrucción: DES(PLAZAMIENTOS)_LOC(ALES)_NOD(OS)

Descripción: Instrucción para indicar que los datos que se introducen a continuación corresponden a los desplazamientos impuestos en los nodos del sistema en el SCL.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
nod	Entero	Nodo con desplazamientos impuestos. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
gdl	Real o literal	Desplazamiento impuesto en los GDL del nodo 'nod' o LIB(RE). (3 y 4)
ángXx	Real	Ángulo (rad) que forma el eje x local con el X global.

Ejemplo:

```
DESPLAZAMIENTOS_LOCALES_NODOS
% nod est gdl (Dx y Dy) ángXx
  1   1   0.0  0.01     30*pi/180
```

Notas:

1 Para todos los nodos se pone 'TOD(OS)'. Se admite el uso de ':' y ',' para varios nodos.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.
3 Si un desplazamiento no está impuesto se debe poner LIB(RE).
4 Hay tantos valores como GDL tenga el nodo.

II.4.31 Instrucción: CAR(GAS)_GLO(BALES)_PUN(TOS)

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de cargas aplicadas en puntos en el SCG.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
pun	Entero	Punto cargado. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
gdl	Real	Cargas aplicadas en los GDL del punto 'pun'. (3)

Ejemplo:

```
CARGAS_GLOBALES_PUNTOS
% pun est gdl (FX, FY y MZ)
  8   1   0.0  5.0  0.0
```

Notas:

1 Para todos los puntos se pone 'TOD(OS)'. Se admite el uso de ':' y ',' para varios puntos.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.
3 Hay tantos valores como GDL tenga el nodo del punto.

II.4.32 Instrucción: CAR(GAS)_LOC(ALES)_PUN(TOS)

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de cargas aplicadas en puntos en el SCL.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
pun	Entero	Punto cargado. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
gdl	Real	Cargas aplicadas en los GDL del punto 'pun'. (3)
ángXx	Real	Ángulo (rad) que forma el eje x local con el X global.

Ejemplo:

```
CARGAS_LOCALES_PUNTOS
% pun est gdl (FX, FY y MZ) ángXx
  8   1   0.0  5.0  0.0     30*pi/180
```

Notas:

1 Para todos los puntos se pone 'TOD(OS)'. Se admite el uso de ':' y ',' para varios puntos.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.
3 Hay tantos valores como GDL tenga el nodo del punto.

II.4.33 Instrucción: CAR(GAS)_GLO(BALES)_LÍN(EAS)

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de cargas aplicadas en líneas en el SCG.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
lín	Entero	Línea cargada. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
tip	Literal	Tipo de carga. (3)
gdl(i)	Real	Cargas aplicadas en el GDL(i) de la línea 'lín'. (4)
disI	Real	Distancia del punto inicial al extremo inicial. (0.0 por defecto)
disF	Real	Distancia del punto final al extremo final. (0.0 por defecto)

Ejemplo:

```
CARGAS_GLOBALES_LÍNEAS
% lín est tipo      gdl1(FX) gdl2(FY) gdl3(MZ) disI
  8   2   PUNTUAL   0.0      -10.0    0.0      3.0
% lín est tipo          gdl1(pX) gdl2(pY)   disI disF
  8   1   UNIFORME      0.0      -10.0      2.0  2.0
  8   2   TRAPEZOIDAL  0.0 0.0   -10.0 0.0
```

Notas:

1 Para todas las líneas se pone 'TOD(AS)'. Se admite el uso de ':' y ',' para varias líneas.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.

3 Los tipos de carga global en líneas admitidos son:
PUN(TUAL): sólo hay que definir la distancia inicial;
UNI(FORME): se define un valor por GDL;
TRA(PEZOIDAL): se definen dos valores por GDL (inicial y final), y
PAR(ABÓLICA): se definen tres valores por GDL (inicial, central y final).
4 Las cargas distribuidas no admiten momentos.
5 Las cargas en líneas en problemas de campos (flujos) se consideran positivas cuando se alejan de la pieza.

II.4.34 Instrucción: CAR(GAS)_LOC(ALES)_LÍN(EAS)

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de cargas aplicadas en líneas en el SCL.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
lín	Entero	Línea cargada. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
tip	Literal	Tipo de carga. (3)
gdl(i)	Real	Cargas aplicadas en el GDL(i) de la línea 'lín'. (4 y 5)
disI	Real	Distancia del punto inicial al extremo inicial. (0.0 por defecto)
disF	Real	Distancia del punto final al extremo final. (0.0 por defecto)

Ejemplo:

```
CARGAS_LOCALES_LÍNEAS
% lín est tipo      gdl1(Fx) gdl2(Fy) gdl3(Mz) disI
  8   2   PUNTUAL   0.0      -10.0    0.0      3.0
% lín est tipo          gdl1(px) gdl2(py)   disI disF
  8   1   UNIFORME      0.0      -10.0      2.0  2.0
  8   2   TRAPEZOIDAL   0.0 0.0  -10.0 0.0
```

Notas:

1 Para todas las líneas se pone 'TOD(AS)'. Se admite el uso de ':' y ',' para varias líneas.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.
3 Los tipos de carga local en líneas admitidos son:
PUN(TUAL): sólo hay que definir la distancia inicial;
UNI(FORME): se define un valor por GDL;
TRA(PEZOIDAL): se definen dos valores por GDL (inicial y final), y
PAR(ABÓLICA): se definen tres valores por GDL (inicial, central y final).
4 Las cargas distribuidas no admiten momentos.
5 Las cargas en líneas en problemas de campos (flujos) se consideran positivas cuando se alejan de la pieza.

II.4.35 Instrucción: CAR(GAS)_TÉR(MICAS)_LÍN(EAS)

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de cargas térmicas en líneas.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
lín	Entero	Línea cargada. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
incT	Real	Incremento de temperatura.

Ejemplo:

```
CARGAS_TÉRMICAS_LÍNEAS
% lín est incT
  8   1   20.0
```

Notas:

1 Para todas las líneas se pone 'TOD(AS)'. Se admite el uso de ':' y ',' para varias líneas.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.

II.4.36 Instrucción: CAR(GAS)_AJU(STE)_LÍN(EAS)

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de cargas por falta de ajuste en líneas.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
lín	Entero	Línea cargada. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
falA	Real	Falta de ajuste. (3)

Ejemplo:

```
CARGAS_AJUSTE_LÍNEAS
% lín est falA
  8   1   0.01
```

Notas:

1 Para todas las líneas se pone 'TOD(AS)'. Se admite el uso de ':' y ',' para varias líneas.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.
3 La falta de ajuste se considera positiva si la línea real es más larga que su longitud teórica.

II.4.37 Instrucción: CAR(GAS)_GLO(BALES)_ÁRE(AS)

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de cargas aplicadas en áreas en el SCG.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
áre	Entero	Área cargada. (1)

est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
tip	Literal	Tipo de carga. (3)
gdl(i)	Real	Cargas aplicadas en el GDL(i) del área ‘áre’.

Ejemplo:

```
CARGAS_GLOBALES_ÁREAS
% áre est tip        gdl1(pX) gdl2(pY) gdl3(pZ)
  2   1   UNIFORME   0.0      -10.0    0.0
```

Notas:

1 Para todas las áreas se pone ‘TOD(AS)’. Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varias áreas.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.
3 Los tipos de carga global en áreas admitidos son:
UNI(FORME): se define un valor por GDL.

II.4.38 Instrucción: CAR(GAS)_LOC(ALES)_ÁRE(AS)

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de cargas aplicadas en áreas en el SCL.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
áre	Entero	Área cargada. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
tip	Literal	Tipo de carga. (3)
gdl(i)	Real	Cargas aplicadas en el GDL(i) del área ‘áre’.

Ejemplo:

```
CARGAS_LOCALES_ÁREAS
% áre est tip        gdl1(px) gdl2(py) gdl3(pz)
  2   1   UNIFORME   0.0      -10.0    0.0
```

Notas:

1 Para todas las áreas se pone ‘TOD(AS)’. Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varias áreas.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.
3 Los tipos de carga local en áreas admitidos son:
UNI(FORME): se define un valor por GDL.

II.4.39 Instrucción: CAR(GAS)_HID(ROSTÁTICAS)_ÁRE(AS)

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de cargas hidrostáticas aplicadas en áreas en el SCL.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
áre	Entero	Área cargada. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)

preY	Real	Presión / coordenada vertical del área ‘áre’.

Ejemplo:

```
CARGAS_HIDROSTÁTICAS_ÁREAS
% are est preY
  2   1   ro*g
```

Notas:

1 Para todas las áreas se pone ‘TOD(AS)’. Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varias áreas.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.

II.4.40 Instrucción: CAR(GAS)_CIR(CUNFERENCIALES)_ÁRE(AS)

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de cargas circunferenciales aplicadas en áreas en el SCL.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
áre	Entero	Área cargada. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
pR	Real	Carga superficial / radio del área ‘áre’.

Ejemplo:

```
CARGAS_CIRCUNFERENCIALES_ÁREAS
% are est p/R
  2   1   pR
```

Notas:

1 Para todas las áreas se pone ‘TOD(AS)’. Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varias áreas.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.

II.4.41 Instrucción: CAR(GAS)_VOL(UMÉTRICAS)_ÁRE(AS)

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de cargas volumétricas en áreas.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
áre	Entero	Área cargada. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
gdl	Real	Cargas aplicadas en los GDL del área ‘áre’. (3)

Ejemplo:

```
CARGAS_VOLUMÉTRICAS_ÁREAS
% áre est gdl (2*ángulo/longitud torsión)
  8   2   2*0.01
```

Notas:

1 Para todas las áreas se pone ‘TOD(AS)’. Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varias áreas.

2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.
3 Las cargas en áreas en problemas de campos (cantidad generada o aportada) se consideran positivas cuando se generan.

II.4.42 Instrucción: CAR(GAS)_TÉR(MICAS)_ÁRE(AS)

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de cargas térmicas en áreas.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
áre	Entero	Área cargada. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
incT	Real	Incremento de temperatura.

Ejemplo:

```
CARGAS_TÉRMICAS_ÁREAS
% áre est incT
  8   1   20.0
```

Notas:

1 Para todas las áreas se pone ‘TOD(AS)’. Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varias áreas.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.

II.4.43 Instrucción: CAR(GAS)_CEN(TRÍFUGAS)_ÁRE(AS)

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de cargas centrífugas en áreas.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
áre	Entero	Área cargada. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
velA	Real	Velocidad angular. (3)

Ejemplo:

```
CARGAS_CENTRÍFUGAS_ÁREAS
% áre est velA
  1   1   1000*pi/30
```

Notas:

1 Para todas las áreas se pone ‘TOD(AS)’. Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varias áreas.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.
3 Sólo es válido para problemas con simetría de revolución.

II.4.44 Instrucción: CAR(GAS)_VOL(UMÉTRICAS)_VOL(ÚMENES)

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de cargas volumétricas en volúmenes.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
vol	Entero	Volumen cargado. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
gdl	Real	Cargas aplicadas en los GDL del volumen ‘vol’.

Ejemplo:

```
CARGAS_VOLUMÉTRICAS_VOLÚMENES
% vol est gdl(bX, bY y bZ)
  2   1   0.0  -10.0  0.0
```

Notas:

1 Para todos los volúmenes se pone ‘TOD(OS)’. Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varios volúmenes.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.

II.4.45 Instrucción: CAR(GAS)_TÉR(MICAS)_VOL(ÚMENES)

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de cargas térmicas en volúmenes.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
vol	Entero	Volumen cargado. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
incT	Real	Incremento de temperatura.

Ejemplo:

```
CARGAS_TÉRMICAS_VOLÚMENES
% vol est incT
  2   1   20.0
```

Notas:

1 Para todos los volúmenes se pone ‘TOD(OS)’. Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varios volúmenes.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.

II.4.46 Instrucción: CAR(GAS)_GRA(VITATORIAS)

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de cargas gravitatorias en todos los elementos con masa.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
est	Entero	Estado de cargas simple. (1)

aX	Real	Componente X de la aceleración.
aY	Real	Componente Y de la aceleración.

Ejemplo:

```
CARGAS_GRAVITATORIAS
% est aX   aY
  1   0.0  -9.81
```

Notas:

1 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.

II.4.47 Instrucción: CAR(GAS)_GLO(BALES)_NOD(OS)

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de cargas aplicadas en nodos en el SCG.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
nod	Entero	Nodo cargado. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
gdl	Real	Cargas aplicadas en los GDL del nodo ‘nod’. (3)

Ejemplo:

```
CARGAS_GLOBALES_NODOS
% nod est gdl (FX y FY)
  8   1   0.0  5.0
```

Notas:

1 Para todos los nodos se pone ‘TOD(OS)’. Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varios nodos.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.
3 Hay tantos valores como GDL tenga el nodo.

II.4.48 Instrucción: CAR(GAS)_LOC(ALES)_NOD(OS)

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de cargas aplicadas en nodos en el SCL.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
nod	Entero	Nodo cargado. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
gdl	Real	Cargas aplicadas en los GDL del nodo ‘nod’. (3)
ángXx	Real	Ángulo (rad) que forma el eje x local con el X global.

Ejemplo:

```
CARGAS_LOCALES_NODOS
% nod est gdl (Fx y Fy) ángXx
  8   1   0.0  5.0      30*pi/180
```

Notas:

1 Para todos los nodos se pone ‘TOD(OS)’. Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varios nodos.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.
3 Hay tantos valores como GDL tenga el nodo.

II.4.49 Instrucción: CAR(GAS)_SUP(ERFICIALES)_ELE(MENTOS)

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de cargas superficiales aplicadas en caras de elementos en el SCL.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
ele	Entero	Elemento cargado. (1)
car	Entero	Cara del elemento. (2)
est	Entero	Estado de cargas simple. (3)
tip	Literal	Tipo de carga. (4)
gdl(i)	Real	Cargas aplicadas en el GDL(i) de la cara ‘car’ del elemento ‘ele’. (5)

Ejemplo:

```
CARGAS_SUPERFICIALES_ELEMENTOS
% ele car est tipo         gdl1(px) gdl2(py)
  8   2   1   UNIFORME     0.0      10.0
  8   1   2   TRAPEZOIDAL  0.0 0.0  10.0 0.0
```

Notas:

1 Para todos los elementos se pone ‘TOD(OS)’. Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varios elementos.
2 La primera cara es la que va del primer al segundo nodo. Para todas las caras se pone ‘TOD(AS)’. Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varias caras.
3 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.
4 Los tipos de carga local en caras de elementos admitidos son:
UNI(FORME): se define un valor por GDL;
TRA(PEZOIDAL): se definen dos valores por GDL (inicial y final), y
PAR(ABÓLICA): se definen tres valores por GDL (inicial, central y final).
5 Las cargas en caras de elementos en problemas de campos (flujos) se consideran positivas cuando se alejan de la pieza.

II.4.50 Instrucción: CAR(GAS)_VOL(UMÉTRICAS)_ELE(MENTOS)

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de cargas volumétricas aplicadas en elementos.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
ele	Entero	Elemento cargado. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
gdl(i)	Real	Cargas aplicadas en el GDL(i) del elemento ‘ele’.

Ejemplo:

```
CARGAS_VOLUMÉTRICAS_ELEMENTOS
% ele est gdl (2*ángulo/longitud torsión)
  8   2   2*0.01
```

Notas:

1 Para todos los elementos se pone ‘TOD(OS)’. Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varios elementos.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.

II.4.51 Instrucción: CAR(GAS)_TÉR(MICAS)_ELE(MENTOS)

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

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
ele	Entero	Elemento cargado. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
incT	Real	Incremento de temperatura.

Ejemplo:

```
CARGAS_TÉRMICAS_ELEMENTOS
% ele est incT
  8   1   20.0
```

Notas:

1 Para todos los elementos se pone ‘TOD(OS)’. Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varios elementos.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.

II.4.52 Instrucción: CAR(GAS)_CEN(TRÍFUGAS)_ELE(MENTOS)

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de cargas centrífugas en elementos.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
ele	Entero	Elemento cargado. (1)
est	Entero	Estado de cargas simple. (2)
velA	Real	Velocidad angular. (3)

Ejemplo:

```
CARGAS_CENTRÍFUGAS_ELEMENTOS
% ele est velA
  1   1   1000*pi/30
```

Notas:

1 Para todos los elementos se pone ‘TOD(OS)’. Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varios elementos.
2 No es necesario que la numeración sea correlativa pero sí completa. El estado 0 se añade a todos los demás.
3 Sólo es válido para problemas con simetría de revolución.

II.4.53 Instrucción: COM(BINACIONES)_EST(ADOS)_CAR(GAS)

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de datos de las combinaciones de estados de cargas.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
estC	Entero	Número del estado de cargas combinado.
est(i)	Entero	Número del estado de cargas a combinar. (1)
coe(i)	Real	Coeficiente de ponderación del estado de cargas a combinar. (1)

Ejemplo:

```
COMBINACIONES_ESTADOS_CARGAS
% estC est1 coe1  est2 coe2
  3    1    1.33  2    1.1
```

Notas:

1 Se pueden combinar un número cualquiera de estados simples definidos con anterioridad.

II.4.54 Instrucción: ENV(OLVENTES)_EST(ADOS)_CAR(GAS)

Descripción: Instrucción que indica que se va a proceder a la entrada de datos de las envolventes de estados de cargas.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
estE	Entero	Número del estado de cargas envolvente. (1)
est(i)	Entero	Número del estado de cargas a envolver. (2)

Ejemplo:

```
ENVOLVENTES_ESTADOS_CARGAS
% estE est1 est2 est3
  4    1    2    3
```

Notas:

1 Se admite el uso de ‘:’ y ‘,’ para varios estados.
2 Se pueden envolver un número cualquiera de estados simples o combinados definidos con anterioridad.

II.4.55 Instrucción: IF; ELSEIF; ELSE; END

Descripción: Instrucción para una sentencia de control condicional.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
exp1	Entero o real	Expresión inicial de la primera condición.
ope1	Operador	Operador relacional de la primera condición. (1, 2 y 3)
exp2	Entero o real	Expresión final de la primera condición. (4)
exp3	Entero o real	Expresión inicial de la segunda condición.
ope2	Operador	Operador relacional de la segunda condición.
exp4	Entero o real	Expresión final de la segunda condición.

Ejemplo:

```
% IF exp1 ope1 exp2
% ELSEIF exp3 ope2 exp4
% ELSE
% END
% lín tipo        mat pro
IF el==1
  1   ARTICULADO  1   1
ELSEIF el==2
  1   RÍGIDO  1   2
ELSE
  1   MUELLE  NO  1
END
```

Notas:

1 Los tipos de operadores admitidos son:
‘==’: igual;
‘!=’: diferente;
‘<’: menor;
‘>’: mayor;
‘<=’: menor o igual, y
‘>=’: mayor o igual.

2 Si la primera condición es cierta se ejecutan las instrucciones que hay entre ‘IF’ y ‘ELSEIF’, en caso contrario si la segunda condición es cierta se ejecutan las instrucciones entre ‘ELSEIF’ y ‘ELSE’, y en caso contrario se ejecutan las instrucciones entre ‘ELSE’ y ‘END’.

3 Se pueden omitir los bloques ‘ELSEIF’ y/o ‘ELSE’ y puede haber más de un bloque ‘ELSEIF’.

4 Se pueden concatenar varias condiciones mediante ‘|’ (o) y ‘&’ (y).

II.4.56 Instrucción: FOR; END

Descripción: Instrucción para una sentencia de control en bucle.

PARÁMETRO	TIPO	ENTRADA
par	Tira	Nombre del parámetro índice. (1)
exp1	Entero o real	Expresión inicial.

exp2	Entero o real	Expresión final.
exp3	Entero o real	Expresión incremental. (2)

Ejemplo:

```
% FOR par=exp1,exp2,exp3
% END
% lín est tipo     FX    FY    MZ   disI
FOR i=1,3
  1   1   PUNTUAL  0.0  -10.0  0.0  2.0*i
END
```

Notas:

1 Al parámetro índice ‘par’ se le da el valor inicial ‘expr1’, al final del bucle se incrementa en ‘exp3’ y si es menor o igual a ‘exp2’ (mayor o igual si ‘exp3’ es negativo) se vuelve a repetir el bucle.

2 Se puede omitir ‘exp3’. El valor por defecto es 1.

II.5 EJEMPLO

Como ejemplo se va a analizar una placa con agujero sometida a tensión plana.

II.5.1 Datos del problema

El archivo de datos (PlacaAgujeroSim.mefi) es el siguiente:

```
TÍTULO Placa con agujero (simetría)

PARÁMETROS
% par val
  L   0.5    % m
  R   0.1    % m
  E   210e3  % MPa
  t   0.02   % m
  p   1.0    % MN/m

ÁREAS
% áre tipo
  1   RECTÁNGULO  0.0 0.0  L/2 L/2
  2   CÍRCULO     0.0 0.0  R
  3   RESTA       1 2

MATERIALES
% mat pro
  1   YOUNG E  POISSON 0.3

PROPIEDADES
% pro esp
  1   t

ELEMENTOS_ÁREAS
% áre tipo           forma                  mat pro
  3   TENSIÓN_PLANA  TRIANGULAR_CUADRÁTICO  1   1

MALLADO_PUNTOS
% pun  tam
  2:4  L/10
  5,6  R/10

DESPLAZAMIENTOS_GLOBALES_LÍNEAS
% lín est DX     DY
  10  1   LIBRE  0.0
  12  1   0.0    LIBRE

CARGAS_GLOBALES_LÍNEAS
% lín est tipo      pX pY
  2   1   UNIFORME  p  0.0
```

II.5.2 Resultados del problema

Pueden obtenerse copiándolos en el portapapeles y pegándolos en cualquier editor de texto:

```
----------
 estado  1
----------
--------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------
 pun        desX        desY        reaX        reaY     tenNorX     tenNorY
tenTanXY     tenPri1     tenPri2   tenVonMis    errEst
--------------------------------------------------------------------------------
------------------------------------------------
   2  1.3869e-04  0.0000e+00             -1.1692e-02  5.1042e+01  7.2176e+01
1.1313e+00  7.2237e+01  5.0981e+01  6.4300e+01  2.24e-01
   3  4.2577e-05  1.2694e-05                         4.9772e+01 -2.0018e-01
2.0827e-01  4.9773e+01 -2.0104e-01  4.9874e+01  8.06e-02
   4  0.0000e+00 -7.4249e-05 -1.1606e-03             6.1001e+00 -6.3937e-01 -
6.5848e-01  6.1638e+00 -7.0310e-01  6.5438e+00  2.54e-01
   5  1.2166e-04  0.0000e+00              4.1059e-03 -5.0615e-01 -1.2451e+02
8.8014e-01 -4.9991e-01 -1.2452e+02  1.2427e+02  2.26e-01
   6  0.0000e+00 -6.5408e-05 -7.8231e-03             2.3769e+02  4.4932e-01 -
1.0953e+00  2.3769e+02  4.4426e-01  2.3747e+02  3.00e-01
```

II.5.3 Gráficos del problema

Pueden obtenerse copiándolos en el portapapeles como mapa de bits (menú copiar sin nada seleccionado en las ventanas de datos y resultados).

También se puede copiar la ventana completa en el portapapeles (Alt + Impr Pant), pegarla en un editor de textos (por ejemplo) e imprimirla.

II.6 PROBLEMAS

La librería utilizada para dibujar (OpenGL) tiene problemas con algunas tarjetas gráficas. Si la representación gráfica no es la correcta, cambiar la resolución o la profundidad del color de la pantalla, y si el problema persiste, disminuir o anular la aceleración gráfica de hardware.

Se agradecería que cualquier error detectado o sugerencia se enviara a: pedro.castejon@upct.es.