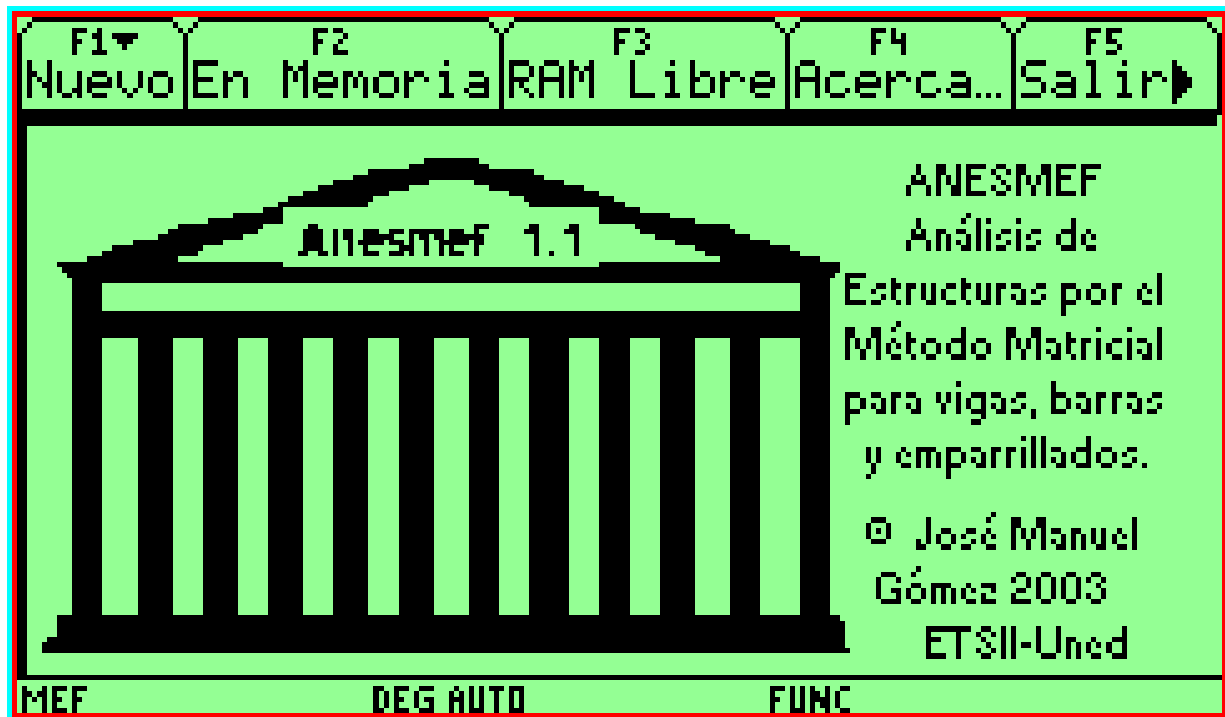


ANESMEF v. 1.1



Análisis de Estructuras por el *Método Matricial de los Elementos Finitos.*

© 2.004 José Manuel Gómez Vega. ETSII – UNED.

gomezvega@hotmail.com

<http://members.fortunecity.es/etsii/>

*Manual de usuario en español del programa
para la super calculadora*

Texas Instruments 92 plus,

versiones Sistema Operativo: 2.05 - 2.08 - 2.09

Anesmef 1.1...el único programa en calculadora para los cálculos matriciales de estructuras que le realizará los cálculos "paso a paso" ¡también con datos simbólicos!.

Con este programa podrá hacer muchos problemas académicos a nivel de cálculo de estructuras con todo el proceso intermedio *paso a paso*. A través de los vínculos subrayados, podrá acceder rápidamente a los temas que requieran su atención. El programa es fácil de manejar, no obstante, considero que es importante una lectura atenta del manual al mismo tiempo de tener el programa instalado en la calculadora (o en el emulador). Mi interés mayor no es el desarrollo de este programa en sí, sino entrever que con la calculadora Texas Instruments es posible desarrollar programas que no solo calculen los resultados finales sino que sean capaces de realizar los pasos intermedios y visualizarlos en la pantalla de la calculadora. Espero que otros programadores se animen a desarrollar programas de este tipo que son los que los estudiantes a veces necesitan para ver los procesos de cálculo. Está Ud. ante un programa complejo y que ha costado muchas horas de desarrollo al autor; espero que sepa perdonar si existe algún error. He sido el único que he ido eliminando bugs, y un programa de estas dimensiones necesitaría de un grupo de personas para que lo evaluarán. Es por ello que si encuentra algún tipo de fallo, no dude en comunicármelo, pues además se lo agradecería para mejorarlo y/o corregirlo.

Agradezco a todo aquel al que le ha despertado el interés este programa. Espero no haberle defraudado y que su uso sea provechoso.

ÍNDICE.

1. **Presentación.**
2. **Garantía.**
3. **¿Qué hace Anesmef v.1.1?**
4. **Historia del programa. Por qué se decidió hacer.**
5. **Instalación, memoria, uso.**
6. **Sistema de coordenadas y convención de signos.**
7. **Unidades empleadas.**
8. **Utilizando Anesmef.**
9. **Detección de errores.**
10. **Versiones previas.**
11. **Advertencias (Internal Error y variables simbólicas).**
12. **Créditos y comparación prestaciones con programas de HP.**
13. **Futuros planes.**

El programa **Anesmef v.1.1** realiza cálculos numéricos y simbólicos de estructuras en dos dimensiones a nivel académico de ingeniería o arquitectura mediante el método de la rigidez, PASO A PASO una vez realizados todos los cálculos internamente. Abarca estructuras articuladas (barras con rótulas), estructuras reticuladas con cualquier tipo de vigas (biempotradas, apoyada-empotrada, empotrada-apoyada, articulada-empotrada, etc...), estructuras mixtas en las que existen vigas con apoyos no empotrados en cualquier combinación con barras y también calcula emparrillados (además según tres sistemas de referencia estos últimos).

El autor de Anesmef v.1.1 es José Manuel Gómez Vega, estudiante de la UNED de Ingeniería Industrial especialidad Mecánica de Máquinas. Todas las rutinas y subprogramas son copyright del propio autor y **esta versión es para uso libre y gratuito**, con el fin de permitir el desarrollo de cálculos entre los estudiantes de Análisis de Estructuras dentro de la carreras técnicas. Sin embargo **está prohibida la alteración o modificación de cualquiera de los programas que integran Anesmef sin el consentimiento previo del autor, así como la distribución del mismo con fines lucrativos en cualquier formato**. La inclusión del programa en páginas de Internet para divulgarlo es libre, aunque agradecería una comunicación mediante e-mail para mi conocimiento.

La presentación es inmejorable, realiza los procesos paso a paso y los cálculos son definidos en variables que pueden ser incluso llamadas desde fuera del programa (por ejemplo desde la línea de comandos) con reglas nemotécnicas fáciles de recordar. Junto a los cálculos numéricos o con variables simbólicas siempre van asociadas respuestas en selección de menús PopUp (emergentes) para las fórmulas o ecuaciones genéricas, que sirven de ayuda para la comprensión de lo calculado de forma inmediata. Evidentemente, el conocimiento previo teórico del cálculo matricial de estructuras es indispensable para la comprensión de lo que va haciendo el programa aún siendo explícitamente clarificador.

Los cálculos obtenidos se pueden cambiar entre las diferentes presentaciones de modos: decimales (FIX, FLOAT), exactitud (AUTO, EXACTO, APROXIMADO) y exponencial (NORMAL, CIENTÍFICO, INGENIERÍA), de tal forma que siempre y en cualquier momento podemos cambiar la presentación de cualquier resultado y luego volverla a poner como se quiera y esto por supuesto dentro del programa y sin salir del mismo, repitiendo la operación cuantas veces se desee hacer.

En ocasiones habrá resultados en tablas, en otras mediante presentación en pantalla normal; a veces, ciertos resultados, de las dos formas, porque complementan parte de la información presentada. El motivo no es otro que presentar resultados más detallados de forma secuencial (por un lado), en la que aparecerán fórmulas simbólicas junto con los resultados, y el decidir ofrecer los resultados de una forma más directa en forma de tablas, procedimiento más rápido y ágil (por otro).

Anesmef v.1.1 permite corregir todo y cada uno de los datos en cualquier momento, pudiéndose recalculan resultados sobre los ya existentes, reintroduciendo el mínimo de información.

Como idea previa de la potencia del programa se dirá que la filosofía en la elaboración del mismo ha sido **“hágase un programa para resolver problemas de estructuras *paso a paso*”**. Programas de Cálculo de estructuras para calculadoras hay muchos, pero como éste, según podrá apreciar el usuario, no hay ninguno.

Esto se puede resumir en dos grandes operaciones que efectúa (y que no hace ningún otro programa):

- 1) Presenta la matriz de rigidez por el método a elegir (Gauss o Cramer), una vez ya calculada, paso a paso con explicaciones mostrando toda la información. Además, muestra los componentes de la matriz de rigidez en dos formatos simbólicos (reducido y detallado) para saber cómo se han introducido los valores de las diferentes matrices de rigidez de los elementos.
- 2) Las cargas en los elementos se calculan paso a paso (en los resultados finales), mostrando: vector de cargas global {vcg}, vector de cargas local {vcl}, matriz de cálculo de empotramientos [Cu], fuerzas de empotramiento {fem}, donde se tiene la siguiente relación: $[Cu] * \{vcl\} = \{fem\}$, fuerzas equivalentes {feq} y las cargas totales sobre los nudos, en los elementos y las totales. Los vectores se desglosan para cada carga y por cada elemento, y finalmente se muestran resultados para cada elemento.

Evidentemente, la información se ofrece si se requiere, por lo que está presentada en cómodos menús. El programa ya ha calculado toda la estructura cuando presenta el Menú de Resultados. Ciertas operaciones las recalcula para hacer el Paso a Paso, solo las que elige el usuario (por ejemplo, el cálculo de los desplazamientos).

El programa está preparado para no admitir ciertos valores, o bien dirigir a otra parte para que no se produzca una salida indeseada. Un ejemplo es no admitir números de elementos negativos. Aún así pueden existir situaciones no descubiertas que origine una interrupción por entrada errónea; sin embargo, se ha puesto el máximo empeño en que esto no suceda, aun a costa de sacrificar algo la rapidez de ejecución de los cálculos y el alargamiento del grupo de programas que conforman Anesmef.

Mucho de la potencia del programa radica en la inclusión de 24 matrices de rigidez para todos los casos posibles y combinaciones de elementos rígidos con barras. Esta es una diferencia fundamental con el resto de programas que o bien calculan estructuras articuladas o bien reticuladas, pero no disponen de capacidad de cálculo con mezcla de ambas estructuras (me refiero a programas hechos para calculadora). He de detallar aquí que para la obtención de dichas matrices he utilizado el programa Rigical v.1.1 (también realizado por mí e incluido en Anesmef v.1.1, en una edición adaptada) que genera cualquier matriz de rigidez de acuerdo a los grados de libertad de los nudos en elementos extensibles e inextensibles, partiendo de las matrices genéricas biempotradas de cada caso. Este cálculo se realiza para elementos con articulaciones o rodillos y se detalla paso a paso.

Otro asunto bastante importante es la de los apoyos inclinados. A pesar de ralentizar un poco el cálculo del programa en casos de que existan (inicialmente solo incluía un apoyo inclinado en la estructura), he escrito una rutina que incorpora apoyos inclinados múltiples que quedan perfectamente detallados en la matriz de rigidez simbólica. Además he tenido que ingeniármelas por mi cuenta pues en mi bibliografía no existía problema alguno con más de un apoyo inclinado, debido a que entraña bastante complejidad a la hora de efectuar los cálculos a mano.

Este programa calcula problemas más difíciles que los estudiados en Análisis de Estructuras por el Método Matricial de Elementos Finitos en el nivel de 4º curso de la carrera de Ingeniería Industrial por la Universidad Nacional de Educación a Distancia de España, pues incorpora apoyos múltiples y la posibilidad de superposición ilimitada de cargas en los elementos, incluso de tipo trapezoidal. La única limitación, en cuanto a cargas, es la imposibilidad de incluir cargas triangulares que no cubran todo el elemento. Esto es debido a que en la bibliografía consultada (libros de todo tipo y en varias bibliotecas, petición de ayuda a profesores tutores) no he encontrado ni los momentos de empotramiento en nodos ni las reacciones verticales cuando la carga no sale de ningún extremo. He intentado extraer estas relaciones (por los Teoremas de Mohr y aplicando superposición), pero como tampoco tengo problemas donde verificarlo, he optado por no incluir esto. Sin embargo, todos los demás tipos de carga están incluidas (además de las cargas triangulares en todo el elemento).

El autor ha dedicado mucho tiempo a la elaboración del mismo y es posible que intente mejorarlo. Considero, no obstante que esta es una versión muy avanzada, y por sí sola, autosuficiente. La mejora podría venir del apartado gráfico, incluyendo el dibujo de la deformada y el de las Leyes de Esfuerzos Axiales, Cortantes y Momentos Flectores y quizás en la mejora de la rapidez de ejecución de los cálculos, revisando nuevamente el código.

Existe un proyecto de concebir un programa para realizar cálculos secuenciales pero por el método clásico (no matricial). Solamente tengo partes del mismo de momento inconexas (un programa de cálculo de momentos de empotramientos por Cross, otro programa para realizar los cálculos de los esfuerzos en los nodos, ...). Se llamará Anesclas. De momento Anesclas funciona en forma beta solo para estructuras articuladas (aunque muy bien por cierto) y no está para publicar, el siguiente paso será permitir las estructuras mixtas y las reticuladas, pero *este campo está poco trillado*, de momento.

[Anterior](#)
2.-Garantía.
[Siguiente](#)

Durante las innumerables pruebas realizadas en el programa final y en los proyectos previos he corregido numerosos errores. Es posible que exista algún error oculto más, por lo que si alguien lo encuentra le agradecería enormemente lo comunicara a la siguiente dirección:

gomezvega@hotmail.com

Puedo garantizar que con este programa nunca he tenido un cuelgue general de memoria con necesidad de vaciar la memoria (resetear) de la calculadora (¡y menos mal pues trabajaba con todos los subprogramas no archivados para comprobar los errores, lo que me hubiera llevado a la destrucción de dichos programas, a pesar de que regularmente hacia copias de seguridad en el ordenador!) y ello debido a que trabajo mejor con la calculadora que con el emulador.

El programa no tiene garantías, se presenta *tal cual*. El autor no se responsabiliza de cualquier problema surgido al manejar el grupo de programas de Anesmef, no se hace cargo de ningún daño causado por pérdida de datos o de error en el manejo de los mismos. Se recomienda hacer una copia de seguridad de la calculadora antes de instalarlo o bien, probarlo antes con un emulador para la calculadora como el programa emulador Vti 2.5 (o versiones mejoradas).

[Anterior](#)**3.-¿Qué hace ANESMEF v. 1.1?**[Siguiente](#)

Aunque ya se ha comentado antes, el programa efectúa cálculos de estructuras bidimensionales por el método directo de la rigidez matricial aplicando la metodología del Método de los Elementos Finitos. La aplicación del método de la rigidez debería ser conocido por el usuario, pues este programa calcula estructuras pero no enseña el método, aunque muestre los resultados paso a paso y con muchos detalles, con lo que un estudiante de Estructuras que no haya visto la parte matricial es preferible que no use el programa hasta que no estudie un manual de dicho procedimiento de cálculo.

En el programa es preciso dar información mediante datos que se introducen cuando se requiere. He intentado poner los menús lo más cómodamente posible para que no existan errores de mala interpretación a la hora de efectuar los ingresos de los datos, aparte que en ciertas partes existen “ayudas”. No obstante, casi es innecesaria la ayuda, ni incluso la lectura de este manual...esto es debido al método de ingreso de datos y la información detallada anexa.

Anesmef, en definitiva, calcula problemas numéricos y simbólicos de estructuras ofreciendo la posibilidad de realizar el proceso paso a paso, siguiendo los procedimientos de los menús de resultados que incorporan las fórmulas en presentación “pretty print” (modo de presentación matemático natural).

[Anterior](#)**4.- Historia del programa. Por qué se decidió hacer.**[Siguiente](#)

El programa lleva ya muchas mejoras, aunque hasta ahora no ha visto la luz. Se me ocurrió pensando en hacer los problemas de la asignatura de Análisis de Estructuras de la ETSII de la UNED. Empecé a gestarlo en abril del 2003 y desde entonces he mejorado muchas cosas, tantas que sería incapaz de reproducirlas, e incluso ha cambiado de nombre (Calcumef por Anesmef). Lo que sí que me llamó la atención era la inexistencia de programas para la TI 92 plus que me valiesen para mis propósitos: entonces decidí hacer yo el programa.

Si se quiere ver un repaso a la evolución de Anesmef puede verse en: [Versiones previas](#).

Hay programas buenos para Estructuras, pero todos adolecen de “fallos” (no de código ni de ejecución) bajo mi punto de vista. Estos son los que yo he comprobado:

- a) Calculan un tipo de estructuras (armaduras o estructuras articuladas, o bien estructuras reticuladas), pero no son capaces de dar una respuesta global, por ejemplo, estructuras mixtas, en las que existen barras con vigas, etc; además no tienen la capacidad de contar con matrices de elementos “reales”, por ejemplo, elementos no biempotrados para casos reticulados, lo que los hacen muy simplistas desde el punto de vista de la realidad física de las estructuras.
- b) No tienen la facultad del cálculo simbólico; no se puede ingresar una carga como q , necesariamente debe ser un número.
- c) No ofrecen resultados paso a paso (generalmente) ni indican ecuaciones de cálculo simbólicas. En caso de que exista presentación de resultados se exponen como programas “paso a paso”, cuando yo entiendo que esto no lo es...solo por mostrar algunos resultados (matrices, vectores)...¿de dónde salen? ¿qué son? ¿cómo se calculan? Un programa que no ofrece respuesta a las preguntas anteriores respecto a los resultados no puede decirse que los muestra “paso a paso”.
- d) No son capaces de elegir el formato de ajuste decimal, modo presentación y cambiarlo cuantas veces se quiera para ver los resultados una y mil veces pero al gusto de la información en ese instante.
- e) Los cálculos internos se hacen generalmente en modo aproximado en todos los programas vistos. Es una buena idea para la rapidez, ciertamente. Sin embargo, esto da errores de cálculo (a veces aparecen esfuerzos de $10E-13$ y cosas similares, ¡incluso lo he observado en programas serios de ordenador!), que aunque parezca trivial el darse cuenta que esos valores son realmente cero, al trabajar con múltiples cálculos puede dar lugar a errores encadenados (yo los tuve en la elaboración, e incluso idee una subrutina que ahora ya no está para obtener cero en estos resultados, que posteriormente evité). Esto no sólo lo he observado en programas de calculadora sino también en programas bajo Windows...Anesmef calcula en modo AUTO, pero el *truco* es que todos los datos introducidos aunque sean decimales o con el formato con punto son reconvertidos a formato fraccionario. De esta forma, AUTO opera como si fuese EXACT a nivel interno y se pueden conseguir resultados fraccionarios *exactos* (esto quiere decir que la fracción es la correcta y equivale al número decimal correspondiente). De esta forma, todos los resultados tipo $10E-13$ se presentan como lo que son: cero. Los cambios de dígitos decimales parten del resultado exacto, es decir, el resultado es exacto hasta la cifra

significativa elegida. Sin embargo, he introducido una variante: si la matriz de rigidez es igual o mayor de 6x6, se opera en modo aproximado, durante el cálculo de los desplazamientos con la inversión de dicha matriz. Me ha resultado imposible trabajar con algún programa que acelerase el cálculo de la inversa de $[K]$ pues ninguno operaba con variables simbólicas (y este programa ofrece esta posibilidad). En resumidas cuentas, si la matriz de Rigidez (en desplazamientos) es igual o mayor de 6x6, existe parte del cálculo no exacto por problemas de tiempo de cálculo de $[K]^{-1}$, por lo que para 3 ó 4 cifras significativas (o más) el resultado es correcto.

f) Este programa es *multiproblema*: permite trabajar con varios problemas en la memoria de la calculadora. El paso de uno a otro es muy sencillo, y los problemas se pueden archivar en un ordenador personal. Las carpetas de almacenamiento de problemas comenzarán con Mef y pueden tener 5 letras ó números, que son realmente carpetas de la calculadora generadas por el usuario, donde se introducen (o generan) los datos básicos para realizar los cálculos. La cantidad de problemas en la calculadora depende de la extensión de los mismos y de la memoria de la calculadora.

g) Etc, etc... Por todo esto y alguna cosa más que quizá se me halla olvidado, decidí emprender el proyecto de Anesmef, sin duda el programa en calculadora que ofrece la mayor cantidad de datos en resultados y además de forma "paso a paso".

[Anterior](#)
5.-Instalación, memoria, uso.
[Siguiente](#)

El programa se instala en la carpeta MEF. La instalación se realiza manualmente mediante el envío de 3 archivos de grupos de programas. El programa BORRAMEF borra todos los datos introducidos en la memoria para los problemas en las carpetas Mef # # # # #, pero no borra los programas que necesita ANESMEF. Los requisitos de memoria son bastante exigentes. Téngase en cuenta que aparte de ofrecer los resultados dentro del programa también los da fuera de él, con lo cual las variables quedan en memoria, a no ser que se decida borrarlas, claro está. Además este programa ofrece todos los cálculos de manera pormenorizada, por lo que necesita una enorme cantidad de datos (y por ende unos mayores recursos de memoria).

Para tener la máxima capacidad de memoria se deben archivar todos los subprogramas en la carpeta MEF. El grupo de archivos se presenta en 3 carpetas: *Anesmef1*, *Anesmef2*, *Anesmef3*.

La instalación detallada del programa es como sigue:

1. Si se instala en la calculadora:

Los grupos de archivos se envían a la calculadora. Primero uno, se archivan todos, luego el otro, también se archivan todos y luego el tercero. Da igual el orden, pero se recomienda seguir el orden natural *Anesmef1*, *Anesmef2*, *Anesmef3*. Para archivar vaya a VAR-LINK y seleccione mediante F4 la carpeta MEF, y luego F1- y la tecla 8 (Archive).

2. Si se instala en el emulador Vti 2.5 (u otro similar):

Se puede proceder como lo dicho para la calculadora o bien cargar el estado *Anesmef.sav* que contiene en la memoria todos los programas listos para ejecutarse en el emulador.

Los programas están protegidos contra lectura-escritura mediante el programa PROT92P (Protector 92+ v1.0), conseguido en la página de <http://www.ticalc.org/pub/92plus/>, por lo que una vez realizadas las operaciones anteriores si intentamos ejecutar el programa *Anesmef()* (y ENTER) aparecerá en pantalla el mensaje "Internal Error". Para finalizar con la instalación deberemos hacer un *Reset* a la calculadora no sin antes tomar la precaución de realizar una copia de seguridad de todos los programas y datos que hay en la calculadora, o bien un archivado general de todos estos programas previos, pues en caso contrario se borrarán de la memoria. Una vez realizado lo antedicho, la forma válida única de proceder a hacer el *Reset* es presionar y mantener pulsadas las teclas 2nd + Lock (Hand) + On. Tras realizar dicha operación, ya se puede correr el programa normalmente, y si los programas previos fueron archivados permanecerán en memoria mientras que todo lo que no fuese archivado se borrará, por lo que se debe prestar especial atención a que esto no ocurra, habiendo de tomar todo el tiempo necesario para no perder datos por despiste o prisas.

Gracias al programa PROT92P los subprogramas corren adecuadamente, pues de lo contrario ralentizarían su ejecución y habría que hacer un archivado manual una vez ejecutado cada uno de los subprogramas.

Es muy fácil saber buscar un dato fuera del programa. Por ejemplo, la submatriz $K[21]$ calculada del elemento 2, sería kc_{212} , mientras que la genérica resultaría ser kg_{212} , donde la regla nemotécnica sería c=calculada y g=genérica, luego las dos cifras del orden de la submatriz y posteriormente el número de elemento. Como se verá al usar el programa, estoy seguro que la mayoría al cerrar el programa no necesitará ningún dato fuera del mismo, pues todos se han resuelto dentro, pero por si acaso tiene esa posibilidad; de todas formas existe una calculadora interna, que da resultados fáciles.

[Anterior](#)**6.-Sistema de coordenadas y convención de signos.**[Siguiente](#)

Se sigue el sistema normal de coordenadas X, Y cartesiano, donde los signos son positivos hacia arriba y hacia la derecha. En fuerzas aplicadas y reacciones tendrán el mismo signo mencionado, contrariamente a lo habitual. Para los momentos se tendrá en cuenta que serán positivos en sentido antihorario, toda clase de momentos (de empotramiento y aplicados). Los desplazamientos serán igualmente positivos en el sentido descrito. Cuando se vean esfuerzos en un elemento se indicarán los que existen en los dos nudos del elemento; en caso de articulaciones, el nudo final, dará el carácter al elemento: si el esfuerzo en el nudo final es positivo será tracción mientras que si es negativo, será compresión. No hay razón para confundirse si un esfuerzo da en el nudo 1: {-5} y en el Nudo 2 : {5} pues habrá tracción (lo marca el 2º nudo como hemos dicho). Esta información aparece también en el programa, al mostrar los esfuerzos.

Otros autores consideran las cargas hacia abajo del eje Y como positivas, hacen distinción entre momentos de empotramiento y momentos aplicados, etc... Como se ve, seguir esta convención es más fácil, tomando siempre en consideración lo mismo, pero si en un libro se tiene en cuenta lo dicho anteriormente, los resultados variarán en el signo. Esto no es ningún problema, pues como se sabe, son convenios. No existe la posibilidad de cambiar esta convención: he preferido que siempre sea así para evitar confusiones por no prever cual es la convención empleada en un determinado momento. Sin embargo, he observado que esto no es lo general en los cálculos...simplemente habrá que tenerlo en cuenta.

[Anterior](#)**7.-Unidades empleadas.**[Siguiente](#)

Se puede emplear cualquier sistema de unidades siempre que estén en coherencia entre las mismas. He optado por no incluir sistemas de unidades en los menús de introducción de datos.

Si un usuario tiene un problema en el que aparece (por ejemplo) el módulo elástico E en unidades de kg/cm^2 , y las distancias nodales en metros, puede pasar las distancias a cm o bien el módulo E a T/m^2 . Olvidarse de esto, evidentemente, da lugar a resultados inesperados e incorrectos que el programa no puede detectar, por lo que siempre habrá que tener cuidado en la introducción de datos consistentes en unidades.

[Anterior](#)**8.- Utilizando Anesmef.**[Siguiente](#)**Preparativos antes de comenzar a introducir datos...**

El problema de cálculo debe ser dibujado en un papel, debiendo aparecer los elementos, los apoyos, los nudos, sus distancias, cargas, coeficientes, para pasarlos al programa y en los términos de la calculadora. De momento, los elementos y los nudos deben ser términos numéricos. No se debe olvidar pasar todo a un sistema de unidades y a sus múltiplos o submúltiplos correspondientes. Empiécese a observar esto ANTES DE INTRODUCIR LOS DATOS EN LA CALCULADORA.

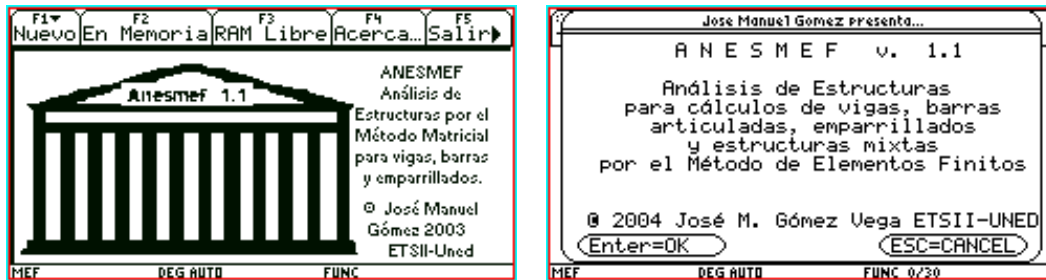
Arrancando el programa. Menú de Inicio...

Comencemos un nuevo problema: necesitamos introducir los datos. No indicaremos ahora un problema particular, pues las indicaciones son para manejar el programa y ningún tipo de problema cubre todas las opciones disponibles, por lo que lo siguiente es una descripción general de los menús y el funcionamiento de Anesmef.

En la línea de entrada de la pantalla Home se pone: mef\anesmef(). La carpeta de partida puede ser cualquiera. Nos encontramos con el Menú de Inicio.

Menú Inicio

Nada más arrancar el programa ofrece lo siguiente:



Estas dos pantallas aparecerán aleatoriamente al arrancar el programa (una cada vez). La 2ª de ellas ofrece la barra de menús una vez se presiona ENTER.

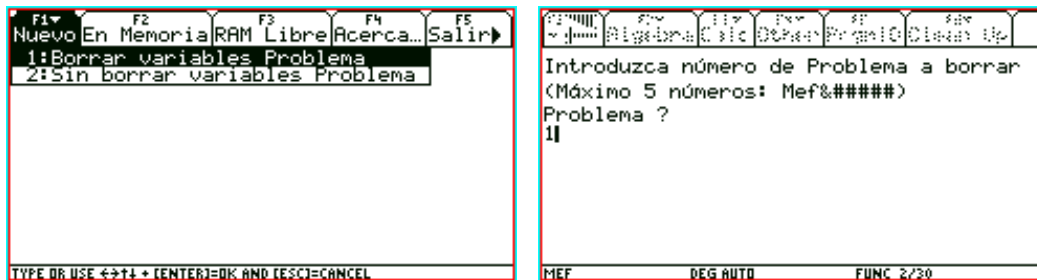
En la barra de Menú de Inicio hay 5 opciones:



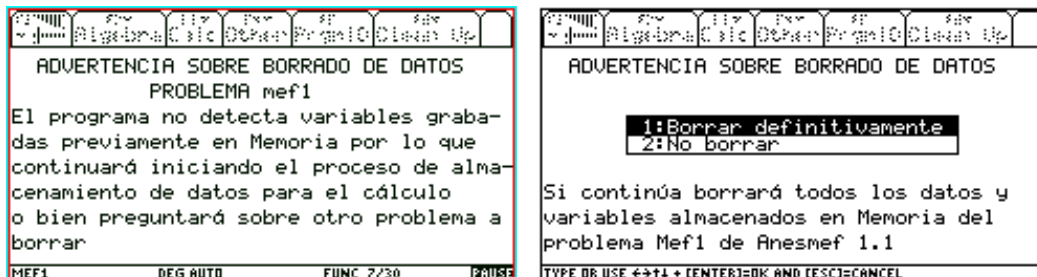
➡ F1 Nuevo:

1. Borrar variables Problema. Seleccionando esta opción se borran las variables del problema (es necesario que haya alguno guardado previamente en memoria).

2. Sin borrar variables Problema. Se inicia un problema sin borrar ninguno previo, un problema nuevo.



Si el problema en memoria no existe, comenzará un nuevo problema. En caso de que si exista lo borrará.

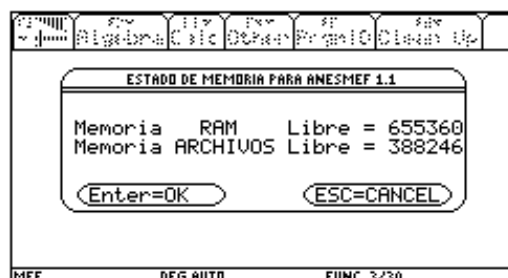


➡ F2 En memoria:

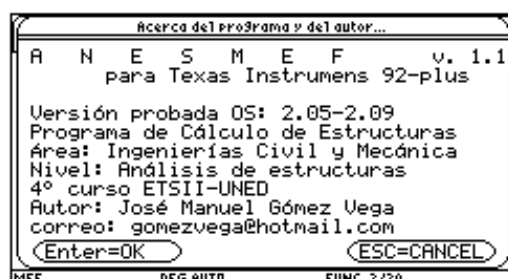
1. Recalcular todo. Se recalcula todo nuevamente con los datos en memoria (si los hay, pues en caso que no, se deberá introducir un nuevo problema).

2. Directo a resultados. Se pasa directamente a resultados. Esta opción es únicamente válida si existen datos guardados, por lo que un mensaje aparecerá invitando a hacer un nuevo cálculo si no los hubiere.

➡ **F3 RAM Libre :** Informa de la memoria Ram y de archivos libres que tiene la calculadora en ese momento.



➡ **F4 Acerca de...:** Detalle del programa, versión general y del autor. La versión built concreta está en el menú resultados.



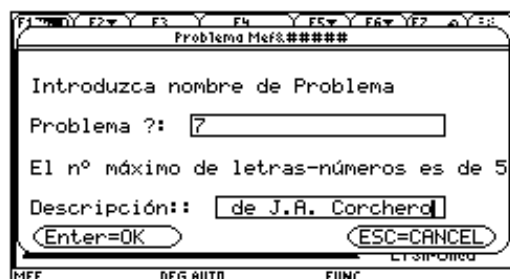
➡ **F5 Salir:** Sale del programa.

Seleccionando nombre para el problema...

Hay que elegir un nombre para el problema. Serán del tipo Mef # # # # #, donde cada valor de los 5 # pueden ser números o letras. El programa nos dirá si el problema elegido es válido o ya está en memoria (y habrá que elegir otro).

Todos los datos de problemas se ubicarán en una carpeta que se definirá a continuación. Los cálculos se harán en **PROBLEMAS**. Un problema es una carpeta con la denominación MEF&# # # # #, donde los 5 espacios están reservados para números y letras que definirán el problema. Si un nombre de carpeta de problema es no permitido, el programa lo advertirá indicando que se introduzca uno correcto. Una vez calculado el problema, se puede pasar al ordenador o mantener en la calculadora con otros problemas. Los archivos de cada problema son los mínimos para mostrar todos los datos y una vez cargados en memoria, los resultados se ofrecen en un segundo, que es lo que se tarda en ir al Menú Resultados desde el comienzo. Se puede dar una breve descripción del problema para recordar de donde se ha obtenido (libro, examen,...). Se almacena en la variable *info*.

Ejemplos de Problemas (son carpetas de TI 92 plus, máximo 8 caracteres)	Ejemplo de Descripción (en variable <i>info</i>)	Introducción en la calculadora
Mef1	Problema nº 1 de examen de Análisis de Estructuras, febrero 2004 (1a. semana)	1
MefRet12	Problema nº 12 de Reticuladas de Cálculo de Estructuras, de J.A. Corchero	Ret12



Seleccionando el tipo de estructura...

Primeramente, podremos optar por el tipo de estructura de entre las 4 señaladas: 1. Estructura toda Inextensible, 2. Estructura Extensible, 3. Emparrillado (plano), 4. Estructura Articulada.

Estructura a calcular.

Tanto la opción 1 como la 2 del menú PopUp pueden englobar estructuras mixtas en las que haya barras o vigas empotradas, articuladas con movimientos, etc. Una estructura es inextensible si no tiene desplazamientos producidos por alargamiento axial o longitudinal, siendo extensible en caso contrario. Un elemento puede ser inextensible en una estructura extensible, al igual que puede existir una barra articulada en una estructura extensible. Sin embargo, cuando se opta por las opciones 1 ó 4 del menú siguiente se entiende que todos los elementos presentan esa característica (inextensibles o articulados).



Respecto a la opción de Estructura toda Inextensible existe un submenú para elegir las variables de los grados de libertad en 2 órdenes distintos:

1. Inextensible 2=despl. y, 1=giro.
2. Inextensible 1=despl. y, 2=giro



Igualmente para Emparrillado existen 3 órdenes distintos para ofrecer los resultados de las matrices de rigidez:

1. Emparrillado 1=y, 2=z, 3=x
2. Emparrillado 1=x, 2=y, 3=z
3. Emparrillado 1=x, 2=z, 3=y

¿Para qué es bueno esto? Sirve para referenciar las matrices respecto a problemas con enfoques distintos según se nombren los grados de libertad al asignarlo a las direcciones del espacio.

Introduciendo los datos principales de la estructura...

Nudos.

Se nos pregunta primero el nº de nudos que hay en la estructura. Luego se introducen las coordenadas **globales** (referenciadas al Sistema Global cartesiano X, Y) de los nudos. Para nombrar el punto origen, se sitúa la estructura de tal forma que el nodo más hacia abajo y hacia la izquierda sea el (0,0); de no existir, fijar siempre el punto en esa zona y referenciar el primer nudo más próximo a dicho punto. No deben introducirse nudos con coordenadas negativas. Las coordenadas de los nudos pueden introducirse en formato simbólico e incluso con subíndices (por ejemplo: a1). Recuérdese que este programa trabaja con valores simbólicos. Para el **tipo de nudo** habrá 2: normal y en voladizo. Olvidar introducir bien el tipo dará errores de cálculo.

Apoyos.

Una vez introducidos los Nudos se ve el Menú de Apoyos. Se puede seleccionar:

F1 Apoyos	F2 Ayuda	F3 Ver Nudos	F4 Cambiar Nudos
------------------	-----------------	---------------------	-------------------------

➤ **F1 Apoyos:** Entra en el menú de introducción de datos de apoyos.

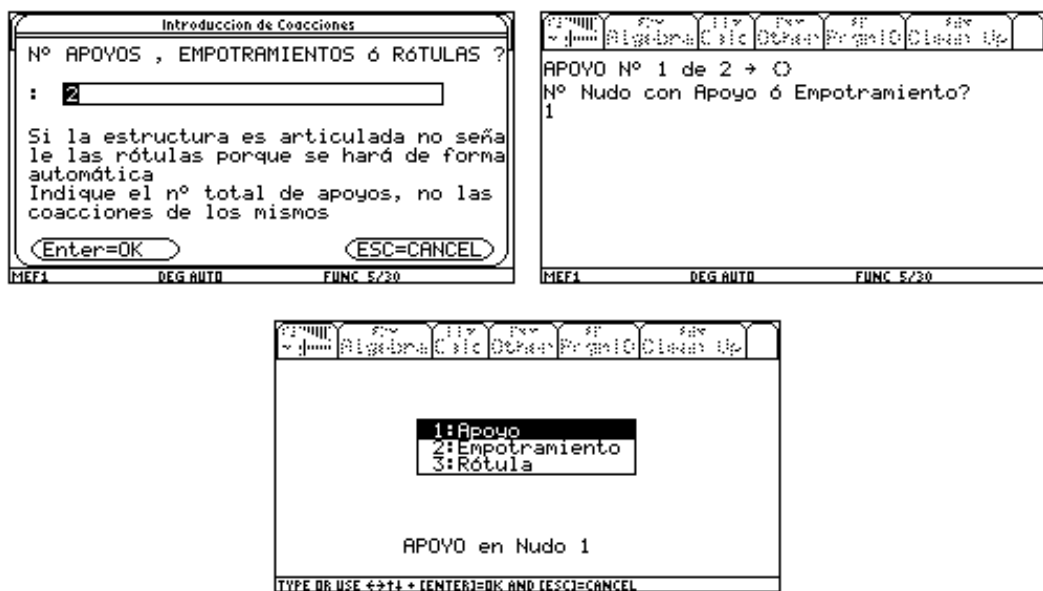
➤ **F2 Ayuda:** Se da una pequeña referencia de cómo se relacionan los apoyos con los grados de libertad.

➤ **F3 Ver Nudos:** Permite ver los nudos.

➤ **F4 Cambiar Nudos:** Permite cambiar los nudos, antes de seguir con los apoyos. Posteriormente se podrán volver a cambiar tanto los nudos como el resto de datos introducidos.

Primero se pregunta por el nº de apoyos, empotramientos (un apoyo-empotramiento tiene una o varias coacciones o impedimientos de libertad de movimientos para el elemento en el nodo) o rótulas que hay.

Si la estructura es articulada, no señale las rótulas nodales, pues el sistema se encarga automáticamente de ello. Si la estructura es extensible o inextensible puede tener apoyos-empotramientos y rótulas en nudos, por lo que deberá señalar todas las rótulas que haya aparte de los otros apoyos. En caso de que existan rótulas en la mitad del elemento se anotarán más adelante en el Menú Elementos. Otra clase de rótulas no están contempladas en esta versión del programa (rótulas no nodales que no estén situadas en la mitad del elemento).

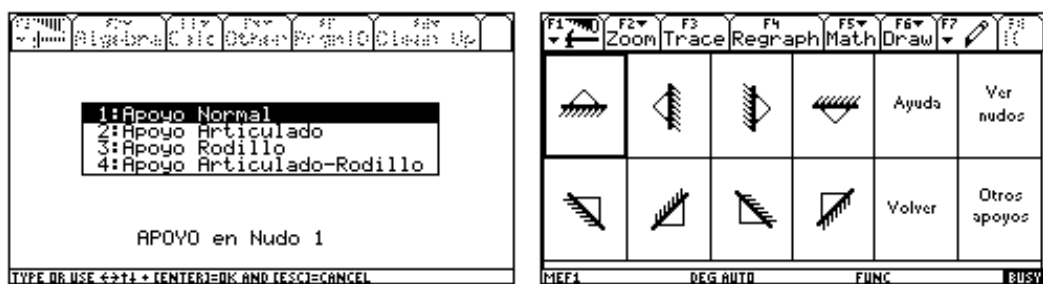


En definitiva, el sistema de introducción de datos permite seleccionar el tipo de apoyo, empotramiento o rótula, con lo que no es necesario la introducción de los grados de libertad, pues se ha codificado según la selección del usuario. Esto da un entorno más amigable al programa y evita confusiones. De la elección correcta de los apoyos dependerán los desplazamientos y reacciones, así como la matriz de rigidez en desplazamientos de la estructura, que es aquella formada exclusivamente por términos no nulos en desplazamientos. Debemos elegir secuencialmente según el tipo de apoyo:

1º) Entre Apoyo, Empotramiento o Rótula.

2º) Si es apoyo o empotramiento: entre si es normal, articulado, rodillo o articulado-rodillo.

Existen 8 dibujos por cada tipo de apoyo-empotramiento, según la inclinación del mismo. Está pensado para ángulos según 0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315 grados. Esto permitirá dibujar los apoyos en la estructura. Si un apoyo está realmente a 60 ° con respecto a la horizontal, no importa para nada en el cálculo, y se selecciona el más cercano, en este caso, 45 °.











A continuación se va a detallar qué tipos de apoyos-empotramientos son los reseñados:

La nomenclatura empleada indica:

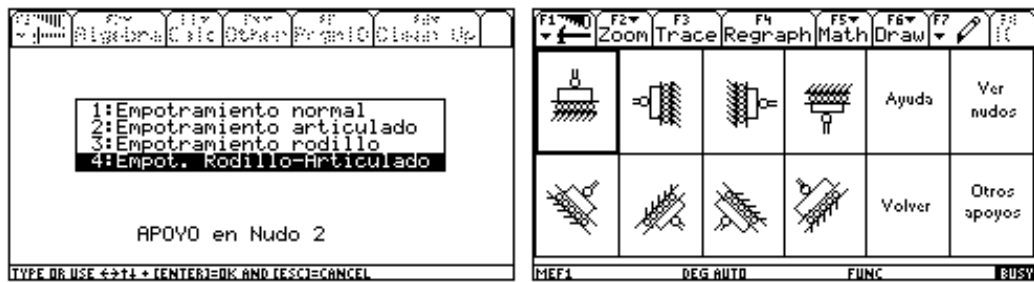
0 = No existe Desplazamiento o Reacción.

1 = Existe Desplazamiento o Reacción.

Tabla de coacciones y grados de libertad según los apoyos-empotramientos.

Tipo	Desplazamiento	Desplazamiento	Desplazamiento	Reacción	Reacción	Reacción
	x	y	θ	x	y	θ
	u	v	ω	Rx	Ry	M θ
Apoyo Normal 	0	0	1	1	1	0
Apoyo Articulado 	0	0	0	1	1	0
Apoyo Rodillo 	1	0	1	0	1	0
Apoyo Articulado-Rodillo 	1	0	1	0	1	0
Empotre Normal 	0	0	0	1	1	1
Empotre Articulado 	0	0	0	1	1	0
Empotre Rodillo 	1	0	0	0	1	1
Empotre Rodillo-Articulado 	1	0	0	0	1	0

Obsérvese que para los apoyos-empotres con rodillo, el desplazamiento está permitido en la dirección del rodillo (y la reacción en esa dirección es nula). En la tabla se ha considerado un rodillo horizontal (eje x), pero el programa permite rodillos verticales e inclinados. En esos casos, los valores cambiarán evidentemente. Ni que decir tiene que no es preciso conocer cada una de las combinaciones de la tabla para obtener los resultados, pues en los apoyos se introduce el icono del dibujo del apoyo que se selecciona. Sin embargo, una persona que maneje el programa debe conocer el significado de cada tipo de apoyo, sus coacciones y los grados de libertad asociados.



En las pantallas anteriores, se observan los gráficos para seleccionar un empotre rodillo-articulado horizontal (primer rectángulo arriba a la izquierda que está remarcado). Con el botón de las flechas de la calculadora, seleccionaremos el adecuado, al coincidir el marco rectangular con el apoyo requerido y luego pulsaremos ENTER (2 veces). De esta forma queda grabado en memoria y se pedirá posteriormente los datos del siguiente apoyo, o si es el último, pasará al Menú de Elementos.

Existen cuatro botones adicionales en dicha pantalla de selección de apoyo; para seleccionarlos habrá que pulsar también ENTER 2 veces:

Ayuda: Permite ver la ayuda para la introducción de datos en estas pantallas de apoyos.

Ver nudos: Permite ver los nudos momentáneamente, volviendo inmediatamente a la selección del apoyo actual, donde se estaba.

Volver: Permite reiniciar nuevamente todos los datos de los apoyos desde el principio (porque haya habido un error, por ejemplo) o seguir en la selección actual del apoyo, por si eligió esta opción erróneamente y no se quiere reiniciar todo.

Otros Apoyos: Si ha existido equivocación al seleccionar el apoyo último, permite volver a seleccionar el mismo cambiándolo y manteniendo en memoria lo anteriormente introducido para otros apoyos.

Elementos.

Una vez introducidos los Apoyos se accede al Menú de Elementos. Se puede seleccionar:



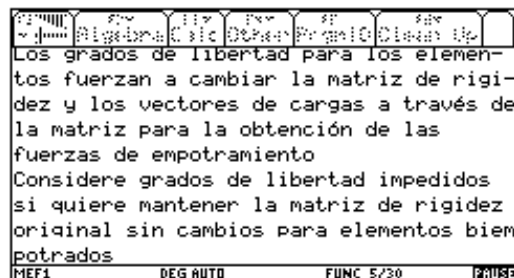
F1 Elementos	F2 Ver...	F3 Cambiar...	F4 Ayuda
---------------------	------------------	----------------------	-----------------

➤ **F1 Elementos:** Entra en el menú de introducción de datos de elementos.

➤ **F2 Ver...:** Permite seleccionar entre ver los Nudos y/o los Apoyos (que es lo único hasta ahora introducido).

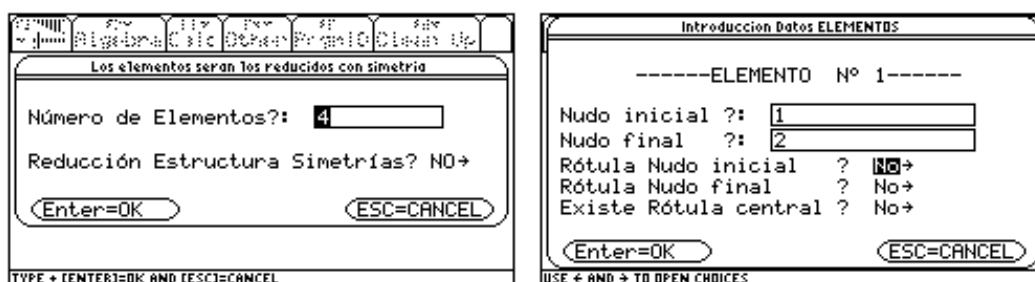
➤ **F3 Cambiar...:** Permite cambiar los datos de Nudos y/o Apoyos.

➤ **F4 Ayuda:** Introduce una ayuda informando como afecta la liberación de coacciones a la matriz de rigidez local de elemento.

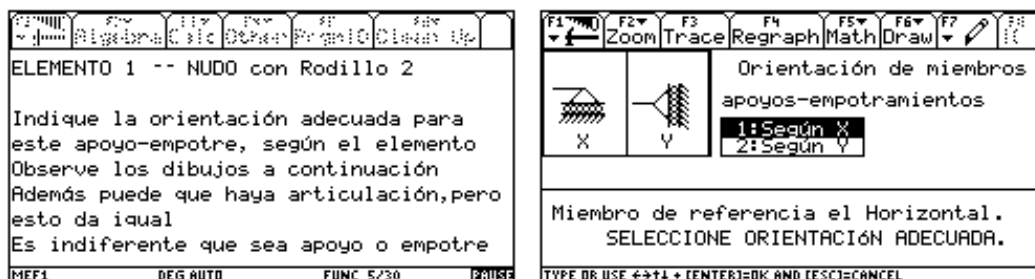


Se pregunta sobre el nº de Elementos y sobre si existen reducciones por simetrías. En este último caso se debe seleccionar entre "NO" o "SÍ". Cuando hay reducciones por simetrías, la calculadora reduce los grados de libertad y la matriz de rigidez a una estructura partida simétrica.

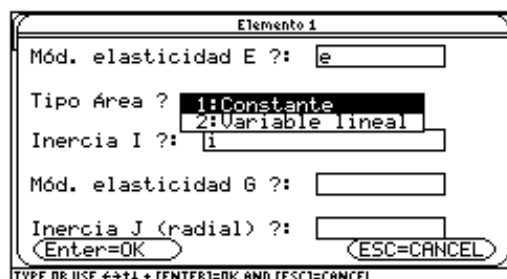
A continuación aparece el siguiente recuadro de diálogo **Introducción Datos Elementos**, donde se nos pregunta: nudo inicial, nudo final, si existen rótulas en los nudos inicial, final o si existe una rótula central. En el caso de una estructura articulada, las preguntas sobre rótulas en nudo inicial y final no existen (siempre habrá). Como las rótulas son casos especiales, siempre estas opciones estarán preconfiguradas como "No" (en el resto de estructuras), al menos que se cambie (pulsando la flecha derecha al estar activada, se logra seleccionar).



De existir apoyos o empotes con rodillos se pedirá la orientación con respecto al elemento, según se observa en las pantallas de abajo. Si el **rodillo** es **paralelo al elemento**, será **orientación según X**, y si es transversal, según el eje Y. No hay ningún problema de interpretación y además el programa, en estos casos, siempre lo recuerda y ofrece la información.



A continuación se preguntan los datos geométrico-físicos del elemento: módulo de elasticidad (o de Young) E, tipo de área (sección) A (constante o variable lineal), inercia I, módulo elasticidad G, inercia J radial.



Observaciones:

- 1) Si la estructura es extensible o articulada o inextensible, no es necesario escribir ni G, ni J, pues no se va a trabajar con estas variables.
- 2) Si la estructura es emparrillada no se debe dejar ningún espacio en blanco.
- 3) Si una estructura es articulada, no se debe poner valor alguno para I, pues no se va a utilizar, al no haber rigidez. Se deja en blanco la inercia I.

4) Puede usarse cualquier valor simbólico para las variables anteriores (E, A, I, G, J), incluso su propio valor (se puede llamar E a E). Sólo puede denominarse a los nudos inicial y final de cada elemento por números. El sistema sabrá si el número es válido (menor o igual que el nº de nudos dado, debe ser un nº entero positivo).

5) El área puede introducirse como **constante** o **variable lineal**. Si se introduce como variable lineal, aparecerá un submenú pidiendo el dato de la sección mayor (no es necesaria la otra sección menor). A continuación aparecerá al presionar ENTER en la primera pantalla, otra en la que se indican las ecuaciones empleadas en el cálculo de la rigidez equivalente, así como el área equivalente de acuerdo a los datos introducidos. En la siguiente se ofrece ya los cálculos de dichas dos variables tanto en formato decimal, como exacto fraccionario.

ELEMENTO Nº 1

SECCIÓN VARIABLE LINEAL ELEMENTO Nº 1

Escriba únicamente la sección mayor de las dos diferentes que halla en nudos

Sección Mayor?

: 12

Enter=OK ESC=CANCEL

MEF1 DEG AUTO FUNC 0/30

Cálculo de rigidez K

$P = K \cdot u_f = K \cdot \Delta L \rightarrow K = P / f[P \cdot dx / (E \cdot A)]$

$K = E / f[dx / A]$

$A = (secmáx - x) \cdot factor$

P=esfuerzo, K=rigidez, ΔL=alargamiento, secmáx=sección mayor de la barra, factor=conversión a unidad de medida de área (si secmáx en cm²→0.0001 a m²)

Enter=OK ESC=CANCEL

MEF1 DEG AUTO FUNC 0/30

Algebra Calc Oper Param Clear Up

Los cálculos efectuados e introducidos en las matrices de rigidez son:

Rigidez K = 5.48481494775

Rigidez K = -1/(ln(5/6))

Área equivalente A = 10.9696298955

A = 5484814947747/500000000000

MEF1 DEG AUTO FUNC 0/30 PAUSE

6) Los datos introducidos para E, A, I, J, G se recuerdan cada vez que se empieza otro elemento. Esto es bueno por si todos los elementos tienen algunos valores o todos iguales. Si no habrá que cambiarse.

No tiene efecto negativo poner valor a una variable si no va a necesitarse en el cálculo, pero es como si no se hubiera introducido nada al no servir. Si el valor introducido es erróneo y pulsamos ENTER, no avanza la pantalla, permaneciendo así hasta que se corrija el error (por ejemplo, si introducimos para E, los caracteres "≡3"). Si no hemos introducido todos los valores necesarios y pulsamos ENTER, la pantalla sigue igual, pero sin borrar los datos ya introducidos (esto para esta parte y para todas las del programa). No debe preocuparse el usuario si se equivoca en la introducción pues el programa está pensado para no salirse NUNCA por entrada errónea, incluso si se pulsa ESC en los cuadros de diálogo, pero se genera un bucle para corregir. Aún así puede haber habido algún olvido en algún submenú y no contar con esta ventaja, pero mi intención es que no sucediera nunca, para conseguir un programa *robusto*.

Cargas en Nudos.

Una vez introducidos los Apoyos se ve el Menú de Elementos. Se puede seleccionar:

F1 F2 F3

Cargas Ver... Cambiar...

MEF1 DEG AUTO FUNC 0/30

F1 Cargas	F2 Ver...	F3 Cambiar...
------------------	------------------	----------------------

➡ **F1 Cargas:** Entra en el Menú de Cargas.

➤ **F2 Ver...:** Permite seleccionar entre ver los Nudos, Apoyos y/o Elementos (que es lo hasta ahora introducido).

➤ **F3 Cambiar...:** Permite cambiar los datos de Nudos, Apoyos y/o Elementos.

Una vez introducidos los datos en los elementos, se pasa a las cargas. Se pregunta por el nº de nudos cargados. Posteriormente en el cuadro de diálogo se introduce: nº nudo cargado, el valor de la carga (eje x, eje y, momento), presentándose en la pantalla un recordatorio del convenio de las cargas en los nudos. Posteriormente hay que introducir si se pasa a otro nudo, si se avanza o si existe otra carga en el mismo nudo. Se deben rellenar todos los huecos de carga (X, Y y Momento). Si no hay de algún tipo, hay que ingresar 0.

The first screenshot shows the 'CARGAS EN NUDOS' screen with the prompt 'Número de Nudos cargados?' and the value '1'. The second screenshot shows the 'Cargas en Nudos' dialog box with fields for 'Número de nudo?' (1), 'Carga Eje X?' (0), 'Carga Eje Y?' (-1), and 'Carga Momento?' (0). It also includes a convention table and 'Enter=OK' and 'ESC=CANCEL' buttons. The third screenshot shows a menu with options: '1: Otro Nudo', '2: Avanzar', and '3: Otra Carga en mismo Nudo'.

En caso de que exista una carga nodal inclinada habrá que abatirla según los ejes X, Y y el ángulo entre los mismos, realizando una proyección sobre cada eje y considerando la parte de cada uno al introducirlo. En caso de que existan varias cargas del mismo tipo en el mismo nudo, introduciremos su suma, que es más rápido que andar introduciendo cada una por separado.

Cargas en Elementos.

Introducidas las cargas en los nudos continuamos con las de los elementos. Antes de introducir nada, existe una advertencia y es que las cargas especiales en elementos (desajustes elemento, cargas térmicas, apoyos elásticos y asentamiento apoyos), se introducen posteriormente en Cargas en Condiciones Especiales. De existir cargas múltiples en elementos, se pide el nº mayor de cargas múltiples en los elementos; en caso contrario se puede dejar vacía la casilla (o marcar 0).

The first screenshot shows the 'CARGAS EN ELEMENTOS' screen with a warning message: 'No incluir aquí cargas especiales como: desajustes elemento, cargas térmicas, apoyos elásticos, asentamiento apoyos... Se introduce en condiciones especiales después.' The second screenshot shows the 'Cargas en Elementos' dialog box with fields for 'Nº Elementos Cargados?' (1) and 'Nº Cargas Múltiples?' (blank). It includes instructions and 'Enter=OK' and 'ESC=CANCEL' buttons.

Después introducimos el elemento donde está la carga, su multiplicidad (si no tiene se deja en blanco) y el tipo de carga (puntual, momento, distribuida rectangular, distribuida triangular), que se selecciona de un recuadro emergente con el botón de flechas. De momento, para las cargas distribuidas triangulares solo se pueden calcular si recubren toda la longitud del elemento, pues estoy buscando los valores de momento de empotramiento y reacciones cuando las cargas no empiezan ni acaban en los nudos. Nuevamente se recuerdan los convenios en pantalla.

Cargas en Elementos

Nº Elemento ? : 1

Nº Multiplicidad ? :

Tipo Carga : Puntual

CONVENIO: Eje X (+) si →

Eje Y (+) si ↑↑

Momento (+) si antihorario

Enter=OK ESC=CANCEL

USE ← AND → TO OPEN CHOICES

Cargas en Elementos

Nº Elemento ? : 1

Nº Multiplicidad ? :

Tipo Carga

1:Puntual

2:Momento

3:Distribuida Rectangular

4:Distribuida Triangular

CONVENIO: E

Eje Y (+) si ↑↑

Momento (+) si antihorario

Enter=OK ESC=CANCEL

MEF1 DEG AUTO FUNC 3/20

CARGA DISTRIBUIDA RECTANGULAR UNIFORME

ELEMENTO Nº 1 , multiplicidad nº 1

Orientación ? >>> Eje Y (arriba)→

Carga Unidad long.?: -q

Distancia a nudos(coordenadas locales)

Dist. a izquierdo ? : 5

Dist. a derecho ? : 3

Enter=OK ESC=CANCEL

MEF1 DEG AUTO FUNC 10/20

Una vez se ha seleccionado el tipo de carga, se piden más datos: orientación según eje x (derecha o izquierda) o según eje y (arriba o abajo), carga, distancia a nudos... Esto variará ligeramente según sea el tipo de carga elegida. Por otra parte, la multiplicidad será siempre 1 para todos los elementos si no existía o era 1. De haber multiplicidad mayor que 1, se irán introduciendo datos para cargas con una asignación de multiplicidad que le iremos dando a medida que las introducimos, para asociarlas posteriormente a la hora de realizar los cálculos. La distinción entre arriba-abajo para eje y y derecha-izquierda para eje x sirve para ubicar el dibujo de la carga y se refiere al enlace respecto al elemento. En definitiva, no hay diferencia para la carga al poner eje y "arriba" frente a eje y "abajo", salvo la gráfica presentada.

Condiciones especiales.

Pasamos a las condiciones especiales. El Menú Condiciones Iniciales contiene:

1: Asentamiento Apoyos, 2: Apoyos Elásticos, 3: Apoyos Inclinaados, 4: Cargas Térmicas, 5: Desajuste longitud elemento, 6: No hay condiciones especiales, 7: Borrar condiciones especiales.

F1

Condiciones especiales

1:Asentamiento apoyos

2:Apoyos elásticos

3:Apoyos inclinados

4:Cargas térmicas

5:Desajuste longitud elemento

6:No hay condiciones especiales

7:Borrar condiciones especiales

TYPE OR USE ←+1+ (ENTER)=OK AND (ESC)=CANCEL

➤ 1: Asentamiento Apoyos.

Algebra Calc Oper PrntG Clean Up

Asentamiento de Apoyos

Elemento donde hay ? : 1

Valor δ ? : -0.001

Apoyo ?... Inicial de Elemento→

Enter=OK ESC=CANCEL

ASENTAMIENTO DE APOYOS

Descenso en apoyos→(-);Ascenso→(+)

TYPE + (ENTER)=OK AND (ESC)=CANCEL

Ascensos o descensos en apoyos. Se pide el elemento, su valor (con signo) y si el apoyo es inicial o final del elemento. El convenio es: descenso (-) y ascenso (+).

➤ 2: Apoyos Elásticos.

Algebra	Calc	Other	Print	Clear	Up
APOYOS ELASTICOS					
Elemento donde hay ? : 2					
Apoyo?... Ambos (inicial y final)					
Apoyo k_u (en x)? : 0					
Apoyo k_v (en y)? : 100					
Apoyo k_θ (en z)? : 0					
<input type="button" value="Enter=OK"/> <input type="button" value="ESC=CANCEL"/>					
APOYOS ELASTICOS EN NUDOS					
MEF1	DEG AUTO				FUNC 3/30

Pide el elemento, si el apoyo es inicial, final o está en ambos nudos del elemento y los valores de la constante elástica en las diferentes direcciones coordenadas.

➤ 3: Apoyos Inclinados.

Algebra	Calc	Other	Print	Clear	Up
APOYOS INCLINADOS					
Nº Apoyos Inclinados ?					
11					
MEF1	DEG AUTO				FUNC 0/30

Algebra	Calc	Other	Print	Clear	Up
APOYO INCLINADO 1 de 1					
Nº NUDO donde hay apoyo inclinado ?					
1					
Nº ELEMENTO donde está dicho apoyo ?					
1					
MEF1	DEG AUTO				FUNC 0/30

Algebra	Calc	Other	Print	Clear	Up
Al considerar luego un cambio de ejes, tómese el grado libertad x del apoyo con rodillo como el de la barra Cambie en 'Apoyos' si es preciso libre en x no en y para dicho Elemento					
MEF1	DEG AUTO				FUNC 0/30 PAUSE

Pregunta sobre el nº de apoyos inclinados, nudos donde están y elementos asociados. Anesmef es capaz de calcular nudos inclinados múltiples y presenta la matriz de rigidez de acuerdo a estos nudos y los cálculos correspondientes. La 3ª pantalla (de ayuda) sirve para recordar las referencias de cambio de sistema de coordenadas para ejes inclinados.

Si un apoyo es incompatible, el programa lo detectará y pedirá que se revise. La incompatibilidad puede deberse fundamentalmente a que el apoyo no tiene libertad en el eje x.

Algebra	Calc	Other	Print	Clear	Up
APOYO INCLINADO 1 de 1					
Nº NUDO donde hay apoyo inclinado ?					
3					
Nº ELEMENTO donde está dicho apoyo ?					
11					
MEF1	DEG AUTO				FUNC 4/30

Algebra	Calc	Other	Print	Clear	Up
Apoyo Inclinado Incompatible no libre de movimientos en eje X Vuelva a introducir los datos o revise los apoyos Introduzca nuevamente los apoyos inclina- dos o borre datos Condiciones Iniciales y empiece de nuevo					
MEF1	DEG AUTO				FUNC 4/30 PAUSE

➤ 4: Cargas Térmicas.

Algebra	Calc	Other	Print	Clear	Up
Cargas térmicas					
Elemento donde hay ? : 1					
Tipo carga ? Carga térmica uniforme					
Coef.dil.térmica α ? : 0					
<input type="button" value="Enter=OK"/> <input type="button" value="ESC=CANCEL"/>					
CARGAS TÉRMICAS EN ELEMENTOS					
TYPE + (ENTER)=OK AND (ESC)=CANCEL					

Pregunta el elemento donde hay, el tipo de carga (uniforme o T^a diferentes caras) y el coeficiente de dilatación térmica α .

- **Uniformes.**

Pregunta la temperatura de cambio con el signo correspondiente, según aumento o disminución de T .

- **T^a diferentes caras.**

Se pide las temperaturas mayor, menor y la anchura del elemento.

➤ 5: Desajuste longitud Elemento.

Se pide el elemento y el valor del desajuste (el alargamiento es positivo, con signo +).

➤ 6: No hay condiciones iniciales.

Elija esta opción si realmente no hay condiciones iniciales.

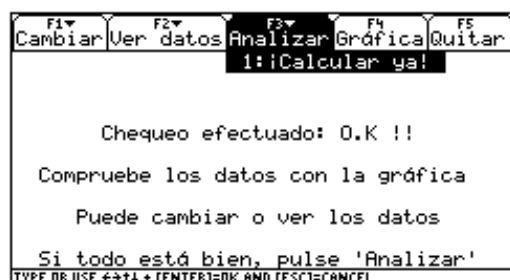
➤ 7: Borrar condiciones iniciales.

Borra todas las condiciones iniciales en memoria para comenzar a introducirlas de nuevo.

Comenzando los cálculos...

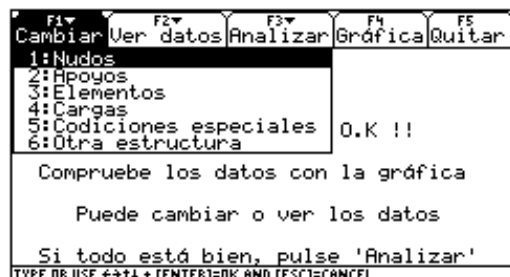
Una vez llegado a este punto, el programa hará un rápido chequeo y preparará Anesmef para calcular, mostrando el proceso de generación gráfica de la estructura, con sus elementos, apoyos, cargas...

El menú mostrado es:



F1 Cambiar	F2 Ver Datos	F3 Analizar	F4 Gráfica	F5 Quitar
-------------------	---------------------	--------------------	-------------------	------------------

➡ F1: Cambiar.



Permite cambiar los datos introducidos seleccionando: *nudos*, *apoyos*, *elementos*, *cargas*, y *condiciones especiales* de manera individual, o bien, permite comenzar una nueva estructura mediante *otra estructura*.

Anteriormente en cada paso de introducción de datos se recordará que se mencionó la posibilidad de cambiar los datos de todos los precedente. No es necesario ver en cada paso los datos metidos, simplemente en cada menú de inicio de datos existe la posibilidad de cambiar cualquier dato anterior (no solo el inmediatamente anterior). Podemos tener la seguridad plena que si los datos están bien introducidos y se muestran bien, se calcularán correctamente. Posteriormente en los resultados podrá nuevamente cambiarse datos y recalcular todo otra vez. Esto es útil para cálculos múltiples variando pocos datos.

➡ F2: Ver datos.

Muestra los datos guardados, para **nudos**, **apoyos**, **elementos**, **cargas en nudos**, **cargas en elementos** y **condiciones especiales**, seleccionando el ítem.

Las siguientes pantallas muestran las coordenadas de los nudos, los grados de libertad de los apoyos (valen 1), y las cargas en elementos, respectivamente. En la pantalla de los nudos existe una 4ª columna "Volado" (1=si hay nudo en voladizo)

"NUDO"	"COORD X"	"COORD Y"	"VOLADO"
1	0	0	1
2	1	0	0
3	3	0	0

"NUDO"	"COORD X"	"COORD Y"	"COORD θ"
1	1	0	0
3	0	0	1

Algebra	Calc	Other	Prgram	IO	Clear	Up
"ELEMENTO"	"EJE"	"TIPO"	"CARGA"	"ZC"		
1	"x+"	3	100	0		
2	0	0	0	0		

MEF1 DEG AUTO FUNC 0/20 PAUSE

Para las condiciones especiales existen 2 formas de mostrar la información:

Algebra	Calc	Other	Prgram	IO	Clear	Up
1:Matriz Condiciones Especiales 2:Descenso en Nudos 3:Apoyos Elásticos 4:Apoyos Inclinaados 5:Cargas Térmicas 6:Desajuste Longitud Elemento 7:Salir del Menú						
TYPE OR USE <+>+ (ENTER)=OK AND (ESC)=CANCEL						

1) En conjunto: se presenta una matriz con todas las variables por elementos.

Algebra	Calc	Other	Prgram	IO	Clear	Up
elemento	δ_{desc}	$elas(i, f, i - f)$	ku	k'		
1	$-\frac{1}{1000}$	0	0	0		
2	0	2	0	1		

MEF1 DEG AUTO FUNC 0/20 PAUSE

2) Desglosada, según la carga especial de que se trate.

Algebra	Calc	Other	Prgram	IO	Clear	Up
CONDICIONES ESPECIALES						
Descenso en nudos						
"Elemento"	1	2				
δ	$-\frac{1}{1000}$	0				

MEF1 DEG AUTO FUNC 0/20 PAUSE

Algebra	Calc	Other	Prgram	IO	Clear	Up
CONDICIONES ESPECIALES						
Apoyos elásticos						
"Elemento"	1	2				
ku	0	0				
k_v	0	100				
k_θ	0	0				

MEF1 DEG AUTO FUNC 0/20 PAUSE

Algebra	Calc	Other	Prgram	IO	Clear	Up
Cargas térmicas en Elementos						
"Elemento"	1	2				
α	$\frac{1}{10000}$	0				
t	25	0				
t_1	0	0				
t_2	0	0				
h	0	0				

MEF1 DEG AUTO FUNC 0/20 PAUSE

Algebra	Calc	Other	Prgram	IO	Clear	Up
CONDICIONES ESPECIALES						
Desajuste Longitud en Elemento						
No hay desajustes						

MEF1 DEG AUTO FUNC 0/20 PAUSE

➡ F3: Analizar.

Comienza con los cálculos de la estructura. El tiempo de cálculo es muy variable. Generalmente las estructuras articuladas son más rápidas, mientras que si existen apoyos inclinados los cálculos se ralentizan un poco. Existen indicaciones de las operaciones que se van desarrollando en el cálculo, así como el progreso mediante símbolos.

➡ F4: Gráfica.

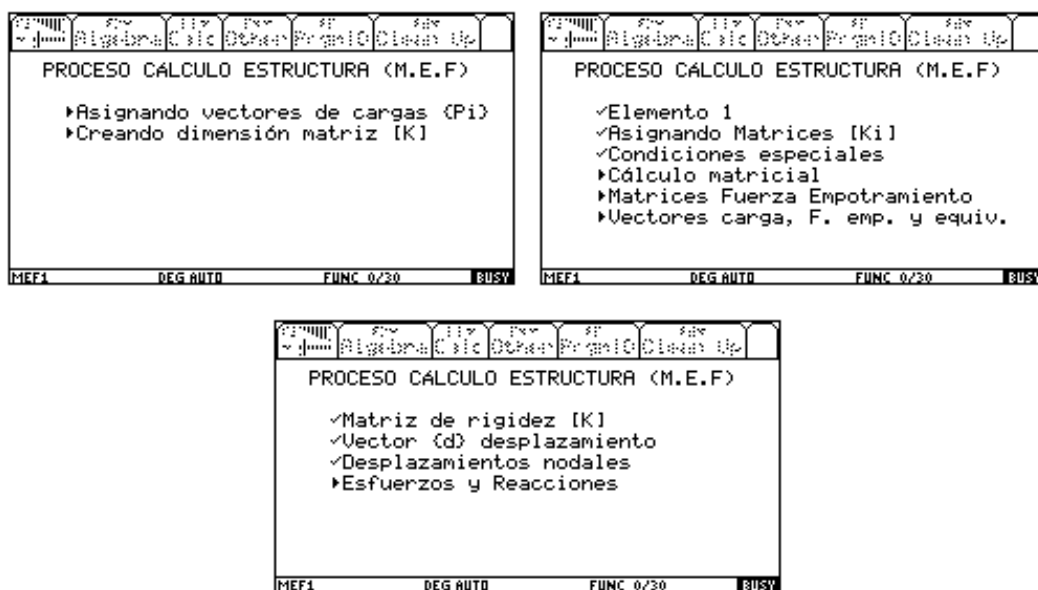
Muestra un dibujo del contorno geométrico de la estructura, sus apoyos y sus cargas, que ya se vio rápidamente en el chequeo. Más adelante en otra versión, quiero poner el dibujo de la deformada elástica y los gráficos de axiles, cortantes y flectores.

➡ F5: Quitar.

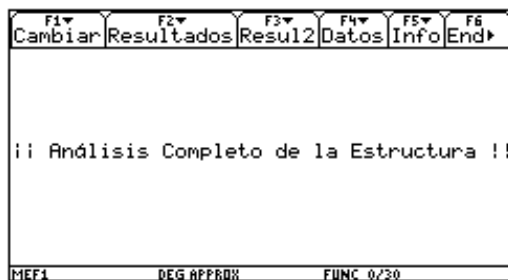
Finaliza el programa permitiendo salvar los datos del problema, salir borrándolos definitivamente o bien ir al [Menú Resultados](#). Puede parecer que carece de sentido tener la posibilidad de acudir a dicho menú si no se han analizado los datos mediante [F3: Analizar](#), pero pudiera interesar guardar los datos y comenzar otro problema distinto, por ejemplo...por esto existe esa posibilidad.

Calculando la estructura: F3: Analizar...

Estas son algunas de las pantallas que se muestran en el transcurso del cálculo en los que se muestra un indicador de cálculo completado:



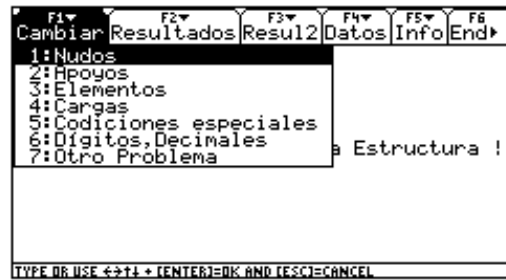
Una vez efectuados todos los cálculos,, llegamos a la pantalla principal del [Menú Resultados](#), desde la que accederemos a todas las acciones que queramos hacer tanto de cambios como de resultados. Al efectuarse un resultado, se vuelve a esta pantalla siempre (mientras que nos queramos mantener en este menú).



Este menú consta de:

F1 Cambiar	F2 Resultados	F3 Resul2	F4 Datos	F5 Info	F6 End
-------------------	----------------------	------------------	-----------------	----------------	---------------

➡ F1: Cambiar.



Permite cambiar: **nudos, apoyos, elementos, cargas, condiciones especiales** y también los **dígitos y decimales**. Se puede elegir **otro problema** para calcular o para introducir datos.

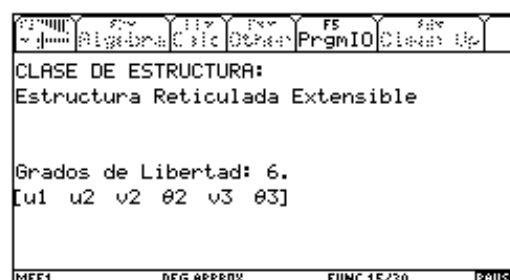
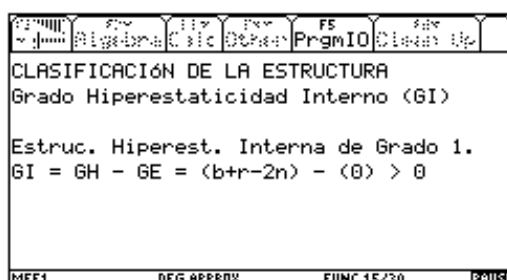
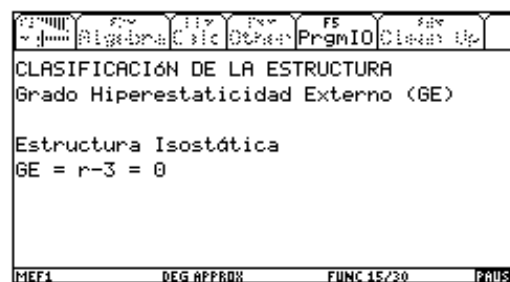
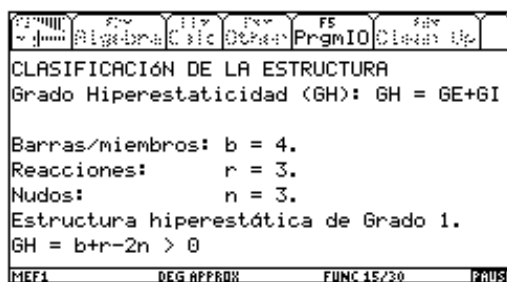
➡ F2: Resultados.

En este epígrafe se aglutina la mayor parte de los resultados o cálculos llevados a cabo en Anesmef (hay una pequeña parte en **F3: Resul2**).



El submenú **F2: Resultados** consta, como puede verse en la pantalla, de las siguientes selecciones:

1. CLASIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA



Da el nº de elementos (barras/elementos) b , reacciones r y nudos n . Clasifica la estructura de acuerdo a la ecuación $b+r-2n$ para el grado de hiperestaticidad GH . Como el externo es $GE=r-3$, se puede calcular fácilmente el interno GI

como $GI=GH-GE$.

Si GH es menor que 0 será hiperestática, de grado de hiperestaticidad, el n° resultante. Si es mayor que 0 será mecanismo (inestable), siendo isostática si la ecuación es 0.

2. HALLAR [K] LOCAL DE LA BARRA

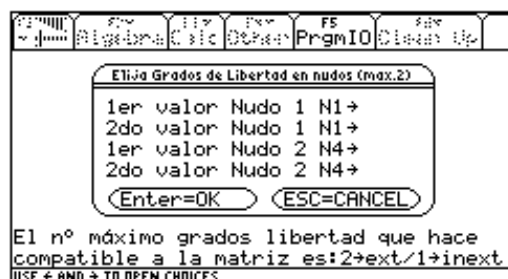
Anesmef es un programa *Paso A Paso*. Podemos ver en este apartado el cálculo pormenorizado de la matriz de rigidez de un elemento que tiene algún grado de libertad. Este programa ideado también por mí, se llama Rigical v. 1.1, en sí es independiente, aunque lo he adaptado a Anesmef. No hay restricción a los grados de libertad introducidos en los elementos, es decir, se puede calcular una matriz no basada en los datos introducidos previamente. Podría haberlo restringido. Si no lo he hecho ha sido para abrir la posibilidad de hacer algún cambio con alguna matriz local calculada de esta manera (con algún grado de libertad adicional) para cambiar luego en los datos de Anesmef.

Esto solo vale para elementos extensibles e inextensibles y no para emparrillados y articulaciones. Se puede elegir el desarrollo: Paso a Paso o Directo al resultado.



El n° máximo de grados de libertad en un elemento depende de si es extensible (2) o inextensible (1).

- Caso extensible.

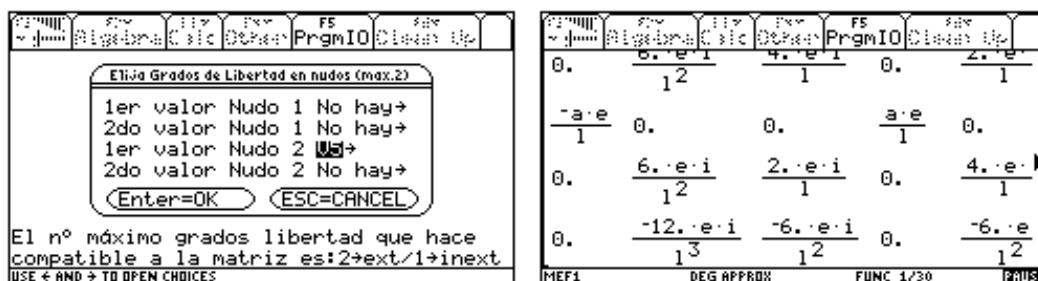


Para el nudo 1 se podrán seleccionar los grados de libertad: N1 (desplazamiento x), V2 (desplazamiento y) y M3 (giro en θ), y para el Nudo 2 habrá: N4 (desplazamiento x), V5 (desplazamiento y) y M6 (giro en θ).

- Caso inextensible.

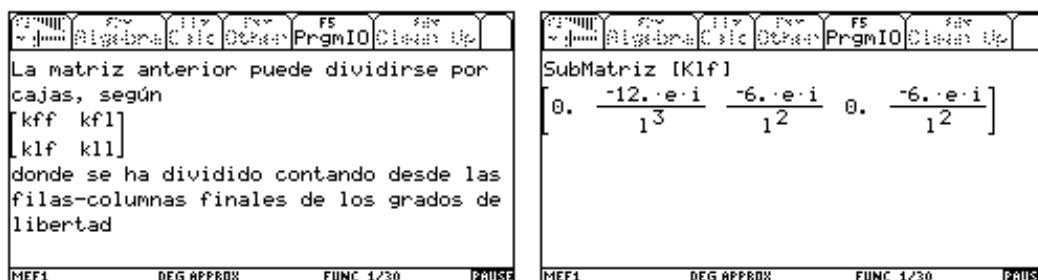
Como hay dos subcasos, en total habrá 4 grados: M1, V2, M3, V4 para el 1º y V1, M2, V3, M4, para el 2º donde M hace referencia al giro y V al desplazamiento vertical y.

Supongamos que queremos saber la matriz de rigidez local de un elemento que tiene el apoyo final (2) movimiento vertical, es decir, únicamente tendrá V libre en el nudo 2 que corresponde en el caso extensible a 5, luego será V5 libre. (Esto es fácil verlo en el programa).

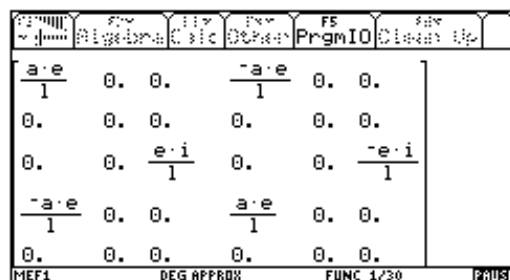
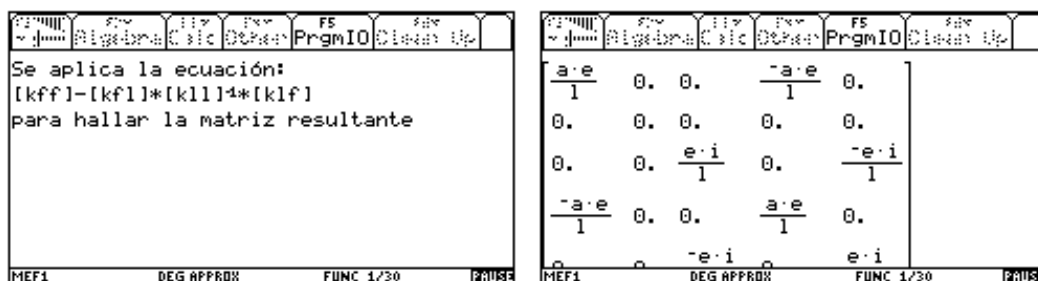


Respecto a la matriz de rigidez biempotrada, se reordenan las filas y columnas correspondientes a los grados de libertad introducidos, llevándose estas filas y columnas al final de todas. Entonces quedaría la siguiente matriz, donde se observa el cambio con respecto a la biempotrada (últimas filas). La matriz se puede ver moviendo el cursor en la calculadora. A continuación, se da información de la división por cajas de la matriz, mostrando en pantalla la subdivisión de las mismas. En la pantalla se presenta [Klf].

La posición relativa de las submatrices de las cajas anteriores las da los grados de libertad asignados. En la pantalla se muestra la submatriz [Klf], en la calculadora se presentan en forma secuencial todas.



Se indica la ecuación matricial para hallar la matriz resultante y posteriormente se calcula, mostrándola. La matriz es 5x5 pues solo había un grado de libertad. Ahora solo hace falta orlar de ceros las filas y columnas 5ª que corresponde al grado de libertad del elemento (V5). Si hubieran sido 2 grados de libertad habría que haber orlado 2 filas y columnas sobre una matriz 4x4.

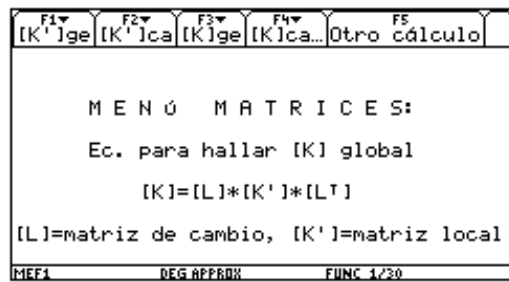


El resultado final corresponde a la matriz pedida. Evidentemente, el cálculo es más rápido si no se hace Paso a Paso, pero así se muestran todos los resultados intermedios, para realizarlos de manera “manual” (o ver cómo se obtendrían). Al final existe una selección entre:

1. Otro cálculo de matriz, 2. Mostrar nuevamente la matriz, 3. Menú Resultados de Anesmef

que no precisan mayor explicación.

3. MENÚ MATRICES [K], [L],...



En este menú aparecen todas las matrices de barras de elementos, tanto calculadas (con los datos) como genéricas (en variables E, A, I,...), locales como globales, así como las submatrices [K11], [K12], [K21], [K22]. Comienza preguntando por un elemento, y ofrece una barra de menú ordenada por tipos que presentan el resultado respecto a dicho elemento.

F1: [K']ge >> presenta matrices y submatrices **genéricas en el sistema local** del elemento. K' hace referencia a la matriz de barra local, L es la matriz de cambio de sistema local a global, L^T es la transpuesta a la anterior, L_d es la submatriz de cambio anterior, L_d^T su transpuesta; el resto son las submatrices K'11, K'12, K'21, K'22.

F2: [K']ca >> tiene los mismos resultados que [K']ge pero ahora son los calculados con los datos introducidos.

F3: [K]ge >> ofrece la matriz **K** y las submatrices **genéricas en la referencia global del sistema**.

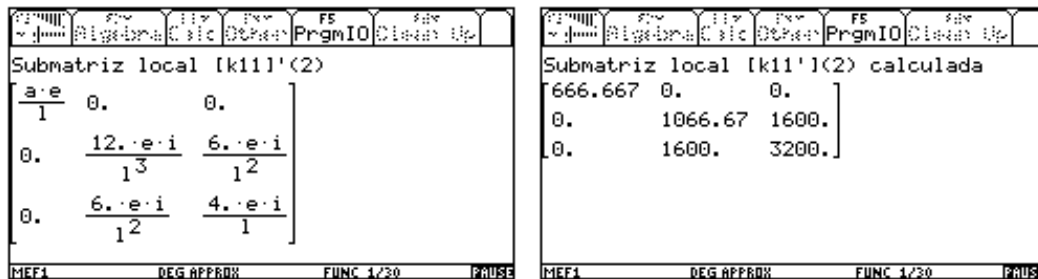
F2: [K]ca... >> ofrece las matrices globales de los elementos calculadas junto con la matriz de cambio R para hallar los apoyos inclinados, así como su submatriz Rd, así como la longitud y el ángulo del elemento (recuérdese que los datos para los elementos se introducían por coordenadas de nudos). Si no hay apoyo inclinado, se indica que no existe en el elemento elegido.

F5: Otro cálculo >> tiene un menú PopUp que hace elegir:

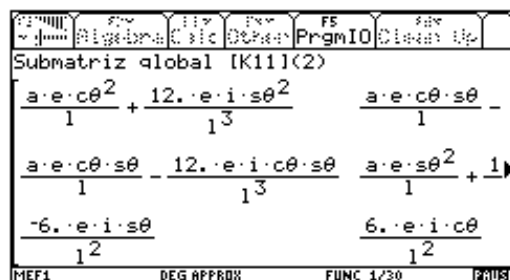
1. Otro elemento, 2. Menú Otros Cálculos, 3. Seguir Menú Matrices

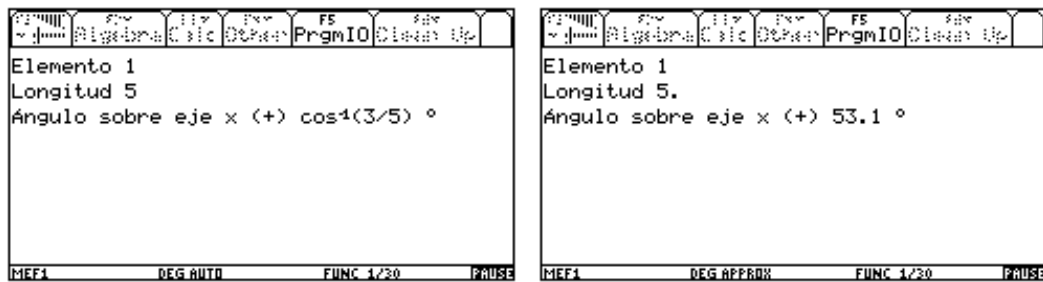
Con el menú 2 volvemos al Menú de Resultados.

Ejemplos de pantallas de resultados:



No hace falta hacer ningún comentario adicional, salvo que el n° entre paréntesis indica el elemento, en este caso 2. La matriz en memoria es: kg112 (g= genérica, 2=elemento). Al lado está la matriz anterior calculada. La matriz en memoria es Kc112. (c=calculada).





La correspondiente matriz global. Su valor en memoria es Kkg112. El formato cθ, sθ para el coseno y el seno lo elegí por ser más corto y más visible en las presentaciones. Al lado está la presentación de la longitud y el ángulo de un elemento, y la ventaja de tener cambios decimales automáticos sin abandonar el programa.



Indicación de que no existe submatriz Rd por no haber apoyos inclinados. La matriz de cambio L1 calculada (Lc1 en memoria), y la matriz Ld1 genérica.

4. MENU CARGAS {vcg}, {fem}, {pi}...

Da información de las cargas de todo tipo en el elemento seleccionado. Si existe multiplicidad de cargas, informa de las cargas por cada multiplicidad, si solo existe una, la multiplicidad marca 1. Las multiplicidades se marcan por una letra al final de cada variable, incrementándose en orden alfabético.

De esta forma, por ejemplo, el vector de cargas global para el elemento 1, siendo el nudo 1º el 1 y el nudo 2º el 2, sería con la multiplicidad 3: Vcg12c (que es el mismo que Vcg21c).



Las diferentes barras del MENU CARGAS son las siguientes:

F1: {VecCarg} >> 1. {Vcg}, 2. {Vcl}

$\{Vcg\}$ = vector de cargas global, $\{Vcl\}$ = vector de cargas local

--	--

Ejemplo: $Vcl12a = Lc1 * Vcg12a$, donde $lc1$ es la matriz de cambio del elemento 1 (para variables internas).

Para ver el detalle de las relaciones entre las ecuaciones de los vectores de carga globales y locales hay que acudir al **submenú 8 de resultados: Fuerzas Empotr. y Equiv.**, donde se detallan secuencialmente, aparte de las otras ecuaciones que aparecen en este apartado.

Los valores de las ecuaciones son: $Vcg = F$ y $Vcl = f$ en las ecuaciones definidas para las variables cuando se presentan allí. Estas variables son muy poco expresivas para asignarlas como variables por lo que opté por la otra nomenclatura.

Los valores en memoria serían Vcg o Vcl seguido del nudo 1º, nudo 2º y la multiplicidad en letra. En pantalla se presentan los vectores transpuestos, para que quepan.

F2: [Cu]

[Cu] = matriz para hallar fuerzas de empotramiento.

--	--

Está compuesta por las reacciones en el nudo y el momento ambos divididos por la carga, en términos generales. La ubicación de los términos depende del tipo de carga y generalmente sus términos tienen el signo cambiado, como así lo están también las fuerzas de empotramiento. Esta forma de establecer cálculos proviene de una idea basada al observar la resolución de un problema y no tiene soporte teórico; sin embargo, yo he ideado todas las formas en que los términos se introducen en dicha matriz partiendo de que el vector de cargas global tiene que contener el término adecuado (si es carga según eje $x > 1$ er término, carga vertical según $y > 2$ º término y momento > 3 er término).

Para ver el detalle de las matrices Cu hay que acudir al **submenú 8 de resultados: Fuerzas Empotr. y Equiv.**, donde se detallan secuencialmente, aparte de las otras ecuaciones que aparecen en este apartado y se da información teórica. Esta matriz es nula si la carga es nodal. Para cargas puntuales en nodos se sigue otro cálculo distinto.

F3: {FuEmp} >> 1. {Fem} , 2. {Femp}

$\{Fem\}$ = Fuerzas empotramiento cargas normales.

$\{Femp\}$ = Fuerzas empotramiento cargas totales (incluye las cargas térmicas, asentamientos en apoyos, desajuste longitud en elementos, es decir, las cargas especiales aparte de las normales).

Algebra	Calc	Other	F5	PrgmIO	Clean Up
Fuerzas Empotramiento Cargas Normales (Carga: a) Nudo Inicial fem12aT= [-150. 200. 125.] Nudo Final fem21aT= [-150. 200. -125.]					
MEF1	DEG APPROX	FUNC 1/30	PAUSE		

Algebra	Calc	Other	F5	PrgmIO	Clean Up
Fuerzas Empotramiento Cargas Totales (Carga: a) Nudo Inicial femp12aT= [-145. 200. 125.] Nudo Final femp21aT= [-155. 200. -125.]					
MEF1	DEG APPROX	FUNC 1/30	PAUSE		

Ejemplo: $Fem12a = Cu12a * Vcl12a$, donde Cu = matriz para hallar fuerzas empotramiento y Vcl = vector de cargas local.

Si la multiplicidad es 1 en el elemento (solo hay una carga no nodal, independientemente de las especiales), entonces $Fem12a = Fem12$ y $Femp12a = Femp12$.

Más detalles en **submenú 8 de resultados: Fuerzas Empotr. y Equiv.**

F4: {FuEqv} >> 1. {Feq}, 2. {Feqv}

{Feq} = Fuerzas equivalentes cargas normales.

{Feqv} = Fuerzas equivalentes cargas totales (incluye las cargas térmicas, asentamientos en apoyos, desajuste longitud en elementos, es decir, las cargas especiales aparte de las normales).

Algebra	Calc	Other	F5	PrgmIO	Clean Up
Fuerzas Equivalentes Cargas Normales (Carga: a) Nudo Inicial feq12aT= [250. 0. -125.] Nudo Final feq21aT= [250. 0. 125.]					
MEF1	DEG APPROX	FUNC 1/30	PAUSE		

Algebra	Calc	Other	F5	PrgmIO	Clean Up
Fuerzas Equivalentes Cargas Totales (Carga: a) Nudo Inicial feqv12aT= [247. -4.32 -125.] Nudo Final feqv21aT= [253. 4.32 125.]					
MEF1	DEG APPROX	FUNC 1/30	PAUSE		

Ejemplo: $Feq12a = -Lc1^T * Fem12a$.

F5: {Pcar}

>> 1. {Pm en elementos}, 2. {PT total}, 3. {Pn en nudos}, 4. {Pa Descenso Apoyo}, 5. {Pt Carga Térmica}, 6. {Pe Desajuste Longitud}

{Pm} = Cargas en Elementos.

{Pt} = Cargas totales (Elementos + Nudos), {Pt} = {Pm} + {Pn}.

{Pn} = Cargas en Nudos.

Algebra	Calc	Other	F5	PrgmIO	Clean Up
Cargas en Elementos (Carga: a) Nudo Inicial pm11T= [247. -4.32 -125.] Nudo Final pm22T= [253. 4.32 125.]					
MEF1	DEG APPROX	FUNC 1/30	PAUSE		

Algebra	Calc	Other	F5	PrgmIO	Clean Up
Cargas Totales (Elementos + Nudos) (Carga: a) Nudo Inicial pt1T= [247. -4.32 -125.] Nudo Final pt2T= [253. 4.32 127.]					
MEF1	DEG APPROX	FUNC 1/30	PAUSE		

```

Cargas en Nudos
(Carga: a)
Nudo Inicial
pn1= [0. 0. 0.]
Nudo Final
pn2= [0. 0. 2.]
MEF1 DEG APPROX FUNC 1/30 PAUSE

```

{Pm} son las cargas que actúan en un determinado nudo referidas a las cargas en elementos introducidas. Se suman las fuerzas equivalentes asociadas al nudo en el elemento.

{Pn} son las cargas que actúan en un determinado nudo proveniente de las cargas nodales que se introdujeron.

Existe una variante interesante: si existen apoyos inclinados en un nudo, {Pm} dará el valor en la referencia global, mientras que {Pt} dará el valor en la referencia local, que es la que interesa. En este caso, {Pn} no será la carga proveniente de las cargas nodales sino la diferencia {Pt}-{Pm} que es su equivalente. De esta forma incluso, como se ha descrito, tendremos conocimiento de las cargas desde los dos puntos de vista.

{Pa} = Descenso en Apoyos.

{Pt} = Cargas Térmicas.

{Pe} = Desajuste en longitud.

Se presentan en coordenadas locales y en globales, y con la descripción detallada de su obtención, como puede observarse en las pantallas de abajo.

```

Vector Carga Hsntamiento Apoyo (Pa)
Coordenadas Globales
(Pa)=(PaG)= -[K]*[L]*(-δa)ᵀ
ó (Pa)=(PaG)= [L]*[L]ᵀ*[K]*[L]*(-δa)ᵀ
pues [L]*[L]ᵀ=[1] (usada en acoples)
pag=[-.11 .222 .553 .11 -.222 .553]
Coordenadas Locales
(Pa')=(PaL)=[L]ᵀ*[K]*[L]*(-δa)ᵀ
pal=[.4 0. 0. -.4 0. 0.]
MEF1 DEG APPROX FUNC 1/30 PAUSE

```

```

Vector Carga Térmica (Pt)
Coordenadas Globales
(Pt)=(PtG)=-[L]*[K']*(δt)
ptg=[-3. -4. 0. 3. 4. 0.]
También:
(Pt)=(PtG)=-[L]*(±N,0,0,±N,0,0)ᵀ
ptg=[-3. -4. 0. 3. 4. 0.]
MEF1 DEG APPROX FUNC 1/30 PAUSE

```

```

Vector Carga Térmica (Pt)
Coordenadas Locales
(Pt')=(PtL)=-[K']*(δt)
ptl=[-5. 0. 0. 5. 0. 0.]
También:
(Pt)=(PtG)=-[L]*(±N,0,0,±N,0,0)ᵀ
ptg=[-5. 0. 0. 5. 0. 0.]
MEF1 DEG APPROX FUNC 1/30 PAUSE

```

```

Vector Carga Desajuste Longitud (Pe)
Coordenadas Globales
(Pe)=(PeG)=-[L]*[K']*(δe)
peg=[0. 0. 0. 0. 0. 0.]
Coordenadas Locales
(Pe')=(PeL)=-[K']*(δe)
pel=[0. 0. 0. 0. 0. 0.]
MEF1 DEG APPROX FUNC 1/30 PAUSE

```

Se observa en la pantalla del vector de carga térmica en coordenadas locales, cuando pone "también:..." PtG. Se trata de un error ya corregido en el programa, pues debería poner PtL (de locales).

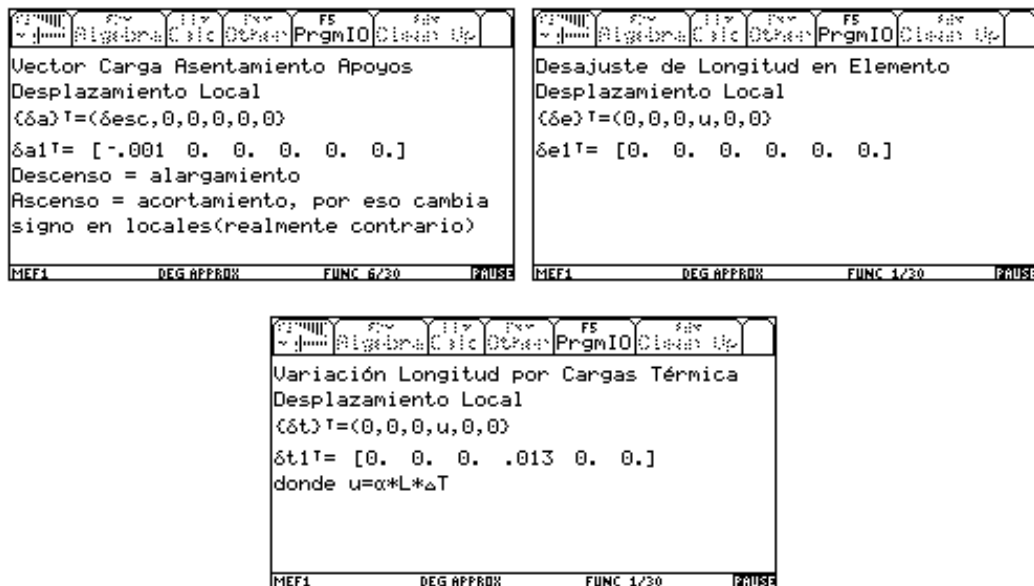
Como F6 no entra en pantalla, cambia otra vez a F2.

F2: {δ(long)} >> 1. δa , 2. δe , 3. δt

δa = descenso en nudos, valor de longitud por vector carga.

δe = desajuste en longitud en elemento.

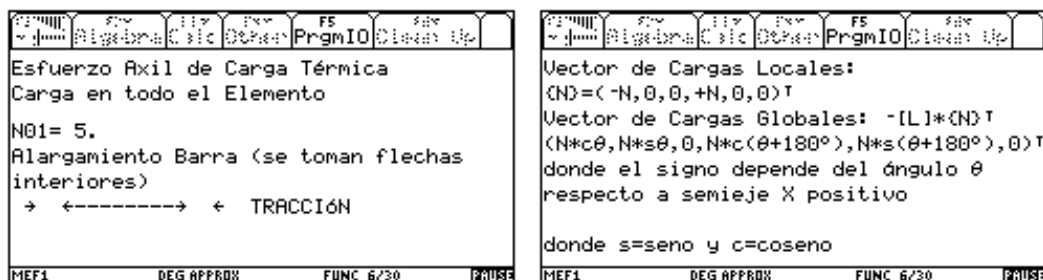
δt = cargas térmicas, variación de longitud.



Se almacenan en memoria así: para el elemento 3: $\delta a3$, $\delta e3$, $\delta t3$.

F3: $N = E.A.\alpha.\Delta t$

Ofrece el esfuerzo axial (o axil) N cuando hay cargas térmicas en el elemento. Para el elemento 1 se almacenaría en memoria como $N01$; si no hay carga, su valor es 0. Se detalla su obtención, su signo y su fórmula (está en el propio ítem F3). Interesa mayormente el vector de cargas locales aunque se expresa también el de coordenadas globales en formato simbólico.



F4: Otros cálculos

>> 1. Otro Elemento , 2. Ir a Menú Resultados , 3. Seguir Menú Matrices.

Queda claro lo que hace cada selección.

5. MENÚ {d} , {P} , {R}

Consta a su vez del submenú:

F1 : Desplazamiento, F2 : Esfuerzo, F3 : Reacción, F4 : Volver.

F1	F2	F3	F4
Desplazamiento	Esfuerzo	Reacción	Volver»

Elija un item; para salir pulse F4
F4 → Retorna a Menú de Resultados

MEF1 DEG APPROX FUNC 6/30

F1: Desplazamiento

>> 1. Valores Tabulados , 2. Fórmula desplazamiento.

1. **Valores tabulados:** Como se observa, los desplazamientos quedan perfectamente definidos y visibles eligiendo el formato adecuado de presentación. De todas formas, el PAUSE de la 1ª pantalla permite desplazar el scroll. Los valores decimales excesivos no tienen gran incidencia en los resultados, pues tienen muchas cifras significativas.

	Algebra	Calc	Other	F5	PrgmIO	Clean Up
DESPLAZAMIENTOS NODALES						
0.	nudo1	nudo2	nudo3			
u	2.24	.75	0.			
v	0.	.41	1.03			
θ	0.	.337	.143			

MEF1 DEG APPROX FUNC 6/30 PAUSE

Formato: FLOAT 3 (2 decimales)

	Algebra	Calc	Other	F5	PrgmIO	Clean Up
DESPLAZAMIENTOS NODALES						
0.	nudo1	nudo2	nudo3			
u	2.24415	.75	0.			
v	0.	.410288	1.0338			
θ	0.	.337062	.143225			

MEF1 DEG APPROX FUNC 6/30 PAUSE

Formato: FLOAT 6 (5 decimales)

2. **Fórmula desplazamiento:** ofrece ayuda sobre el desplazamiento.

	Algebra	Calc	Other	F5	PrgmIO	Clean Up
DESPLAZAMIENTOS NODALES						
0.	nudo1	nudo2	nudo3			
u	2.24415	.75	0.			
v	0.	.410288	1.0338			
θ	0.	.337062	.143225			

MEF1 DEG APPROX FUNC 6/30 PAUSE

F2: Esfuerzo

>> 1. Valores Tabulados , 2. Fórmula esfuerzos.

Algebra	Calc	Other	PrgmIO	Clean Up
ESFUERZOS LOCALES EN ELEMENTOS				
1:Valores tabulados 2:Fórmula esfuerzos				
Recuerde que el signo de los Esfuerzos Axiales los da el Nudo Final del elemento				
Nx(f)>0→Tracción , Nx(f)<0→Compresión				
TYPE OR USE ←+I+ CENTER)=OK AND (ESC)=CANCEL				

Algebra	Calc	Other	PrgmIO	Clean Up
ESFUERZOS LOCALES EN ELEMENTOS				
0. elemen1 elemen2				
nx(i) 82.704 500.				
ty(i) 62.028 103.38				
mθ(i) -381.72 310.14				
nx(f) -382.7 -500.				
ty(f) 337.97 0.				
mθ(f) -308.14 0.				
MEF1	DEG APPROX	FUNC 15/20	PAUSE	

Algebra	Calc	Other	PrgmIO	Clean Up
ESFUERZOS LOCALES EN ELEMENTOS				
Ecuación estado esfuerzos Elemento i:				
[P'1]=[K'11]*[d'1]+[K'12]*[d'2]				
[P'2]=[K'21]*[d'1]+[K'22]*[d'2]				
[P'1],[P'2] subvectores carga,nudos 1-2				
[d'1],[d'2] subvectores desplazamientos				
[K'11],[K'12],[K'21],[K'22] submatrices				
[d'1]=[Ld]*[d1] y [d'2]=[Ld]*[d2]				
MEF1	DEG APPROX	FUNC 15/20	PAUSE	

Se ofrecen los valores tabulados de esfuerzos axiales Nx, cortantes Ty y Flectores Mθ, donde (i) hace referencia al nudo inicial y (f) al final. La nomenclatura de los esfuerzos puede variar dependiendo de la estructura. La presentada en pantalla es la perteneciente a estructura extensible. La fórmula de esfuerzos recuerda como se calcula.

F3: Reacción

>> 1. Valores Tabulados , 2. Fórmula reacciones.

Algebra	Calc	Other	PrgmIO	Clean Up
REACCIONES EN APOYOS				
0. nudo1 nudo2 nudo3				
rx 0. 0. -500.				
ry 103.38 0. 0.				
rθ -381.72 0. 0.				
MEF1	DEG APPROX	FUNC 15/20	PAUSE	

Algebra	Calc	Other	PrgmIO	Clean Up
REACCIONES EN APOYOS				
Ecuación de estado Reacciones nudos 1,2 para elemento i (Kij en globales)				
$\sum(P1i)=\sum([K11]*[d1]+[K12]*[d2])i=[R1]$				
$\sum(P2i)=\sum([K21]*[d1]+[K22]*[d2])i=[R2]$				
La suma es algébrica : (+) si sale la flecha de conexión del elemento				
(-) si entra al apoyo				
MEF1	DEG APPROX	FUNC 15/20	PAUSE	

Algebra	Calc	Other	PrgmIO	Clean Up
Las reacciones se pueden calcular con las fuerzas equivalentes Pij calculadas siendo i=apoyo donde se calcula la reacción y j=nudo opuesto por cada elemento conectado al apoyo, es decir:				
$\sum(Pij)=Ri$, siendo ij,ik,il,... los elementos y Pij,Pik,Pil,...las fuerzas equivalentes. Incluye las cargas especiales.				
MEF1	DEG APPROX	FUNC 15/20	PAUSE	

Algebra	Calc	Other	PrgmIO	Clean Up
La expresión anterior es válida para todo nudo con coacción (apoyo,empotre) y si además existen apoyos elásticos con la dirección libre concordante con el apoyo, se cumple la Ley de Hooke $F=-K*x$, y la ecuación completa para R es $\sum Pij-K*ur=Ri$, donde K puede ser (Ku,Kv,Kθ) y ur puede ser (ux,vy,θ)				
MEF1	DEG APPROX	FUNC 15/20	PAUSE	

Algebra	Calc	Other	PrgmIO	Clean Up
Las reacciones pueden obtenerse de la matriz de rigidez de la estructura, separando en matriz en desplazamientos y matriz en reacciones-esfuerzos. Resolviendo ambos sistemas de ecuaciones se obtienen Ri y Di				
MEF1	DEG APPROX	FUNC 15/20	PAUSE	

Se ofrecen las reacciones tabuladas, según Rx, Ry y Rθ y se da una explicación detallada de su forma de cálculo, ofreciendo varias posibilidades.

6. MATRIZ RIGIDEZ [K]

Contiene el submenú:

1: Matriz Rigidez [K], 2: Matriz Rigidez [K] simbólica, 3: Matriz [K] triang. por pasos.

1: Matriz Rigidez [K] .

Desarrolla la matriz de Rigidez [K] en desplazamientos, es decir, solo figuran los términos de la matriz que multiplican a vectores de desplazamiento con grados de libertad.

Algebra	Calc	Other	F5	PrmIO	Clear Up
La matriz [K] de Rigidez se halla de:					
$[F] = [K] * [u] \rightarrow [K] = [u]^{-1} * [F]$					
[F] = vector de cargas globales					
[u] = vector desplazamientos globales					
[K] es la matriz simplificada para desplazamientos no nulos					
MEF1	DEG APPROX	FUNC 15/30	PAUSE		

Algebra	Calc	Other	F5	PrmIO	Clear Up
Matriz [K] :					
291.46	-291.46	-81.408	-460.8	0.	
-291.46	958.12	81.408	460.8	0.	
-81.408	81.408	1405.6	1254.4	-1066.7	
-460.8	460.8	1254.4	5120.	-1600.	
0.	0.	-1066.7	-1600.	1166.	
0.	0.	1600.	1600.	-1600.	
MEF1	DEG APPROX	FUNC 15/30	PAUSE		

Algebra	Calc	Other	F5	PrmIO	Clear Up
36432	-36432	-10176	-2304	0	
125	125	125	5	0	
-36432	359296	10176	2304	0	
125	375	125	5	0	
-10176	10176	527104	6272	-32	
125	125	375	5		
-2304	2304	6272	5120	-160	
5	5	5			
MEF1	DEG AUTO	FUNC 15/30	PAUSE		

En esta ocasión se muestran dos pantallas de resultados, una con APPROXIMATE y FLOAT 3 y otra con AUTO y FLOAT 0.

2: Matriz Rigidez [K] simbólica.

Se elige entre otro submenú: 1.Simbólica normal, 2.Simbólica simplificada.

1: Simbólica normal: aparece cada término de la matriz de acuerdo a los términos de cada matriz de rigidez de barra de elemento indicando en cada corchete su posición fila-columna respecto a dicha matriz de elemento. **De esta forma, se sabe como está constituida.**

Algebra	Calc	Other	F5	PrmIO	Clear Up
La matriz [K] de Rigidez simbólica es:					
k1[1, 1]	k1[1, 4]	k1[1, 5]			
k1[4, 1]	k1[4, 4] + k2[1, 1]	k1[4, 5] + k2[1, 4]			
k1[5, 1]	k1[5, 4] + k2[2, 1]	k1[5, 5] + k2[2, 4]			
k1[6, 1]	k1[6, 4] + k2[3, 1]	k1[6, 5] + k2[3, 4]			
0	k2[5, 1]	k2[5, 2]			
0	k2[6, 1]	k2[6, 2]			
MEF1	DEG AUTO	FUNC 15/30	PAUSE		

2: Simbólica simplificada: indica la procedencia de los términos de la matriz de acuerdo a las conexiones nodales

entre elementos. Se observa la tabla de nudos en filas y columnas.

Algebra	Calc	Other	PrgmIO	Clean Up
Matriz de Rigidez [K] simbólica simplificada. La nomenclatura empleada es:				
K → matriz rigidez global elemento				
Submatriz K11 → caja superior izquierda				
Submatriz K12 → caja superior derecha				
Submatriz K21 → caja inferior izquierda				
Submatriz K22 → caja inferior derecha				
Entre paréntesis está el Elemento				
MEF1	DEG AUTO	FUNC 8/30	PAUSE	

Algebra	Calc	Other	PrgmIO	Clean Up
Matriz de Rigidez [K]				
"Nudos" 1 2 3				
1	k11[1]	k12[1]	0	
2	k21[1]	k11[2] + k22[1]	k12[2]	
3	0	k21[2]	k22[2]	
MEF1	DEG AUTO	FUNC 8/30	PAUSE	

Por ejemplo, para la fila: 2 y columna: 3 (contando todas las filas y columnas de la matriz de la pantalla), el término K12[1], indica que se toma la submatriz K12 del elemento 1, pues el elemento 1 conecta los nudos 1 - 2 según ese orden (así se introdujo en memoria). De manera análoga, la fila: 3 columna: 3 contiene K11[2]+K22[1], elemento 2 sale y elemento 1 entra (respecto al nudo 2), siendo las submatrices las correspondientes a cada elemento reseñado en paréntesis.

Notas: Obsérvese que las submatrices relacionan una matriz global de elemento según :

$$K = \begin{pmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{pmatrix}$$

donde K tiene dimensión 4x4 ó 6x6.

3: Matriz Rigidez [K] triangular por pasos.

Se abre el submenú: **1: Método de Gauss.** **2: Regla de Cramer.**

1: Método de Gauss.

Resuelve el sistema de ecuaciones matricial para hallar los desplazamientos. Muestra primero las matrices [K] y su ampliada con los valores del vector de cargas {P}. Realiza los cálculos paso a paso, indicando todos los cambios efectuados hasta llegar a la solución.

Algebra	Calc	Other	PrgmIO	Clean Up
Matriz de Rigidez Paso a Paso...				
Resolución del sistema de ecuaciones lineales de la matriz de rigidez [K] en desplazamientos, paso a paso por el Método de Gauss triangularizando inferiormente [K] con la técnica de 'remonte'				
Precavción: números menores de 1.0E-9 cuentan como 0				
Enter=OK ESC=CANCEL				
MEF1	DEG AUTO	FUNC 9/30	PAUSE	

Algebra	Calc	Other	PrgmIO	Clean Up
CAMBIO FILA 3.				
[-81.41 81.41 1406. 1254. -1067. 1600]				
FILA 3. restada de FILA 1. multiplicada por -81.41 entre 291.5				
MEF1	DEG APPROX	FUNC 2/30	PAUSE	

Algebra	Calc	Other	PrgmIO	Clean Up
k3 =				
[291.5 -291.5 -81.41 -460.8 0. 0.]				
[0. 958.1 81.41 460.8 0. 0.]				
[0. 81.41 1406. 1254. -1067. 1600]				
[-460.8 460.8 1254. 5120. -1600. 1167]				
[0. 0. -1067. -1600. 1167 0.]				
[0. 0. 1600. 1600. -1600 0.]				
MEF1	DEG APPROX	FUNC 2/30	PAUSE	

Algebra	Calc	Other	PrgmIO	Clean Up
Matriz [K] Triangularizada				
[291.456 -291.456 -81.408 0. 666.666666667 0.]				
[0. 958.1 81.41 460.8 0. 0.]				
[0. 81.41 1406. 1254. -1067. 1600]				
[-460.8 460.8 1254. 5120. -1600. 1167]				
[0. 0. -1067. -1600. 1167 0.]				
[0. 0. 1600. 1600. -1600 0.]				
MEF1	DEG APPROX	FUNC 3/30	PAUSE	

Ejemplo de cómo se visualiza el cambio de la fila 3. El sistema no pregunta por cambios, los efectúa y los indica, hasta que resuelve el sistema. Cada vez que se efectúa un cambio aparece la nueva matriz intermedia k_i (donde i es el paso efectuado en la transformación) y su ampliada, tal y como sucedería si se fuese haciendo el cálculo de manera manual.

Algebra	Calc	Other	PrgmIO	Clean Up
Ecuaciones Matriciales				
291.456·u1 - 291.456·u2 - 81.408·v2 - 460.666666667·u2 = 500.				
1382.87220026·v2 - 1066.66666667·v3 + 11.731.707317073·v3 + 3475.12195122·θ2 + 2.189.837170129·v3 - 303.200449186·θ3 = 15.				
839.041703638·θ3 = 120.171694765				
MEF1	DEG APPROX	FUNC 3/30	PAUSE	

Algebra	Calc	Other	PrgmIO	Clean Up
Se ha practicado la técnica de remonte de abajo hacia arriba resultando las soluciones una tras una				
La solución al sistema planteado que son los desplazamientos es:				
u1 = 2.24415033371 and u2 = .75 and v2 = .				
MEF1	DEG APPROX	FUNC 3/30	PAUSE	

Finalmente, se llega a la matriz [K] triangularizada y a su ampliada. Tras indicar varias pantallas explicativas sobre el cálculo a efectuar, mostrando también el vector de cargas triangularizado, se llega al sistema de ecuaciones asociado que figura a continuación, cuya solución se indica al final y coincide evidentemente con el vector de desplazamientos.

2: Regla de Cramer.

La otra forma de resolver el cálculo de los desplazamientos es mediante la Regla de Cramer, por todos conocida. Se indican algunas pantallas, donde figuran los cálculos intermedios. Lo único que se deja a cargo del lector de este manual es el cálculo del determinante (sumas y restas de productos) de sobra conocido también por todos por lo que no se explicita en el “paso a paso” al ser un conocimiento trivial.

Algebra	Calc	Other	PrgmIO	Clean Up
El determinante de la matriz de coeficientes procede de:				
$\Delta = \begin{vmatrix} 291.5 & -291.5 & -81.41 & -460.8 & 0. \\ -291.5 & 958.1 & 81.41 & 460.8 & 0. \\ -81.41 & 81.41 & 1406. & 1254. & -1067. \\ -460.8 & 460.8 & 1254. & 5120. & -1600. \\ 0. & 0. & -1067. & -1600. & 1167. \\ 0. & 0. & 1600. & 1600. & -1600. \end{vmatrix}$				
MEF1	DEG APPROX	FUNC 2/30	PAUSE	

Algebra	Calc	Other	PrgmIO	Clean Up
El determinante de la matriz de coeficientes vale:				
$\Delta = 1.487\text{e}17$				
MEF1	DEG APPROX	FUNC 2/30	PAUSE	

Algebra	Calc	Other	PrgmIO	Clean Up
Solución nº 3				
$\Delta_3 = 6.102\text{e}16$				
$\Delta = 1.487\text{e}17$				
$v_2 = \frac{\Delta_3}{\Delta}$				
$v_2 = .4103$				
MEF1	DEG APPROX	FUNC 2/30	PAUSE	

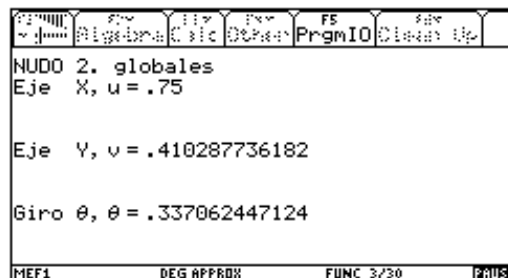
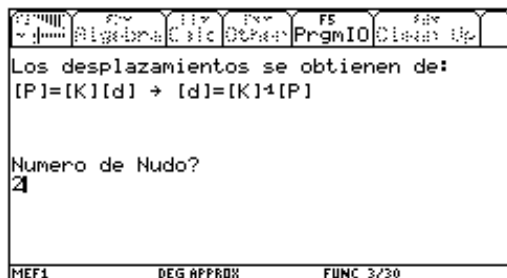
Algebra	Calc	Other	PrgmIO	Clean Up
donde:				
$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 291.5 & -291.5 & 246.8 & -460.8 & 0. \\ -291.5 & 958.1 & 253.2 & 460.8 & 0. \\ -81.41 & 81.41 & 4.32 & 1254. & -1067. \\ -460.8 & 460.8 & 127. & 5120. & -1600. \\ 0. & 0. & 0. & -1600. & 1167. \\ 0. & 0. & 0. & 1600. & -1600. \end{vmatrix}$				
MEF1	DEG APPROX	FUNC 2/30	PAUSE	

Algebra	Calc	Other	PrgmIO	Clean Up
Las soluciones de desplazamientos son:				
u1 = 2.244				
u2 = .75				
v2 = .4103				
θ2 = .3371				
v3 = 1.034				
θ3 = .1432				
MEF1	DEG APPROX	FUNC 2/30	PAUSE	

7. DESPLAZAMIENTOS {d}.

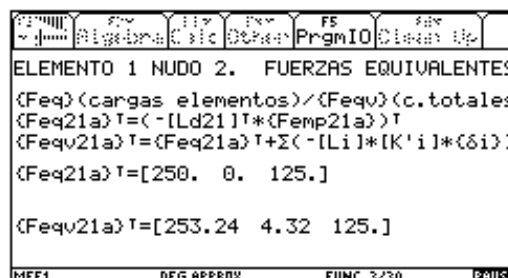
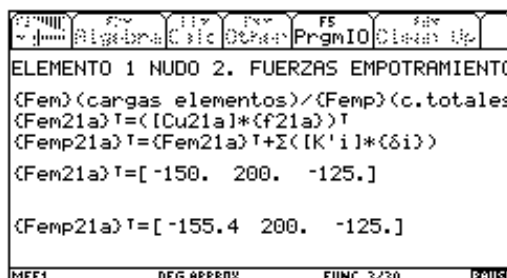
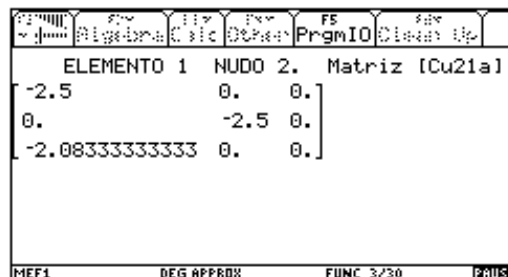
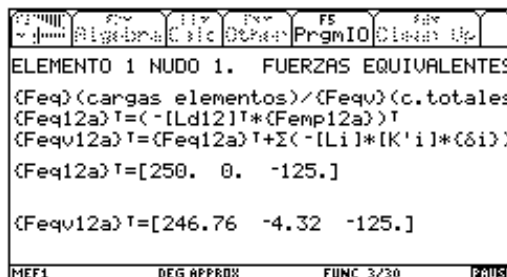
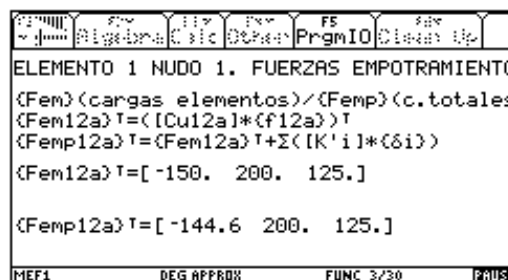
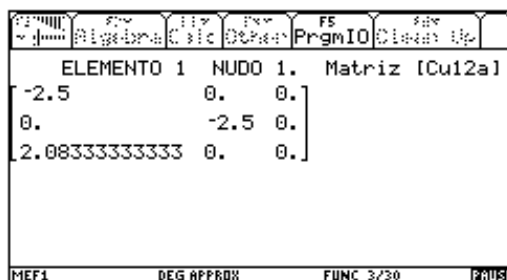
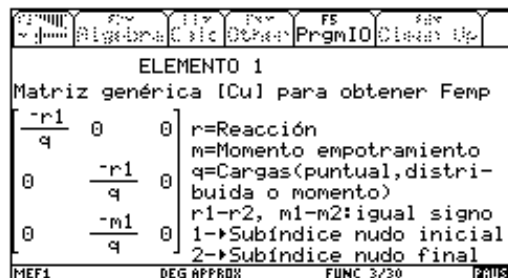
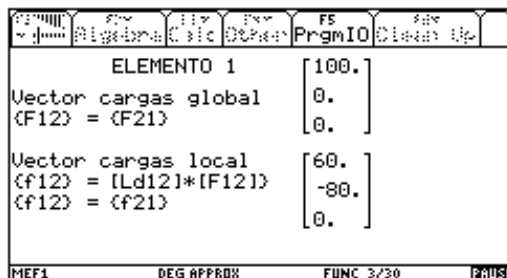
Calcula los desplazamientos en el nudo que se elija. En pantalla se ofrece la ecuación matricial para hallar el vector de desplazamientos. Se indican los desplazamientos globales (el caso frecuente) y también los locales si existe un apoyo inclinado en el nudo, indicando claramente el tipo en la cabecera.

Complementa al resultado matricial del menú 5 de Desplazamientos.



8. FUERZAS EMPOTRAMIENTO Y EQUIVALENTES.

Desarrolla para un elemento pedido, los vectores de cargas global y local, la matriz genérica para hallar las fuerzas de empotramiento, las fuerzas de empotramiento y las equivalentes, incluyendo en cada pantalla las ecuaciones tanto simbólicas como calculadas. Complementa el menú 5 de Cargas.



Las expresiones simbólicas están escritas con la nomenclatura habitual por lo que no será difícil entender de un vistazo su procedencia.

9. CARGAS TOTALES.

Indica las cargas totales en los nudos, nudo a nudo, desglosando en cargas totales (la de cargas en elementos y nudos), cargas en elementos y cargas en nudos. Huelga decir que las cargas en nudos solo provienen de cargas puntuales

aplicadas en los nudos, mientras que la de los elementos son cargas aplicadas en los elementos. Se ha usado la nomenclatura empleada en la pantalla siguiente. Se indica si las cargas son globales (caso normal) o locales (si hay apoyos inclinados). Complementa al menú 4 de Cargas.

```

┌──────────┴──────────┐
│AlgebraCálculoOtrasPrmIOCleanUp│
└──────────┴──────────┘
CARGAS TOTALES EN LOS NUDOS
NUDO 2 Cargas Globales X-Y
[P(2)]T=Cargas Totales
[253.24 4.32 127.]
[P(22)]T=Cargas en Elementos
[253.24 4.32 125.]
[P(2)]T-[P(22)]T=Cargas en Nudos
[0. 0. 2.]
MEF1 DEG APPROX FUNC 3/20 PAUSE

```

Ahora cambia la numeración del menú F2 de Resultados y comienzan letras.

A. REACCIONES {R} (Nudo i).

Muestra las reacciones en el nudo que se determine. Completa el submenú 5 en la que se ofrece la matriz de reacciones completa de toda la estructura.

```

┌──────────┴──────────┐
│AlgebraCálculoOtrasPrmIOCleanUp│
└──────────┴──────────┘
REACCIONES en NUDO 1.
Eje X, h = 0.

Eje Y, v = 103.38000564

Momento, m = -381.719966159
MEF1 DEG APPROX FUNC 3/20 PAUSE

```

B. ESFUERZOS {P} (Elemento j).

Presenta el submenú: 1. Cálculos esfuerzo elemento, 2. Ecuaciones simbólicas esfuerzos, 3. Menú Resultados.

1. Cálculos esfuerzo elemento.

Tras preguntar por un elemento, ofrece los esfuerzos de cada elemento primero en coordenadas locales y luego en globales, con excelente claridad.

Algebra	Cálculo	Otras	PrmIO	Clean Up
ESFUERZOS Elemento 1. en COORDENADAS LOCALES X'-Y' Nx(1)= 82.7040045121 (Axil-Compresión) Ty(1)= 62.0280033841 (Cortante) M0(1)= -381.719966159 (Mon. Flector) Nx(2)= -382.704004512 Ty(2)= 337.971996616 M0(2)= -308.14001692				
ESFUERZOS Elemento 1. en COORDENADAS GLOBALES X-Y Px(1)= 0. Py(1)= 103.38000564 Mz(1)= -381.719966159 Px(2)= -500. Py(2)= -103.38000564 Mz(2)= -308.14001692				

La nomenclatura empleada para la visualización es:

LOCALES: Nx =Axil, Ty = Cortante, Mq = Momento Flector.

GLOBALES: Px=Axil, Py = Cortante, Mq = Momento Flector.

2. Ecuaciones simbólicas esfuerzos.

Indica con claridad las ecuaciones simbólicas para llegar a los esfuerzos en coordenadas tanto globales como locales. No se limita a dar una ecuación general, sino que la personaliza para cada elemento.

<p>ELEMENTO 1. Esfuerzos COORDENADAS GLOBALES X-Y NUDO 1. (inicial) $\langle P12 \rangle = -\langle feqv12 \rangle + [k11(1)] * \langle D1 \rangle + [k12(1)] * \langle D2 \rangle$ NUDO 2. (final) $\langle P21 \rangle = -\langle feqv21 \rangle + [k21(1)] * \langle D1 \rangle + [k22(1)] * \langle D2 \rangle$</p>	<p>ELEMENTO 1. Esfuerzos COORDENADAS LOCALES X'-Y' NUDO 1. $\langle Pe21 \rangle = [Ld(1)]^T * \langle P21 \rangle$ NUDO 2. $\langle Pe12 \rangle = [Ld(1)]^T * \langle P12 \rangle$</p>
---	--

Los esfuerzos generalmente interesan en coordenadas locales. No obstante se pueden obtener también resultados globales en este apartado. En caso de aparecer, por ejemplo, apoyos inclinados, las ecuaciones incorporarían este factor. En la nomenclatura para las ecuaciones se emplea: $[Kij]$ submatrices de elementos, $[Ld]$ submatriz cambio de coordenadas elemento y $\{D\}$ subvector de desplazamientos.

3. **Menú Resultados.** Retorna al Menú Resultados.

C. VECTOR CARGAS {F}.

Muestra el vector de acople $\{F\}$ para hallar desplazamientos $\{u\}$. Se indica la ecuación matricial simbólica donde figura, donde $[K]$ es la matriz de rigidez reducida a desplazamientos.

<p>Vector $\langle F \rangle$ de acople en ec. $\langle F \rangle = [K] \langle u \rangle$</p> <p>246.76 253.24 4.32 127. 0. 0.</p>

➔ F3: Resul2.

El submenú F3: Resul2 consta de las siguientes selecciones:

F1	F2	F3	F4	F5	F6
Cambiar	Resultados	Resul2	Datos	Info	End
<p>1:Matriz [C] y [K] articuladas 2:Calculadora rápida de datos 3:Gráfica estructura 4:Elastica, Giros, Esfuerzos</p>					
<p>!! Análisis Completo de la Estructura !!</p>					
TYPE OR USE <+> (ENTER)=OK AND (ESC)=CANCEL					

1. MATRIZ [C] Y [K] ARTICULADAS.

Muestra la matriz de Conexión $[C]$ y la matriz $[K]$ para estructuras articuladas. Es otra forma de calcular la matriz de rigidez, mediante: $[K] = [C] * [Kbarras] * [C]^t$. La matriz $[Kbarras]$ es aquella en que cada componente de la diagonal es

formado por el elemento i , $[K_i] = (E \cdot A) / L$ de barra, y nulo si el componente no es diagonal.

<p>Matriz de Conexión [C] → Fil=4./Col=5.</p> <pre> .8 0. 0. -1. 0. .6 0. 1. 0. 0. 0. 1. 0. 0. -8 0. 0. -1. 0. -6 </pre> <p>Clasificación de la Estructura Hiperestática de grado 1. Rectangular con n(col)>n(fil)</p>	<p>Matriz Rigidez Barras [Kbarras]</p> <pre> 4000. 0. 0. 0. 0. 0. 5000. 0. 0. 0. 0. 0. 6666.67 0. 0. 0. 0. 0. 5000. 0. 0. 0. 0. 0. 4000. </pre>
MEF2	MEF2
DEG APPROX	DEG APPROX
FUNC 1/20	FUNC 1/20
PAUSE	PAUSE

<p>Matriz Rigidez [K] = [C] * [Kbarras] * [C]^T</p> <pre> 7560. 1920. 0. 0. 1920. 8106.67 0. -6666.67 0. 0. 7560. 1920. 0. -6666.67 1920. 8106.67 </pre>
MEF2
DEG APPROX
FUNC 1/20
PAUSE

2. CALCULADORA RÁPIDA DE DATOS.

Muestra el valor introducido de una variable en memoria de los resultados de cálculo. Sirve para hallar valores directos de manera automática y que no presentan relación unos con otros para no seleccionar del menú resultados un menú específico o visualizarlo de manera más rápida.

Ejemplo 1: kkc1 = matriz global (doble k), calculada (c) del elemento 1.

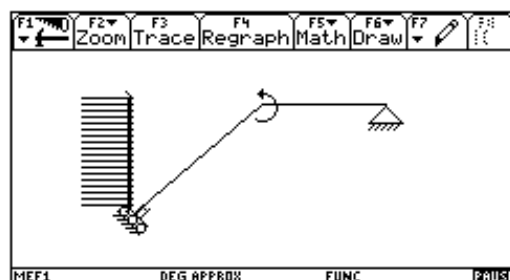
Ejemplo 2: rr1 = reacciones en apoyo 1.

<p>Introduzca valor del dato a mostrar kkc1</p> <pre> 291.456 81.408 -460.8 -291.456 -8 81.408 338.944 345.6 -81.408 -3 -460.8 345.6 1920. 460.8 -3 -291.456 -81.408 460.8 291.456 81 -81.408 -338.944 -345.6 81.408 33 -460.8 345.6 960. 460.8 -3 </pre>	<p>Introduzca valor del dato a mostrar rr1</p> <pre> 0. 103.38000564 -381.719966159 </pre>
MEF1	MEF1
DEG APPROX	DEG APPROX
FUNC 3/20	FUNC 3/20
PAUSE	PAUSE

Una vez calculado un dato puede calcularse otro acto seguido o volver al Menú Resultados.

3. GRÁFICA ESTRUCTURA.

Dibuja la gráfica de la estructura (elementos y su interconexión, apoyos y cargas).



4. ELÁSTICA, GIROS, ESFUERZOS.

Realiza un completo análisis tanto numérico como gráfico de:

deformada elástica $y(x)$, giros de las deformaciones $y'(x)$, momentos flectores $y''(x)$, esfuerzos cortantes $y'''(x)$ y esfuerzos axiles, flecha y cálculos tabulados de las variables anteriores en puntos a lo largo de elementos para cualquier n° de ellos particionados en los mismos.

Se pide un n° de elemento. Posteriormente se calculan las matrices adecuadas para el cálculo de la deformada elástica elemento a elemento y tramo a tramo de cada elemento. Las variables en memoria serán:

yelas ij (todo seguido): elástica del elemento i en el tramo j comenzando por el nudo inicial.

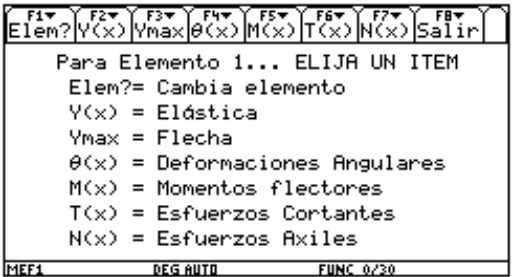
ydef ij : deformaciones angulares...

ymom ij : momentos flectores...

ycor ij : esfuerzos cortantes...

yaxi ij : esfuerzos axiles...

Las variables ymax y xmax para la flecha dependen del elemento tomado y no son universales. Bien es cierto que podría haber tomado ymax1 para elemento 1, etc., con una iteración de cálculo para todos los elementos, mas he considerado la flecha un cálculo dependiente de las elásticas de los elementos. En este caso para obtenerla hay que acudir al Menú de Elástica, Giros y Esfuerzos.



He buscado en la bibliografía disponible acerca de cómo calcular la deformada elástica en elementos estructurales (y no solo en vigas): no he encontrado en mis consultas casi nada. El asunto se complica, pues deben tomarse ejes locales, lo que enturbia el proceso de programación sobremanera. Más adelante lo incorporaré. No obstante, se indica gráficamente lo que será capaz de hacer Anesmef en una futura versión.

Este menú consta de:

F1: Elem ?	F2 Y(x)	F3 Ymax	F4 theta(x)	F5 M(x)	F6 T(x)	F7 N(x)	F8 Salir
------------	---------	---------	-------------	---------	---------	---------	----------

F1: Elem ?

1: Cambiar elemento.

Permite cambiar a otro elemento.

F2: Y(x)

1: Deformada Elástica Y(x)

2: Gráfica Elástica Y(x)

3: Puntos Elástica Y(x)

1: Deformada Elástica Y(x).

Calcula la deformada elástica del elemento seleccionado y muestra en formato matriz la expresión de la elástica y el tramo correspondiente. El programa determina los tramos de acuerdo a la información de las cargas introducidas en los datos.

The first screenshot shows the calculation of the elastic deformation for Element 1. It displays two equations for the deflection y as a function of position x :

$$y = \frac{q \cdot x \cdot (4 \cdot x^2 + 3 \cdot 1 \cdot x - 6 \cdot 1^2)}{48 \cdot e \cdot i}$$

$$y = \frac{-q \cdot (4 \cdot x^3 - 15 \cdot 1 \cdot x^2 + 12 \cdot 1^2 \cdot x - 1^3)}{48 \cdot e \cdot i}$$

The second screenshot shows the same equations but with the range of x specified for each segment:

$$y = \frac{-x - 6 \cdot 1^2}{3 \cdot e \cdot i} \quad "x \geq 0 \text{ and } x \leq 1/2"$$

$$y = \frac{-x^2 + 12 \cdot 1^2 \cdot x - 1^3}{3 \cdot e \cdot i} \quad "x \geq 1/2 \text{ and } x \leq 1"$$

The third screenshot shows a dialog box titled "Valor puntual de x y tramo" (Point value of x and segment) where the user can input a value for x and select a segment. The fourth screenshot shows the result of the calculation for $x = 1$:

La deformada elástica del elemento 1 en el tramo $x \geq 0$ and $x \leq 1/2$ para el valor $x=1$ es:

$$y = \frac{-(6 \cdot 1^2 - 3 \cdot 1 - 4) \cdot q}{48 \cdot e \cdot i}$$

2: Gráfica Elástica Y(x).

Dibuja la gráfica de la deformada, de acuerdo a una escala, en la que hay que introducir un factor. El rango de valores sugerido en un principio es de 0.1 a 2 para el factor. Lo ideal es probar con un factor 1 y si no ir aumentando o disminuyendo dicho n°. La elástica está animada con tres curvas que se incrementan paulatinamente.

The first screenshot shows a dialog box titled "Elija el factor de escala del grafico" (Choose the scale factor of the graph) where the user can input a scale factor. The second screenshot shows the graph of the elastic deformation of the structure, with a downward arrow indicating the direction of the load.

3: Puntos elástica.

Permite el cálculo de una tabla de valores $y(x)$ frente a x para cualquier n° puntos equidistantes respecto a los nudos. El n° total de puntos se refiere a todos los tramos. Por tanto, si por ejemplo hay 3 tramos, por cada tramo aparecerá el n° seleccionado dividido por tres (si el n° seleccionado es par); si el n° es impar, se redondea al par superior.

The screenshot shows a dialog box titled "Introduzca el n° de puntos que quiere que aparezca en la tabla" (Enter the number of points you want to appear in the table). It includes instructions: "Si escribe un n° impar aparecerá uno más" (If you write an odd number, one more will appear). The user has entered "10" points.

<p>Elemento 1</p> <p>Tramo 1 de 2</p> <p>$x \geq 0$ and $x \leq 1/2$</p> $\begin{bmatrix} y & 0 & -\frac{89}{6144} & -\frac{5}{192} & -\frac{69}{2048} & -\frac{7}{192} \\ x & 0 & 1/8 & 1/4 & 3/8 & 1/2 \end{bmatrix}$	<p>Elemento 1</p> <p>Tramo 2 de 2</p> <p>$x \geq 1/2$ and $x \leq 1$</p> $\begin{bmatrix} y & -\frac{7}{192} & -\frac{69}{2048} & -\frac{5}{192} & -\frac{89}{6144} & 0 \\ x & 1/2 & 5/8 & 3/4 & 7/8 & 1 \end{bmatrix}$
---	---

La presentación numérica depende del tipo de decimales seleccionados (en este caso AUTO y FLOAT).

F3: Ymax

1: Flecha Ymax.

Calcula la flecha del elemento.

<p>La flecha del elemento 1 se da en:</p> <p>$x = 2 \cdot 1$</p> <p>Su valor es:</p> <p>$y = \frac{5 \cdot 1^3 \cdot q}{48 \cdot e \cdot i}$</p>
--

F4: $\theta(x)$

1: Deformada Angular $\theta(x)$

2: Gráfica Angular $\theta(x)$

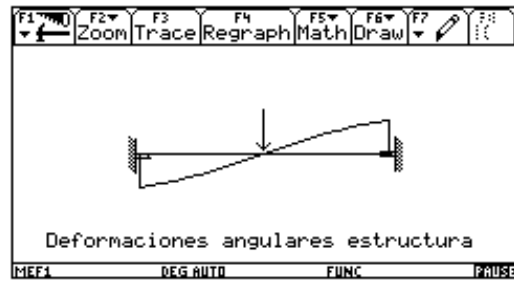
3: Puntos Angular $\theta(x)$

1: Deformada Angular.

<p>Deformaciones angulares</p> <p>"Elemento 1"</p> <p>$\theta = \frac{q \cdot (2 \cdot x^2 + 1 \cdot x - 1^2)}{8 \cdot e \cdot i}$</p> <p>$\theta = \frac{-q \cdot (2 \cdot x^2 - 5 \cdot 1 \cdot x + 2 \cdot 1^2)}{8 \cdot e \cdot i}$</p>	<p>"Tramo"</p> <p>"$x \geq 0$ and</p> <p>"$x \geq 1/2$ an</p>	<p>Las deformaciones angulares del elemento 1 en el tramo $x \geq 0$ and $x \leq 1/2$ para el valor $x=1$ es:</p> <p>$\theta = \frac{-(1^2 - 1 - 2) \cdot q}{8 \cdot e \cdot i}$</p>
---	---	--

2: Gráfica Angular $\theta(x)$.

Dibuja al gráfica de las deformaciones angulares.



3: Puntos Angular $\theta(x)$.

Realiza la tabla de los valores para las deformaciones.

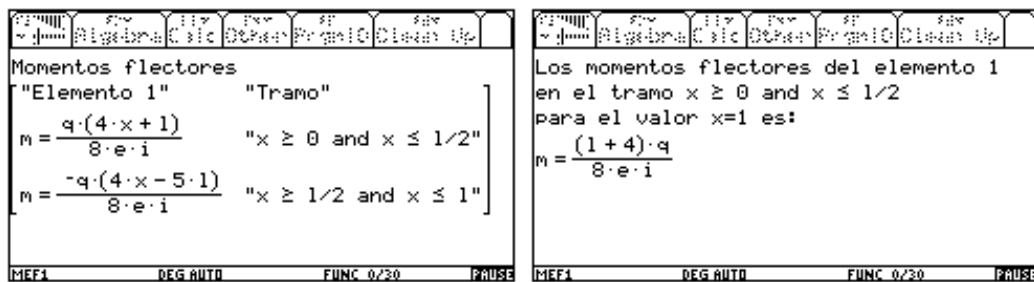
F5: M(x)

1: Momentos Flectores M(x).

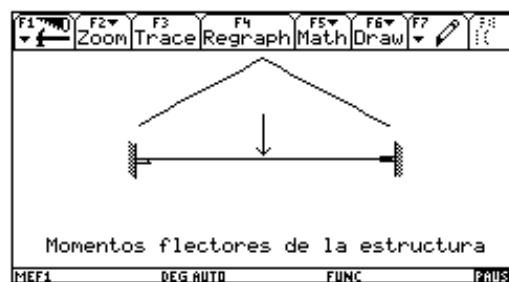
2: Gráfica Flectores M(x).

3: Puntos Flectores M(x).

1: Momentos Flectores M(x).



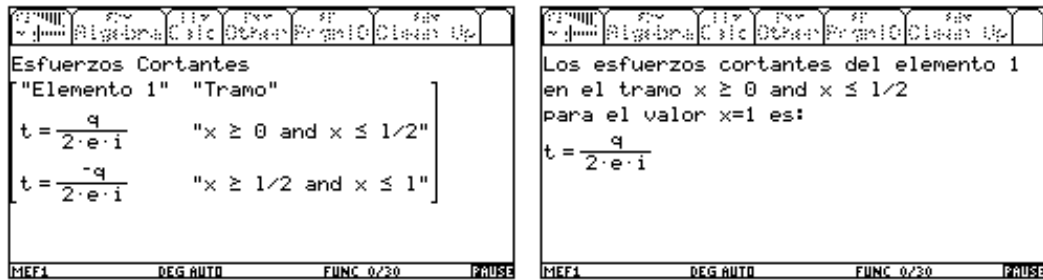
2: Gráfica Flectores M(x).



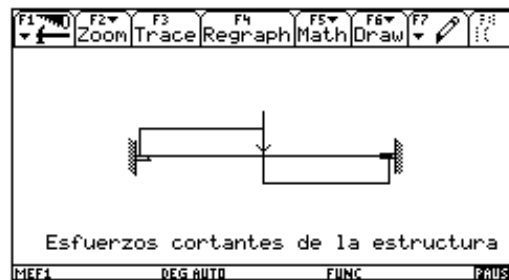
3: Puntos Flectores M(x).

F6: T(x)**1: Esfuerzos Cortantes T(x).****2: Gráfica Cortantes T(x).****3: Puntos Cortantes T(x).**

1: Esfuerzos Cortantes T(x).



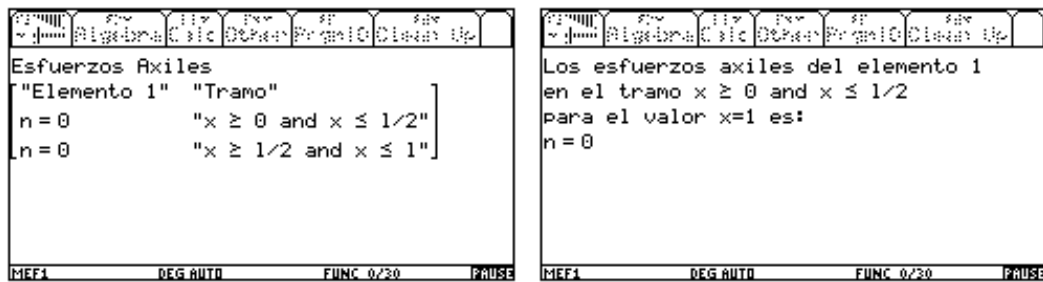
2: Gráfica Cortantes T(x).



3: Puntos Cortantes T(x).

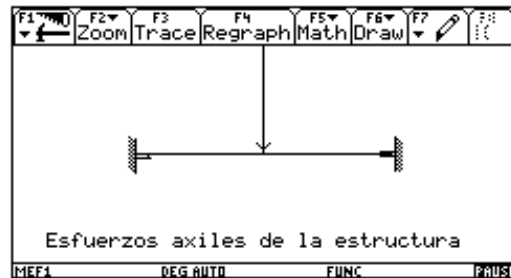
F7: N(x)**1: Esfuerzos Axiles N(x).****2: Gráfica Axiles N(x).****3: Puntos Axiles N(x).**

1: Esfuerzos Axiles N(x).



2: Gráfica Axiles N(x).

En este caso no hay axiles.



3: Puntos Axiles N(x).

F8: Salir

1: Menú Resultados.

1: Menú Resultados.

Sale al Menú Resultados.

Finaliza la descripción del submenú F3 de resultados. Retornamos al [menú Resultados](#).

➡ F4: Datos.

Muestra los datos guardados, para **nudos**, **apoyos**, **elementos**, **cargas en nudos**, **cargas en elementos** y **condiciones especiales**, seleccionando el ítem. Muestra la misma información que la selección [Ver Datos](#) del menú que aparece tras el chequeo y que permite analizar la estructura una vez introducidos todos los datos.

➡ F5: Info.

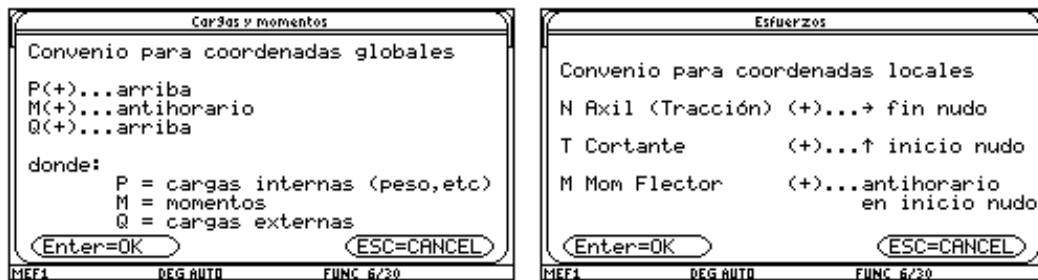
Muestra las siguientes selecciones:

1: Información del problema:

Muestra la información guardada sobre el problema para saber de qué trata o de donde se obtuvo (examen, libro,...).

2: Variables:

Presenta el convenio empleado para las cargas-momentos y esfuerzos-flectores.



3: Autor:

Breve reseña del programa, versión y autor.



4: Estado de memoria:

Igual que al principio de introducción de datos, permite controlar el estado de memoria.

➤ F6: End.

1: Salir borrando problema(s).

Sale del programa a la pantalla HOME borrando el problema seleccionado posteriormente, no necesariamente el actual.

2: Salir sin borrar problema(s).

Sale del programa sin borrar ningún problema a la pantalla HOME.

3: Volver Resultados.

Retorna al menú Resultados sin abandonar el programa, por si hubo error en la selección.

[Anterior](#)
9.-Detección de errores.
[Siguiente](#)

Anesmef, como se ha visto, es un programa complejo. En su escritura se han invertido muchas horas. A pesar de las múltiples pruebas realizadas es probable que existan errores. Es por ello que si encuentra alguno de ellos póngase en

contacto con el autor mediante el correo electrónico: gomezvega@hotmail.com , indicando donde se produjo, cómo, etc., para solucionarlo. Agradezco enormemente la comunicación de errores, si los hubiere.

[Anterior](#)

10.-Versiones previas.

[Siguiete](#)

Anesmef 1.1 Built 030 Beta es la versión actual (11-12-2004), que es la 1ª Versión Pública.

Lo que no está aún:

-Módulo cálculo analítico y gráfico elástica, momentos flectores, esfuerzos cortantes y esfuerzos axiales: no incluidos en esta versión, aunque aparece en el manual.

-Se piensa agrupar próximamente las "estructuras todas inextensibles" con las "estructuras extensibles". El sistema será capaz de detectar en la matriz de rigidez si existen grados de libertad supérfluos.

-No se han completado los problemas resueltos con Anesmef. Se irá haciendo. De momento hay sólo 2 problemas y un enunciado del tercero.

-Sólo hay manual en castellano y no hay pensamiento de hacerlo en inglés (de momento).

-Se dibujarán las condiciones especiales de carga (térmicas, descenso apoyos, apoyos elásticos, etc.)

-Depuración del código y añadir últimas variables no incorporadas al subprograma que borrar los problemas, pues borra casi todas excepto algunas no incluidas. Obviamente el borrado también puede ser manual y dado que cada problema se encuentra en una carpeta diferente es bien sencillo mediante VAR-LINK. De hecho de esta forma es incluso más rápido el borrado, lógicamente.

Historia de versiones que no se publicaron:

Built 029 Beta:

-Fallos en voladizos (no incluida la selección en los nudos). Corregido.

Built 028 Beta:

-Bug detectado en los dibujos de los gráficos porque algunas variables no eran enteras. Corregido.

Built 027 Beta:

-Incorporados gráficos de elástica, flectores, etc. Funciona sólo en vigas normales. Cálculos analíticos correctos para vigas. Se quita pues hay que reformar todo el código y hacer un cambio de coordenadas para cualquier elemento y reubicar dicho código en otro subprograma. Se hará.

Built 026 Beta:

-Reestructuración de menús de resultados, incorporando algunos más elementos para dar acogida a los dibujos de esfuerzos.

Built 025 Beta:

-Idea en concebir problemas diferentes al mismo tiempo. Reestructuración del código para elegir carpetas según problema.

Built 024 Beta:

-Reformas de los subprogramas de cálculos de nudos, apoyos, etc, para hacerlos consistentes o robustos ante salidas o entradas erróneas.

Built 023 Beta:

-Cambio en subprograma Apoyos. En lugar de seleccionar si está libre o no el grado de libertad, se realiza la selección mediante el dibujo del apoyo o empotramiento, que es más rápido y menos lioso.

-Se corrigen bugs en emparrillados y se idea la introducción de estructura con simetrías para su reducción.

Built 022 Beta:

- Se fraccionan programas Nudos, Apoyos, etc, debido a que el programa principal se me estaba quedando con poca memoria. También se quitan otras partes del programa y se convierten en subprogramas.
- Se idea la introducción de variables simbólicas. Retoque del programa por todas partes.
- Incorporación de *exact* en todas las entradas de datos para conseguir un cálculo exacto para matrices de rigidez 6 x 6 e inferiores. Una pena es que trabaje con matrices simbólicas pues si no el cálculo con algún programa externo en .asm mejoraría el tiempo de obtención de K y otros pero desde esta perspectiva no se puede, a no ser que exista y yo no lo sepa.

Built 021 Beta:

- El menú de elementos cambia. Se introducen los datos de una forma más cómoda.

Built 020 Beta:

- Se programan las cargas de acuerdo a los tipos de apoyos o empotramientos que hay en nudos de los elementos y se aplica una metodología basada en el cálculo puramente matricial, alejada de los problemas típicos de problemas resueltos en los que se descompone una estructura en dos estados para efectuarse el cálculo, cuando existen algunos tipos de cargas especiales como las térmicas.
- Se consiguen descomponer todos los vectores de cargas para ofrecerlos en los resultados con todas las ecuaciones en pantalla, también las simbólicas.

Built 019 Beta:

- Se programan los apoyos inclinados múltiples. Se calcula la matriz de rigidez simbólica según las matrices de rigidez locales. Se programa también la matriz de rigidez reducida que permite ver dicha matriz en un "golpe de vista".

Built 018 Beta:

- Se mejora el cálculo de las reacciones cuando hay muelles introduciendo una línea de código y se corrobora con un problema resuelto.

Built 017 Beta:

- Se introduce la información sobre la memoria de la calculadora en el programa.

Built 016 Beta:

- Se deducen las matrices de empotramiento para todos los casos, para obtener las fuerzas de empotramiento y fuerzas equivalentes, desglosándose los vectores de cargas. Se permite la introducción de cargas múltiples en los elementos con dicho análisis. Se introduce el subprograma que calcula la matriz de rigidez local para algún grado de libertad partiendo de la biempotrada para extensibles e inextensibles. Se incorporan las matrices biempotrada-articulada, articulada-biempotrada, biarticulada y con rótula central, aparte de la biempotrada, para el cálculo de estructuras mixtas.

Built 015 Beta:

- Se realizan los subprogramas Gaussmef y Cramemef para calcular paso a paso los desplazamientos una vez calculada la estructura.

Built 014 Beta:

- Se mejora la matriz de rigidez de la estructura. Si la matriz es singular, el programa lo indica permitiendo modificar coacciones o dejando al programa actuar automáticamente para reducir aquellos grados de libertad que propician dicha singularidad. De momento sólo detecta singularidades para elementos columna-fila de ceros.

Built 013 Beta:

- Detectado bug en reacciones, aunque ya calculaba más o menos bien. Reprogramé el sistema para el cálculo de las mismas independientemente del tipo de estructura elegido.

Built 012 Beta:

- Mejora de los menús de resultados de esfuerzos y desplazamientos con la incorporación de tablas o matrices. Dejé los menús para cálculo directo de desplazamientos, esfuerzos, reacciones porque incorporan ecuaciones simbólicas y alguna información adicional.

Built 011 Beta:

- Incorporación de condiciones especiales: temperatura, desajuste longitud, un solo apoyo inclinado, apoyos elásticos, descenso apoyos. Numerosos bugs hasta que conseguí solventarlos. Luego más adelante modificaría los apoyos inclinados múltiples.

Built 010 Beta:

-Modificación del menú de matrices, mejora del mismo.

Built 009 Beta:

-Solo es capaz de calcular algunas estructuras sencillas. Siguen los fallos en las reacciones.

Built 008 Beta:

-Se me ocurre realizar un gran menú de resultados con pantallas paso a paso. Hasta entonces solo había resultados finales. Comienzo con el menú de matrices K y L y comienzo la reprogramación para incluir en pantalla las matrices simbólicas también.

Built 007 Beta:

-Las estructuras articuladas las calcula correctamente, no así las reticuladas o mixtas. Fallos en las reacciones.

Built 006 Beta:

-Anesmef es monoprograma. Debido a que llega al límite de memoria posible para un programa se toman algunas partes y se divide en subprogramas.

Built 005 Beta:

-El programa primitivo Calcumef sufre una profunda transformación: los diálogos de entrada de datos cambian, mejorando la transparencia y claridad, se permiten realizar cambios una vez se avanza a otro diálogo. Se renombra Calcumef por Anesmef.

Built 004 Beta:

-Calcumef solo calculaba cargas puntuales y distribuidas de forma rectangular. Se amplía al resto de cargas.

Built 003 Beta:

-Calcumef empieza a calcular esfuerzos y reacciones aparte de los desplazamientos. En algunos casos los resultados no son correctos, debido a la filosofía de calcular varios tipos de estructuras.

Built 002 Beta:

-Calcumef solo calcula los desplazamientos de la estructura. La subrutina para obtener la matriz de rigidez, será posteriormente cambiada.

Built 001 Beta:

-Calcumef calcula sólo las matrices de rigidez numéricas de los elementos.

[Anterior](#)

11.-Advertencias.

[Siguiete](#)

-INTRODUCCIÓN VARIABLES SIMBÓLICAS.

Pueden introducirse en un principio cualquier variable de una sola letra, excepto k, p, n y h.

Si una variable simbólica es fraccionaria o decimal y dicha variable es l, e, a, i, g, j no intente introducir dicha variable pues daría error; cámbiese por una equivalente.

Ejemplo: si un nudo está a $a/2$ de distancia, ponga $a1/2$: en este caso por dos razones, 1) porque normalmente a es una variable para el área de la sección y 2) porque daría error con la variable a con la que trabaja.

-INTERNAL ERROR.

1) Archive todas las variables y programas de la calculadora. Lo que no esté archivado se borrará de la memoria, tanto si es de Anesmef como si no. Tome una precaución especial ante esto antes de seguir.

2) Haga un reset, mediante la pulsación consecutiva de las teclas 2nd + Hand (mano) + ON.

(Realmente 2nd + Hand = LOCK).

3) Los programas se ejecutarán y además con rapidez, pero estarán protegidos contra lectura y escritura.

Si usa el emulador Vti v.25 Beta tiene dos formas:

1) Puede cargar directamente el programa en el emulador mediante el estado Anesmef.sav grabado por mí. Incluye todos los programas de Anesmef preparados para ejecutarse. Esto es muy fácil y rápido: encienda la calculadora virtual,

pulse el botón derecho del ratón y aparecerá un menú, seleccione Load state image... Se abrirá un menú de búsqueda del archivo Anesmef.sav, selecciónelo y ya tiene Anesmef en el emulador preparado para calcular, pues solo tendrá que pulsar ENTER para empezar.

2) La forma tradicional. Se hace exactamente lo mismo que lo dicho anteriormente para la calculadora real. La localización de las teclas en el PC, serán:

2ND = TECLA ALT

HAND (MANO) = BLOQ MAYÚS

(No deje de pulsar estas teclas)

ON = Pulse con el ratón en la calculadora virtual la tecla ON (extremo inferior izquierdo).

[Anterior](#)

12.-Créditos y comparación prestaciones con programas de HP.

[Siguiete](#)

Todas las rutinas y programas de Anesmef son propiedad intelectual del autor, José Manuel Gómez Vega, estudiante de E.T.S Ingenieros Industriales en la U.N.E.D. El tiempo invertido total a rachas desde abril del 2.003 hasta diciembre del 2.004 ha sido de 20 meses. En este tiempo también he gestado otros programas, muchos de ellos sin publicar debido a la escasez de tiempo sobre todo a la hora de realizar los manuales.

Agradezco a las personas interesadas en el Cálculo de Estructuras sus impresiones del programa y un breve comentario sobre:

- 1) facilidad de uso.
 - 2) aspectos no incluidos que podrían introducirse.
 - 3) fiabilidad de resultados.
 - 4) errores detectados.
 - 5) forma de programación.
 - 6) presentación de resultados paso a paso.
- etc...

No duden de enviar sus sugerencias, serán tomadas en cuenta quizá para mejorar el programa, incluso. Escriban a:

gomezvega@hotmail.com

También me gustaría conocer la opinión de usuarios de otras calculadoras respecto a programas parecidos de cálculo de estructuras en plataformas distintas, por ejemplo, la de HP. Yo he visto la descripción de uno de ellos que se dice de él que es formidable, el Fem48-49 para HP 48, 49. No me he atrevido ni siquiera a usar el emulador de esta calculadora, pues parece que en lugar de una calculadora es una nave espacial (o un aparato para gente selecta tipo escuela de Pitágoras), y hay que ver la cantidad de teclas, siglas y demás que se debe usar para manejar el programa, así como librerías, modos, etc. Es como si para beber un vaso de agua hubiera que calcular la posición del vaso, el giro del brazo, el esfuerzo en la apertura del grifo, el tiempo en apertura del grifo, controlar la temperatura para que no dañe la garganta, etc. No digo que el programa sea efectivo, pero lo que he visto en la plataforma TI es mucho más amigable, las pantallas son mucho más fáciles, el manejo en sí...en definitiva, menos mal que tengo una TI. Me gustaría saber cuanto tiempo es necesario en el aprendizaje de un programa de este tipo. Verdaderamente se puede decir que los usuarios de esta calculadora son "pequeños genios". No obstante ya he oído en algún foro que algún usuario de ingeniería tenía la calculadora y a veces no sabía ni como apagarla...Ahora, en serio: HP fabrica muy buenas calculadoras, pero la fama se la lleva, creo yo, el hecho de que a los estudiantes les ha dado más por programar ahí.

De momento, creo que lo único que no hace este programa respecto a Fem48-49 son los diagramas de elástica y esfuerzos, y los puntos de dichos diagramas. No sé si habrá algo más. Si alguien puede informarme, ya saben en qué dirección. Evidentemente, hay muchas cosas que hace Anesmef que no hace Fem48-49, pues su filosofía es distinta. Lo

que sé que hace mucho mejor Fem48-49 es la rapidez de ejecución, pues como ya se ha dicho, Anesmef trabaja simbólicamente y además incorpora muchas más cosas en memoria que tiene que procesar.

No olviden acceder a los problemas resueltos con Anesmef que permite comprobar las capacidades de cálculo de este programa. De momento solo hay 2, pero algo es algo. El 3er problema está solo enunciado, pero también se puede calcular fácilmente con Anesmef.

[Anterior](#)**13.-Futuros planes.**[Inicio página](#)

- 1) Mejora de Anesmef incluyendo lo que no se ha podido en esta versión.
- 2) Programa **Anesclas**: cálculo de estructuras por los métodos clásicos para todo tipo de las mismas: articuladas, reticuladas y mixtas. De momento funciona en modo de prueba para estructuras articuladas, aplicando los Th. de Castigliano, Método de Ritter, Método de los Nudos, etc, y salvo algún pequeño fallo, funciona bien.
- 3) Programa **Cross**: calcula momentos de empotramiento por iteración mediante el método de Cross. Permite variables simbólicas y además la incorporación de momentos externos. Para cualquier tipo de aproximación. Mucho mejor que cualquier otra cosa vista. Funciona perfectamente.
- 3) Programa **Finterpo**: permite el cálculo mediante el MEF de elementos monodimensionales (2,3,4 nudos), triangulares (desde 3 hasta 12 nudos) y cuadrangulares (desde 4 hasta 12 nudos), siguiendo la metodología de los polinomios de interpolación. Da todos los cálculos, y como no, se puede hacer con variables simbólicas también, calculando todo tipo de matrices N, B, K, vectores de cargas, desplazamientos o deformaciones, tensiones, etc. Incorpora la posibilidad del cálculo mediante funciones de aproximación (integración numérica) o integración normal. Lo he probado numerosas veces y funciona bien con los problemas que le he cargado.

Estos programas de momento NO van a ser publicados, aunque algunos de ellos operan ya bien. Quizá me decida a publicarlos más adelante, pero a lo mejor no con un manual tan extenso como éste. Motivo: no hay manual ninguno ni tiempo.