

# **MANUAL DE USO DEL PROGRAMA ALGOR**

**PARA GENERACION Y VERIFICACION DE ESTRUCTURAS LAMINARES**

**Arq. María Edel Ruata  
Arq. María del Carmen Fernandez Saiz  
T.I.D.E.**

## Conceptos básicos del **Análisis con Elementos Finitos (F.E.A. en inglés)**

La irrupción de la PC y el soporte informático que ofrecen, ha hecho reconsiderar el cálculo clásico de estructuras caracterizado por la necesidad de resolución de sistemas de ecuaciones lineales muy numerosas y por tanto inabordables de forma manual.

El Método de Elementos Finitos es un procedimiento basado en la utilización de la computadora, que consiste en la modelización matemática de la estructura a resolver a través del álgebra matricial.

Utilizar métodos clásicos de resolución estructural es probablemente la mejor forma de analizar estructuras simples. Sin embargo, su uso es prohibitivo cuando el sistema físico es complejo. En estos casos una de las mejores alternativas es usualmente la solución obtenida con el Método de Elementos Finitos.

Los resultados que se obtienen con este Método raramente son exactos. No obstante, se puede obtener una solución muy precisa si se utiliza un modelo de elementos finitos apropiado.

Si nuestro objetivo fuera el desarrollo de un programa de elementos finitos, sería esencial una comprensión completa de la Teoría de Elementos Finitos. Si el objetivo es, en cambio, el empleo de un software de elementos finitos, entonces es necesario el conocimiento rudimentario de los conceptos fundamentales y, principalmente, el entrenamiento en el programa de computación que se utilizará, incluyendo el conocimiento de las capacidades y limitaciones del mismo.

Se presentarán a continuación algunos conceptos básicos del Método de Elementos Finitos y las etapas en el análisis por elementos finitos.

La principal diferencia entre métodos clásicos y el método de elementos finitos es la forma en que interpreta el proceso de solución. Los métodos clásicos consideran a la estructura como un continuo cuyo comportamiento está gobernado por ecuaciones diferenciales parciales u ordinarias. El método de elementos finitos considera a la estructura como un ensamble de pequeñas partículas. El comportamiento de estas partículas y de la estructura completa se obtiene formulando un sistema de ecuaciones algebraicas que pueden ser fácilmente solucionadas en una computadora. Las partículas son llamadas elementos finitos. Los puntos donde los elementos finitos están interconectados se conocen como puntos nodales o nodos. El procedimiento de seleccionar los nodos se llama discretización o modelado.

Normalmente, un análisis por elementos finitos comprende siete etapas, de las cuales, la tercera y la sexta son automáticamente realizadas por la computadora y las restantes requieren decisiones del usuario. Estas etapas son:

1. Discretización o modelado de la estructura: aquí la estructura se divide en elementos finitos (definición de nodos). Esta etapa es crucial para determinar la precisión de la solución del problema.
2. Definición de las propiedades de los elementos: en esta etapa se deben seleccionar el tipo de elementos finitos más apropiados para modelar el sistema físico y definir las propiedades de los mismos (materiales, sección, etc.)
3. Ensamblado de la matriz de rigidez del elemento: ésta relacionará los desplazamientos nodales con las fuerzas aplicadas en los nodos. El ensamble de la matriz del elemento implica aplicar condiciones de equilibrio para la estructura completa. Esta etapa es realizada automáticamente por la computadora.
4. Aplicación de cargas: en esta etapa se determinan las cargas externas concentradas y/o uniformes, los momentos externos y las restricciones o movimientos nodales.
5. Definición de las condiciones de vínculo: se deben definir las condiciones de los apoyos, por ejemplo los grados de libertad permitidos o no en cada uno, la imposición de desplazamientos conocidos, etc.
6. Solución del sistema de ecuaciones algebraicas lineales: la aplicación secuencial de las etapas anteriores concluye en un sistema de ecuaciones simultáneas algebraicas donde los desplazamientos nodales son las incógnitas.
7. Cálculo de tensiones: el software permite calcular tensiones, desplazamientos nodales, reacciones, etc. , a requerimiento del usuario. Permite también la visualización de estos resultados en un formato gráfico o por medio de tablas de valores.

## CONCEPTOS BÁSICOS PARA UN F.E.A. DE TENSION NO LINEAL

Las preguntas que nos hacemos son ¿Cuál es la diferencia entre un análisis lineal y un análisis no lineal? Y ¿porqué se debería tener la necesidad de desarrollar un análisis no lineal?.

Un análisis lineal es preciso y único para un modelo en el que la relación entre las fuerzas aplicadas y las tensiones / deformaciones constituyen una función lineal. Un ejemplo clásico de este tipo de comportamiento es el de un resorte fijo en uno de sus extremos y con una fuerza normal aplicada en el otro extremo. Si la magnitud de la fuerza se aumenta, la deformación del resorte aumentará en proporción. En este caso, la gráfica que relaciona fuerza con deformación será una línea recta, cumpliéndose la Ley de Hooke (deformación proporcional a la fuerza). La inclinación de la recta o pendiente *tensión / deformación* unitaria, es usualmente conocida como Módulo de Young o de Elasticidad.

Un análisis no lineal es aquel en el que las fuerzas aplicadas no muestran una relación lineal con los desplazamientos y/o tensiones producidos. Es el caso de materiales que superan el límite de fluencia, por ejemplo. Hay tres ocasiones principales de un comportamiento no lineal de una estructura, que pueden clasificarse en:

1. **Material no lineal:** esta situación es producida por materiales que superan su límite de fluencia, pasando a una curva de tensiones/deformaciones no lineal. Cuando se cargan materiales más allá de su límite de fluencia, o sea en la región plástica, se requiere un análisis no lineal para obtener resultados precisos.
2. **Geometría no lineal:** esto ocurre cuando se somete a un modelo a deformaciones, traslaciones o rotaciones relativamente grandes. En este caso, el gran cambio geométrico del modelo tiene un impacto estimable sobre las características mecánicas del mismo. Es necesario entonces actualizar la matriz geométrica de rigidez durante el curso del análisis.
3. **Elemento no lineal:** esto se produce por situaciones donde la matriz de rigidez de un elemento debe cambiar en función de algunas variables específicas. Un ejemplo bueno de este caso es un elemento de brecha o grieta, que puede usarse para modelar el contacto entre superficies diferentes. Cuando las superficies están en contacto, porque la grieta está cerrada, la matriz de rigidez del elemento brecha es positiva y las fuerzas de contacto se transfieren por él; cuando las superficies no están en contacto, porque se abrió la grieta, la matriz es cero, y ninguna fuerza se transfiere. Se hace necesario entonces actualizar la matriz del elemento durante el curso del análisis.

Con el elemento cable ocurre algo similar, pero de distinto sentido, cuando el cable se afloja.

### GUIA PARA EL MODELADO

Crear el modelo apropiado es la etapa crucial en el análisis por elementos finitos. El objetivo es desarrollar la más adecuada distribución de nodos que provean suficientes elementos para obtener resultados precisos sin perder demasiado tiempo en interpretación y procesado.

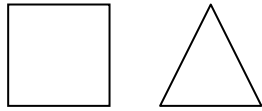
La siguiente lista de recomendaciones puede ser utilizada como base para desarrollar modelos valederos. Estas no son aplicables en todos los casos. Ninguna receta puede sustituir el criterio y conocimiento de un profesional capacitado.

- Recomendaciones generales:

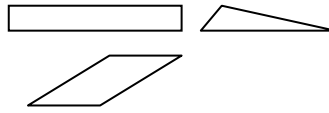
1. Definir nodos en o cerca de las posibles cargas puntuales, puntos de discontinuidad geométrica. En los vínculos y en aquellas regiones que se requiera información acerca de tensiones o desplazamientos.
2. Una malla de elementos finitos debe ser uniforme y simple. Sin embargo, se requiere cierta no-uniformidad para obtener resultados valederos en regiones de rápida variación de cargas o geometría. Sólo en aquellas partes donde la geometría, las tensiones y las cargas varíen dramáticamente, se debe refinar la malla.
3. Prefiérase utilizar elementos cuadriláteros, excepto donde se requieran elementos triangulares para ajustar las irregularidades en la geometría y en las cargas.
4. Cuando se utilicen elementos placa para modelar superficies curvas, mantener un ángulo de menos de  $10^\circ$  en cada uno de ellos.
5. Si es necesario, comenzar con un modelo con un número pequeño de elementos y aumentar progresivamente en modelos subsiguientes para refinar el mismo.

- Relación de aspecto:

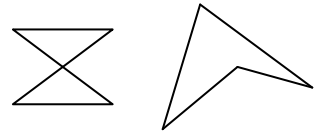
1. La relación de aspecto de un elemento se define como la relación entre la mayor y menor dimensión. La configuración de elementos bidimensionales puede clasificarse como buena, pobre e inaceptable. Los elementos buenos se caracterizan por una relación de aspecto cercana a 1 y ángulos próximos a los  $90^\circ$ . Los elementos pobres deben evitarse, salvo que sean necesarios para resolver problemas localizados de bordes. Los elementos inaceptables no deben utilizarse en el modelado de elementos finitos. Cuando se dibujan inadvertidamente algunos de ellos, se crean agujeros en el modelo.



Buenos



Pobres



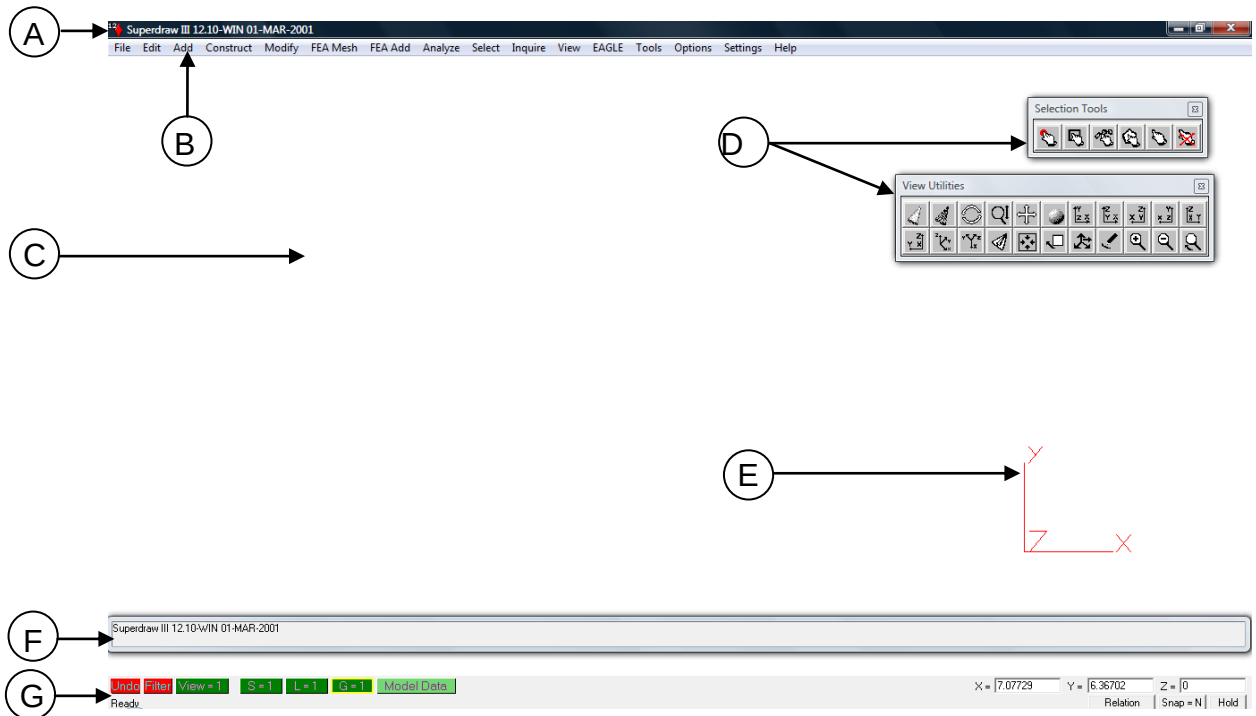
Inaceptables

2. Deben evitarse cambios bruscos en la medida de los elementos. Cuando resulta necesario el uso de elementos de diferentes tamaños, modelar las partes de transición cambiando las dimensiones de los elementos con un factor menor de 2.
3. Para elementos triangulares evitar ángulos menores de  $30^\circ$ , y para cuadriláteros ángulos obtusos mayores de  $120^\circ$ .
4. Los agujeros, fisuras y cambios localizados en la geometría pueden ser caracterizados como discontinuidades geométricas. El modelado de estas discontinuidades depende de la precisión de los resultados de deformaciones y tensiones deseados en la proximidad de las mismas. Si no estamos interesados en los resultados cerca de las discontinuidades, se puede utilizar un modelo global que tenga una malla no densa alrededor de la discontinuidad. Si el objetivo es obtener información en las zonas vecinas a la discontinuidad, se deberá densificar la malla en este sector.

## USO DEL PROGRAMA ALGOR PARA LA GENERACION Y VERIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS LAMINARES

### \* GENERACION DE LA FORMA

1. Abrir el programa ALGOR clickeando sobre el ícono **12**  de la pantalla Windows.  
**Algor FEA**
2. Se desplegará la pantalla de Superdraw III 12.06. Esta es el lugar donde se encuentran los menús y sub-menús que permitirán desarrollar todo el proceso.



- A. Nombre del Programa
- B. Barra de Menú
- C. Area de dibujo
- D. Cajas de Herramientas Flotantes
- E. Ejes de coordenadas
- F. Línea de Diálogo
- G. Línea de comando y entrada de datos.

3. ALGOR tiene algunos menús de dibujo que permiten construir la malla de nodos dentro del mismo Superdraw, pero es conveniente hacer esto en Autocad, guardándola como Nombre Archivo. dxf y luego importarla a Algor. Se debe tener en cuenta que antes de guardarla en Autocad, se deberá utilizar el comando Explode para separar todos los elementos compuestos que haya.

Para importarla a Algor ir a **FILE : Import → CAD Wireframe Model**

Se mostrará la ventana del administrador de archivos, buscar allí la carpeta que contenga el archivo \*. dxf y **Aceptar**. En unos segundos aparecerá la malla en Superdraw.

Automáticamente Algor la guarda con extensión \*. esd ( observar que en la línea de diálogo al pie de la pantalla dice Data saved)

4. En este momento se deberá revisar la conformación de la malla para verificar que esté correcta y en caso contrario realizar los retoques necesarios, ya sea volviendo a Autocad y luego repitiendo el proceso o bien utilizando algunos de los menús de dibujo que brinda Superdraw (**Add, Construct, Modify**) de los cuales se brinda una breve descripción con los comandos principales en el Anexo de esta guía.

Para verificar que no existan elementos superpuestos en la malla, seleccionar con la orden **Select All**, después **Modify, Clean, Perform Cleaning**.

5. Si se va a trabajar con distintos piezas estructurales dentro del mismo modelo, por ejemplo si se definen elementos placas y barras articuladas (bielas), es necesario asignar a cada uno de ellos un número de **Grupo** distinto. Por defecto Algor toma grupo 1 (color verde). Antes de dibujar las bielas, se deberá clickear en el cuadro **GROUP** al pie de la pantalla y seleccionar otro número (ejm: 2 – rojo). Este cambio de grupo es importante para cuando se definan más adelante las características de cada tipo.

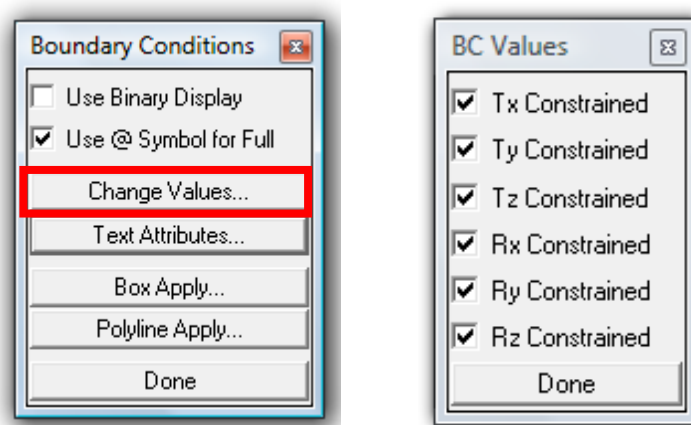
Dibujar las bielas o barras entre nodo y nodo, utilizando el comando **Line** del Menú **Add**. Para ubicar cada extremo de las líneas exactamente en los nodos se utiliza el botón derecho del mouse, clickeando en las proximidades del nodo deseado.

Si por algún motivo se necesitara dibujar una línea u otra entidad mediante el ingreso de coordenadas x, y, z, estos valores se escriben en el sector inferior derecho de la pantalla, en los cuadros indicados al efecto. Para pasar de uno a otro utilizar la tecla **Tab** y al finalizar **Enter**.

6. Colocar los apoyos: Ir a **FEA Add : Stress and Vibration Analysis →Boundary Conditions....**

Se desplegará la ventana que se muestra a continuación:

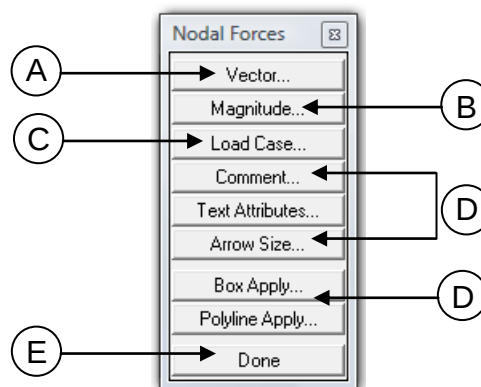
Clickeando en **Change Values....** se seleccionan las traslaciones y rotaciones que se quieren impedir en cada apoyo, marcando o desmarcando cada una de ellas. Luego con DONE se vuelve a la ventana anterior.



Con **Box Apply** se pueden colocar los apoyos en varios nudos simultáneamente, o si no uno por uno con el botón derecho del mouse, haciendo click en las proximidades del nudo elegido. Terminar con **DONE**.

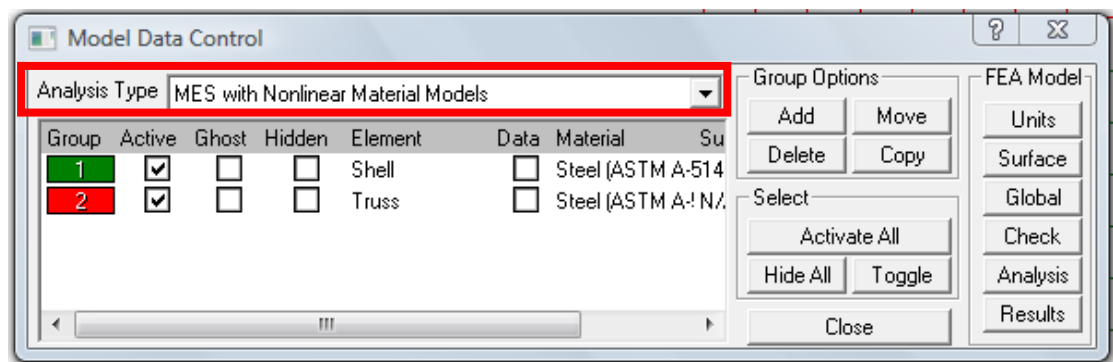
7. Si se hubiera previsto la aplicación de cargas concentradas, se las coloca yendo al menú **FEA Add : Stress and Vibration Analysis → Nodal Forces...** (o **Nodal Moments...** si lo que se quiere agregar es un momento).

Se abre la siguiente ventana:



- A. Con Vector... se elige la dirección de las cargas a aplicar, según las coordenadas globales del modelo.
- B. Con Magnitude... se escribe en la línea de comando al pie de pantalla el valor de la carga.

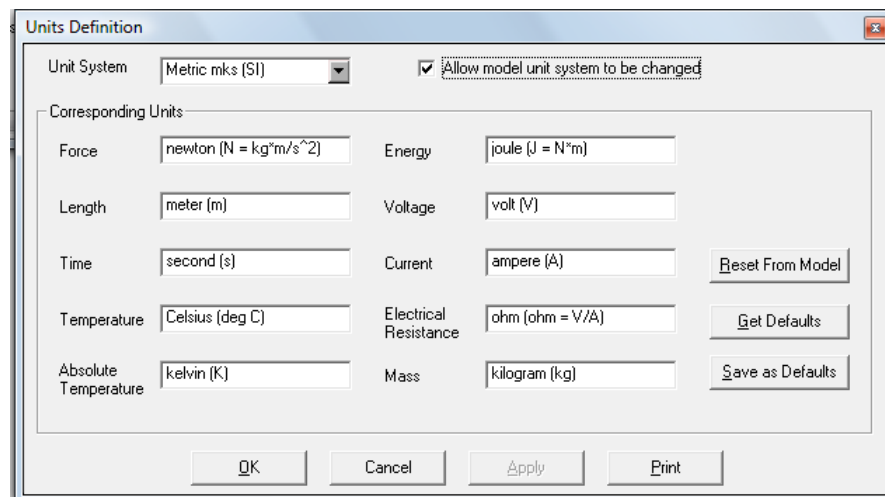
- C. Con Load Case... se asigna el caso de carga, vinculado a una curva de carga definida (necesario si se asigna, por ejemplo, una para peso propio y otra para cargas concentradas).
  - D. Los comandos restantes son sólo de visualización de las cargas en pantalla y no presentan demasiado interés.
  - E. La aplicación de las cargas en cada nudo se realiza del mismo modo que los apoyos.
  - F. Finalizar con **DONE**.
8. Una vez definidas las características geométricas, apoyos y cargas nodales, se pasa a especificar las propiedades y características de los elementos, barras, etc. Para ello entrar por tecla roja ubicada en la línea de diálogo: **Model Data Control....** se desplegará la ventana que se muestra a continuación:



Desde ella se realizará todo **el resto del proceso** (inclusive la visualización de resultados).

9. Lo primero que debemos indicar en esta ventana es el tipo de análisis que se quiere realizar. Como inicialmente nuestro interés es lograr la forma de la estructura laminar y para ello trabajaremos con grandes deformaciones, debemos optar por el método no lineal con **Analysis Type : MES with Nonlinear Material Models**
10. Por debajo de este dato podemos visualizar los distintos grupos que hemos dado al modelo (en el ejemplo: **Group 1 y Group 2**). Cada una de estas líneas debe ser completada con los datos correspondientes al grupo.
- Clickear en la ventana (vacía) bajo **Element** y seleccionar el tipo de elemento que corresponde, en nuestro caso será **Shell** (cáscara) para el grupo 1 y **Truss** (bielas), o **Beams** (barras) para el grupo 2. Luego **OK**.

11. Para definir las secciones de cada tipo clicar en los cuadritos debajo de **Data**, en este momento, seguramente aparecerá un llamado de atención advirtiéndole que no se ha definido el sistema de **Unidades** a utilizar. Aceptar e inmediatamente aparecerá la ventana que nos permite seleccionar el sistema: (por defecto está ya el **Metric – mks**). Aceptarlo con **OK**.

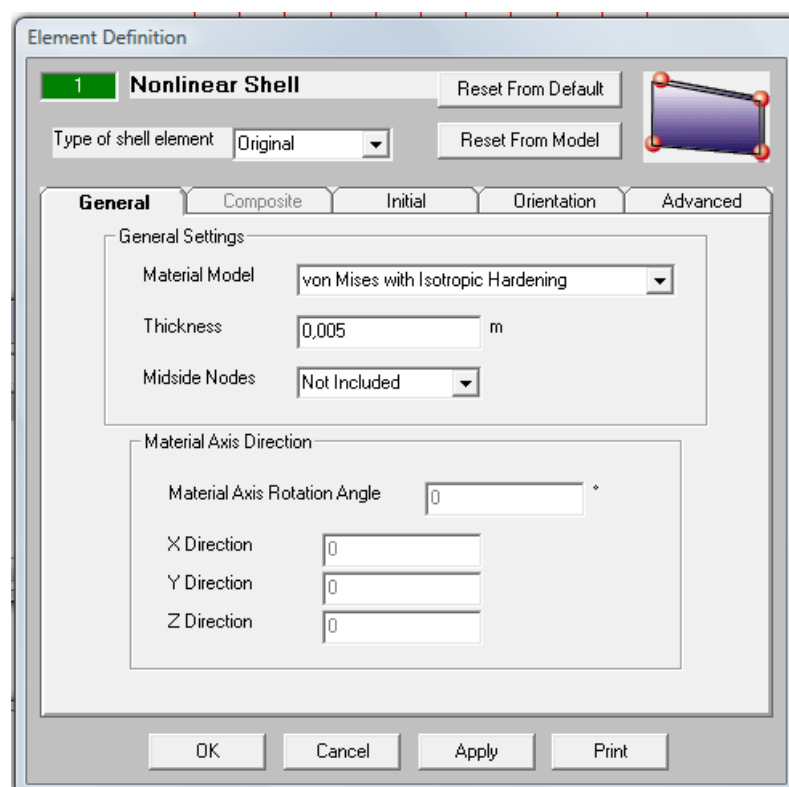


12. Inmediatamente se abrirá la ventana de **DATA** para el grupo 1:

- En **General Settings** seleccionar:

**Material Model: von Mises with Isotropic Hardening.**

**Thickness** (espesor en metros): escribir el espesor de la placa, preferentemente muy fino para lograr fácilmente la deformación, y que el trabajo flexional sea ínfimo.



- En **Advanced: Analysis Formulation:** elegir **Updated Lagrangian**

El resto queda como está.

- Para finalizar **APPLY** y **OK**.

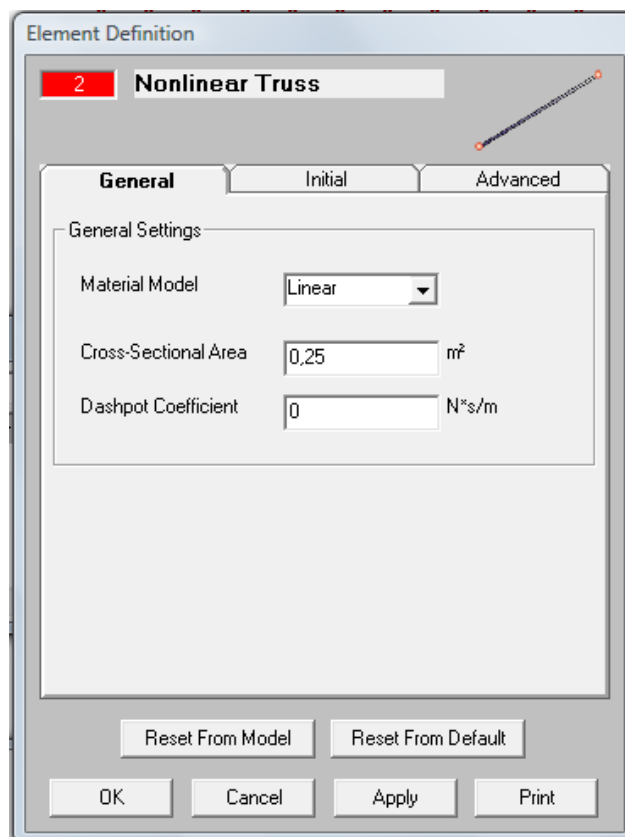
13. Pasar luego a **DATA** del Grupo 2 clickeando en el cuadrito correspondiente:

- En **General Settings** seleccionar:

**Material Model:** Linear

**Cross – Setional Area** (sección de las bielas en  $m^2$ ): escribir la sección deseada.

- En **Advanced:** seleccionar lo mismo que para el grupo 1.
- Finalizar con **APPLY** y **OK**.

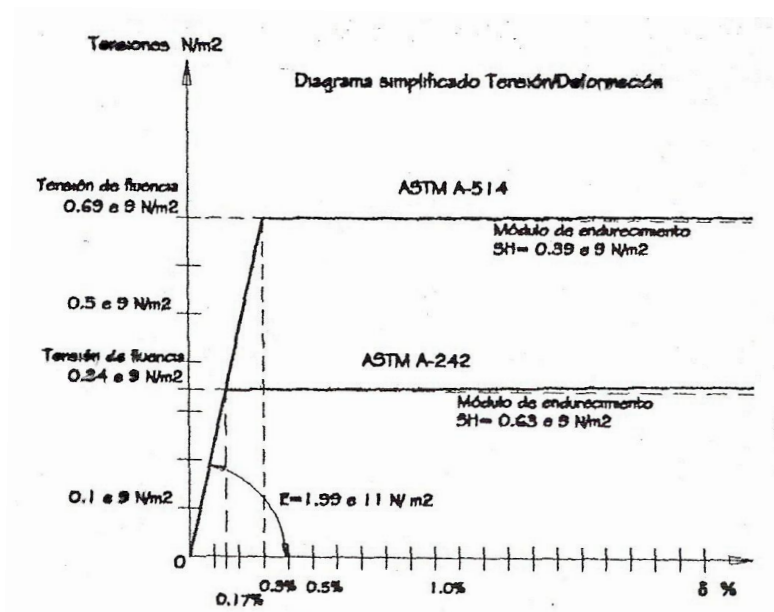


14. En **Material**, clickear sobre cada cuadrito para definir las características del material de cada grupo. Algor tiene una librería de materiales ya definidos, o se puede definir otro distinto bajo el nombre que se desee (**Customer Defined**).

Apretando la tecla **Edit Properties** se pueden introducir los datos de densidad, Módulo de Young, etc., e incluso modificarlos en los materiales existentes.

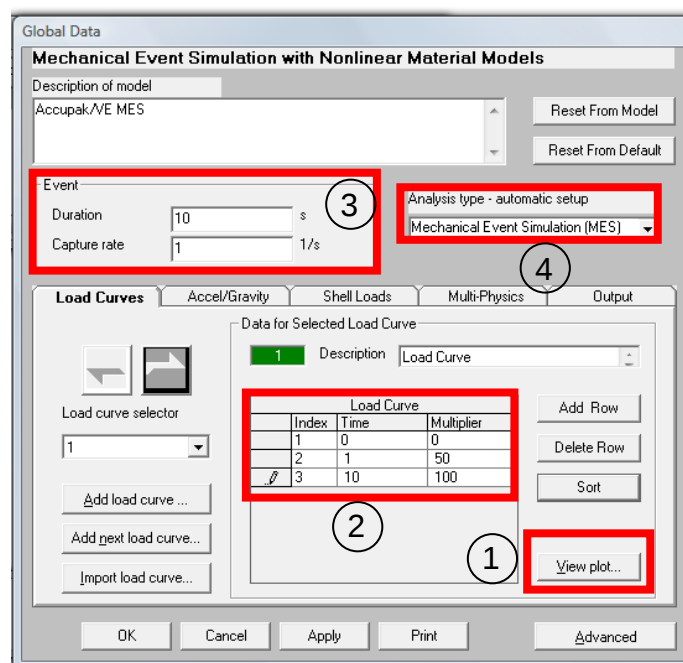
Se sugiere utilizar para la deformación del modelo el material Steel (ASTM A-514 o ASMT A-240), para los elementos cáscaras.

Si no se quiere que el peso propio de las barras o bielas agregadas al modelo afecten la deformación del mismo, es posible utilizar un material inventado y definido sin peso. Ya se encuentra grabado el material “Acero bielas”, que puede ser utilizado al efecto.

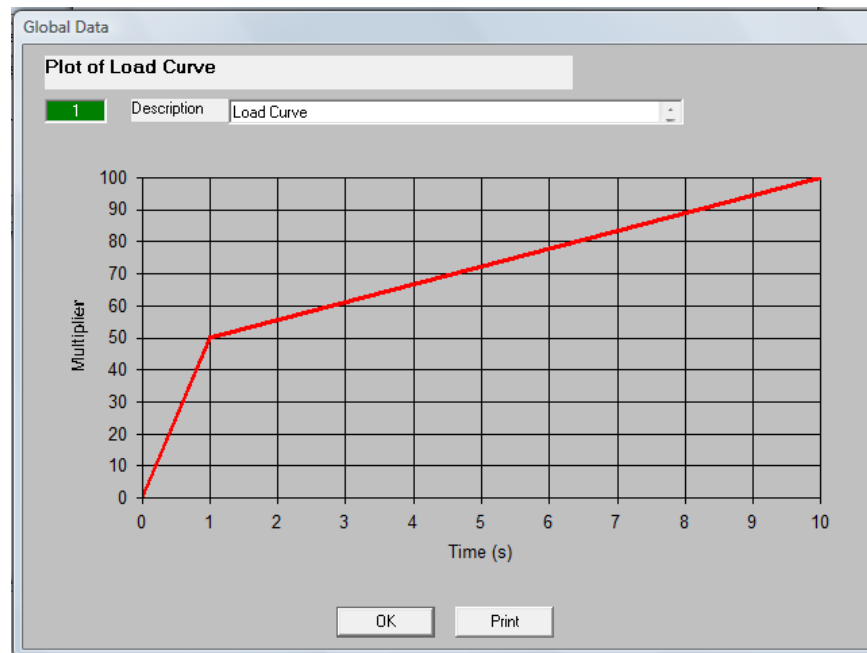


15. Una vez terminada la definición de las propiedades se continúa con la determinación de Curvas de Cargas. En este menú se debe indicar la variación de las cargas aplicadas sobre el modelo a lo largo de un determinado tiempo (evento), así como el tipo (gravitatorias, presiones, etc.)

Accionando la tecla **GLOBAL**, se desplegará la siguiente ventana:

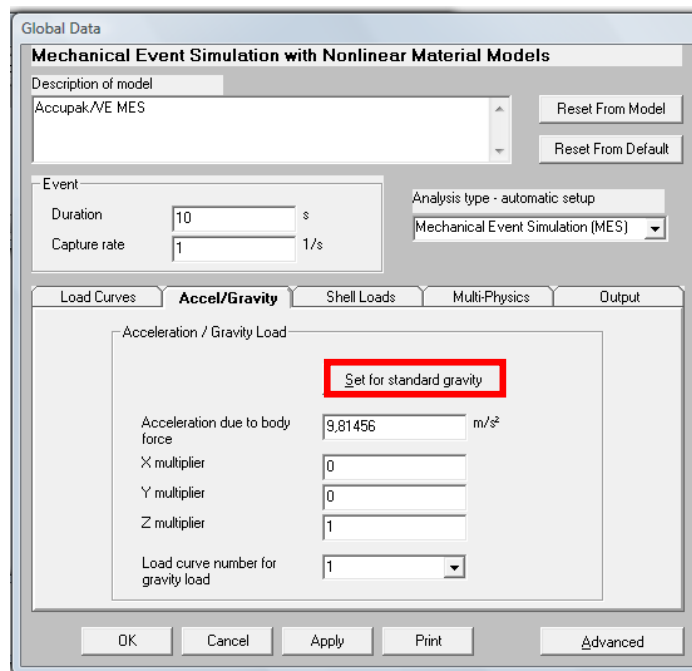


- 1) En **Load Curves**, se indica los puntos que conformarán la curva de cargas, la que podrá visualizarse luego gráficamente clickeando en **View Plot...**



- 2) Cada vez que se quiere agregar un nuevo punto a la curva, se debe clickear en **Add Row** (observar que por defecto en la ventana bajo el título de Index, se muestra sólo 1, y luego se van agregando los otros puntos). Al lado de cada uno, bajo el título Time, se deberá especificar en que tiempo (en segundos) del evento la carga llegará a ese punto y también con qué factor se incrementará la carga inicial en cada punto (bajo el título Multiplier).
- 3) Se sugiere en general, utilizar la curva que figura en la vista de pantalla mostrada arriba, así como establecer la duración del evento (**Event – Duration**) en 10 segundos, y la tasa de captura (capture rate) de una imagen/seg, o sea 10 imágenes (además de la inicial).
- 4) Verificar que en **Analysis Type – automatic setup** diga: **Mechanical Event Simulation (MES)**.

16. Para indicar que se aplican cargas gravitatorias pasar a **Accel/Gravity**. Se mostrará la siguiente pantalla:



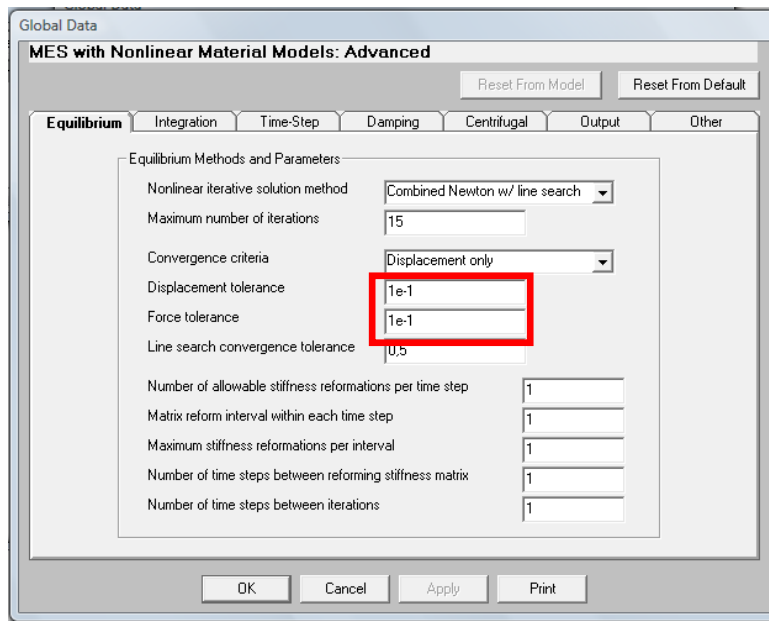
Clickear en la tecla **Set for standard gravity** para determinar el valor de la aceleración de la gravedad establecido por defecto en  $9,81456 \text{ m/s}^2$ .

El multiplicador de **Z = -1** que aparece por defecto, representa el peso del modelo dirigido hacia abajo.

En **Z multiplier**, se puede escribir un factor de incremento del peso propio, en este caso: 100 (positivo, lo que dará una deformación simulada hacia arriba, o sea en el sentido positivo del eje z).

17. Las ventanas **Shell Loads** (cargas de presiones) y **Thermal** (cargas térmicas) no serán usadas. En la ventana **Output**, marcar todas las opciones.

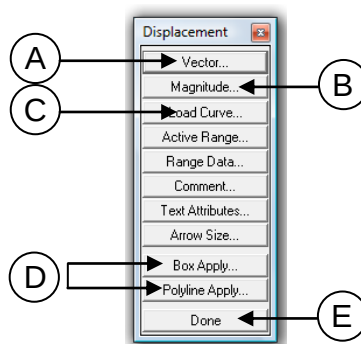
Clickeando en la tecla **Advanced** (al pie de la ventana) se deberán modificar las tolerancias llevándolas a  $1e-1$  (al tener mayores márgenes de tolerancia en los desplazamientos y fuerzas, el análisis se realiza con mayor rapidez, aunque con menor exactitud); también se debe modificar en la pestaña **Time-Step** el número de incremento del Time-Step a 5.



18. Si se desea imponer desplazamientos en algunos nodos, se debe hacer una vez definido el método de análisis (no lineal).

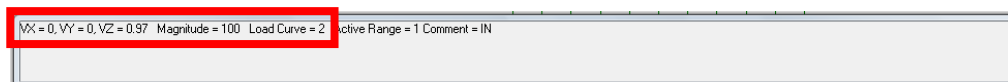
Se vuelve al menú del margen superior en la pantalla inicial, y se selecciona **FEA Add: Stress and Vibration Analysis; Non - Linear Extensions; Prescribed Displacements**.

Se abre un menú:



Aplicar:

- A. **Vector Z** (sí el desplazamiento del nodo va a ser sólo en altura)
- B. **Magnitud** (dada en metros) indicar la cantidad; presionar **ENTER**
- C. **Load curve** 2 (número de caso de cargas)
- D. Con **Box Apply** o con botón derecho seleccionar el nodo.
- E. **Done**



Datos entrados en la Línea de Comando

Volver a Menú Principal: **Tools: Model Data Control: Global.**

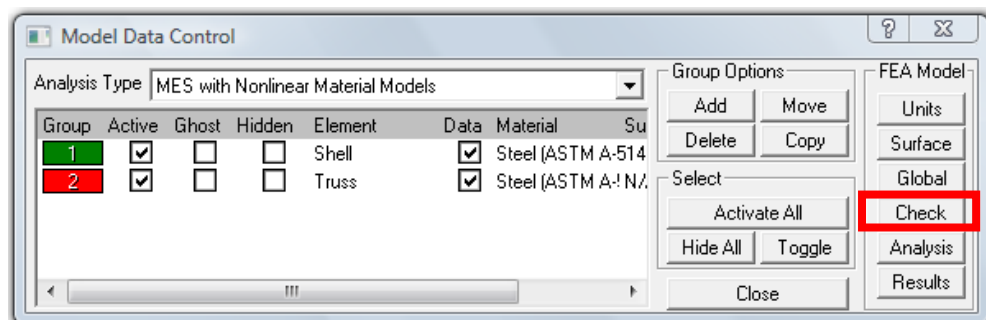
En **Loads Curves: Add Load Curve...**

**New Number Curve** (escribir 2 o lo que corresponda)

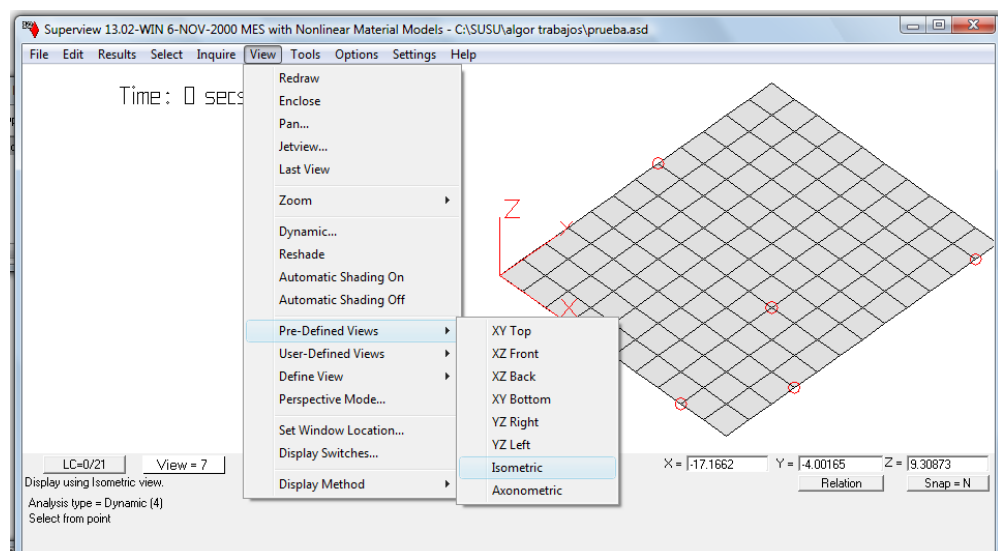
**Aceptar**

Indicar la nueva curva de cargas siguiendo los mismos pasos realizados para las cargas gravitatorias. La curva resultante puede no ser la misma.

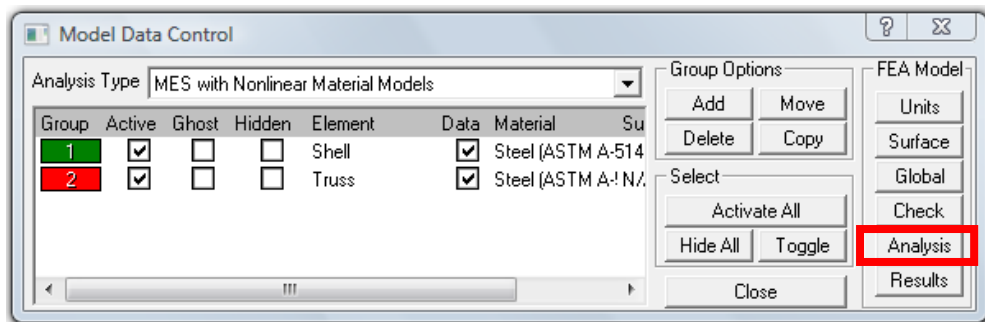
19. Al terminar de definir la geometría, la opción **CHECK** de la pantalla **Model Data Control** permite controlar si el modelo tuviera alguna anomalía en su generación. Se ingresará así a la pantalla de Superview, donde aparecerá el modelo tal como quedó.



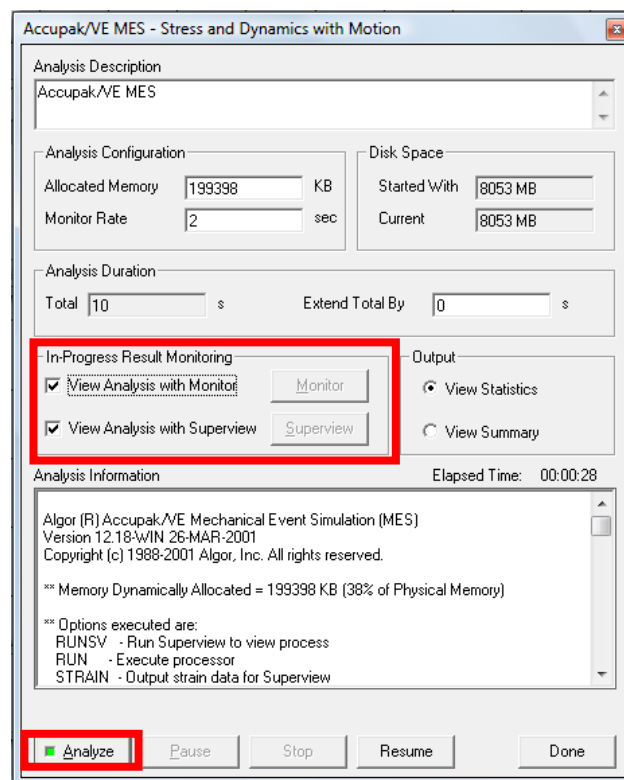
Se puede visualizar el mismo desde distintos lados mediante el **Menú View: Predefined View**, donde se seleccionan las vistas desde los distintos planos (xy, yz, yx, axonométrica, isométrica), de forma similar a los comandos View de Autocad. Si hubiera algún error es la oportunidad de corregirlo.



20. Cuando todo está correcto, se pasa al comando **ANALYSIS** (siempre desde la ventana Model Data Control) para activar la resolución del modelo.



Antes de iniciar el proceso se puede optar por ir viendo el avance de las deformaciones en cada intervalo de tiempo o paso (STEP), a través de un gráfico que muestra la deformación de un nodo, o varios, y también se puede ver como se va deformando la placa desde Superview. Ambas opciones se seleccionan clickeando en: **View Analysis with Monitor** y **View Analysis with Superview**.



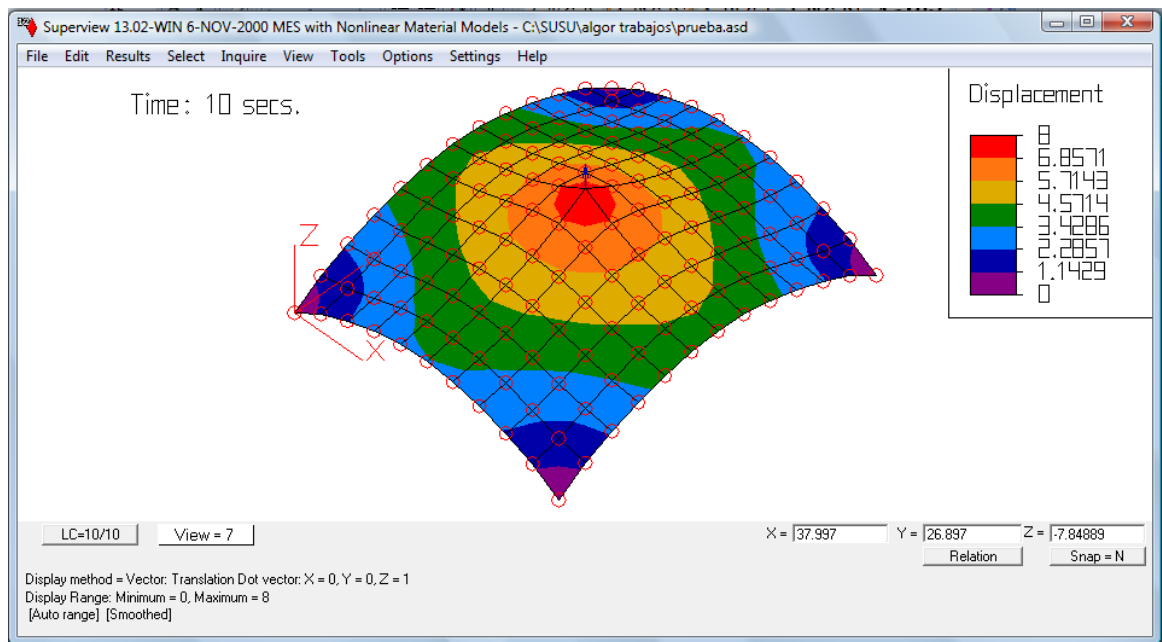
21. Para iniciar el análisis accionar la tecla **Analyze**. Se puede detener momentáneamente el proceso mediante la tecla **Pause**, y se puede interrumpir el proceso mediante la tecla **Stop**, y luego reiniciarlo con la tecla **Resume**. Si se interrumpe accidentalmente se puede continuar con **RESUME**.

22. Para visualizar las deformaciones en cada intervalo de tiempo durante la resolución del modelo, como al finalizar el mismo, desde la pantalla de Superview ir a:

## Results : Displacement Data

- **Displacement contour:** muestra los desplazamientos en forma de mapa.
- **Displacement Model:** tiene varias opciones que activadas o no, permiten ver el modelo deformado, la malla original y deformada, etc. Con el comando **Node Inquire** se puede solicitar información sobre el desplazamiento de un nodo en particular, haciendo click con el botón derecho del mouse en las proximidades. Los datos se leen al pie de la pantalla.

Esta opción posibilita elegir la forma que más se asemeje a lo previsto en el diseño y detener el análisis en ese punto.



En este modelo se ve que los apoyos en los cuatro vértices impiden los tres corrimientos, pero no los giros. Los apoyos en los bordes permiten desplazamientos sólo en Z.

El punto central ha sido obligado a desplazarse arbitrariamente y por eso muestra esa forma angulosa.

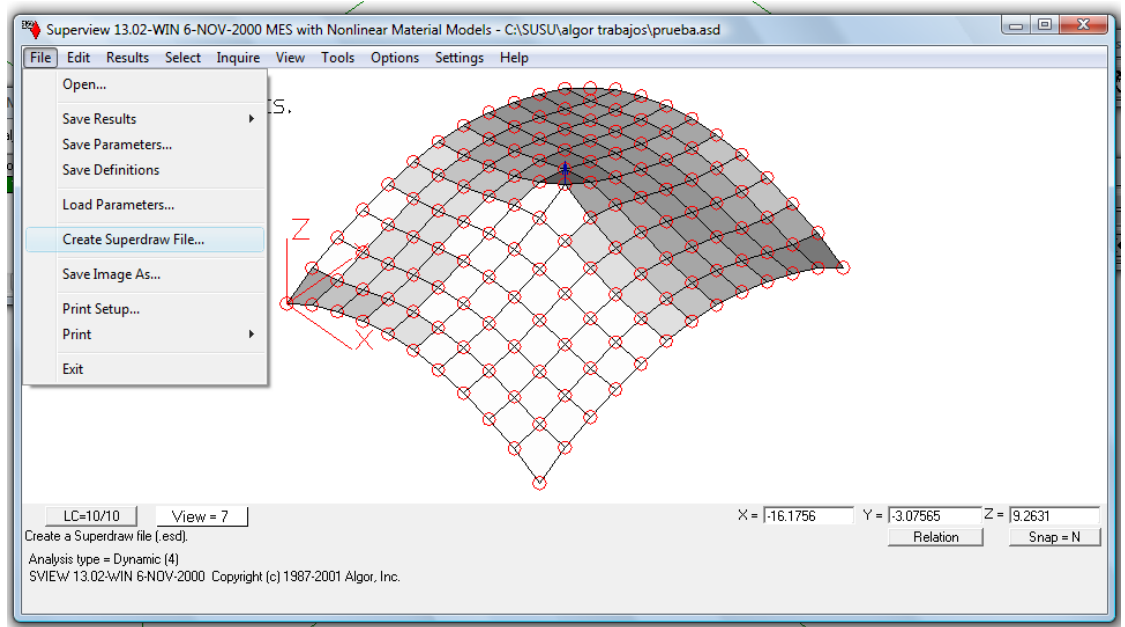
23. Una vez obtenida la geometría deseada, es posible convertirla en un nuevo modelo.

Los pasos a seguir son:

- a. Si la geometría buscada se logra antes de finalizar el análisis, se clickea en **Stop** para detenerlo.
- b. En el caso de que el proceso de resolución del modelo haya sido completado, se cierra la pantalla de análisis con **Done** y desde la pantalla **Model Data Control**,

**Results** a través de Superview se puede revisar cada paso (Step) y seleccionar la geometría más adecuada a la idea de diseño. Es posible utilizar los mismos comandos indicados en el Superview durante el análisis, para saber el desplazamiento en cada nodo, mapas de desplazamientos, etc.

- c. Desde **Superview** se clickea **File: Create Superdraw File** para crear un archivo con el modelo deformado. Guardarlo con otro nombre y salir con **Exit**.



- d. Con **Close** cerrar la ventana Model Data Control y volver a Superdraw.
- e. Abrir el modelo generado con la nueva geometría, con **File: Open:** nombre del nuevo modelo.
- f. El programa pide que se defina el sistema de unidades, elegir **Metric MKS** y **Aceptar**.

Puede suceder que no se vea el modelo completo; en ese caso desde **View: Enclose** se puede obtener la vista total de la geometría.

24. El programa permite modificar las proporciones del modelo mediante la orden **Scale...** del menú **Modify**.

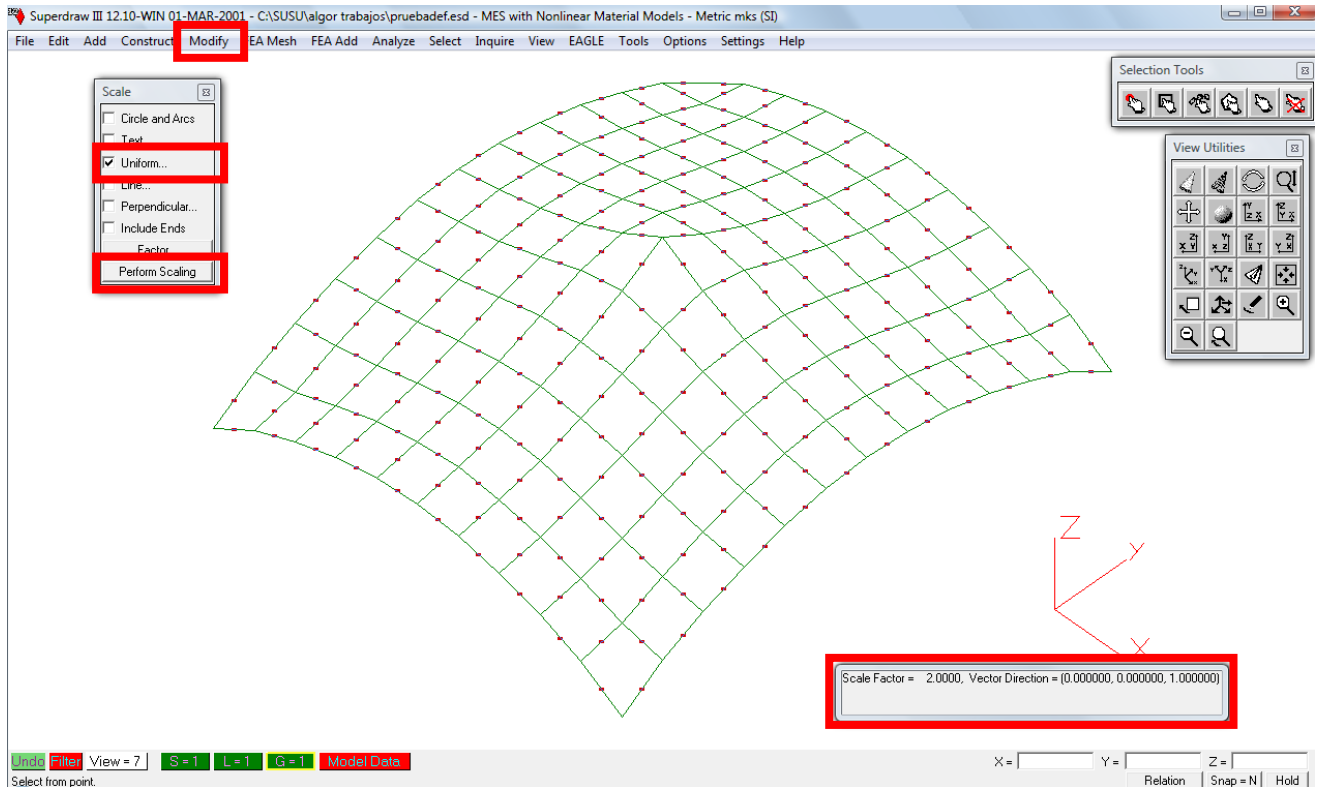
Pasos a seguir:

- a. Seleccionar todo con **Select: All**
- b. Desde menú principal activar **Modify: Scale**
- c. Se abre una pantalla donde se debe seleccionar  
**Line: Z** (sí sólo se quiere corregir la altura de la cáscara)  
**Factor** Pantalla que se abre en el borde inferior izquierdo  
 Para aumentar altura **0<F**

Para disminuir altura **0>F** (indicado en decimales)

**ENTER**

d. Para indicar que escale **Perform Scaling**



## \* VERIFICACION DEL MODELO

Una vez lograda la geometría se vuelve a comenzar con el proceso, pero trabajando con el tipo de Análisis Lineal, ya que se supone un comportamiento elástico, definiendo materiales con propiedades acordes a la realidad y aplicando los pesos propios correspondientes y cargas de servicio.

Los parámetros mencionados se modifican en el menú **Model Data Control**:

✓ **Analysis Type:** Linear Static Stress

✓ **Group:**

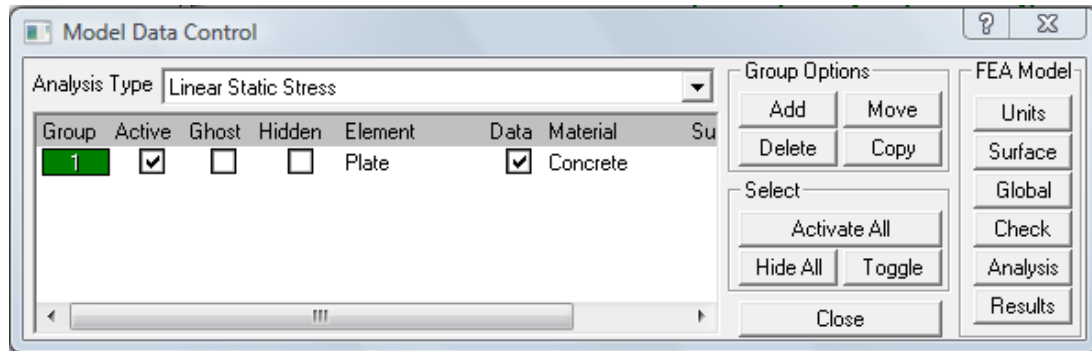
- **Element:** Plate (para tener en cuenta la rigidez flexional)
- **Data: General:** Material Model: Isotropic, Thickness: 0,1m (por ej.)

**Apply - OK**

- **Material:** Concrete (tal como está en la biblioteca de Algor)

**Apply – OK**

✓ **Global:** Definir factor de Accel/Gravity (para cargas uniformemente repartidas como mayoración del peso propio) Ej:  $z = 1,2$  peso propio + 20 %



- **Para verificación de resultados tener en cuenta:**

- Tensión admisible para el Hormigón  $\sigma \leq 60 \text{ kg / cm}^2$  para compresión

- Descenso admisible  $\delta \leq \frac{\text{luz promedio}}{1000}$

- Unidades equivalentes  $1 \text{ Newton} \cong 0,1 \text{ kg fuerza}$

$$1 \text{ Pascal} = \frac{1 \text{ Newton}}{1 \text{ m}^2}$$

en el programa los resultados de tensiones vienen expresados en Pascal (Pa)

$$1 \text{ Pa} \times 1 \text{ E}5 = 1 \frac{\text{Kg (fuerza)}}{\text{cm}^2} \times 1 \text{ E}0$$

Ejemplo de conversión:

$$4,2 \text{ E}6 \text{ Pa} \cong 4,2 \text{ E}1 \text{ Kg/cm}^2 = 42 \text{ Kg/cm}^2$$

Para pasar de Pa a  $\text{Kg/cm}^2$  se resta 5 al exponente 6.