

**Universidad Politécnica de Madrid**

**VPORTICO**  
**Manual del usuario**

**Miguel Fernández Ruiz**

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

UPM, Enero de 2004



# Índice

1. Introducción	1
2. Instalación	1
3. Generación de estados de carga	1
4. Criterio de signos	2
5. Estructura del programa	2
6. Archivo	3
7. Preprocesador	4
8. Cálculo	6
9. Posprocesador	6
10. Entrada por fichero	8
11. Comportamiento del programa, informe de <i>Bugs</i>	12
12. Ejemplos	14
12.1. Viga continua de dos vanos . . . . .	14
12.2. Pórtico sobre apoyos con rigidez al desplazamiento . . . . .	18
12.3. Viga sobre fundación elástica . . . . .	20



## 1. Introducción

En este manual se explica el funcionamiento del programa VPORTICO y sus comandos así como su interfaz gráfica y edición de resultados. El programa ha sido diseñado para el análisis lineal de estructuras bidimensionales reticuladas por el método de los desplazamientos<sup>1</sup>, pudiendo resolver diferentes hipótesis de carga y combinándolas según unos criterios determinados para la formación de envolventes de esfuerzos. Este manual no pretende cubrir el fundamento teórico del mismo, siendo por lo tanto una guía de usuario.

## 2. Instalación

La instalación del programa se realiza bajo sistema operativo Microsoft® Windows®. Para ello debe ejecutarse el archivo "Setup" del programa de instalación, donde se indica la ruta de directorio donde se desea instalarlo. Esta opción es recomendable para asegurarse de que se tienen todas las librerías dinámicas necesarias para la ejecución del programa.

Una vez instalado el mismo, debe trabajarse con la variable de entorno de separación de número decimal como punto en vez de coma. Este paso es necesario ya que la entrada y salida por fichero se realiza separando los diferentes campos por comas y en caso de escribir 17,5 en vez de 17.5 se entenderá que son dos números separados (17 y 5) en vez de uno sólo.

## 3. Generación de estados de carga

La generación de los estados de carga y sus envolventes se efectúa según la metodología desarrollada por Florencio del Pozo. La manera empleada es la siguiente:

1. Se generan primero las denominadas *hipótesis simples*. Estas hipótesis se corresponden con los casos de carga aislados (por ejemplo el peso propio en una barra o bien el carro en una determinada posición).
2. Se agrupan las anteriores hipótesis simples en las llamadas *hipótesis compuestas*. Las hipótesis compuestas pueden ser por su naturaleza de tres clases diferentes:
  - De tipo permanente. Cuando siempre actúa.
  - De tipo compatible. Se emplea en sobrecargas cuando pueden existir todas las hipótesis simples que agrupa en la búsqueda de envolventes.
  - De tipo incompatible. Se emplea en sobrecargas cuando puede existir sólo una (la pésima) de todas las hipótesis simples que agrupa.

---

<sup>1</sup>El cálculo de estructuras articuladas puede realizarse disminuyendo la rigidez de las barras artificialmente y controlando los momentos obtenidos en los extremos. En caso de cargas en nudos, dichos momentos deben ser de reducido valor y en caso de cargas en barras deben ser próximos a los momentos de empotramiento perfecto. En cualquier caso, cuando una estructura está triangulada convenientemente, sus momentos en los extremos son siempre de reducido valor ya que el mecanismo de deformación por axil es más activo.

3. Se generan a partir de las anteriores hipótesis compuestas las denominadas *combinaciones*. Dichas combinaciones se encargan de mayorar los valores de esfuerzos y movimientos obtenidos en las hipótesis compuestas por un determinado coeficiente.
4. Finalmente, mediante comparación de las combinaciones, se pueden definir unas situaciones adicionales denominadas *pésimas* que almacenan los valores extremos de las diferentes combinaciones.

Los cálculos de hipótesis compuestas, combinaciones y pésimos almacenan las concomitancias, existiendo por lo tanto en cada nudo seis posibles casos de esfuerzo ( $N^+$ ,  $N^-$ ,  $M^+$ ,  $M^-$ ,  $Q^+$  y  $Q^-$ ) o movimiento ( $u_x^+$ ,  $u_x^-$ ,  $u_y^+$ ,  $u_y^-$ ,  $u_z^+$  y  $u_z^-$ ) con sus esfuerzos (o movimientos) concomitantes.

## 4. Criterio de signos

El criterio de signos de esfuerzos empleado en el programa es el convencional de la Resistencia de Materiales<sup>2</sup> según se muestra en la figura 1.

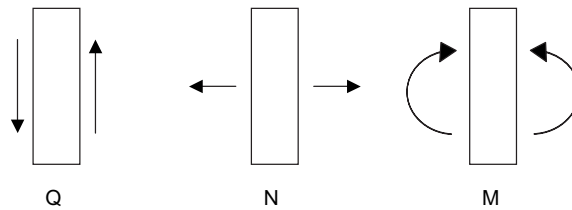


Figura 1: Criterio de signos de esfuerzos

Este criterio de signos de esfuerzos lleva asociado a su vez unos signos en las deformaciones de las secciones concordantes con ellos. En este programa, se desprecia la posible deformación por cortante de las secciones y por lo tanto se tiene el convenio presentado en la figura 2 para las curvaturas y deformaciones axiales<sup>3</sup>.

En cuanto al criterio de signos de movimientos, es también el convencional respecto de un sistema cartesiano presentado en la figura 3.

## 5. Estructura del programa

VPORTICO se encuentra estructurado en tres módulos:

- Preproceso. En el mismo puede cargarse un proyecto anterior o bien emplear las herramientas de preproceso para generar uno nuevo y salvarlo posteriormente a un fichero editable.

<sup>2</sup>Signo positivo respecto de los ejes locales en el extremo frontal del elemento y negativo en el dorsal.

<sup>3</sup>Este criterio debe tenerse en cuenta a la hora de introducir curvaturas y deformaciones impuestas.

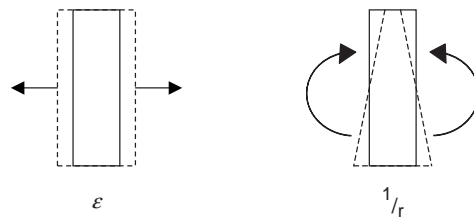


Figura 2: Criterio de signos de deformaciones en la sección

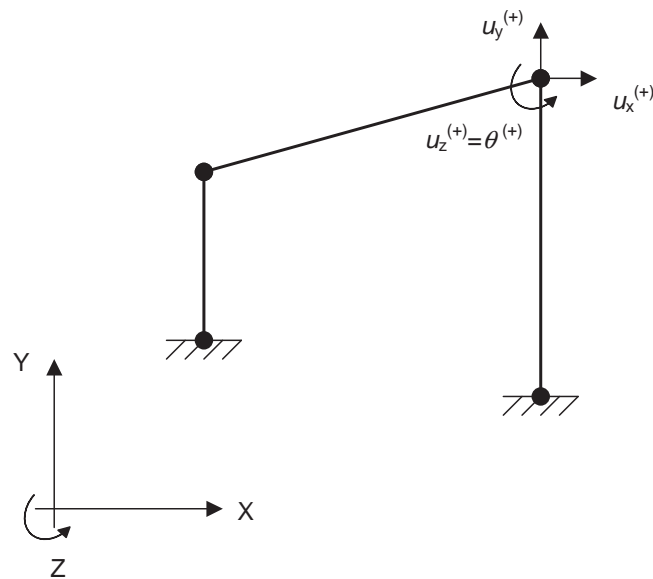


Figura 3: Criterio de signos de movimientos

- Cálculo. El cálculo, al ser lineal, no tiene opciones mostrando la información del mismo (reordenación, triangularización, ...) una vez ejecutado.
- Posproceso. Edición de resultados y presentación de los mismos.

Los tres módulos son independientes y en general para que el programa funcione correctamente debe haberse completado cada uno de ellos para poder pasar al siguiente nivel. Existe además una opción para limpiar memoria y salir del programa. A continuación se detallan en las siguientes secciones cada uno de los diferentes módulos del programa.

## 6. Archivo

Este menú tiene dos opciones (ver figura 4):

1. Nuevo. La primera opción borra toda la información de los cálculos anteriores y limpia la base de datos. Esta operación es imprescindible realizarla antes de efec-

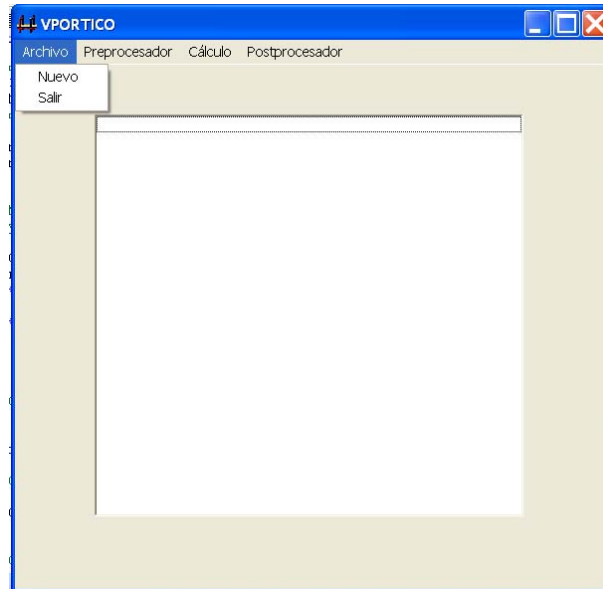


Figura 4: Menú de Archivo

tuar un nuevo cálculo salvo en el caso de que se pretenda cargar un nuevo proyecto e ir añadiendo información al mismo posteriormente con el preprocesador.

2. **Salir.** Esta opción cierra el programa liberando la memoria de forma ordenada. Existen otras maneras de acceder a este comando, como por ejemplo pinchando sobre el aspa del formulario principal o bien pulsando la combinación de teclas **Alt + F4**.

## 7. Preprocesador

El preprocesador del programa se encuentra dividido en una serie de opciones (ver figura 5):

1. **Abrir.** Esta opción permite recuperar la información salvada en un proyecto generado anteriormente y guardada como fichero ASCII. Los detalles de dicha información se comentan en la sección de Entrada por fichero.
2. **Título.** Esta opción permite introducir (o modificar el título de un proyecto si éste ya estaba introducido previamente).
3. **Bloques** (ver figuras 6 y 7). Esta opción lanza a un preprocesador completo constituido por una interfaz de documentos múltiples. En la misma, pueden emplearse cualquiera de sus opciones para generar de una forma cómoda y rápida mallas que respondan a un patrón geométrico determinado. Entre sus opciones se encuentra la generación de: **Nodos** (de manera rectangular y polar); **Elementos** (definiendo conectividades entre los anteriores nodos); **Bordes**; **Muelles**; **Materiales**; **Hipótesis Simples**, **Hipótesis Compuestas** y **Combinaciones** (para generar las



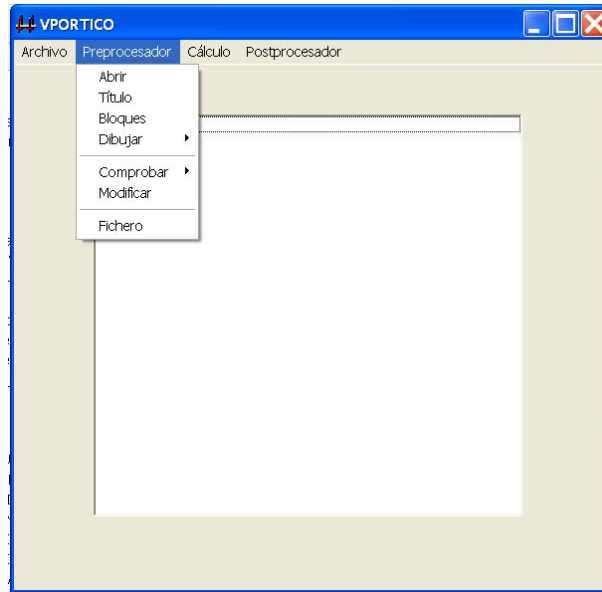


Figura 5: Menú del Preprocesador

envolventes). Los valores que deben introducirse en los mismos y su significado se definen también en el apartado de entrada por fichero. Además, conforme se introducen los diferentes parámetros pueden ir dibujándose a la vez mediante la opción de **Dibujar**.

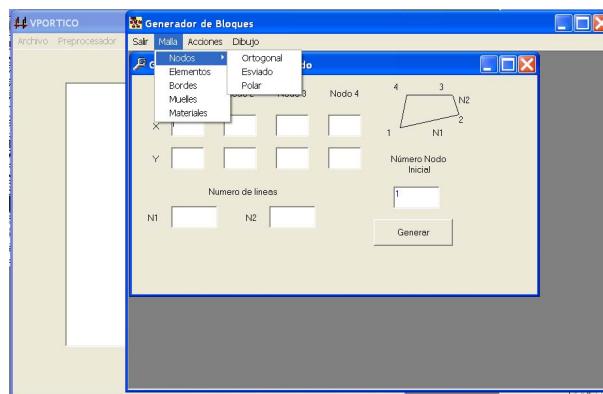


Figura 6: Submenú de Datos Geométricos

4. **Comprobar.** Ejecuta un listado por pantalla de los contenidos de la base de datos. Este listado puede realizarse parcial o bien de alguno de los diferentes apartados.
5. **Modificar.** Esta opción permite cambiar en interactivo las diferentes propiedades introducidas previamente. Su uso, no obstante, es menos interesante que una modificación del fichero de entrada. En este menú se puede también borrar algunos de los datos introducidos anteriormente.

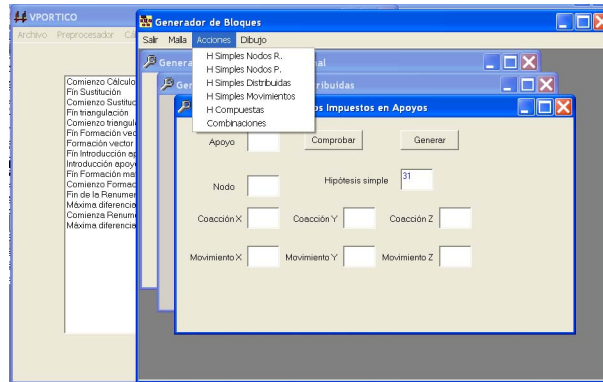


Figura 7: Menú de Hipótesis de Carga

6. **Dibujar.** Permite dibujar el resultado de la entrada de datos con y sin numeración según se elija.
7. **Fichero.** Escribe en un fichero la base de datos leída previamente y modificada (o generada desde cero con el preprocesador). Al escribir un fichero elimina todos los comentarios que se pudieran haber introducido.

## 8. Cálculo

El cálculo, al ser un problema elástico lineal, se efectúa sin opciones, obteniéndose información de dicho proceso en la ventana principal (existen verificaciones antes de ejecutarlo así como avisos sobre su validez). La información que se muestra durante el proceso puede verse por ejemplo en la figura 8.

## 9. Posprocesador

El posprocesador de VPORTICO permite la edición de los resultados obtenidos (tanto en hipótesis simples y compuestas como combinaciones y pésimos). El aspecto del mismo se presenta en la figura 9.

Básicamente pueden efectuarse dos operaciones diferentes: listar y dibujar los resultados.

La solicitud en ambos casos debe efectuarse seleccionando las opciones deseadas de tipo de carga (caja de opciones de la izquierda) y tipo de resultados pedidos (caja de opciones de la izquierda) y presionando el botón correspondiente.

El listado de los resultados del cálculo se realiza mediante la selección de las casillas con los campos deseados y presionando sobre el botón de **Listar Resultados**. A continuación se generará un fichero con el nombre indicado que contendrá la información pedida. Alternativamente puede solicitarse un listado de los datos introducidos para poder comprobarlos de forma rápida mediante el botón **Listar Datos**.

El dibujo se realiza de la misma manera, aunque en esta ocasión debe especificarse en

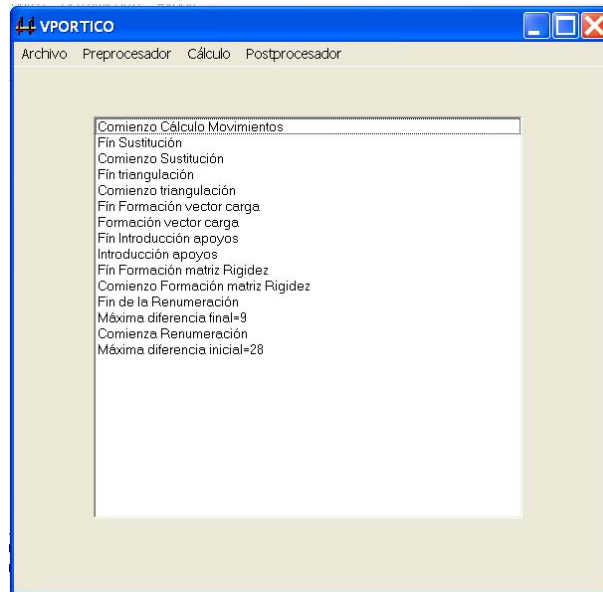


Figura 8: Información del Menú de Cálculo

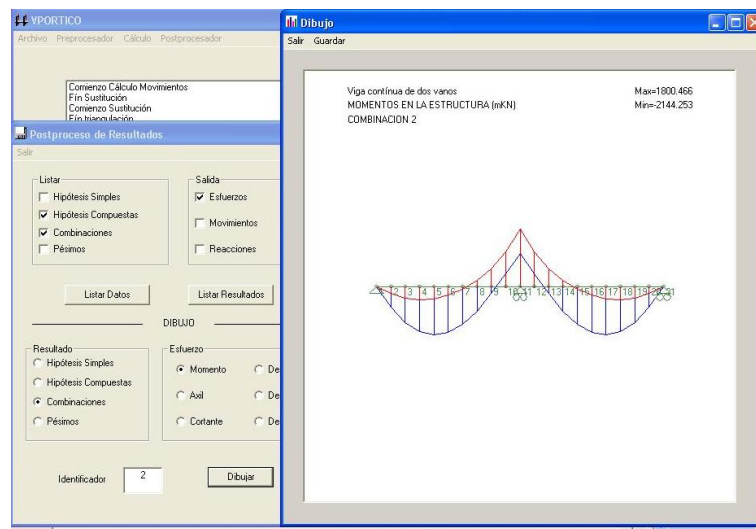


Figura 9: Menú de Posproceso

cada caso la hipótesis simple, compuesta, combinación o pésimo deseado de la caja de opciones de la izquierda. Los pésimos no requieren de identificador para su dibujo por definición. En caso de olvido o dato incorrecto, se mostrará un aviso para que se corrija la entrada de campos. Posteriormente, debe indicarse el tipo de resultado pedido y presionar sobre el botón de dibujo, apareciendo el resultado en la ventana de gráficos. Dicho gráfico puede guardarse posteriormente en la ruta que se le indique.

## 10. Entrada por fichero

La entrada por fichero permite almacenar la información que se emplea en el cálculo en un fichero ASCII que puede leerse y modificarse desde cualquier editor de textos. La extensión de los ficheros es por defecto `.txt` aunque podría ser cualquier otra. La estructura de estos ficheros es siempre idéntica con una serie de campos que deben rellenarse que se encuentran precedidos de una palabra clave<sup>4</sup>:

### NODOS

Los nodos de la estructura se introducen según se muestra a continuación:

1,0,0

2,1,0

En este caso el primer campo es el identificador del nodo, el segundo es la coordenada  $x$  y el tercero es la coordenada  $y$ <sup>5</sup>.

### ELEMENTOS

Los elementos de la estructura se introducen según se muestra a continuación:

1,2,1,3

2,5,1,7

En este caso el primer campo es el identificador del elemento, el segundo es el identificador del material, el tercero es el primer nodo del elemento y el cuarto es el segundo nodo del elemento.

### BORDES<sup>6</sup>

Los bordes de la estructura se introducen según se muestra a continuación:

1,21,1,0,0

2,5,0,1,1

En este caso el primer número es el identificador del borde<sup>7</sup>, el segundo es el nodo sobre el que se aplica la coacción, el tercero, cuarto y quinto son los códigos sobre las direcciones  $x$ ,  $y$  y  $\theta$  respectivamente, donde 1 indica que el grado de libertad está impedido y 0 que está libre<sup>8</sup>.

### MATERIALES

Los materiales de la estructura se introducen según se muestra a continuación:

1,21E6,1,0.9

2,2.8E6,10,12

En este caso el primer campo es el identificador del material (al que se hacía referencia en los elementos), el segundo es el módulo de elasticidad, el tercero es el área y el cuarto es la inercia. Cuando se dibujan, cada material se representa de un color diferente.

---

<sup>4</sup>En rigor sólo es necesario escribir las cuatro primeras letras de la palabra clave para que el fichero sea correcto.

<sup>5</sup>En general, para los nodos y demás parámetros de la estructura es recomendable realizar una entrada secuencial (de 1 a  $n$ ) de los datos de entrada, sin dejar huecos y siendo todos consecutivos.

<sup>6</sup>Este apartado no es obligatorio introducirlo si existe un número suficiente de muelles.

<sup>7</sup>Necesario para poder listar y modificar sus propiedades si se desea.

<sup>8</sup>Según sea la coacción impuesta, el esquema dibujado de la misma cambiará.

**MUELLES<sup>9</sup>**

Los muelles de la estructura se introducen según se muestra a continuación:

1, 15, 100, 0, 0

2, 5, 0, 0, 1000

En este caso el primer campo es el identificador del muelle, el segundo es el nodo sobre el que se aplica, el tercero, cuarto y quinto son los valores de las constantes de muelle sobre las direcciones  $x$ ,  $y$  y  $\theta$  respectivamente.<sup>10</sup>

**HNODOS<sup>11</sup>**

Las hipótesis simples de la estructura que sean cargas en nodos se introducen según se muestra a continuación:

1, 12, 0, 10, 0

2, 25, 0, 0, 100

En este caso el primer número es el identificador de la hipótesis simple, el segundo es el nodo sobre el que se aplica, el tercero, cuarto y quinto son los valores de la hipótesis simple sobre las direcciones  $x$ ,  $y$  y  $\theta$  respectivamente.

**HDISTRIBUIDAS<sup>12</sup>**

Las hipótesis distribuidas son hipótesis simples pero que en vez de afectar a un nodo, actúan sobre un elemento y se introducen según se muestra a continuación:

1, 1, 5, 100, 90

2, 2, 22, 100, 0

En este caso el primer campo es el identificador de la hipótesis distribuida, el segundo es el identificador del tipo de carga distribuida, el tercero es el elemento donde se aplica, el cuarto el valor de la misma y el quinto un parámetro auxiliar. Los posibles casos que puede haber son:

- Carga de tipo uniforme aplicada sobre la barra. Entonces el segundo campo que debe introducirse es un 1, su valor se introduce en el cuarto campo y debe introducirse un quinto campo que corresponde al ángulo que forma la carga con el elemento. La carga se introduce en ejes locales y por unidad de longitud de elemento (no de su proyección) según se muestra en la figura 10. El ángulo  $\alpha$  debe introducirse en grados sexagesimales ( $90^\circ \Leftrightarrow$  ángulo recto)
- Incremento de temperatura uniforme. En este caso el segundo campo corresponde a un 2. El valor es el cuarto campo y no hay que introducir un quinto campo. Su signo es el mostrado en la figura 2.
- Gradiente de temperatura. Esta hipótesis corresponde a un 3 como segundo campo. Su valor debe introducirse en el cuarto campo y nuevamente no es necesario introducir un quinto campo y su signo es el presentado en la figura 2.

<sup>9</sup>Este apartado no es obligatorio introducirlo.

<sup>10</sup>En realidad, los bordes se introducen en el cálculo como muelles de rigidez muy elevada. Jugando con el valor de su constante  $K$  puede pasarse del extremo de movimiento impedido al de movimiento libre.

<sup>11</sup>Este campo no es obligatorio introducirlo.

<sup>12</sup>Este apartado no es obligatorio introducirlo.

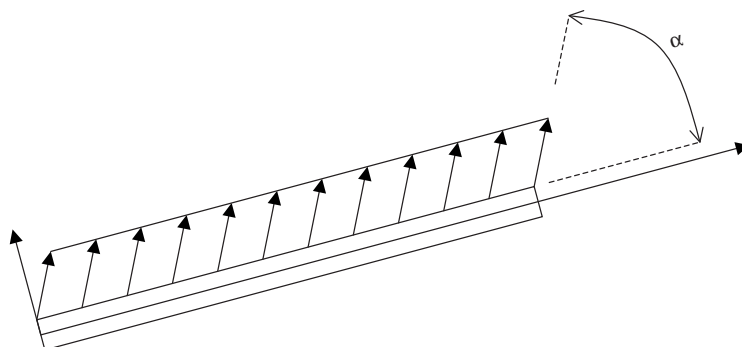


Figura 10: Criterio de signos en carga distribuida en elemento

### HMOVIMIENTOS<sup>13</sup>

Las hipótesis simples de la estructura de tipo movimiento impuesto se introducen según se muestra a continuación:

1,5,0,0,0.01

2,1,0.001,0,0

En este caso el primer número es el identificador de la hipótesis simple, el segundo es el nodo sobre el que se aplica, el tercero, cuarto y quinto son los valores de la hipótesis simple sobre las direcciones  $x$ ,  $y$  y  $\theta$  (en radianes) respectivamente.

### HCOMPUESTAS

Las hipótesis compuestas se introducen según se muestra a continuación:

1,2,1,5

2,3,6,10

En las mismas, el primer campo es su identificador, el segundo campo describe el tipo de hipótesis compuesta que es y los campos tercero a cuarto delimitan de qué hipótesis simple a qué hipótesis simple se encuentran agrupadas bajo dicha hipótesis compuesta<sup>14</sup>. El tipo de hipótesis compuesta antes mencionado puede ser:

- 1. En este caso, se supone que las cargas agrupadas en la hipótesis compuesta son de tipo permanente (es decir, siempre actúan, como el peso propio).
- 2. Con este valor se entiende que las hipótesis simples agrupadas son de tipo sobrecarga compatible (por ejemplo, la sobrecarga uniforme).
- 3. Finalmente, este valor supone que las sobrecargas introducidas son de tipo incompatible (por ejemplo el carro).

### COMBINACIONES

Las combinaciones se introducen según se muestra a continuación:

1,1.35,1.35,0.0

<sup>13</sup>Este campo no es obligatorio introducirlo.

<sup>14</sup>Las hipótesis simples agrupadas deben ser consecutivas.

## 2,0.9,1.35,1.5

En este caso el primer campo es el identificador de la combinación, el segundo es el valor de mayoración de la primera hipótesis compuesta, el tercero es el valor de mayoración de la segunda hipótesis compuesta y así sucesivamente.

## COMANDOS

Los comandos son una categoría especial de órdenes que permiten relacionarse con el programa y obligarle a efectuar las operaciones que usualmente se harían con él interactivamente. Los comandos deben introducirse al final del fichero de entrada, una vez que todos los datos de geometría y cargas son conocidos. Las diferentes que pueden invocarse son:

- **titcorto** Esta orden indica que el texto que a continuación se escribe es el título que precederá en el nombre de los ficheros (listados `.txt` y gráficos `.bmp`). Es interesante destacar que la misma puede contener la ruta de dichos archivos, por ejemplo: `titcorto,C:/VPORTICO/salida1/POR_PR`, donde los ficheros de salida tendrán todos el prefijo `POR_PR` y se almacenarán en una carpeta en la ruta: `C:/VPORTICO/salida1`. Debe no obstante tenerse en cuenta que dicha carpeta debe existir previamente (el programa no la crea) y que la ruta que se le asigne no debe contener espacios en blanco.
- **predibmalla** Este comando genera un archivo gráfico donde se dibuja la malla numerando únicamente los nodos de la misma (llamándola `_MALLA`).
- **predibmallan** Este comando genera un archivo gráfico donde la malla incluye la numeración de todos sus elementos. El sufijo que les otorga a estos ficheros gráficos es `_MALLANUM`
- **prelistar** Este comando genera un archivo de texto con un sufijo `_DATGEN` listando de manera ordenada y con formato los datos de entrada.
- **calculo** Con este comando se ejecuta el cálculo lineal de la estructura definida anteriormente (que por lo tanto no lleva opciones).
- **poslistar** Este comando permite obtener un fichero de texto listando lo que en él se indique. Para ello tiene cuatro campos adicionales de los que al menos dos deben rellenarse obligatoriamente.

La estructura del comando es por lo tanto de tipo `poslistar,HS,ES,DE,RE`. El segundo campo puede tomar los valores `HS`, `HC`, `CO` o bien `PE`; con él se indica el tipo de carga del que se desea obtener un listado. Del tercer al quinto campo debe indicarse qué resultado es el que se desea listar<sup>15</sup>, pudiendo solicitarse `ES` (esfuerzos), `DE` (desplazamientos) o bien `RE` (reacciones). Si se desea obtener el listado por ejemplo de las `HS` y las `CO` por ejemplo, entonces deben introducirse dos líneas de comando distintas<sup>16</sup>.

<sup>15</sup>Es obligatorio por lo tanto introducir al menos uno de los tres posibles.

<sup>16</sup>Por ejemplo:

```
poslistar,HS,ES,RE
poslistar,CO,ES
```

Los ficheros generados indican con su nombre el contenido de los mismos. En el caso por ejemplo de: `poslistar,HS,ES,RE` el sufijo del fichero será: `_HS_ESRE_LIS`. De esta forma, pueden ejecutarse listados del mismo tipo de carga pero con diferente contenido.

- `posdibujar` Este comando permite obtener bajo fichero los resultados gráficos del cálculo de una manera sencilla y ordenada. Para ello existen unas reglas similares a las establecidas en `poslistar`.

El comando debe emplearse de la siguiente forma:<sup>17</sup>

```
posdibujar,HS,3,MO,AX,CO
posdibujar,HC,5,AX,CO,MO,DX,DY,DZ
posdibujar,CO,1,AX,MO
posdibujar,PE,MO,AX
```

En este comando, el segundo campo indica el tipo de carga (`HS` –hipótesis simple– `HC` –hipótesis compuesta– `CO` –combinación– y `PE` –pésimos–). El tercer campo es un identificador de la hipótesis (simple o compuesta) o combinación, no obstante, en el caso de haberse solicitado un `PE`, este indicador desaparece (ver ejemplo anterior).

Del cuarto al noveno campo (tercero a octavo en el caso de `PE`), se indica los dibujos que se desea obtener. Finalmente, el sufijo que se otorga a cada fichero es entonces del tipo `HS_3_AX`, por ejemplo, donde se indica toda la información necesaria para identificarlo.

#### !Comentarios

Este símbolo indica que lo que a continuación se escriba es un comentario que no será ejecutado por el programa. Para que los comentarios funcionen correctamente deben separarse mediante una línea en blanco de los bloques de información anteriores o posteriores o bien ponerse tras la introducción de una línea de datos:

#### NODOS

```
1,0,0 !Este comentario es válido
2,1,0
```

!Este comentario también vale al estar separado de los otros bloques

#### ELEMENTOS

```
1,1,2
```

## 11. Comportamiento del programa, informe de *Bugs*

El programa ha sido contrastado con diferentes estructuras calculadas mediante el programa ANSYS<sup>®</sup> obteniéndose los mismos resultados en ambos casos (y sin haber tenido que ingresar el programador en la cárcel todavía).

<sup>17</sup>No es necesario pedir dibujos de los diferentes tipos de carga (`HS`, `HC`, `CO` o bien `PE`), puede hacerse únicamente de los que se desee.



En cualquier caso debe destacarse que existen algunos problemas cuando se introducen elementos de rigidez elevada y longitud muy corta. Es preferible evitar este tipo de malcondicionamientos en la malla o bien revisar los resultados obtenidos y tantear con una rigidez que proporcione resultados correctos.

Para informar sobre cualquier *bug* o sugerencia para implementar, por favor, mandarme un correo a [miguel.fernandez@mc2.es](mailto:miguel.fernandez@mc2.es), todos los comentarios y sugerencias serán bien recibidos.

## 12. Ejemplos

En este apartado se presentan una serie de ejemplos que pueden servir de referencia y guía así como para probar el programa tras futuras modificaciones y correcciones del mismo.

### 12.1. Viga continua de dos vanos

El primer ejemplo es una viga continua de dos vanos (cada uno de 10 metros de longitud). Las cargas que recibe son una carga permanente de  $60 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$ , una sobrecarga uniforme de  $40 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$  (extendida a toda la longitud) y un carro de 600 KN. La sección es de  $2.4 \text{ m}^2$  de área y  $0.1 \text{ m}^4$  de inercia respecto de su centro de gravedad. Se considerará una combinación con todo mayorado (coeficientes de 1,35 y 1,50 para carga permanente y sobrecarga respectivamente) y otra con todas las cargas características (coeficientes de 1,0 y 1,0). Se ejecutarán además una serie de listados y ficheros gráficos mediante comandos.

El ejemplo resulta por lo tanto:

#### DATOS GENERALES

Viga continúa de dos vanos

KN,m

#### NODOS

1,0.00,0.00  
 2,1.00,0.00  
 3,2.00,0.00  
 4,3.00,0.00  
 5,4.00,0.00  
 6,5.00,0.00  
 7,6.00,0.00  
 8,7.00,0.00  
 9,8.00,0.00  
 10,9.00,0.00  
 11,10.00,0.00  
 12,11.00,0.00  
 13,12.00,0.00  
 14,13.00,0.00  
 15,14.00,0.00  
 16,15.00,0.00  
 17,16.00,0.00  
 18,17.00,0.00  
 19,18.00,0.00  
 20,19.00,0.00  
 21,20.00,0.00

#### ELEMENTOS

1,1,1,2

2,1,2,3  
3,1,3,4  
4,1,4,5  
5,1,5,6  
6,1,6,7  
7,1,7,8  
8,1,8,9  
9,1,9,10  
10,1,10,11  
11,1,11,12  
12,1,12,13  
13,1,13,14  
14,1,14,15  
15,1,15,16  
16,1,16,17  
17,1,17,18  
18,1,18,19  
19,1,19,20  
20,1,20,21

**BORDES**

1,11,0,1,0  
2,1,1,1,0  
3,21,0,1,0

**MATERIALES**

1,2.80E7,2.4,0.1

**HDISTRIBUIDAS**

1,1,1,60,270.00  
2,1,2,60,270.00  
3,1,3,60,270.00  
4,1,4,60,270.00  
5,1,5,60,270.00  
6,1,6,60,270.00  
7,1,7,60,270.00  
8,1,8,60,270.00  
9,1,9,60,270.00  
10,1,10,60,270.00  
11,1,11,60,270.00  
12,1,12,60,270.00  
13,1,13,60,270.00  
14,1,14,60,270.00  
15,1,15,60,270.00  
16,1,16,60,270.00  
17,1,17,60,270.00  
18,1,18,60,270.00  
19,1,19,60,270.00  
20,1,20,60,270.00

21,1,1,40,270.00  
22,1,2,40,270.00  
23,1,3,40,270.00  
24,1,4,40,270.00  
25,1,5,40,270.00  
26,1,6,40,270.00  
27,1,7,40,270.00  
28,1,8,40,270.00  
29,1,9,40,270.00  
30,1,10,40,270.00  
31,1,11,40,270.00  
32,1,12,40,270.00  
33,1,13,40,270.00  
34,1,14,40,270.00  
35,1,15,40,270.00  
36,1,16,40,270.00  
37,1,17,40,270.00  
38,1,18,40,270.00  
39,1,19,40,270.00  
40,1,20,40,270.00

**HNODOS**

41,1,0.00,-600.00,0.00  
42,2,0.00,-600.00,0.00  
43,3,0.00,-600.00,0.00  
44,4,0.00,-600.00,0.00  
45,5,0.00,-600.00,0.00  
46,6,0.00,-600.00,0.00  
47,7,0.00,-600.00,0.00  
48,8,0.00,-600.00,0.00  
49,9,0.00,-600.00,0.00  
50,10,0.00,-600.00,0.00  
51,11,0.00,-600.00,0.00  
52,12,0.00,-600.00,0.00  
53,13,0.00,-600.00,0.00  
54,14,0.00,-600.00,0.00  
55,15,0.00,-600.00,0.00  
56,16,0.00,-600.00,0.00  
57,17,0.00,-600.00,0.00  
58,18,0.00,-600.00,0.00  
59,19,0.00,-600.00,0.00  
60,20,0.00,-600.00,0.00  
61,21,0.00,-600.00,0.00

**HCOMPUESTAS**

1,1,1,20  
2,2,21,40  
3,3,41,61

## COMBINACIONES

1,1.35,1.5,1.5

2,1,1,1

## COMANDOS

titcorto,EJ1

predibmalla

predibmallan

prelistar

calculo

poslistar,HS,ES,DE

poslistar,PE,RE,DE

posdibujar,HS,3,DZ,CO,MO

posdibujar,HC,2,MO,DZ

posdibujar,CO,2,CO,DY,MO,AX

posdibujar,PE,DY,MO,CO

A continuación se muestra por ejemplo el fichero EJ1\_PE\_MO.bmp (figura 11) que contiene el resultado de la envolvente de pésimos de momentos y EJ1\_CO\_2\_DY.bmp (figura 12) conteniendo el resultado de movimientos en la combinación 2 para pésimo desplazamiento en OY.

Viga continua de dos vanos  
MOMENTOS EN LA ESTRUCTURA (mKN)  
PESIMOS

Max=2994.628  
Min=-2626.508

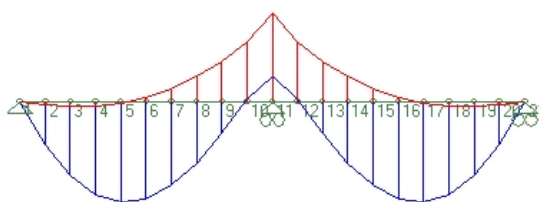


Figura 11: Fichero EJ1\_PE\_MO.bmp

Viga continua de dos vanos  
 DEFORMADA DE LA ESTRUCTURA (m)  
 COMBINACION 2

Xmax=0  
 Xmin=-1.184638E-09  
 Ymax=1.080256E-03  
 Ymin=-5.626899E-03



Figura 12: Fichero EJ1\_CO\_2\_DY.bmp

## 12.2. Pórtico sobre apoyos con rigidez al desplazamiento

El segundo ejemplo que se propone resolver es un pórtico que se apoya sobre una serie de muelles. Las dimensiones del mismo son una pata de 10 metros, otra de 5 (ambas con  $A = 1\text{m}^2$  e  $I = 0,5\text{m}^4$ ) y una viga entre ambas de 10 metros de luz ( $A = 2\text{m}^2$  e  $I = 1,5\text{m}^4$ ). Los muelles sobre los que apoya se suponen de  $K_x = K_y = 10000 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$  y  $K_z = 15000 \frac{\text{KN}}{\text{rad}}$ . En este caso se supone únicamente la aplicación de un estado de carga (carga lateral de  $10 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$  en la pata alta), lo que es interesante de aplicar en ocasiones, para lo que se adopta únicamente una hipótesis compuesta y combinación como a continuación se mostrará. La malla resulta:

### DATOS GENERALES

Pórtico con una carga

KN,m

### NODOS

1,0,0

2,0,1

3,0,2

4,0,3

5,0,4

6,0,5

7,0,6

8,0,7  
9,0,8  
10,0,9  
11,0,10  
12,1,10  
13,2,10  
14,3,10  
15,4,10  
16,5,10  
17,6,10  
18,7,10  
19,8,10  
20,9,10  
21,10,10  
22,10,9  
23,10,8  
24,10,7  
25,10,6  
26,10,5

ELEMENTOS

1,1,1,2  
2,1,2,3  
3,1,3,4  
4,1,4,5  
5,1,5,6  
6,1,6,7  
7,1,7,8  
8,1,8,9  
9,1,9,10  
10,1,10,11  
11,2,11,12  
12,2,12,13  
13,2,13,14  
14,2,14,15  
15,2,15,16  
16,2,16,17  
17,2,17,18  
18,2,18,19  
19,2,19,20  
20,2,20,21  
21,1,21,22  
22,1,22,23  
23,1,23,24  
24,1,24,25  
25,1,25,26

MATERIALES

1,2.8E7,1,0.5

2,2.8E7,2,1.5

#### MUELLES

1,1,10000,10000,15000  
2,26,10000,10000,15000

#### HDISTRIBUIDAS

1,1,1,10,270  
2,1,2,10,270  
3,1,3,10,270  
4,1,4,10,270  
5,1,5,10,270  
6,1,6,10,270  
7,1,7,10,270  
8,1,8,10,270  
9,1,9,10,270  
10,1,10,10,270

#### HCOMPUESTAS

1,1,1,10

#### COMBINACIONES

1,1

#### COMANDOS

titcorto,EJ2  
predibmalla  
predibmallan  
prelistar  
calculo  
posdibujar,HS,4,CO,MO  
posdibujar,HC,1,MO,DX  
posdibujar,PE,DY,MO,CO

Nuevamente, se muestran dos resultados obtenidos. De los mismos se ha elegido el fichero EJ2\_PE\_MO.bmp (figura 13) que contiene el resultado de la envolvente de pésimos de momentos y EJ2\_HC\_1\_DX.bmp (figura 14) conteniendo el resultado de movimientos en la combinación 1 para pésimo desplazamiento en OX.

### 12.3. Viga sobre fundación elástica

Finalmente, se propone resolver un caso sencillo (pero interesante y útil) como es el de una viga sobre fundación elástica. En este ejemplo se supone una viga de 20 metros de longitud, 1 metro de área e inercia y apoyado sobre un balasto de  $1000 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$ . Las acciones se suponen cargas concentradas de 100 KN de valor y 50 KN en los bordes (equivalente a una carga repartida de  $100 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$ ). El cálculo de los muelles debe hacerse como  $K_m = 10000 \cdot (1 \times b) = 10000 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$  en los nodos centrales y  $K_m = 5000 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$  en los bordes.



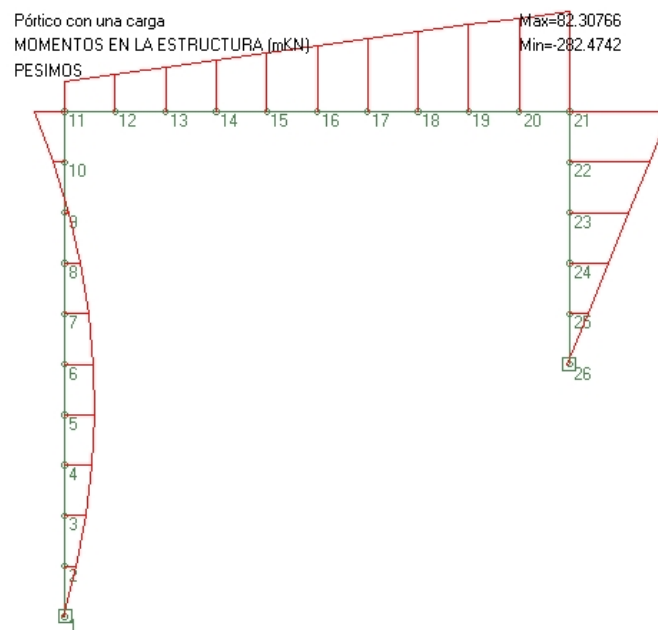


Figura 13: Fichero EJ2\_PE\_M0.bmp

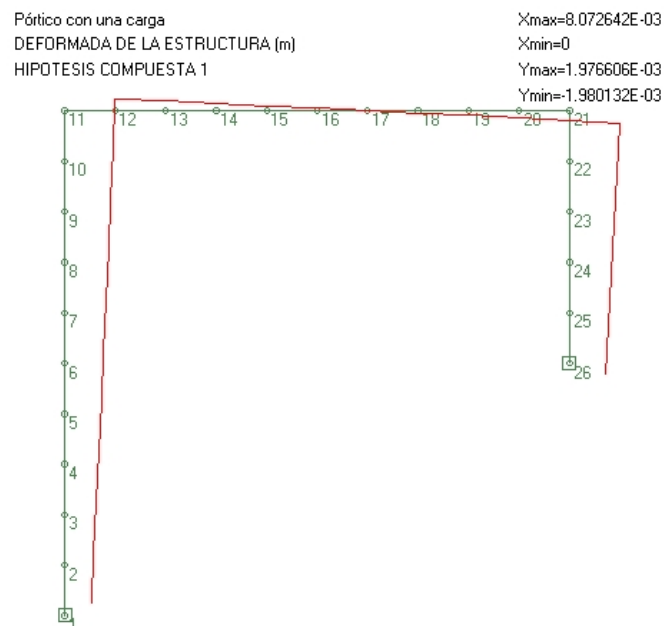


Figura 14: Fichero EJ2\_HC\_1\_DX.bmp

## GENERALES

Viga sobre lecho elástico

KN,m

## NODOS

1,0.00,0.00  
2,1.00,0.00  
3,2.00,0.00  
4,3.00,0.00  
5,4.00,0.00  
6,5.00,0.00  
7,6.00,0.00  
8,7.00,0.00  
9,8.00,0.00  
10,9.00,0.00  
11,10.00,0.00  
12,11.00,0.00  
13,12.00,0.00  
14,13.00,0.00  
15,14.00,0.00  
16,15.00,0.00  
17,16.00,0.00  
18,17.00,0.00  
19,18.00,0.00  
20,19.00,0.00  
21,20.00,0.00

## ELEMENTOS

1,1,1,2  
2,1,2,3  
3,1,3,4  
4,1,4,5  
5,1,5,6  
6,1,6,7  
7,1,7,8  
8,1,8,9  
9,1,9,10  
10,1,10,11  
11,1,11,12  
12,1,12,13  
13,1,13,14  
14,1,14,15  
15,1,15,16  
16,1,16,17  
17,1,17,18  
18,1,18,19  
19,1,19,20  
20,1,20,21

BORDES

2,21,1,0,0

MUELLES

1,1,0,5000,0  
2,2,0,10000,0  
3,3,0,10000,0  
4,4,0,10000,0  
5,5,0,10000,0  
6,6,0,10000,0  
7,7,0,10000,0  
8,8,0,10000,0  
9,9,0,10000,0  
10,10,0,10000,0  
11,11,0,10000,0  
12,12,0,10000,0  
13,13,0,10000,0  
14,14,0,10000,0  
15,15,0,10000,0  
16,16,0,10000,0  
17,17,0,10000,0  
18,18,0,10000,0  
19,19,0,10000,0  
20,20,0,10000,0  
21,21,0,5000,0

MATERIALES

1,2.8E7,1,1

HNODOS

1,1,0.00,-50.00,0.00  
2,2,0.00,-100.00,0.00  
3,3,0.00,-100.00,0.00  
4,4,0.00,-100.00,0.00  
5,5,0.00,-100.00,0.00  
6,6,0.00,-100.00,0.00  
7,7,0.00,-100.00,0.00  
8,8,0.00,-100.00,0.00  
9,9,0.00,-100.00,0.00  
10,10,0.00,-100.00,0.00  
11,11,0.00,-100.00,0.00  
12,12,0.00,-100.00,0.00  
13,13,0.00,-100.00,0.00  
14,14,0.00,-100.00,0.00  
15,15,0.00,-100.00,0.00  
16,16,0.00,-100.00,0.00  
17,17,0.00,-100.00,0.00  
18,18,0.00,-100.00,0.00

```

19,19,0.00,-100.00,0.00
20,20,0.00,-100.00,0.00
21,21,0.00,-50.00,0.00

```

#### HCOMPUESTAS

```
1,1,1,21
```

#### COMBINACIONES

```
1,1
```

#### COMANDOS

```

titcorto,EJ3
predibmalla
calculo
posdibujar,HS,4,MO,DY
posdibujar,PE,DY

```

A continuación se presenta el dibujo de la ley de momentos obtenida para la hipótesis simple 4, correspondiendo la misma a la solución de Resistencia de Materiales (figura 15).

Viga sobre lecho elástico  
 MOMENTOS EN LA ESTRUCTURA (mKN)  
 HIPOTESIS SIMPLE 4

Max=67.38305  
 Min=-90.77089



Figura 15: Fichero EJ3\_HS\_4\_MO.bmp