

# INTRODUCCIÓN AL ANSYS 11.0

## 1 Procedimiento General

- Empezando ANSYS;
- construyendo el modelo (**preprocessing**);
- aplicando carga y obtener resultados (**solution**);
- visualizar los resultados (**postprocessing**)

## 2 Empezando ANSYS

Inicio → Programas → ANSYS 11.0 → ANSYS

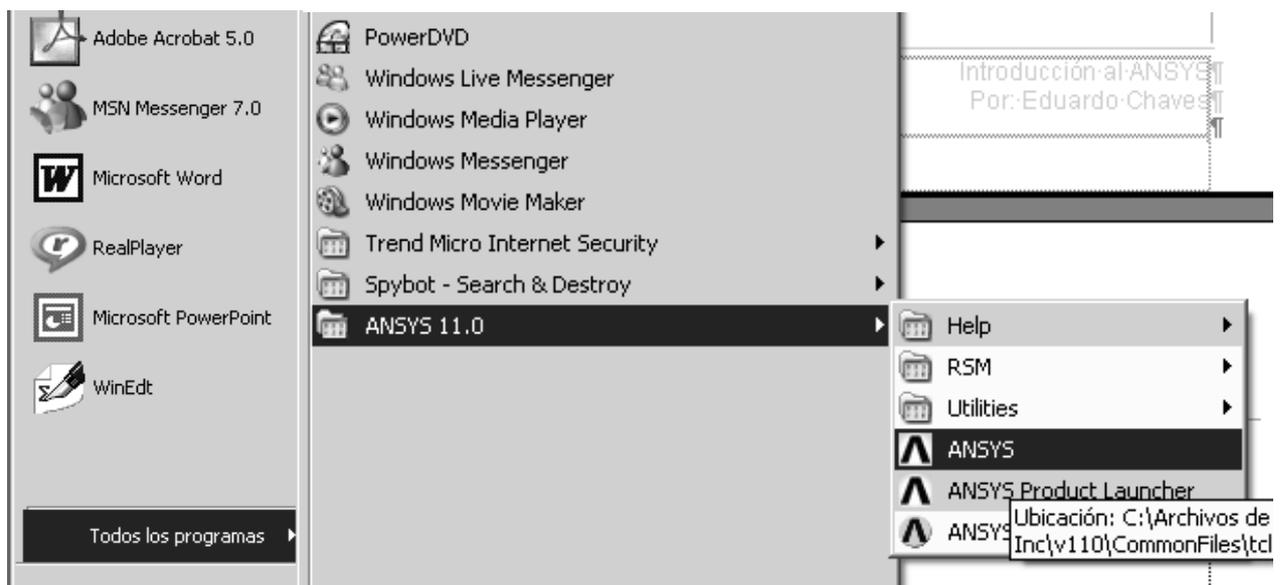


Figura 1: Iniciando el ANSYS.

Inicialmente debemos cambiar el nombre del trabajo y el directorio de trabajo.

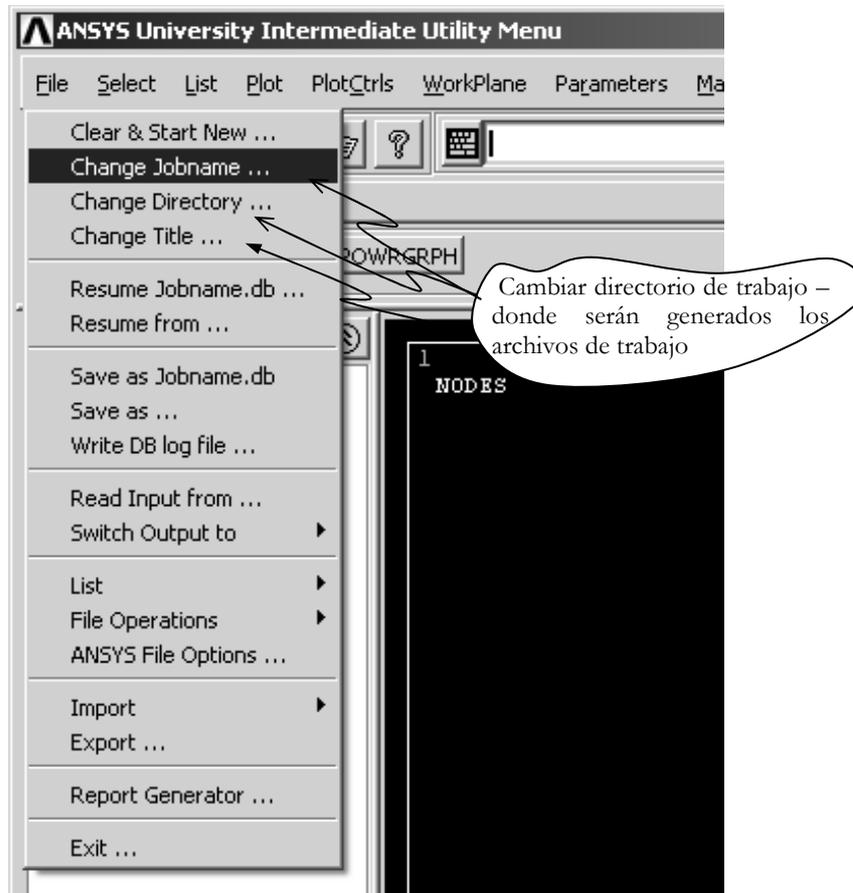


Figura 2: Cambiando nombre del trabajo, directorio y nombre del proyecto.

### 3 Sistema de Menú de ANSYS

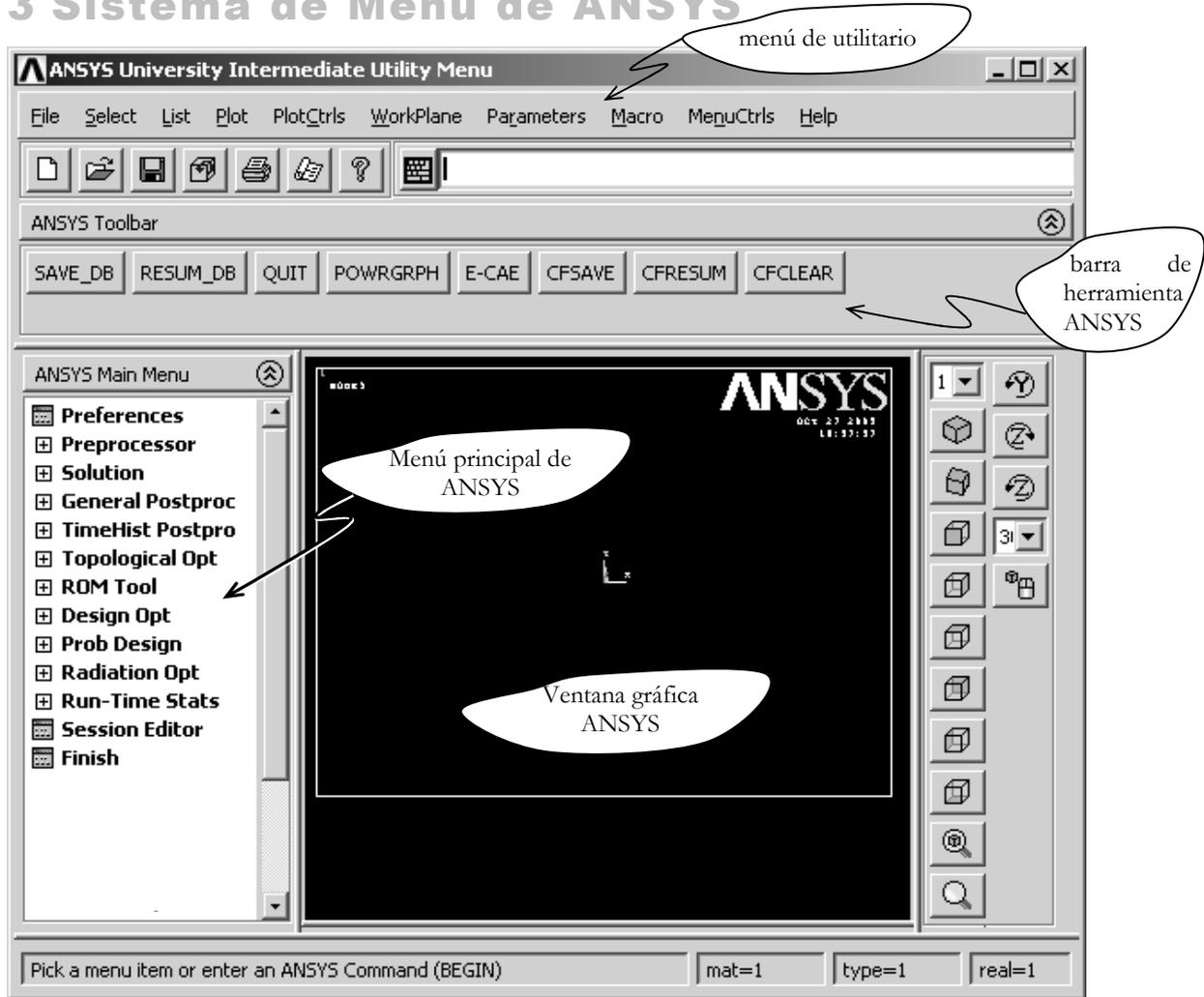


Figura 3: Ambiente ANSYS.

#### 3.1 Menú utilitario ANSYS

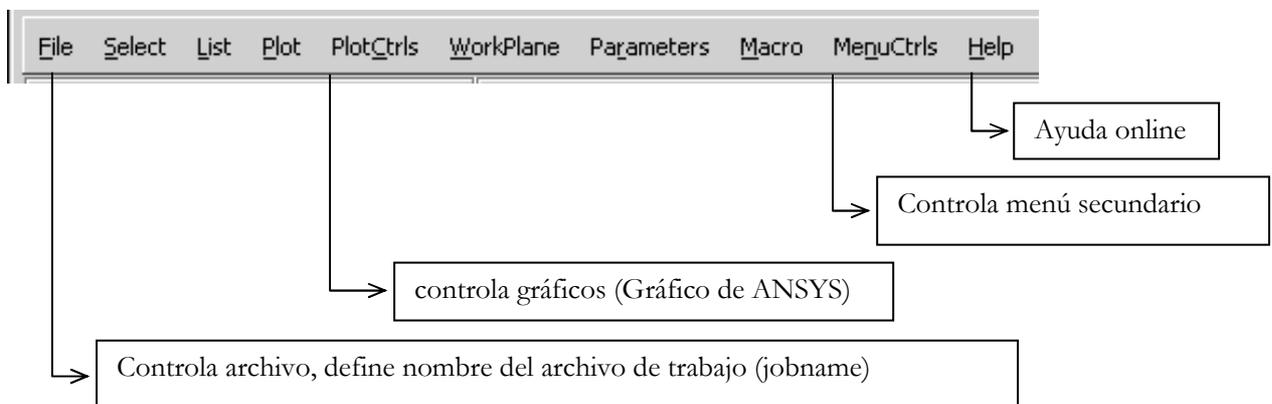


Figura 4: Menú utilitario ANSYS.

## 3.2 Menú Principal ANSYS

Contiene las funciones de ANSYS primarias:

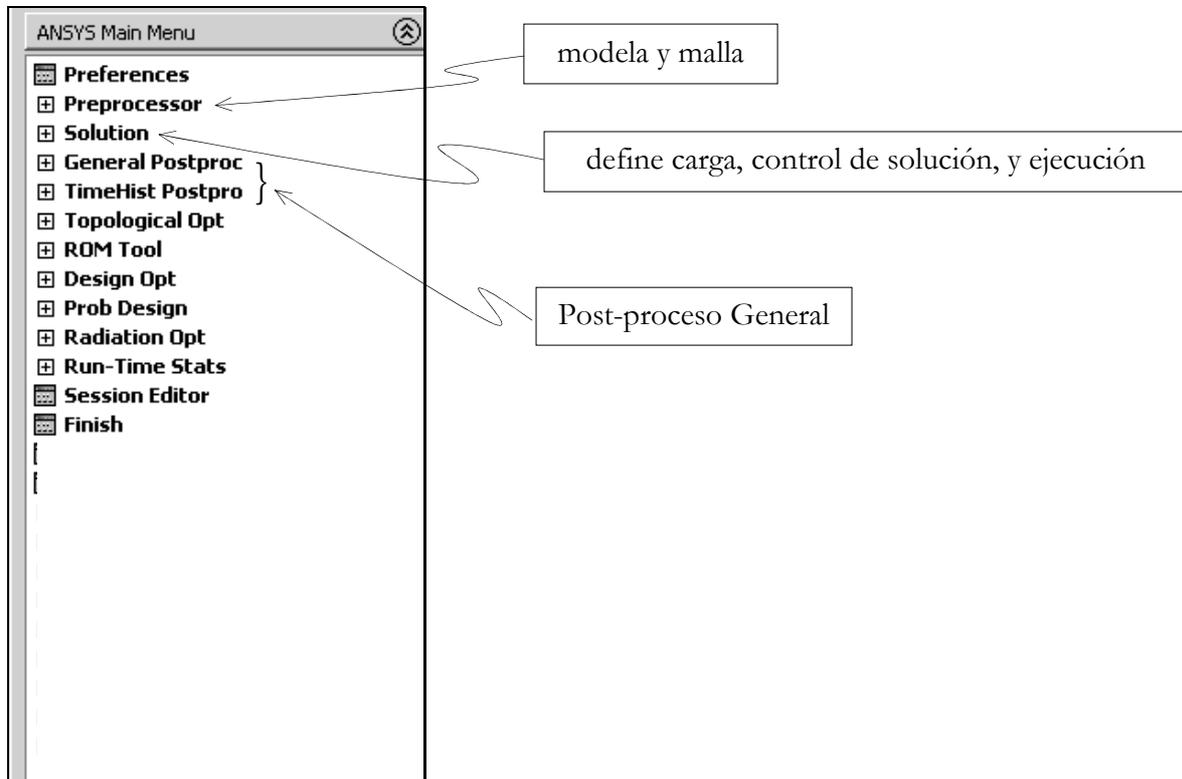


Figura 5: Menú principal ANSYS.

## 4 Pre-Proceso (Preprocessor)

- Define elemento y sus parámetros, propiedad del material.  
**Element Type, Real Constants, Material Props**
- Geometría para modelación de sólidos  
**Modeling**
- Definición de parámetros de malla  
**Meshing**
- Mallado del modelo

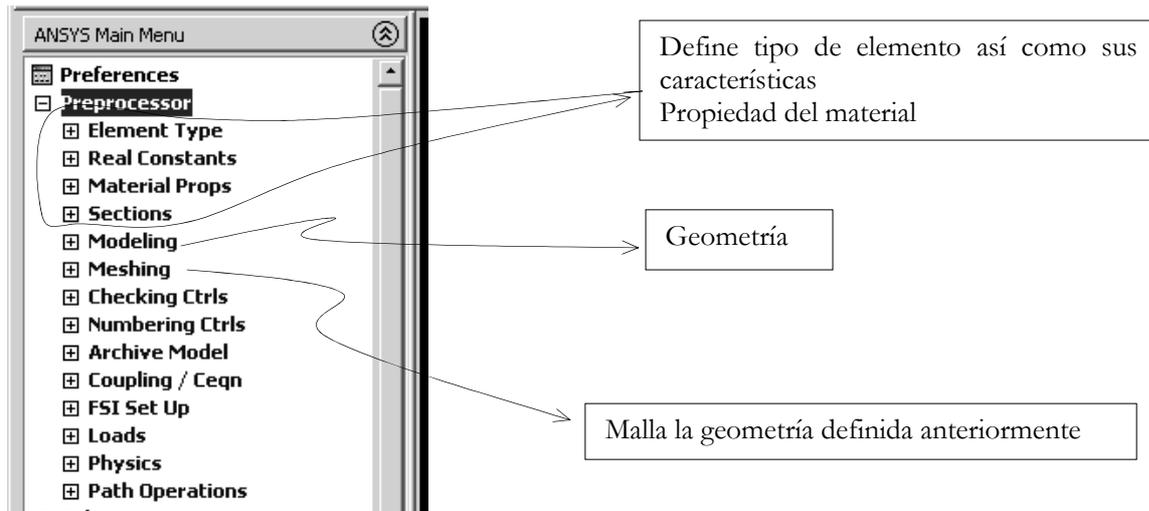
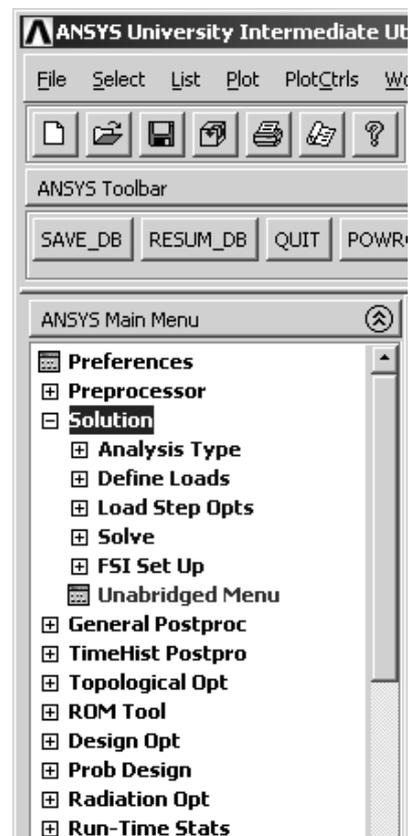


Figura 6: Menú principal ANSYS – Preprocessor.

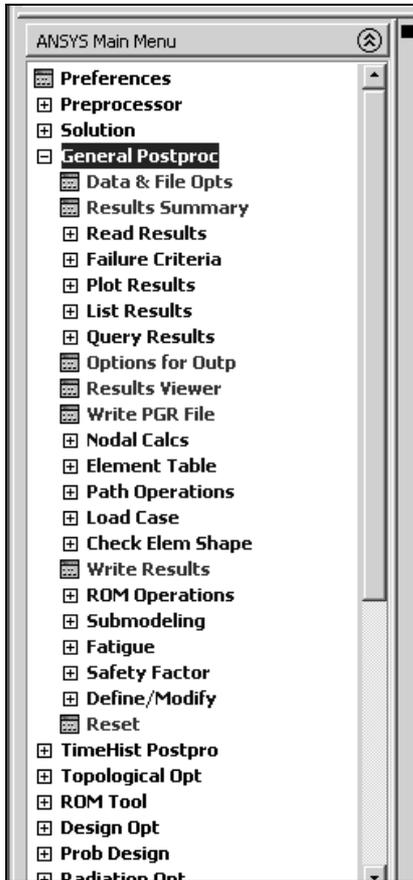
## 5 Solución

- Define condiciones de borde y cargas (**Define Loads**)
- Controla tipo de análisis y opciones, opciones de paso de carga y salida de datos (**Load Step Opts**).
- Inicia el cálculo (**Solve**)

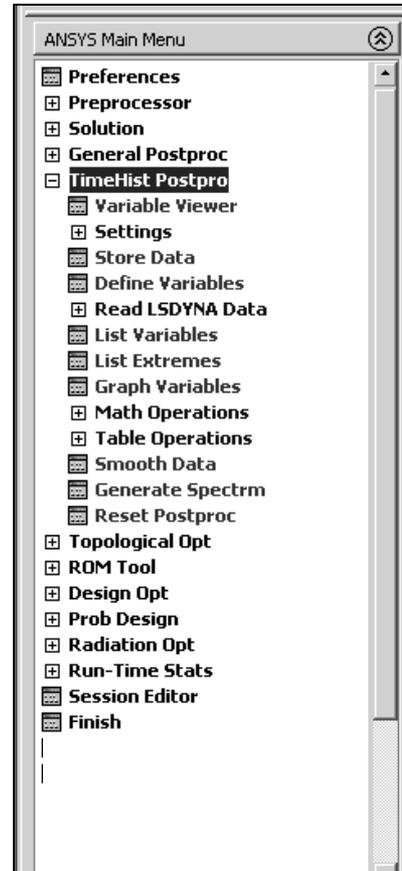


## 6 Post-Proceso

- visualización de resultados (desplazamiento, tensión, deformación)
- lista de resultados



a) pos proceso general



a) pos proceso de variables históricas

## 7 Ejemplo

Este ejemplo consiste en una placa en la cual se aplica una carga puntual hasta obtener el colapso de la estructura. Las dimensiones y las condiciones de borde se muestran en la Figura 7. La placa está constituida por un material con las siguientes propiedades: Módulo de Young  $E = 2,0 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ ; tensión de fluencia:  $\sigma_y = 2,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ ; densidad:  $\rho = 7860 \text{ kg/m}^3$ , coeficiente de poisson:  $\nu = 0,35$ . El módulo tangente elastoplástico (módulo tangente) será considerado con el valor de:  $E_T = 2,0 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ .

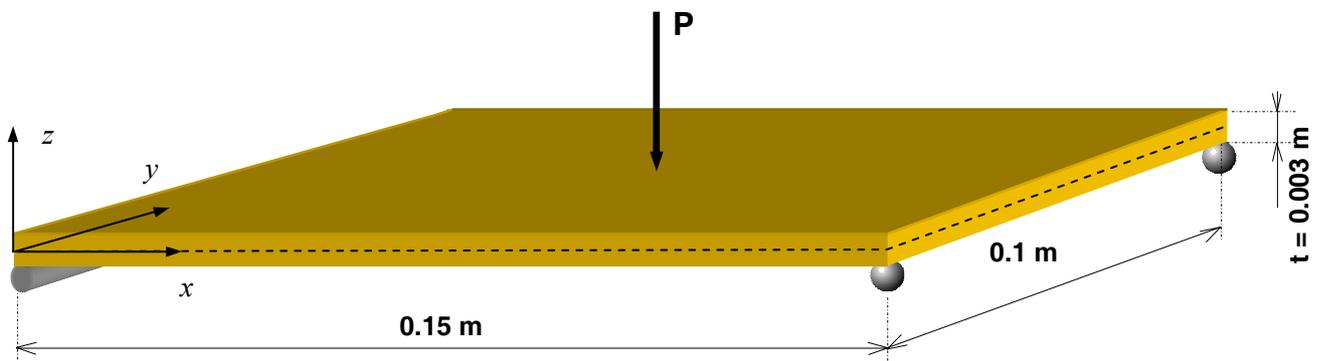


Figura 7: Placa – carga puntual en el centro.

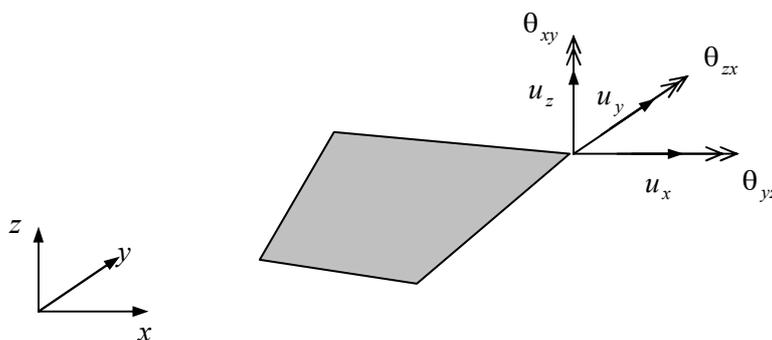
### Consideraciones:

#### Material

- Ley del comportamiento del material: no-lineal
- Plasticidad con endurecimiento isótropo
- von Mises

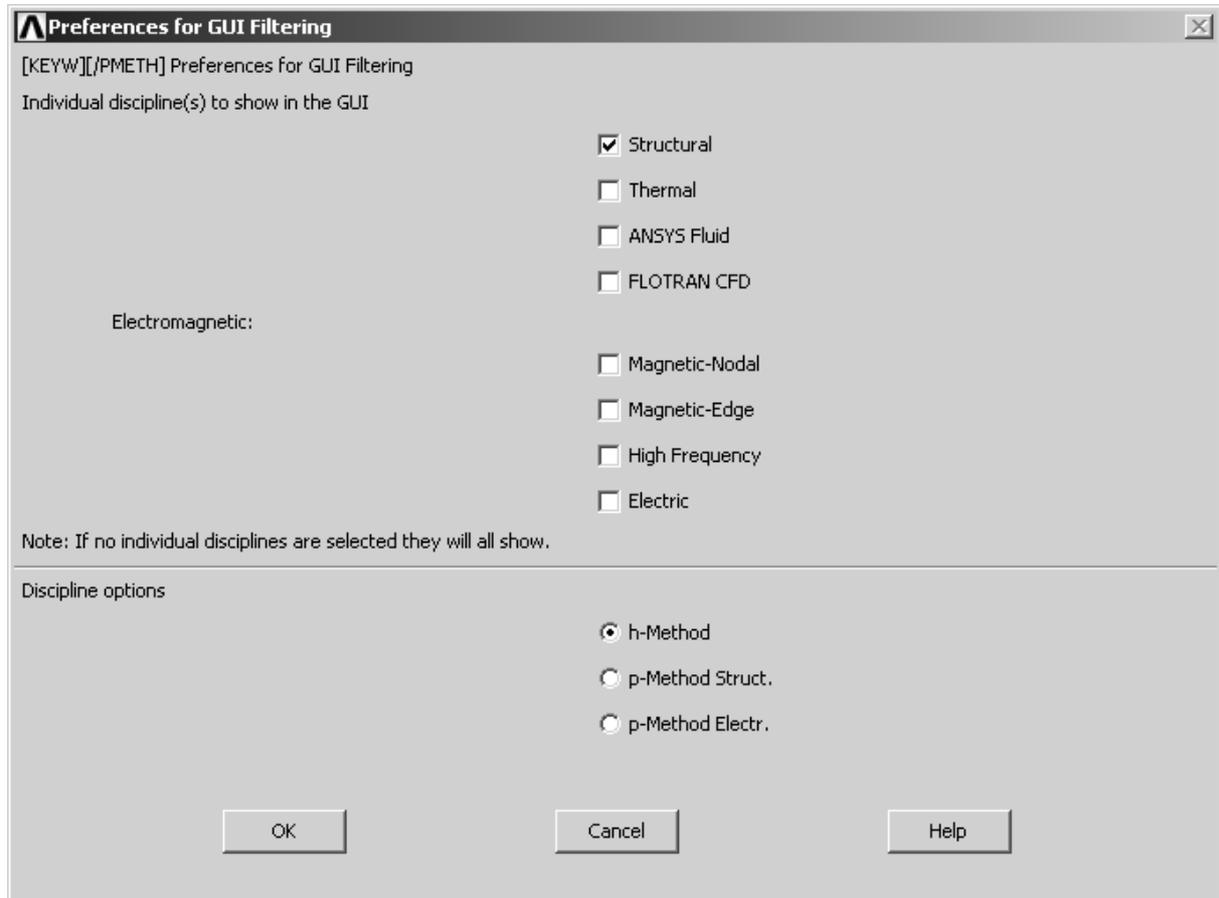
#### Elemento Finito

- El elemento finito empleado será el elemento plano de cuatro nodos para placas, en particular será adoptado el elemento conocido en ANSYS como el *shell 181*.



## 7.1 Preferences

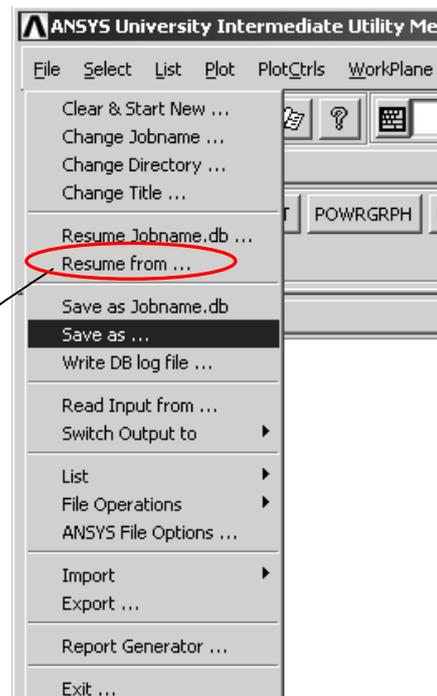
Define tipo de problema: Estructural, Térmico, Magnético, etc.



## 7.2 Guardando el proyecto

Por defecto ANSYS guarda el proyecto con el nombre: [jobname.db]. Para guardar con otro nombre, el usuario deberá utilizar el comando *Save as...* como se enseña en la figura de al lado.

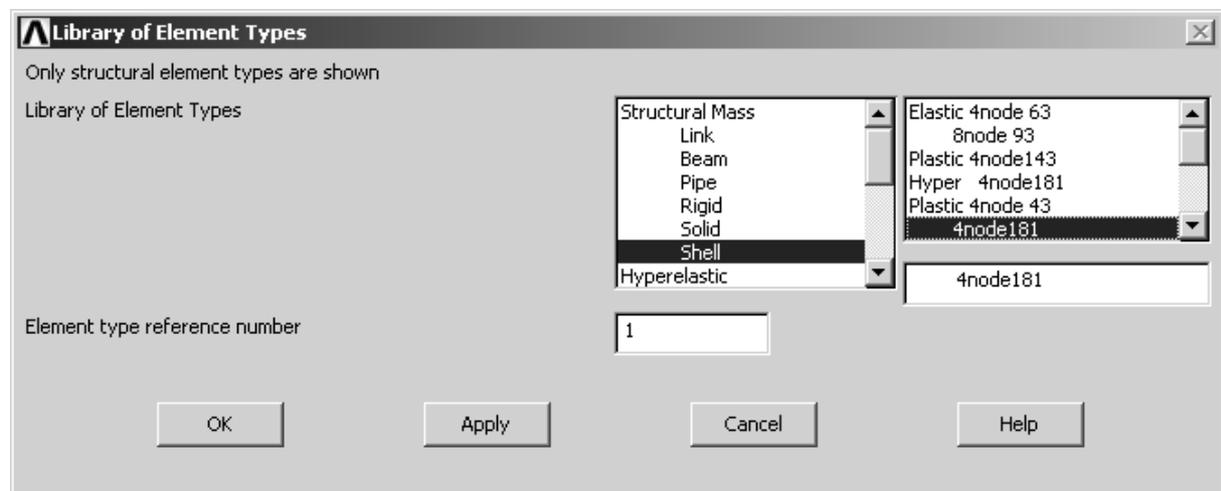
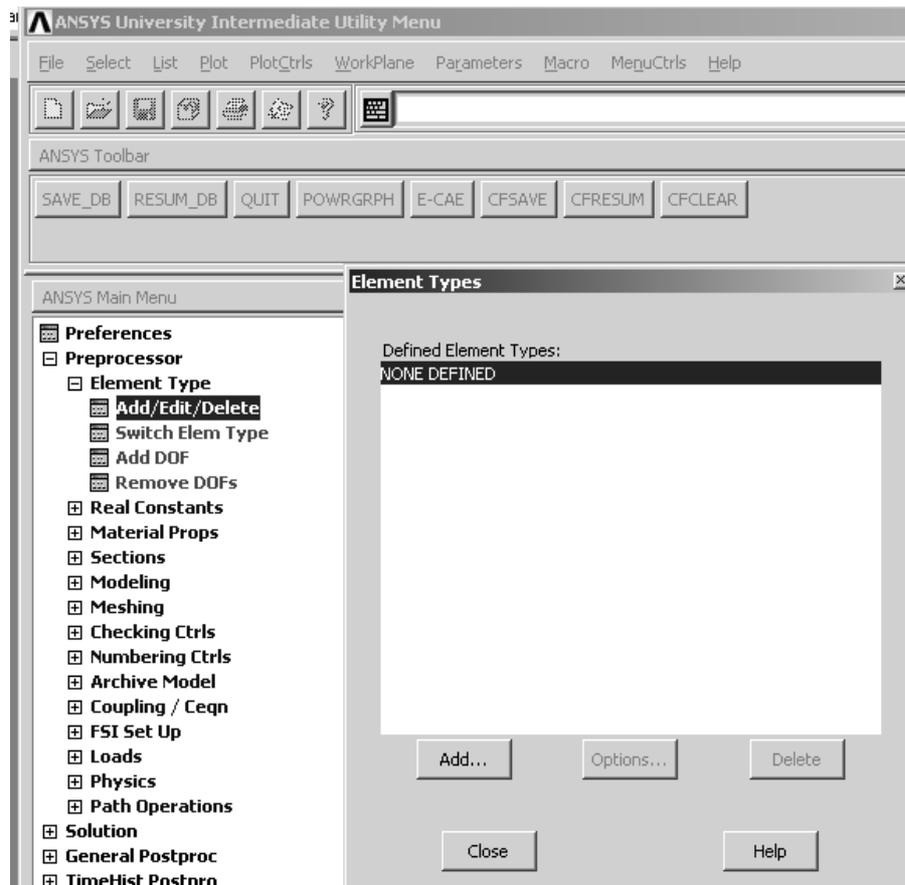
Abre proyecto \*.db



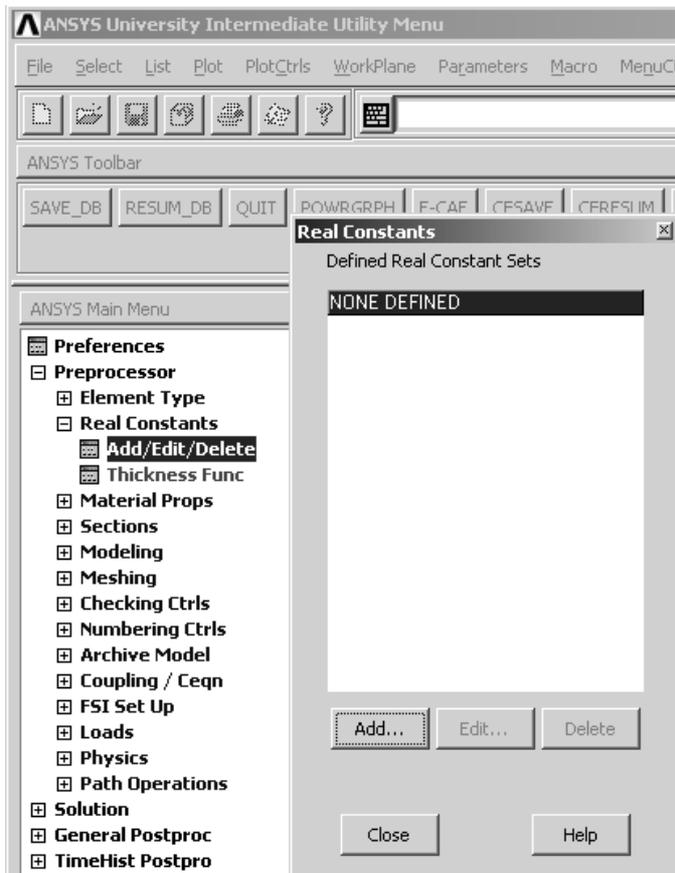
## 7.3 Preprocessor

### 7.3.1 Tipo de Elemento

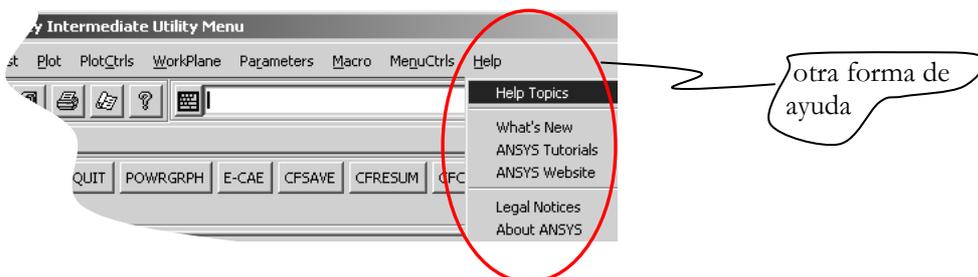
Elemento finito escogido: (*shell 181*) de cuatro nodos.



Propiedad del elemento finito: espesor



**OBS.:** PARA DETALLES DEL ELEMENTO O SIMPLIFICACIONES, VERIFICAR MANUAL ANSYS



Real Constant Set Number 1, for SHELL181

Element Type Reference No. 1

Real Constant Set No. 1

Real Constants for SHELL181

Shell thickness at node I TK(I) 0.003

at node J TK(J)

at node K TK(K)

at node L TK(L)

Element X-axis rotation THETA

Added mass/unit area ADMSUA

Transverse shear stiffness E11

Transverse shear stiffness E22

Transverse shear stiffness E12

Drill stiff scale factor DRILL

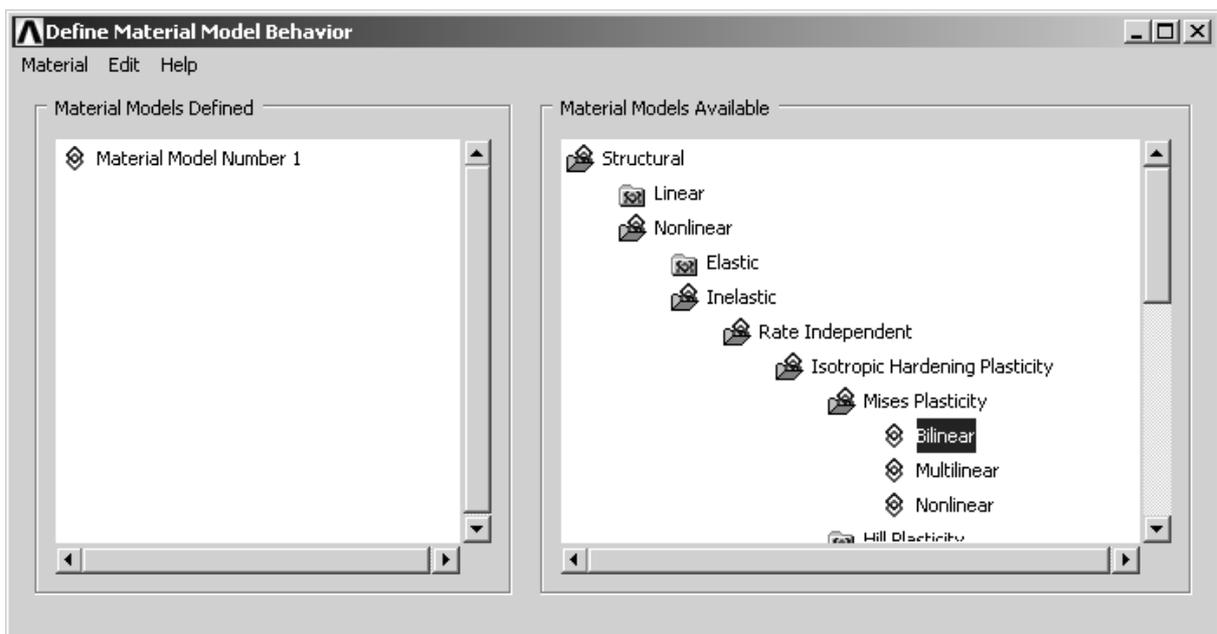
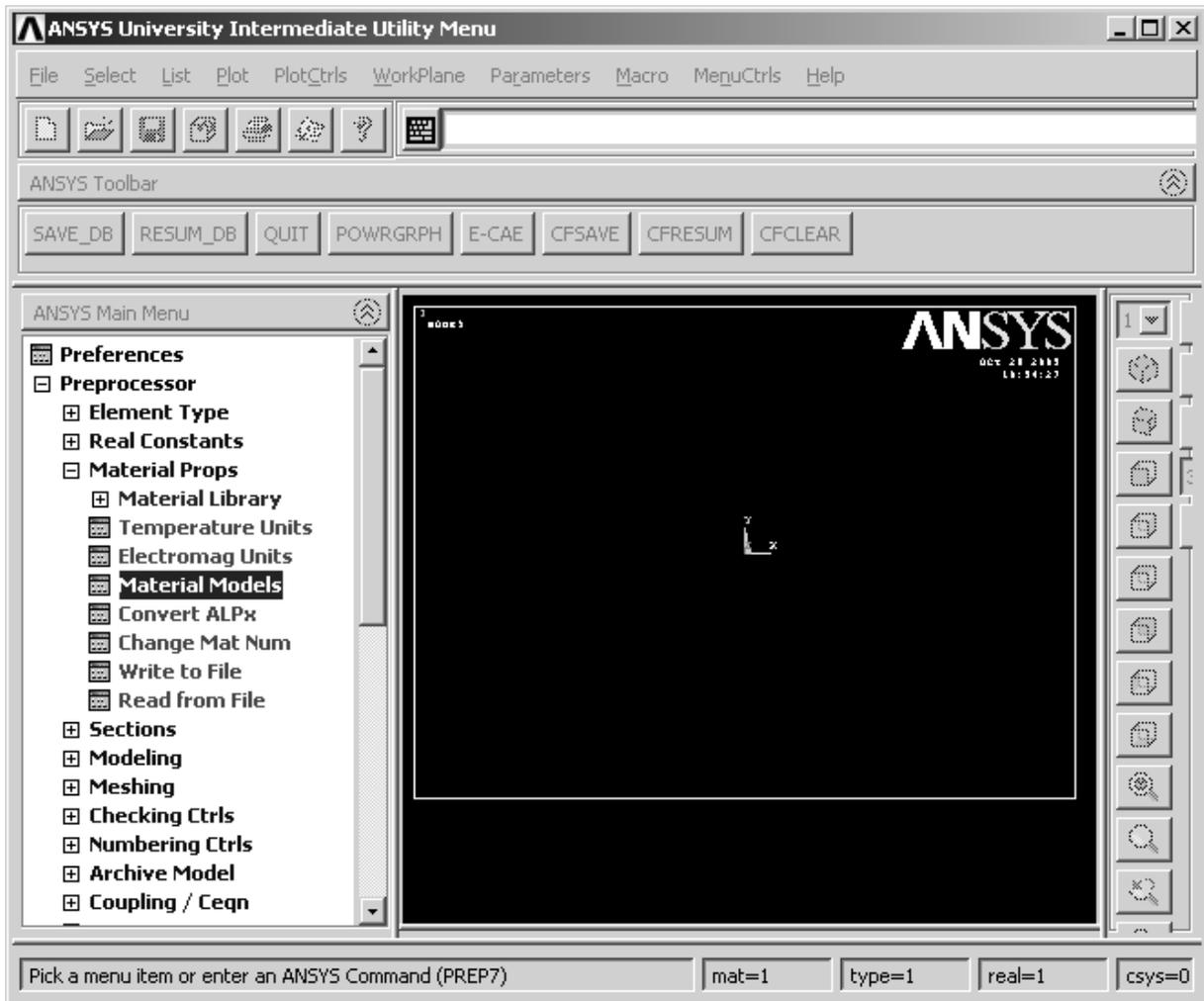
Hourglass scale factor MEMBRANE

Hourglass scale factor BENDING

OK Apply Cancel Help

**Obs.:** Como el espesor en el elemento finito es constante, es suficiente con poner el valor del espesor en el nodo I solamente.

### 7.3.2 Propiedad del material



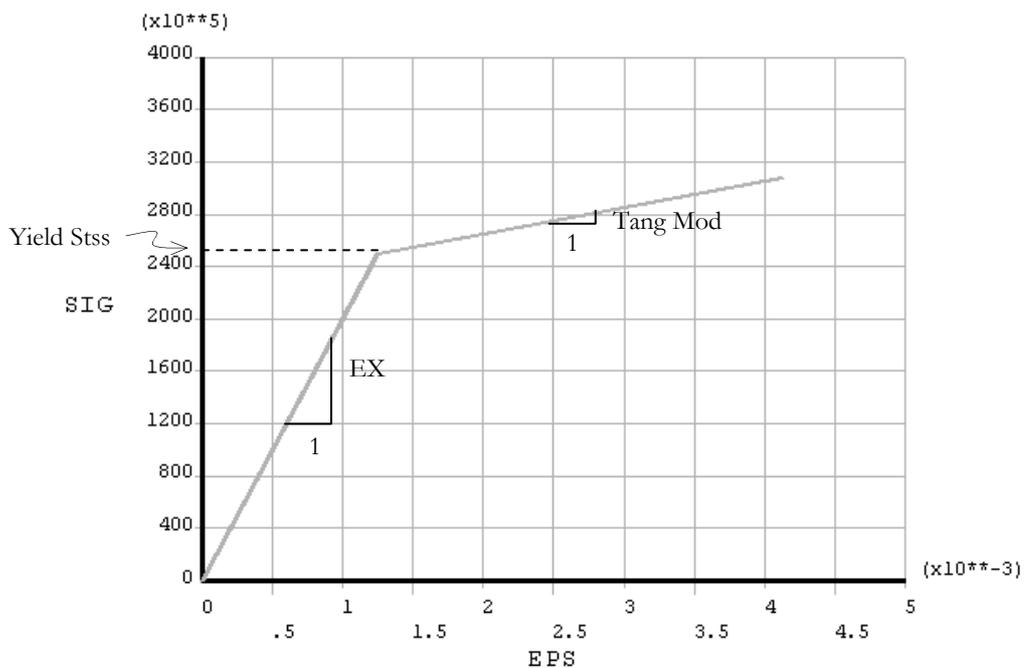
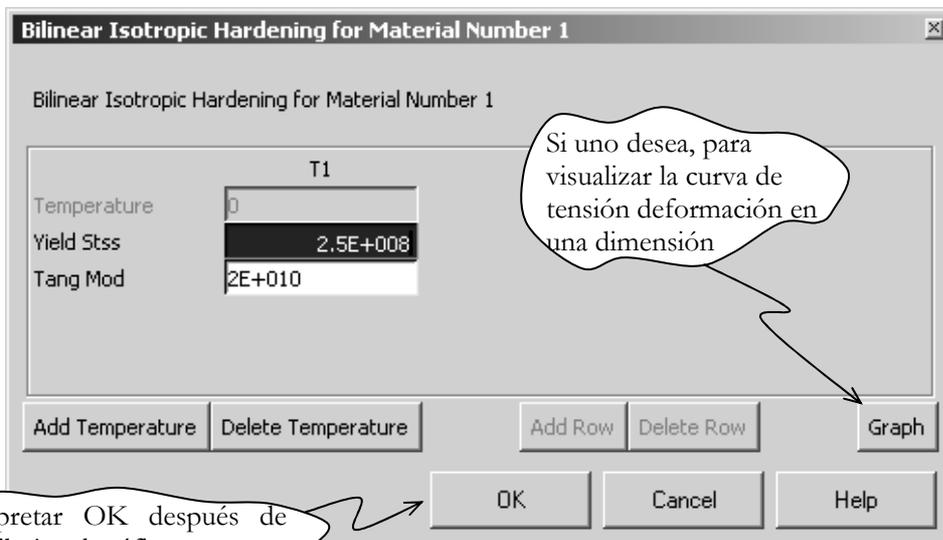
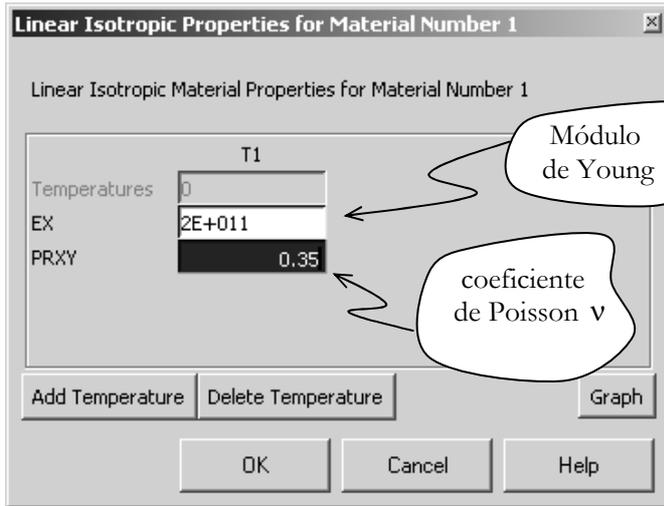
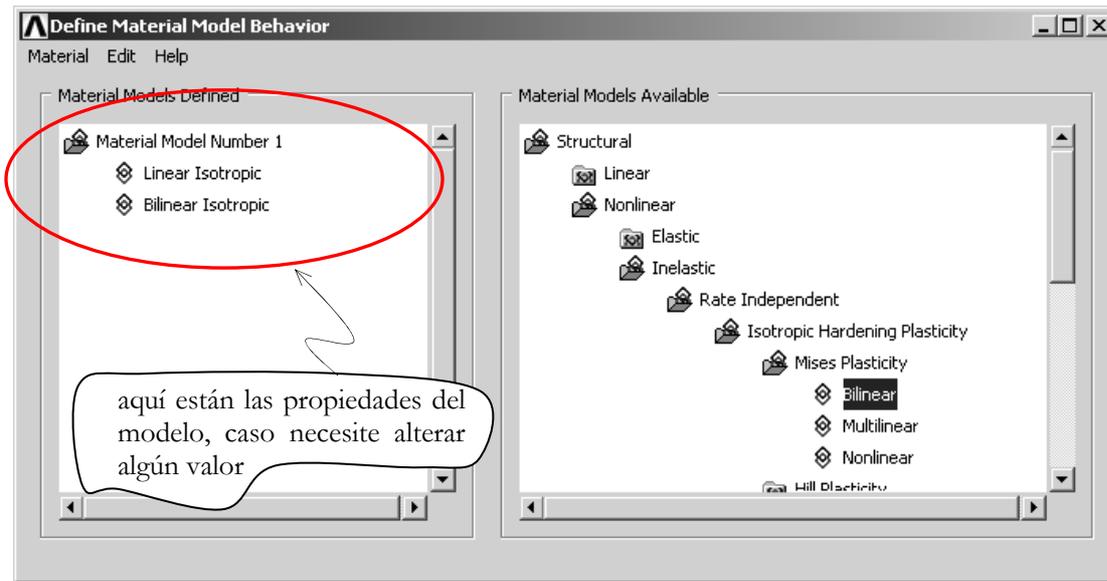
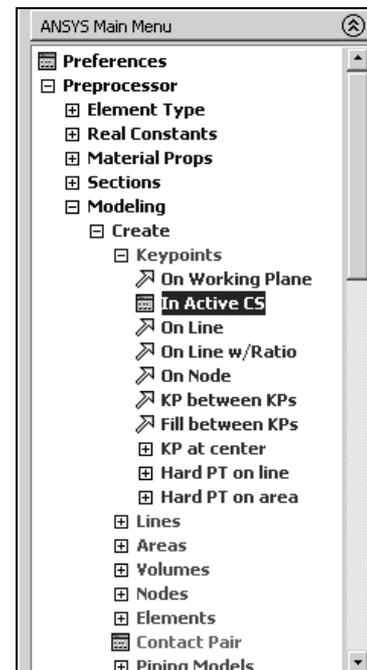


Figura 8: Curva tensión vs. deformación (una dimensión).



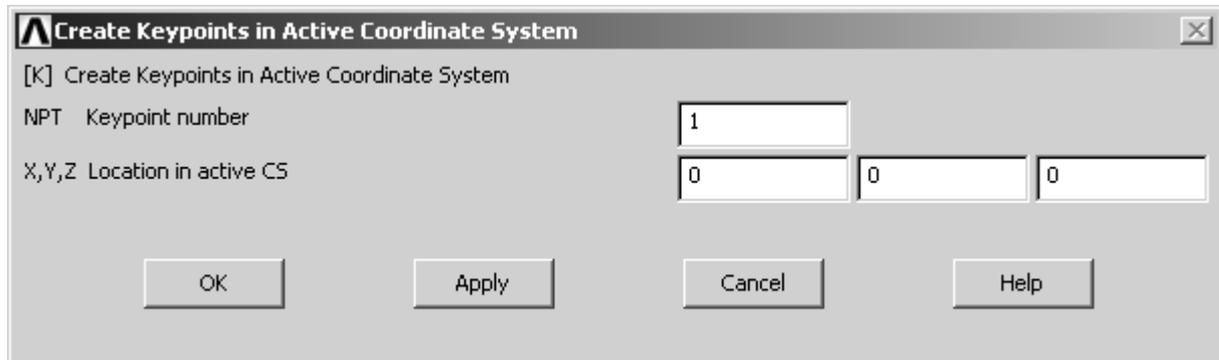
### 7.3.3 Definiendo la geometría

Para definir la geometría se utiliza el subapartado de *Preprocessor* denominado de *Modeling*, a partir de ahí se crea puntos, líneas, áreas y volumen si es el caso tridimensional.



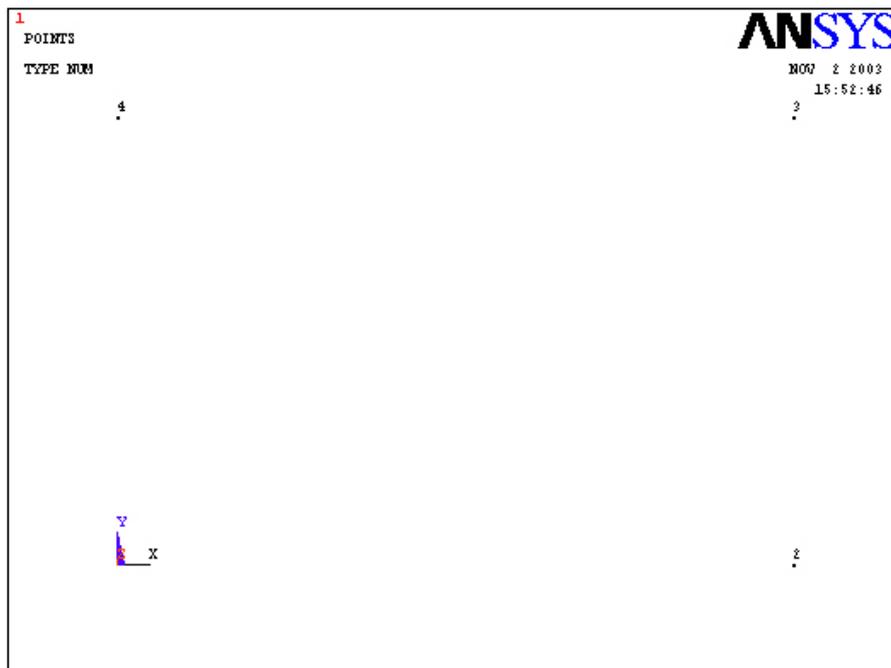
### 7.3.3.1 Creando puntos

#### In active CS



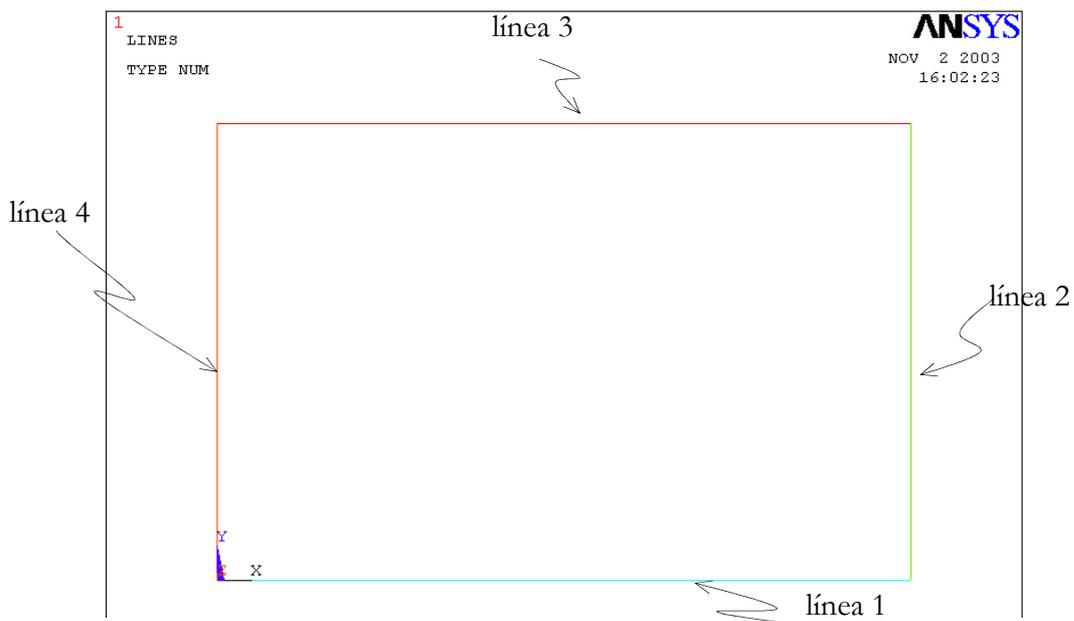
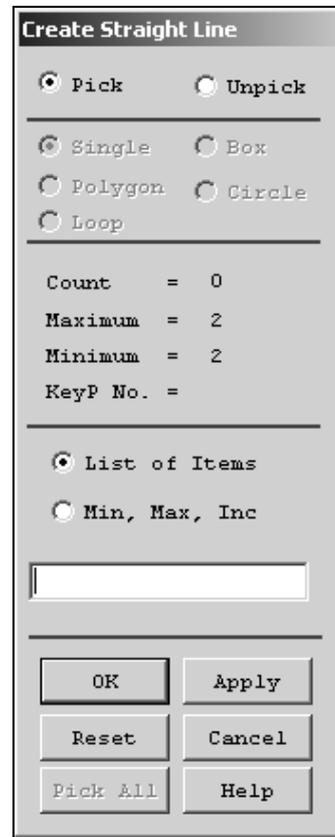
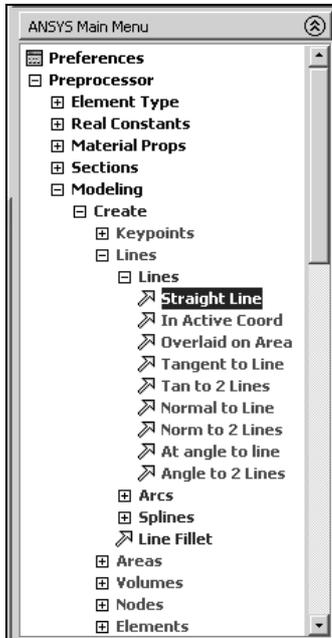
Hacemos el mismo para los puntos 2, 3 y 4 con las siguientes coordenadas:

- 2 (x=0.15; y=0; z=0)
- 3 (x=0.15; y=0.1; z=0)
- 4 (x=0; y=0.10; z=0)



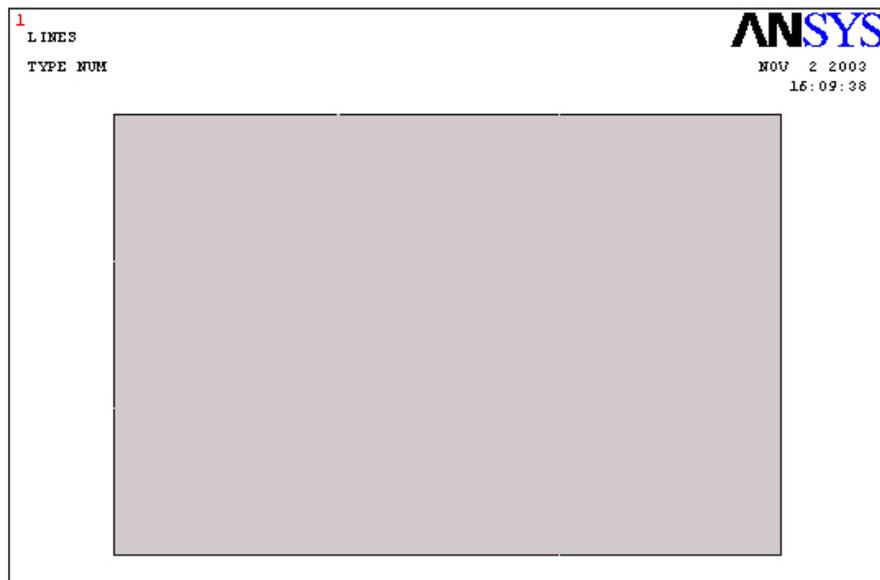
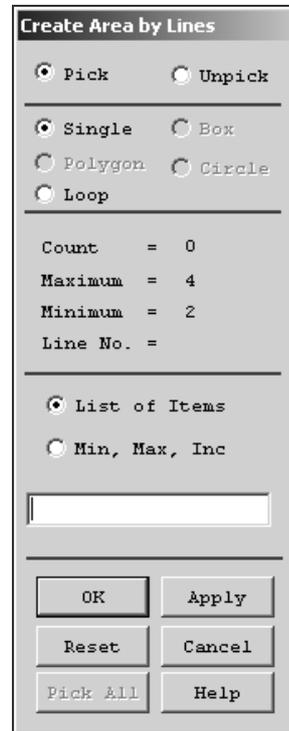
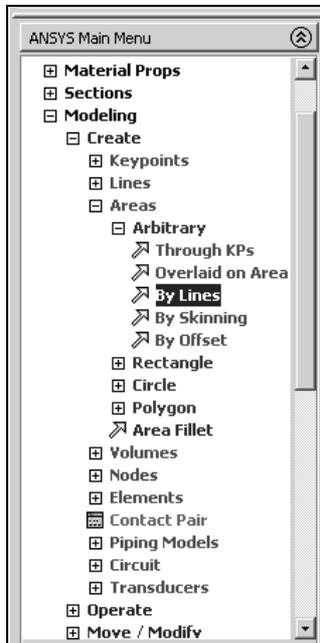
### 7.3.3.2 Creando líneas

**Straight Line** – Crea líneas rectas sólo con picar en dos puntos previamente definidos.



### 7.3.3.3 Creando áreas

**By Lines** – Crea área definida por líneas previamente creadas.



**Ejercicio:** Intentar crear la misma área sin crear previamente las líneas, solamente con los cuatros puntos previamente definidos.

### 7.3.4 Mallado (Meshing)

Una vez creada el área o el volumen (cuando sea el caso) ya podemos hacer la malla de elementos finitos.

#### Meshing → Mesh → Area → Free

Sin la alteración en las características de los parámetros responsables para la generación de la malla el programa por defecto adopta ciertos valores, que no siempre son los más satisfactorios. Por ello necesitamos alterar dichos valores.

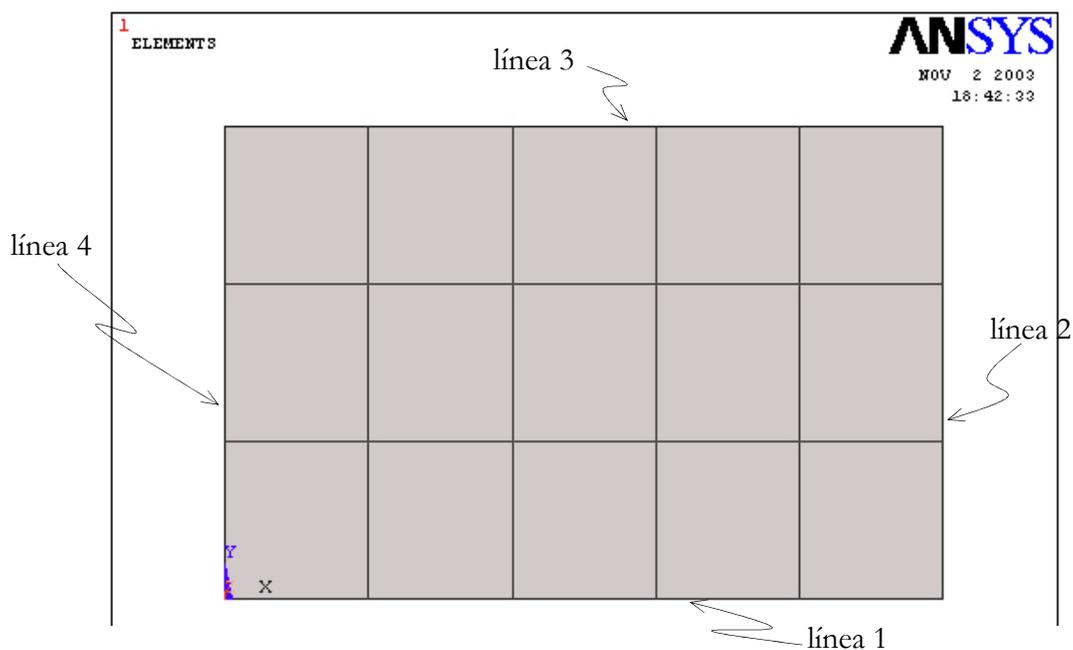
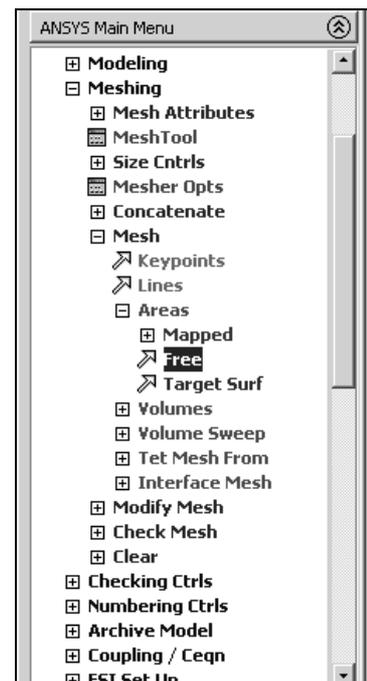
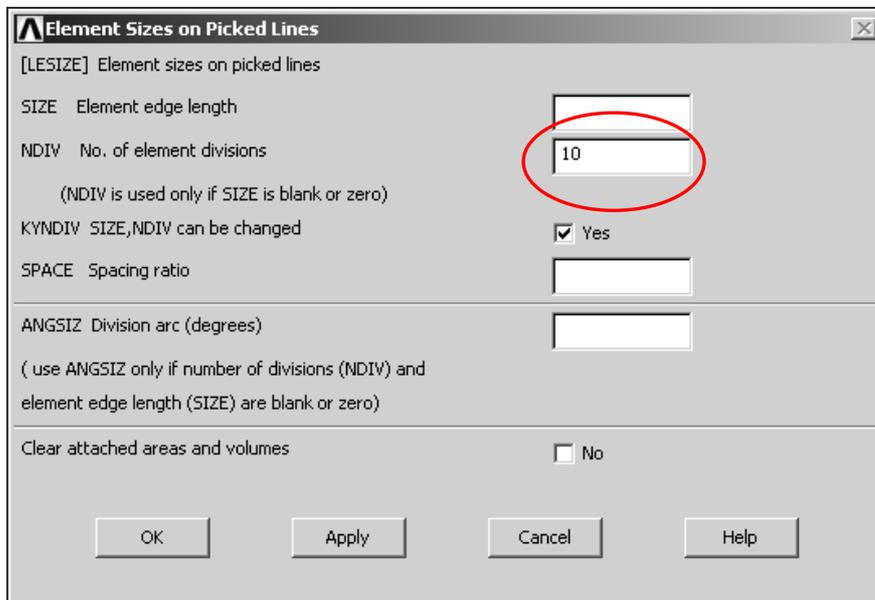
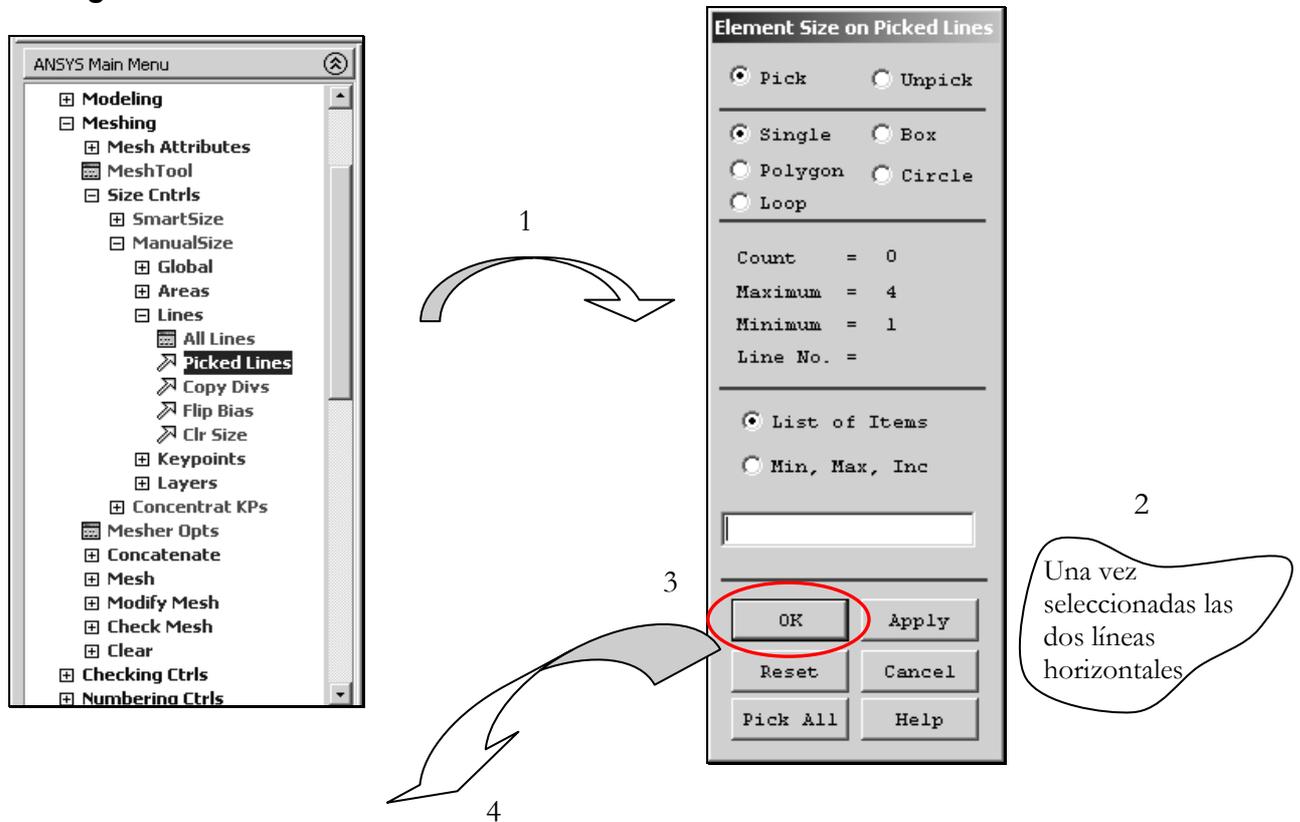


Figura 9: Malla de elementos finitos.

Vamos alterar la malla con la siguiente criterio: la línea 1 y 3, como se enseña en la Figura 9, tendrá 10 divisiones. Los de la línea 2 y 4 tendrán 8 divisiones, para ello:

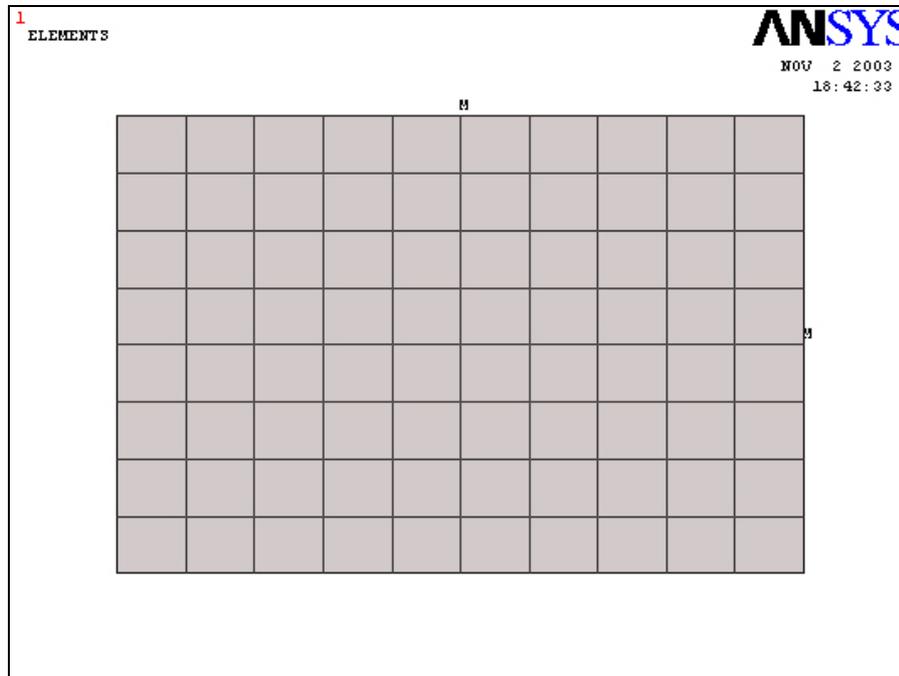
**Meshing** → **Size Cntrls** → **ManualSize** → **Lines** → **Picked Lines**



Hacer el mismo proceso para las líneas verticales.

Para hacer el remallado con este nuevo criterio:

**Meshing** → **Mesh** → **Area** → **Free**

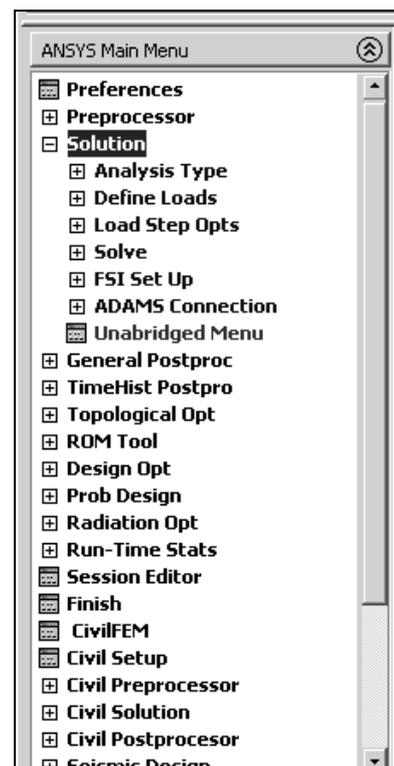


## 7.4 Solución

Una vez defino, el tipo de elemento, el material, modelo constitutivo, la geometría y la malla, pasamos a la fase siguiente, que es la aplicación de las condiciones de contorno y aplicación de la carga

En este apartado serán definidos:

- Las condiciones de borde;
- El proceso de carga.

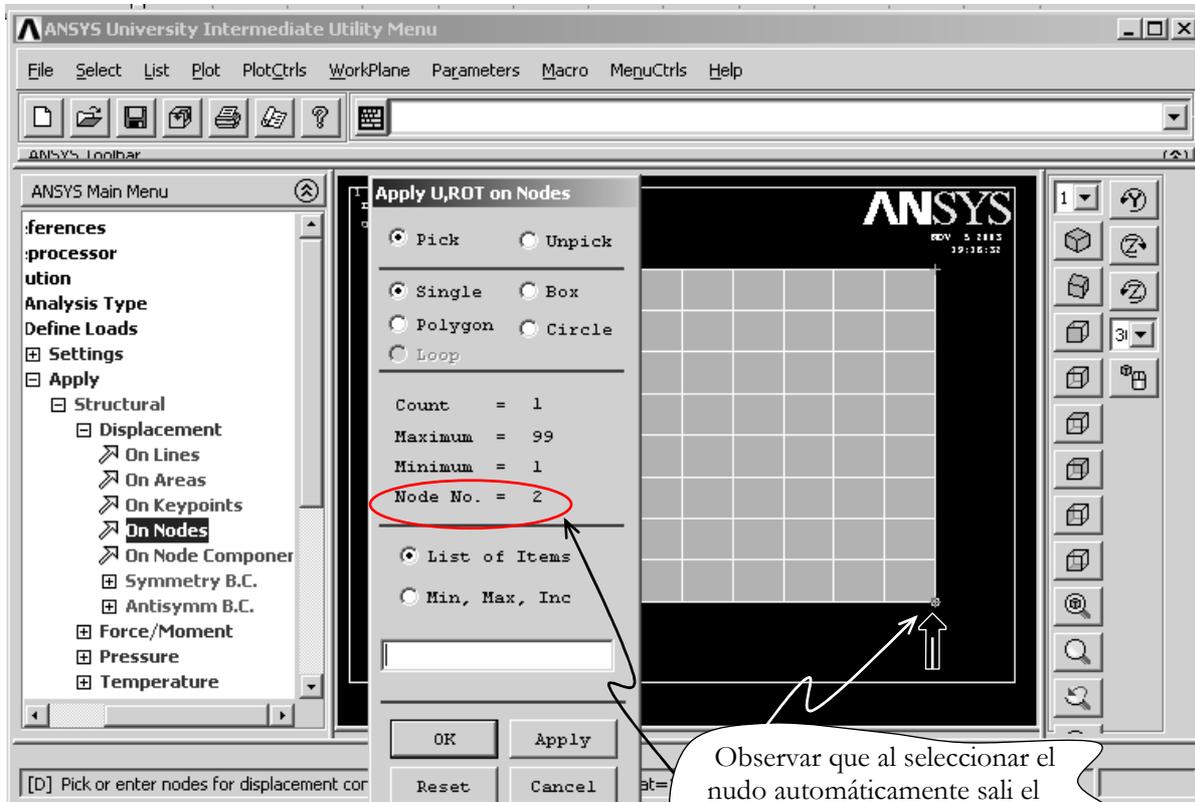
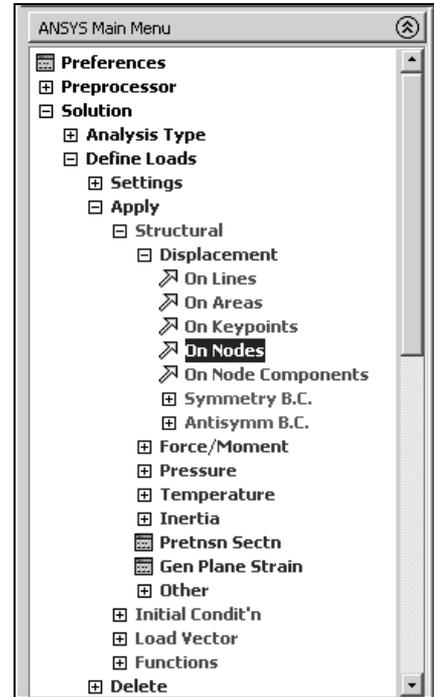


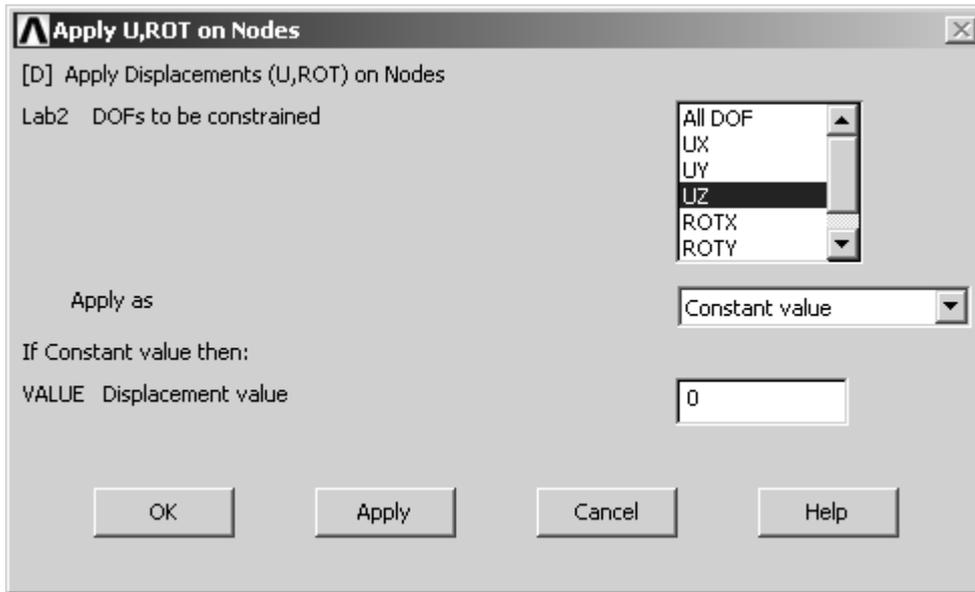
### 7.4.1 Condiciones de contorno

Desplazamiento prescrito

**Solution**

- **Define Loads**
- **Apply**
- **Structural**
- **Displacement**



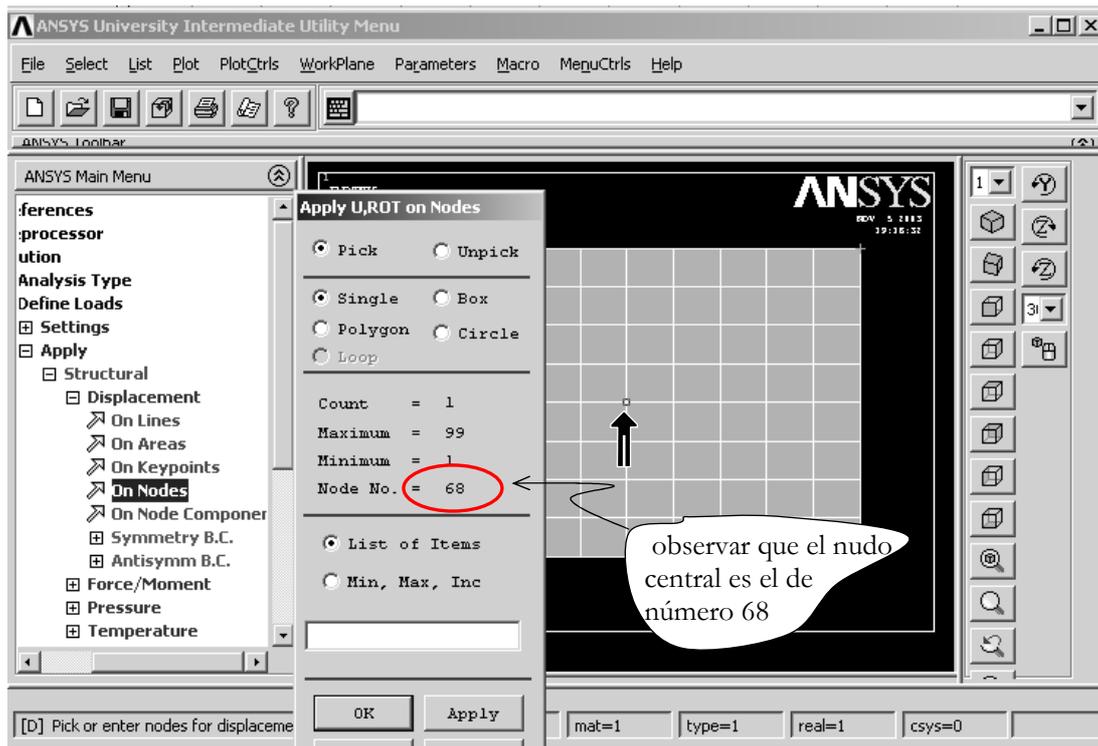


OK o APPLY permite seleccionar el nodo donde se deseas restringir el desplazamiento en la dirección Z.

Cuando haya toda una línea que la que el movimiento esté restringido, es mas práctico utilizar [*On Lines*]

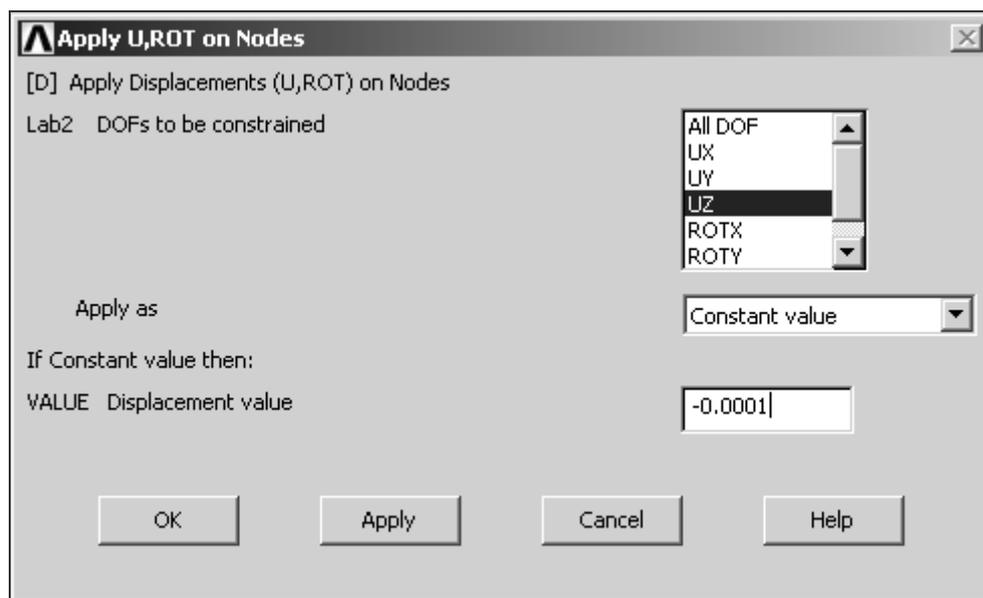
### APLICACIÓN DE LA CARGA

Para este ejemplo, hay dos formas de aplicar la carga para, una sería aplicar directamente la carga, la otra, la adoptada, será aplicar un desplazamiento y obtener la reacción de la fuerza en este punto (*reaction Force*). El nudo es el nudo central de la placa, que según la numeración de lo nudos tiene número 68, ver figura abajo.



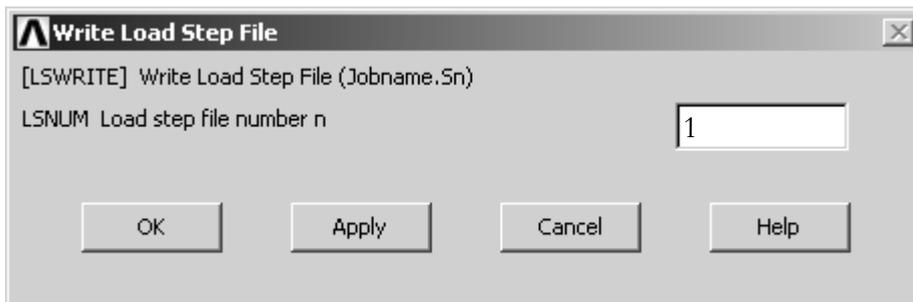
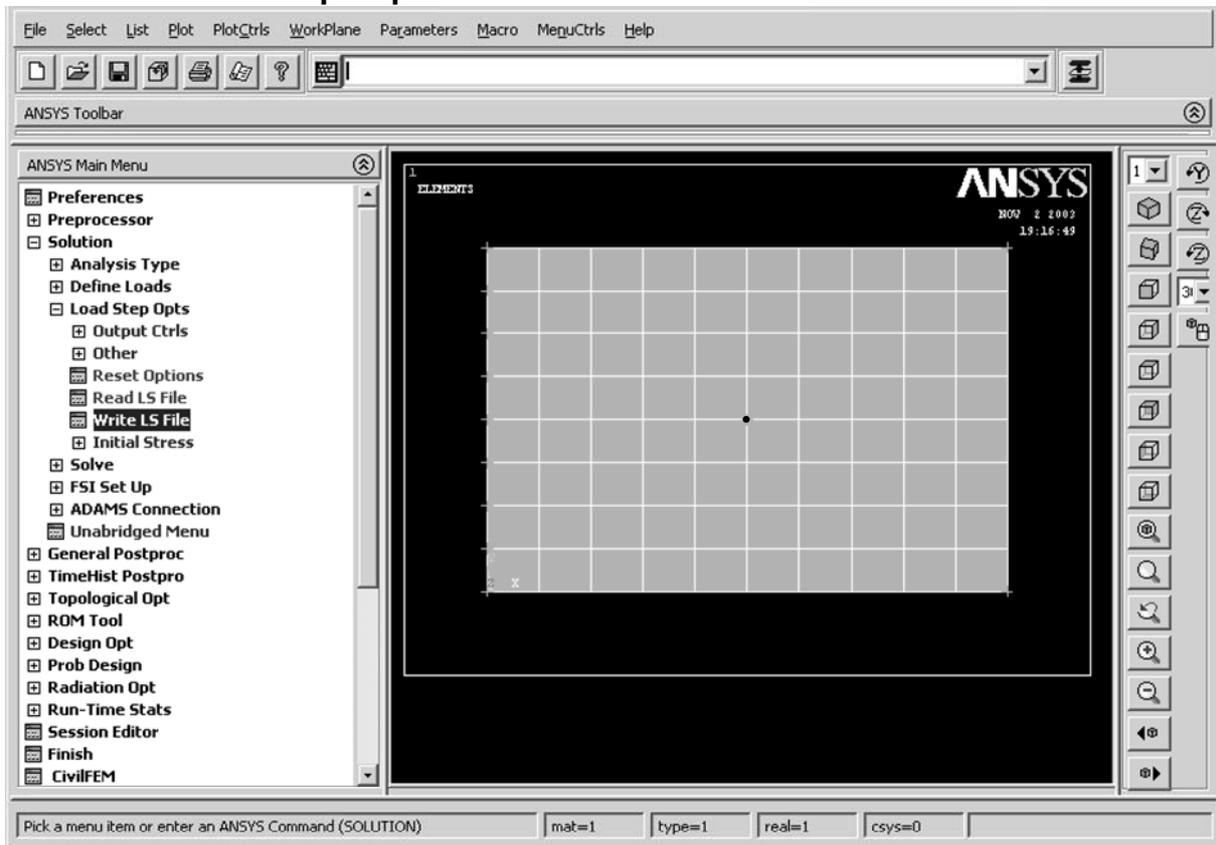
**Obs.:** En este ejemplo el punto de aplicación de la carga ha coincidido con un nudo de la malla. Ni siempre se logra esto. Por eso antes de generar la malla, los puntos donde hayan aplicación de carga o movimientos prescritos deben ser previamente definido en *KeyPoints* como visto en el apartado 7.3.3.1.

Aplicaremos un desplazamiento al nudo central (68) de  $-0.0001$



La aplicación del desplazamiento será hecha de forma gradual. Para este primero paso de carga deberemos guardar en fichero, tomando el siguiente paso:

### Solución → Load Steps Ops → Write LS File



ANSYS guardará este primero paso de carga en un fichero llamado [file.s01] tipo ASCII, donde “file” es el nombre del trabajo definido inicialmente. El fichero se encuentra dentro del directorio de trabajo. El formato del fichero se encuentra a continuación:

```

file.s01 - Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
/COM,ANSYS RELEASE 11.0   UP20070125   19:24:45   10/28/2008
/NOPR
/TITLE,
_LSNUM= 1
BFUNIF,TEMP,_TINY

KUSE, 0
TIME, 0.00000000
TREF, 0.00000000
ALPHAD, 0.00000000
BETAD, 0.00000000
DMPRAT, 0.00000000

CRPLIM, 0.100000000 , 0
CRPLIM, 0.00000000 , 1
NCNV, 1, 0.00000000 , 0, 0.00000000 , 0.00000000

NEQIT, 0

ERESX,DEFA
ACEL, 0.00000000 , 0.00000000 , 0.00000000
OMEGA, 0.00000000 , 0.00000000 , 0.00000000, 0
DOMEGA, 0.00000000 , 0.00000000 , 0.00000000
CGLOC, 0.00000000 , 0.00000000 , 0.00000000
CGOMEGA, 0.00000000 , 0.00000000 , 0.00000000
DCGOMG, 0.00000000 , 0.00000000 , 0.00000000
IRLF, 0

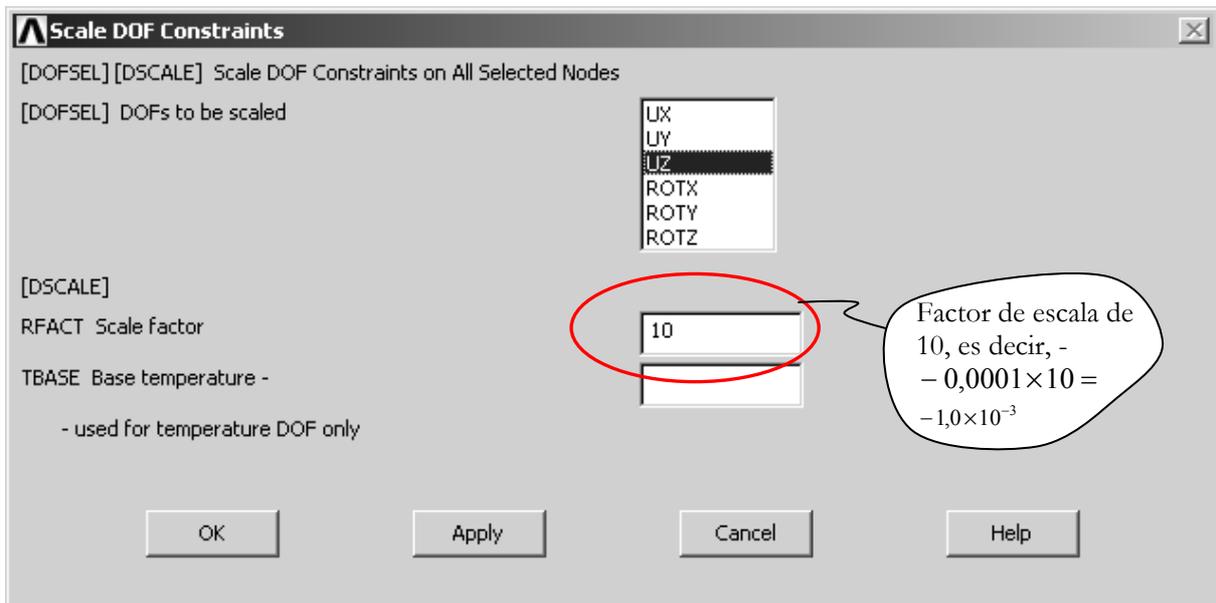
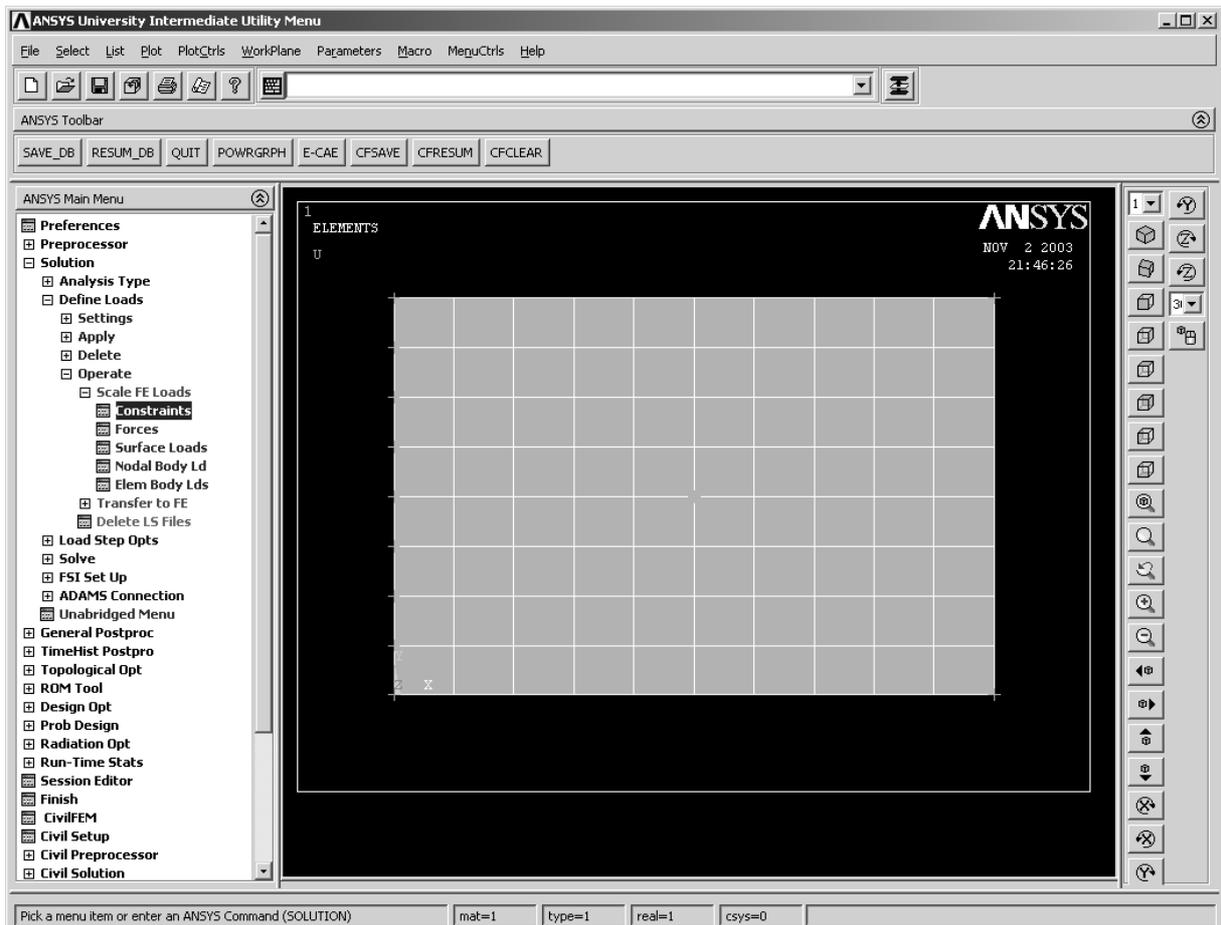
D, 1,UZ , 0.00000000 , 0.00000000
D, 2,UZ , 0.00000000 , 0.00000000
D, 12,UZ , 0.00000000 , 0.00000000
D, 22,UZ , 0.00000000 , 0.00000000
D, 32,UZ , 0.00000000 , 0.00000000
D, 33,UZ , 0.00000000 , 0.00000000
D, 34,UZ , 0.00000000 , 0.00000000
D, 35,UZ , 0.00000000 , 0.00000000
D, 36,UZ , 0.00000000 , 0.00000000
D, 37,UZ , 0.00000000 , 0.00000000
D, 38,UZ , 0.00000000 , 0.00000000
D, 39,UZ , 0.00000000 , 0.00000000
D, 40,UZ , 0.00000000 , 0.00000000
D, 81,UZ ,-1.000000000E-04, 0.00000000
/GOPR

```

El próximo paso de carga será definido como un factor de carga con relación con el primero paso de carga que fue de  $-0.0001$ .

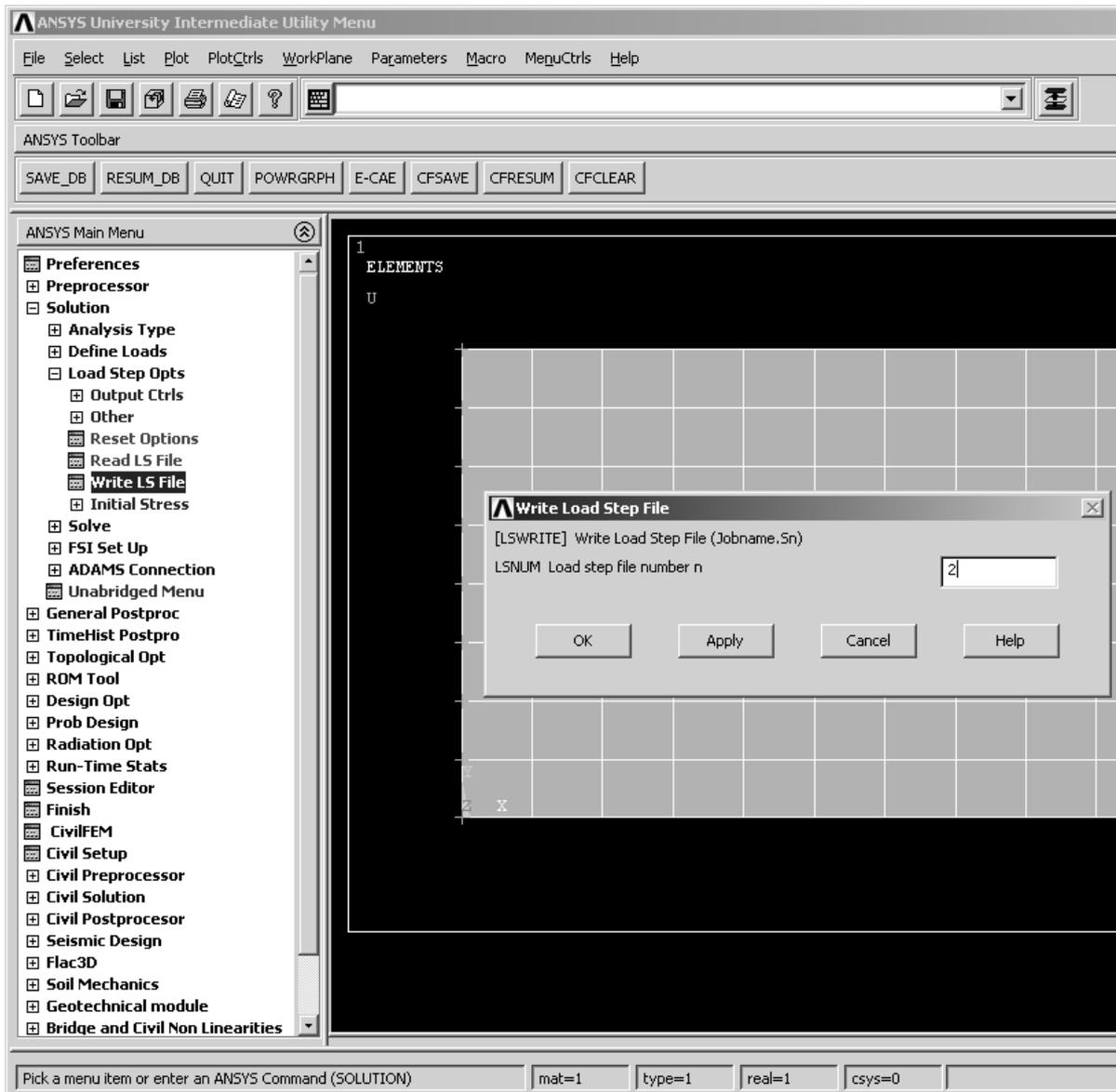
El usuario debe seguir los siguientes pasos:

**Solución** → **Define Loads** → **Operate** → **Scale FE Loadas** → **Constraints**



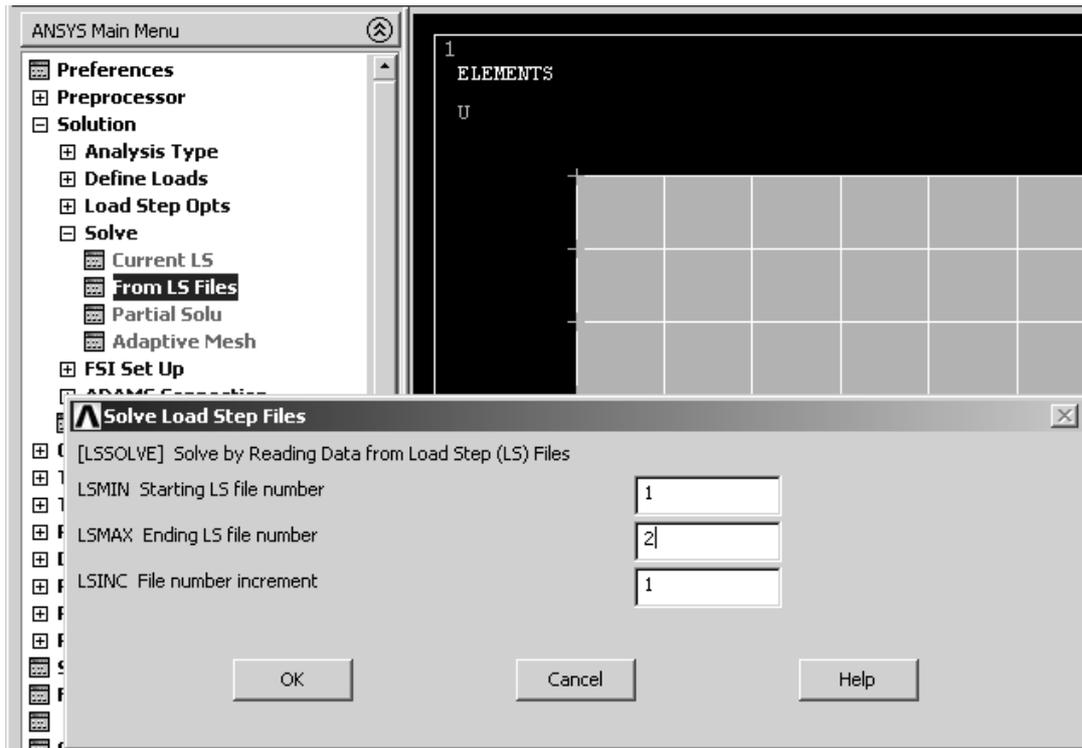
El siguiente paso es guardar en un fichero este paso de carga.

**Solución** → **Load Steps Ops** → **Write LS File**



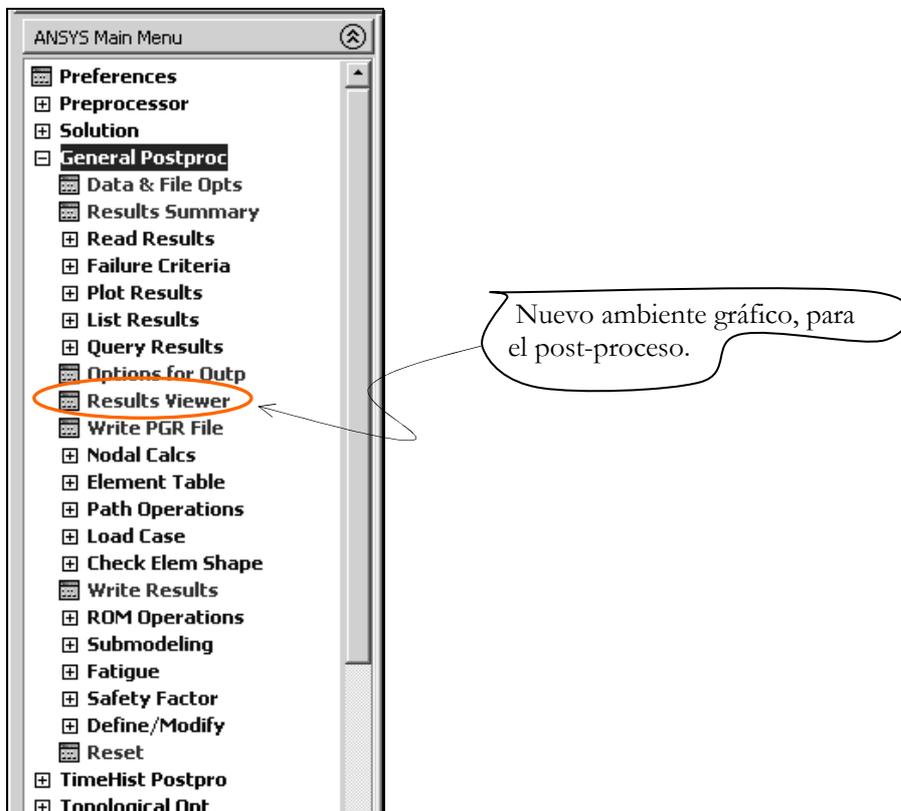
Con eso, ANSYS, guardar en un fichero de nombre [file.s02] en el directorio de trabajo.

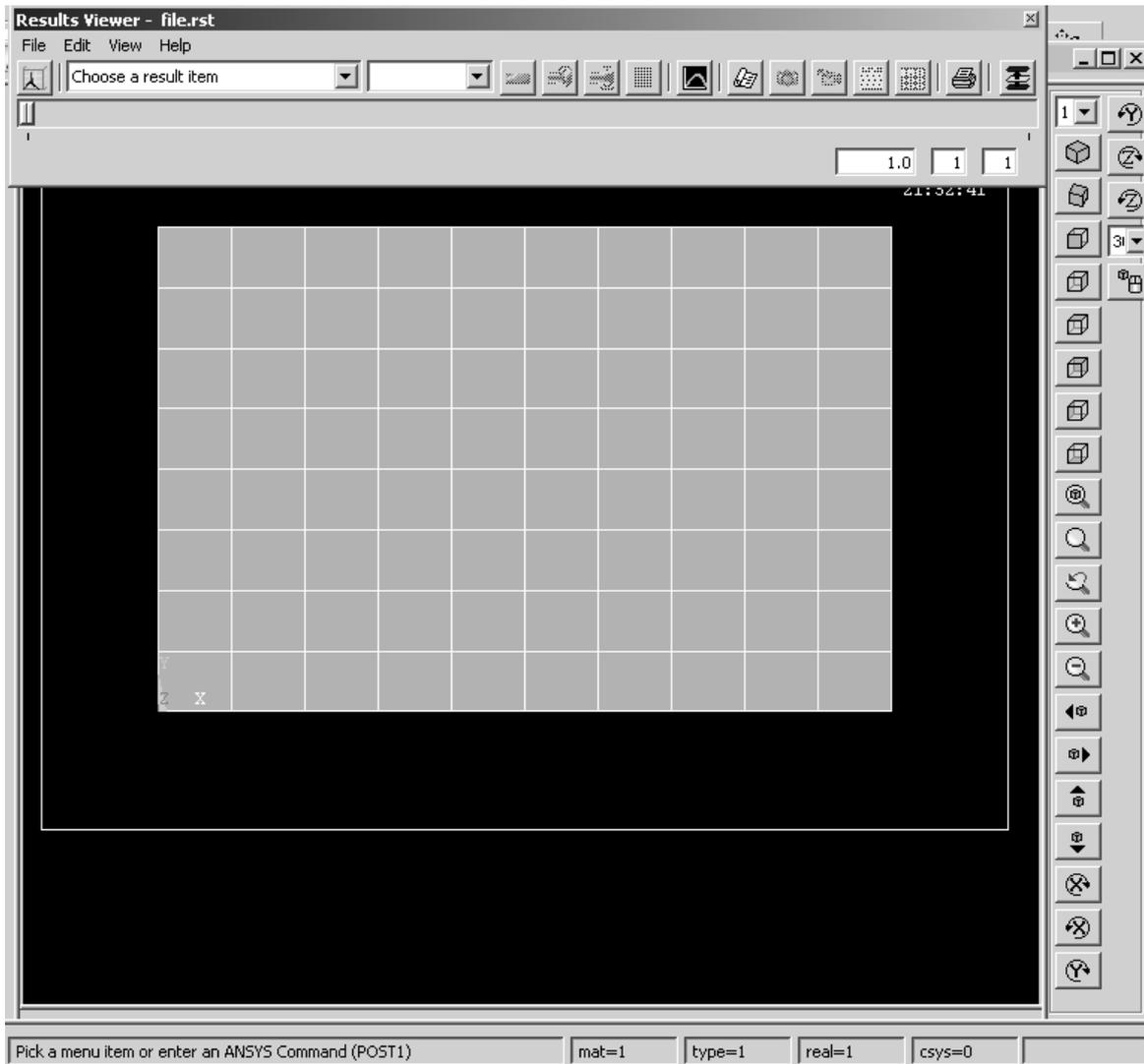
## 7.4.2 Solve

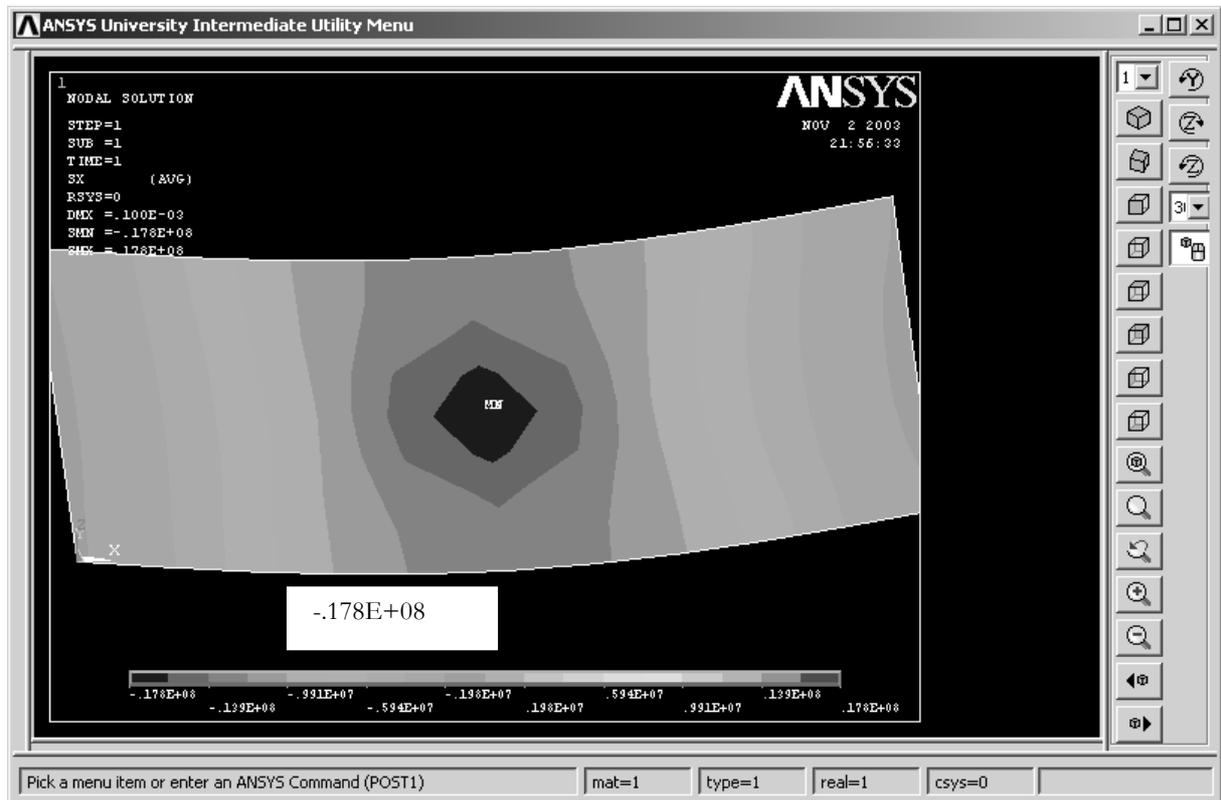
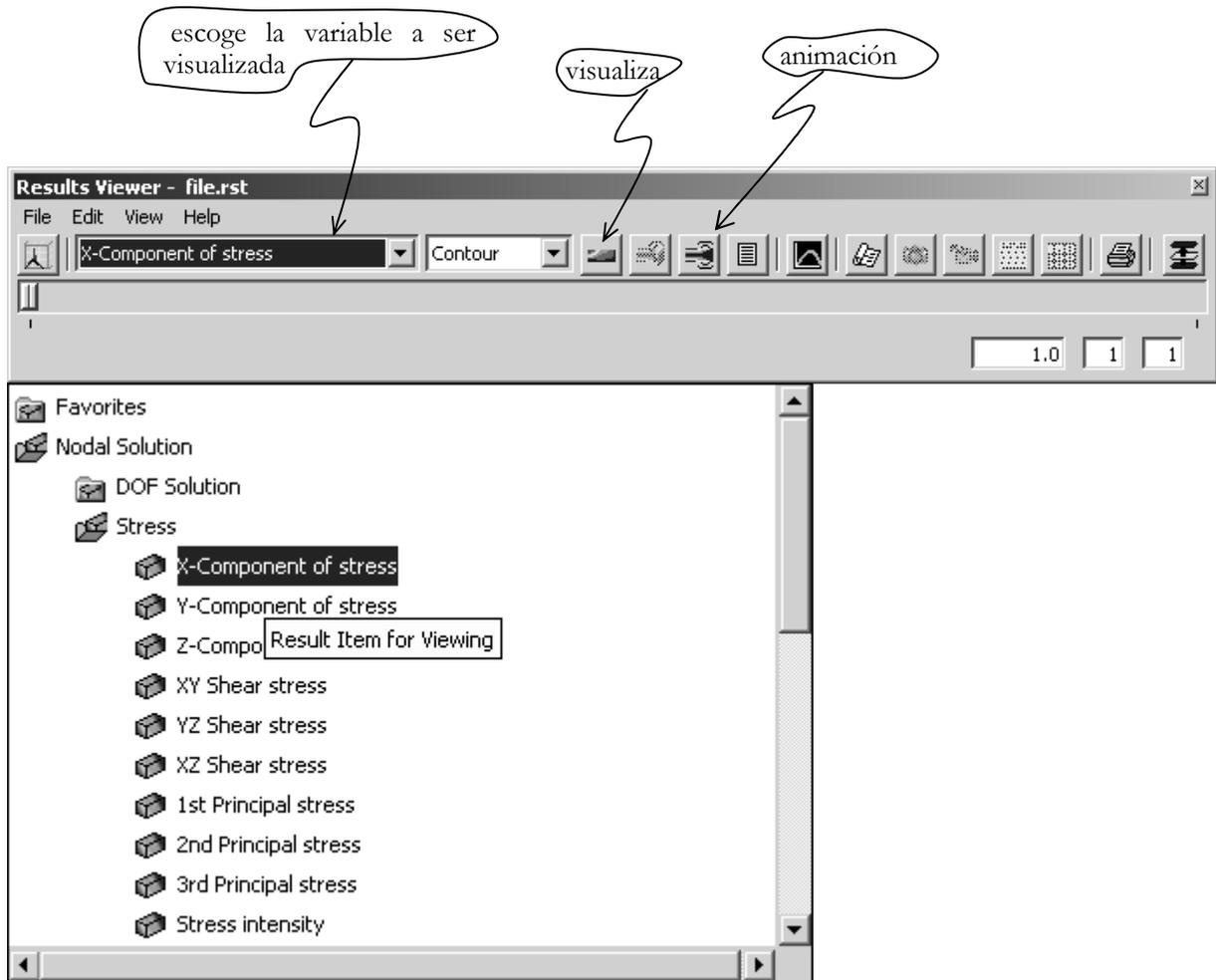


Antes de añadir otro paso de carga vamos a visualizar los resultados.

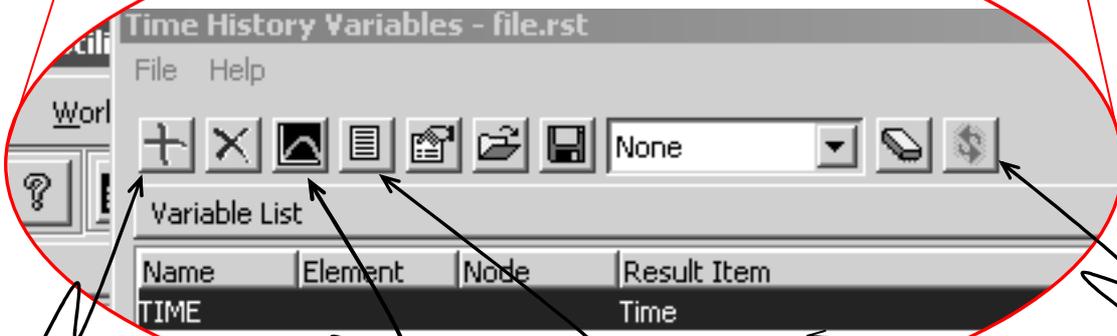
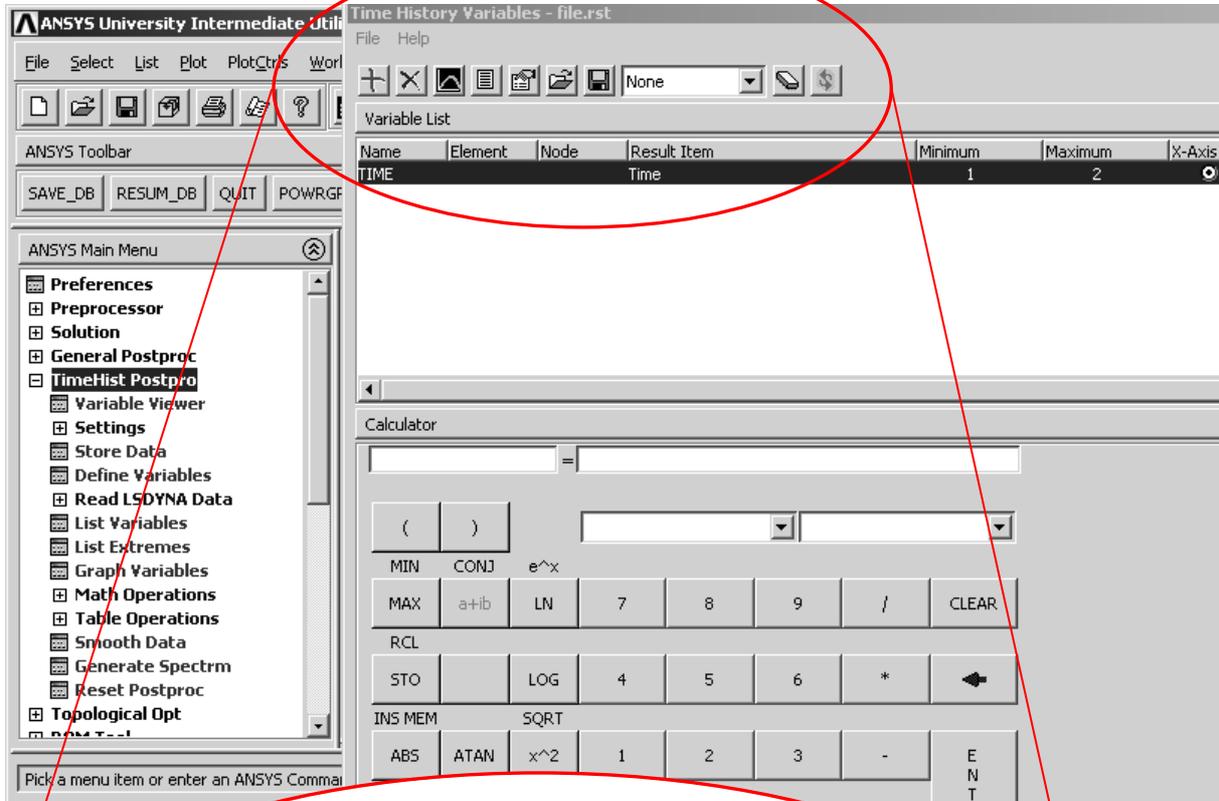
## 8 PostProceso







## 9 Variables Históricas

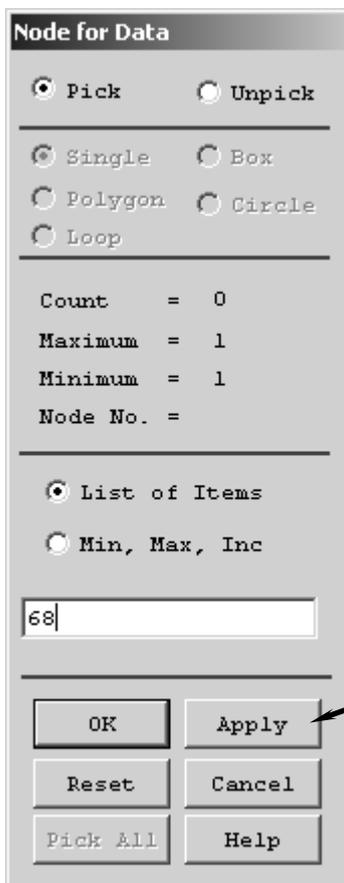
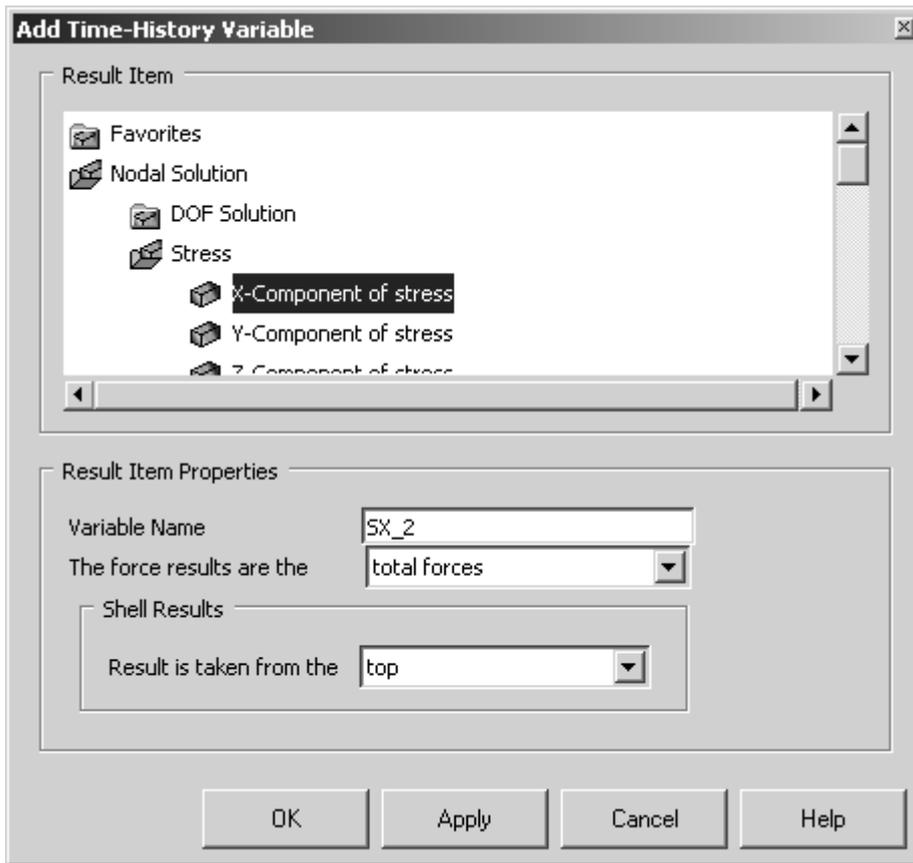


Selecciona las variables a graficar

Dibuja gráfico

Lista los valores de la variable seleccionada (en azul)

Actualiza ventana de variables



**Time History Variables - file.rst**

File Help

Variable List

Name	Element	Node	Result Item	Minimum	Maximum	X-Axis
TIME			Time	1	2	<input checked="" type="radio"/>
SX_2	averaged	68	X-Component of stress	-1.78313e+008	-1.78313e+007	<input type="radio"/>
EPELX_3	averaged	68	X-Component of elastic strain	-0.000727125	-7.27125e-005	<input type="radio"/>
EPPLX_4	averaged	68	X-Component of plastic strain	0	0	<input type="radio"/>

**Obs.:** La variable seleccionada será la ordenada en el gráfico, y la que tiene el botón de X-Axis seleccionado será la abscisa.

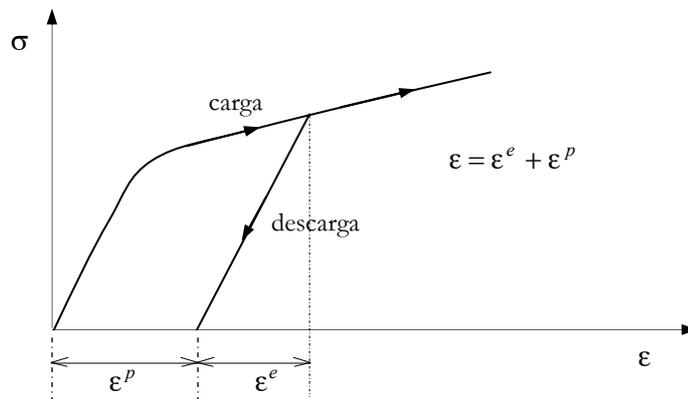
Calculator

SX\_2 = ansol(68,S,X)

**Obs 1.:**La deformación total es obtenida como la suma de la deformación elástica y la deformación plástica, *i.e.*:

$$\epsilon = \epsilon^e + \epsilon^p$$

**Obs 2.:**La deformación plástica es la deformación irre recuperable. En otras palabra, cuando descargamos el material, la deformación residual es la deformación plástica, ver gráfico abajo.



The screenshot shows the 'Time History Variables - file.rst' window. The 'Variable List' table is as follows:

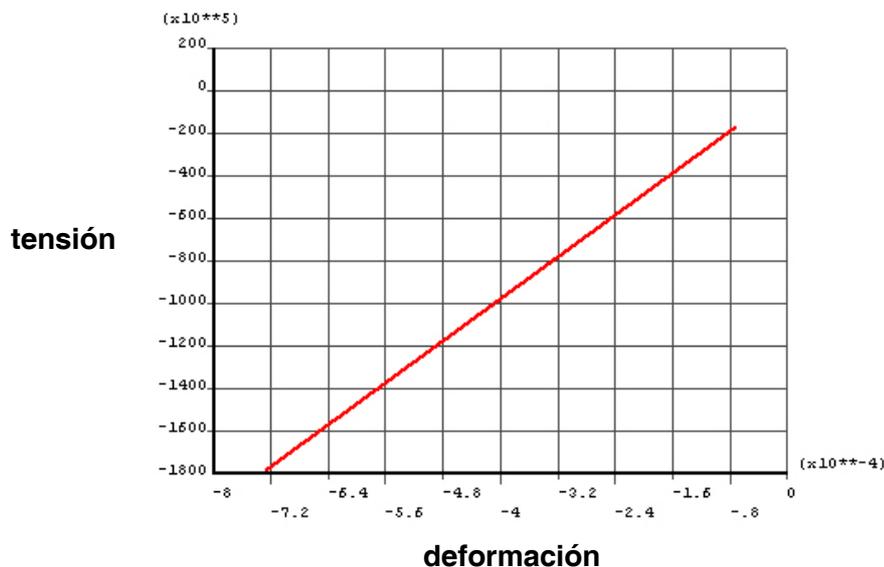
Name	Element	Node	Result Item	Minimum	Maximum	X-Axis
TIME			Time	1	2	
SX_2	averaged	68	X-Component of stress	-1.78313e+008	-1.78313e+007	
EPELX_3	averaged	68	X-Component of elastic strain	-0.000727125	-7.27125e-005	
EPLX_4	averaged	68	X-Component of plastic strain	0	0	
strain			Calculated	-0.000727125	-7.27125e-005	

The calculator below shows the formula:  $SX_2 = \text{ansol}(68, S, X)$ .

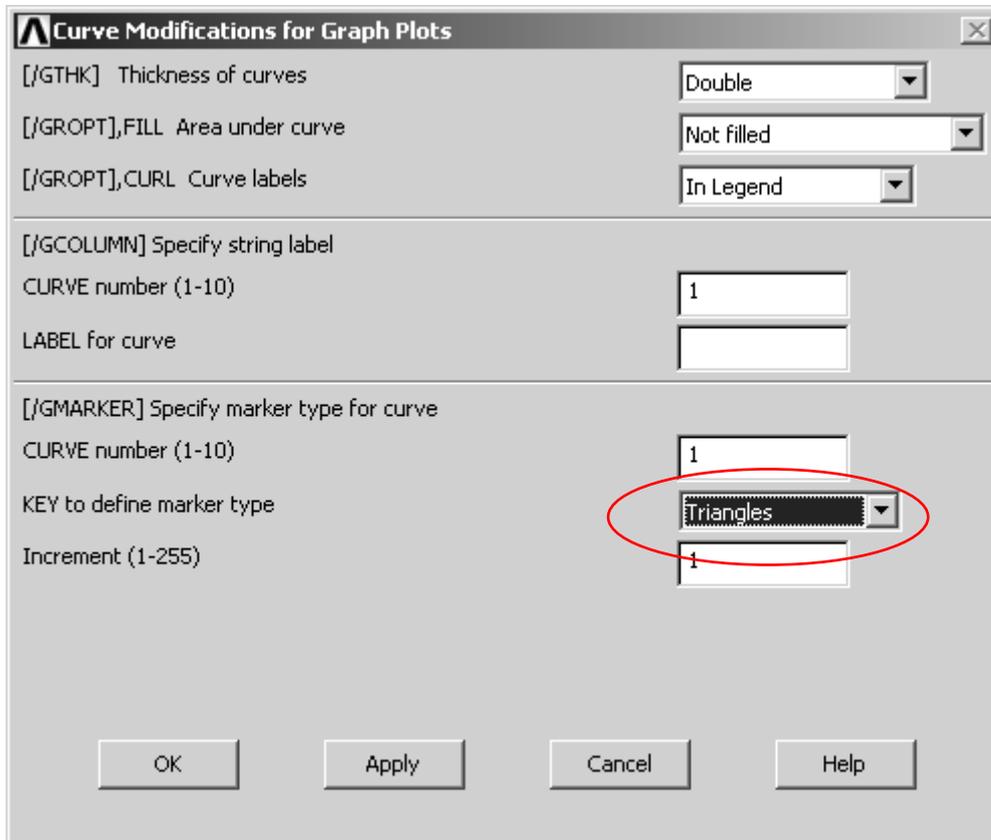
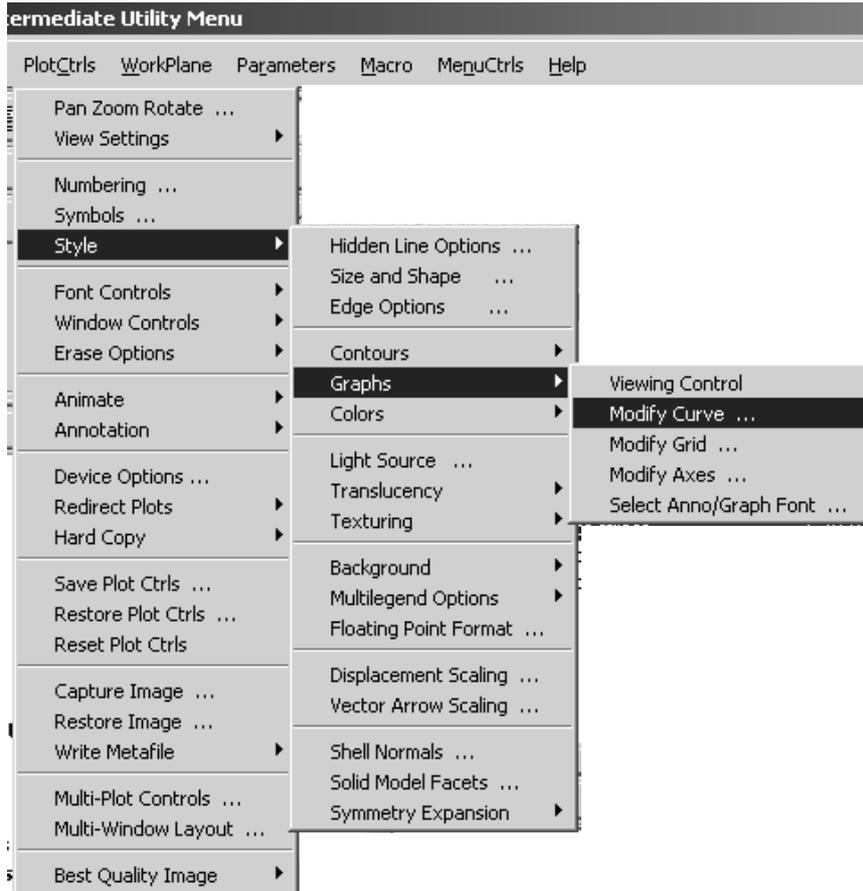
A callout bubble points to the 'EPLX\_4' row with the text: "Deformación plástica 0, aún en el límite elástico".

Podemos verificar por la deformación plástica (*plastic strain*) que el material todavía no ha alcanzado el límite elástico.

Para dibujar la gráfica:



Como se puede observar, no podemos ver donde están exactamente los pasos correspondientes. Para marcar el paso de cada paso, debemos alterar el gráfico, para eso seguir los pasos:



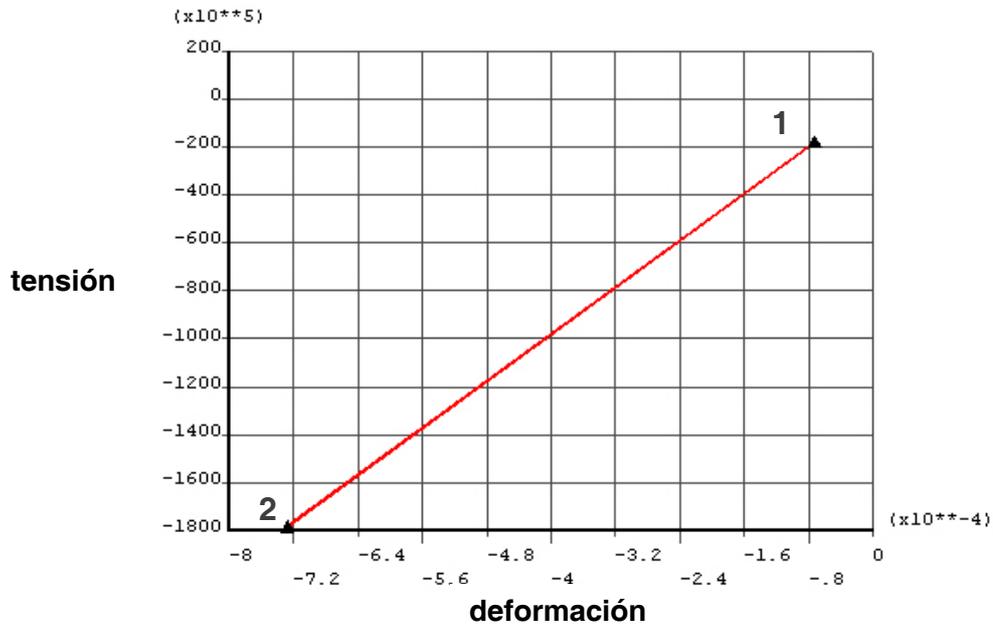
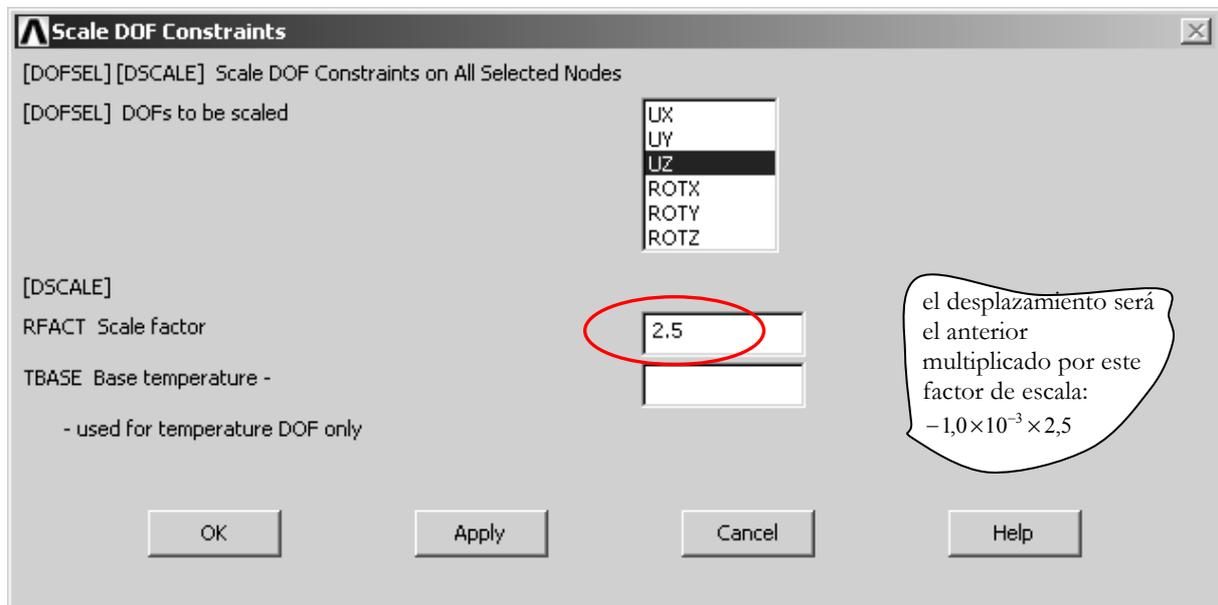


Figura 10: Curva Tensión x Deformación.

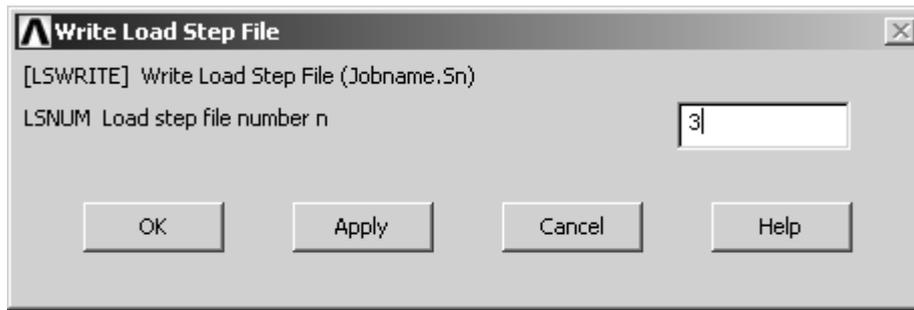
## APLICANDO MAS CARGAS

**Tercero paso de carga:** repitiendo el proceso anterior, desde del Factor de Escala, es decir  
**Solución** → **Define Loads** → **Operate** → **Scale FE Loadas** → **Constraints**

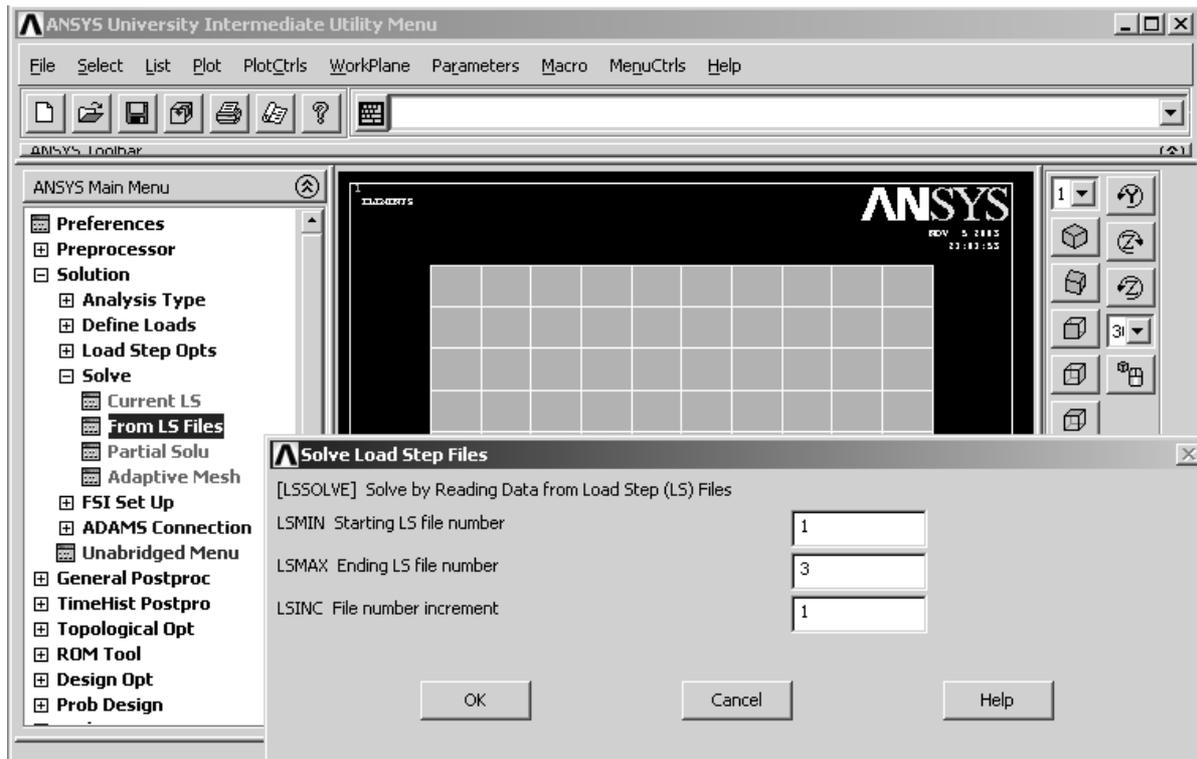


Guarda este paso en el fichero:

**Solución** → **Load Steps Ops** → **Write LS File**



## SOLVE



Verificando el post-proceso de las variables históricas, **TimeHist Postpro**

**Time History Variables - file.rst**

File Help

None Real

Name	Element	Node	Result Item	Minimum	Maximum	X-Axis
TIME			Time	1	3	
SX_2	averaged	68	X-Component of stress	-3.08911e+008	-1.78313e+007	
EPPLX_3	averaged	68	X-Component of plastic strain	-0.000699982	0	
EPELX_4	averaged	68	X-Component of elastic strain	-0.00123302	-7.27125e-005	

Calculator

Ejercicio: Obtener otros pasos de carga con los siguientes factores de carga:  
**paso de carga 4:**

**Scale DOF Constraints**

[DOFSEL] [DSCALE] Scale DOF Constraints on All Selected Nodes

[DOFSEL] DOFs to be scaled

- UX
- UY
- UZ
- ROTX
- ROTY
- ROTZ

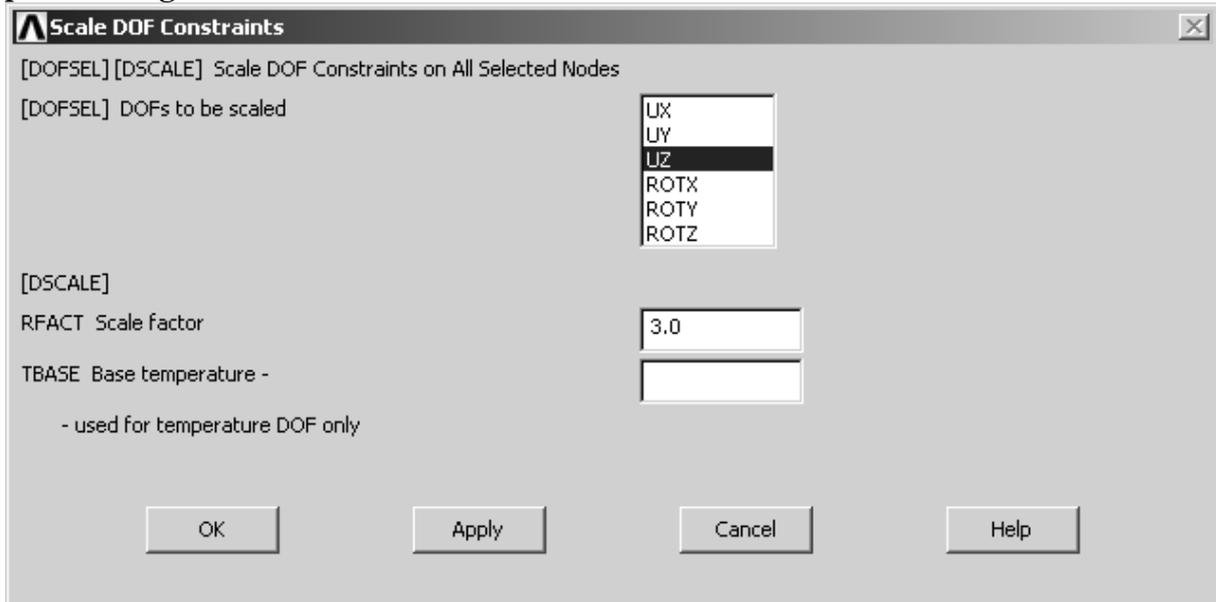
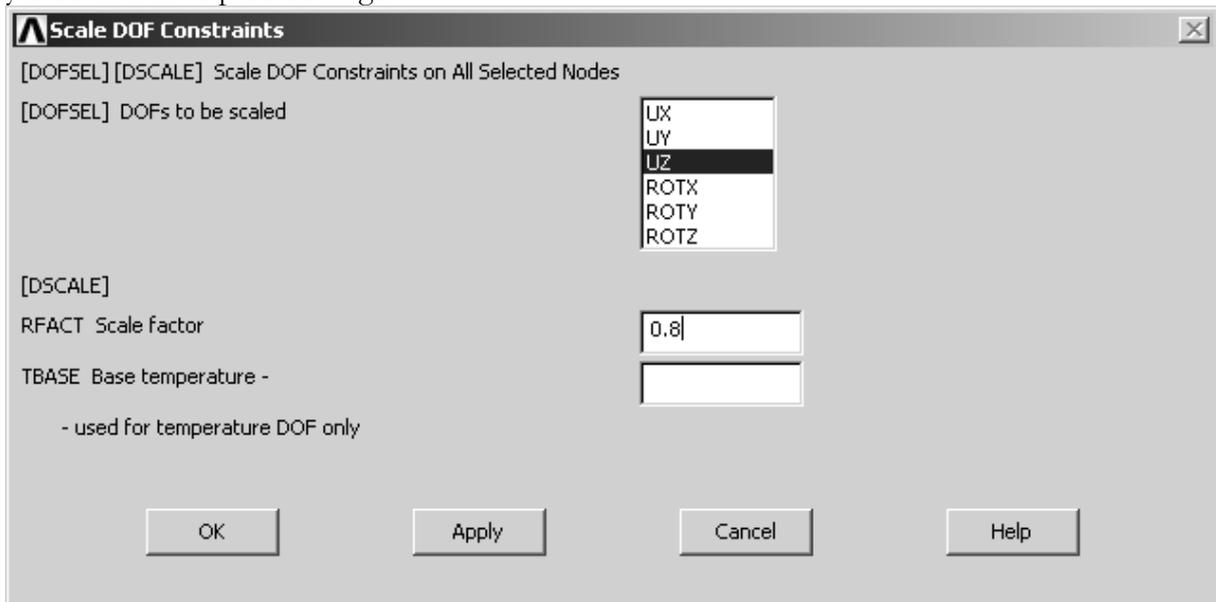
[DSCALE]

RFACT Scale factor: 2.5

TBASE Base temperature -

- used for temperature DOF only

OK Apply Cancel Help

**paso de carga 5:****y el sexto último paso de carga:**

### Solve

Tras solución del problema, deberemos obtener los siguientes resultados:

Variable List

Name	Element	Node	Result Item	Minimum	Maximum	X-Axis
TIME			Time	1	6	<input checked="" type="radio"/>
SX_2	averaged	68	X-Component of stress	-7.79087e+008	-1.78313e+007	<input type="radio"/>
EPPLX_3	averaged	68	X-Component of elastic strain	-0.00305641	-7.27125e-005	<input type="radio"/>
EPPLX_4	averaged	68	X-Component of plastic strain	-0.0153816	0	<input type="radio"/>
strain			Calculated	-0.018438	-7.27125e-005	<input checked="" type="radio"/>

Calculator

strain = {epelx\_3} + {epplx\_4}

puede crear variables dependientes de las originales  
 strain= la suma de la deformación elástica con la deformación plástica.  
 No olvidar de hacer Refresh

Se puede también obtener las variables en valor absoluto

Variable List

Name	Element	Node	Result Item	Minimum	Maximum	X-Axis
TIME			Time	1	6	<input checked="" type="radio"/>
SX_2	averaged	68	X-Component of stress	-7.79087e+008	-1.78313e+007	<input type="radio"/>
EPPLX_3	averaged	68	X-Component of elastic strain	-0.00305641	-7.27125e-005	<input type="radio"/>
EPPLX_4	averaged	68	X-Component of plastic strain	-0.0153816	0	<input type="radio"/>
strain			Calculated	7.27125e-005	0.018438	<input checked="" type="radio"/>

Calculator

strain = abs({strain})

La gráfica tensión-deformación total (en valor absoluto) para la dirección X en el nudo 68 deberá tener el aspecto del la Figura 11.

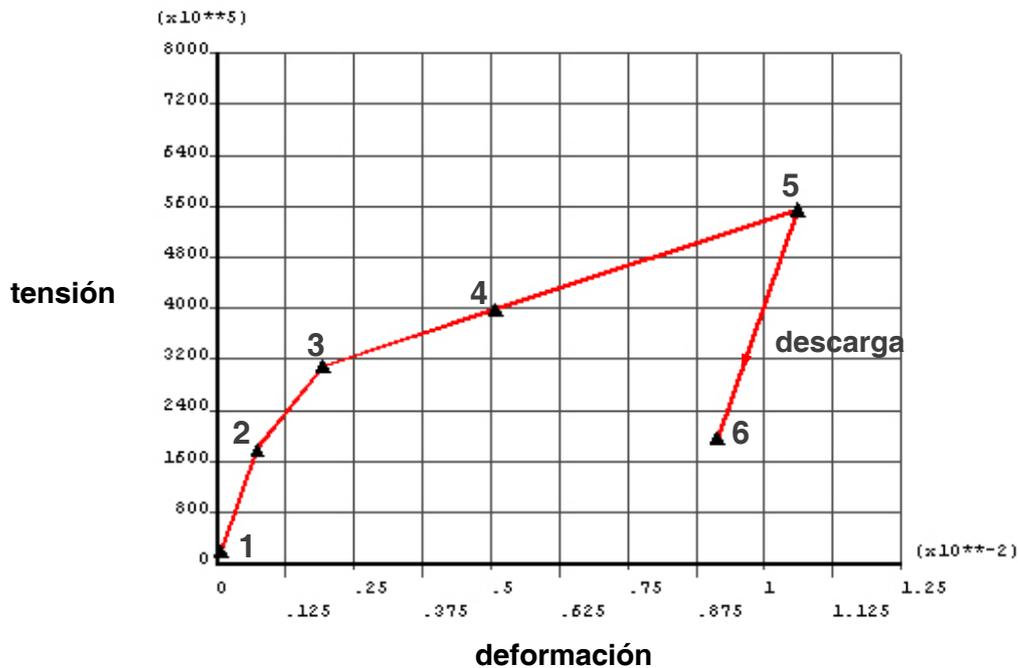


Figura 11: Curva Tensión x Deformación del nudo 68 (punto de aplicación del desplazamiento) en valor absoluto.

### Obteniendo la curva fuerza desplazamiento en el nudo de aplicación de al carga

Time History Variables - file.rst

File Help

None

Variable List

Name	Element	Node	Result Item	Minimum	Maximum	X-Axis
TIME			Time	1	6	<input checked="" type="radio"/>
SX_2	averaged	68	X-Component of stress	-7.79087e+008	-1.78313e+007	<input type="radio"/>
EPELX_3	averaged	68	X-Component of elastic strain	-0.00305641	-7.27125e-005	<input type="radio"/>
EPPLX_4	averaged	68	X-Component of plastic strain	-0.0153816	0	<input type="radio"/>
strain			Calculated	7.27125e-005	0.018438	<input type="radio"/>
FZ_6			Calculated	65.977	3363.54	<input checked="" type="radio"/>
UZ_7			Calculated	0.0001	0.01875	<input checked="" type="radio"/>

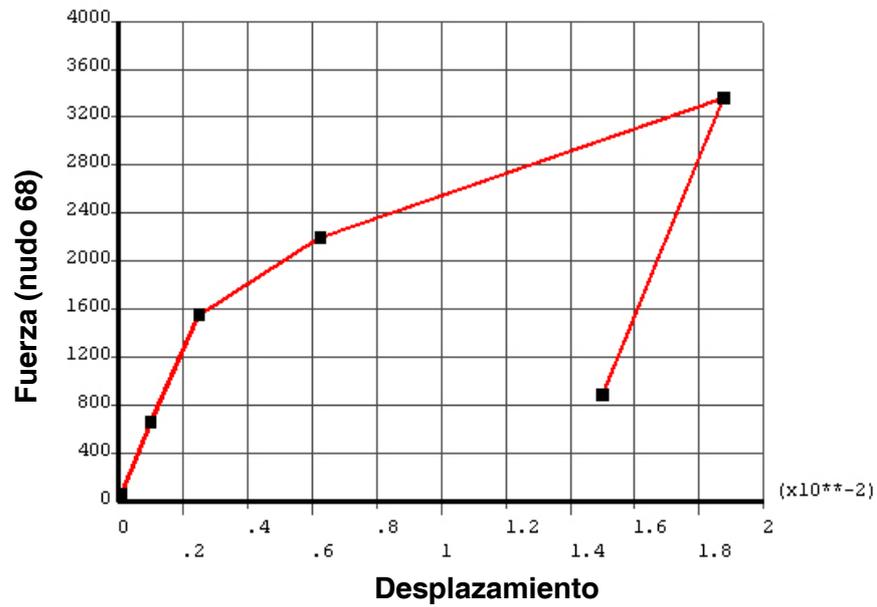


Figura 12: Curva Fuerza x Desplazamiento en el nodo 68 (punto de aplicación del desplazamiento) en valor absoluto.

**Obs.: LAS UNIDADES DE SALIDA SON COMPATIBLES CON LAS DE ENTRADA**