

EJERCICIO DE MODELIZACION EN 3D.

APOYOS DE UNA CUBIERTA DE TRACCION ESTABILIZADA POR PESO

- DEFINICION DE LA GEOMETRIA

Dibujo de la Estructura con Autocad

Se parte del dibujo de Autocad. Se dibujan solamente los ejes de la estructura, con líneas, utilizando un layer diferente por cada elemento estructural.

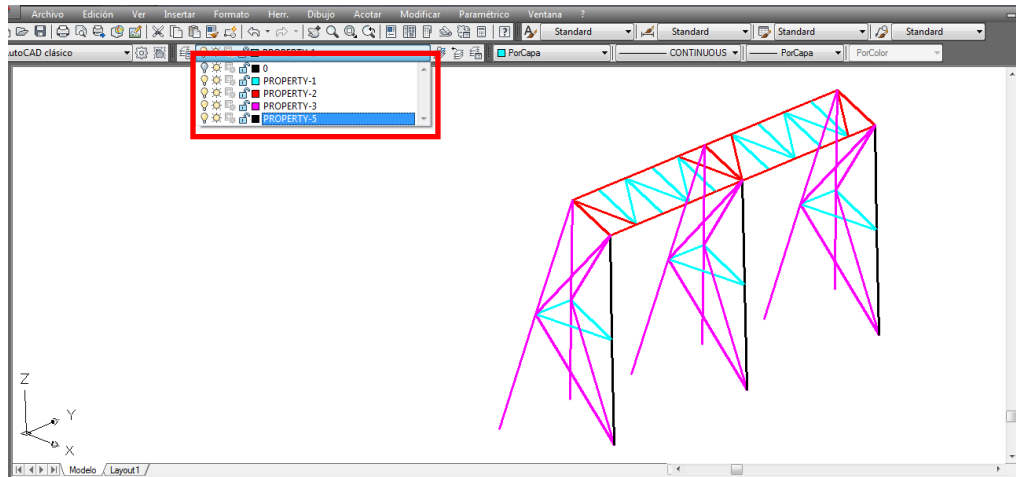


Figura 1 - Modelo 3d de Autocad extensión .dxf

Este dibujo de autocad se guarda como archivo extensión .dxf. Luego se debe cerrar Autocad, antes de comenzar a trabajar con STRAP.

Generación del Modelo Estructural en Strap

Se recomienda crear una nueva Carpeta o Directorio para resolver los modelos en STRAP. Este software genera diferentes archivos, por lo que es conveniente operar siempre en una carpeta especial, de modo de poder luego copiar o enviar por mail la totalidad de los mismos, ya que si falta alguno el modelo no podrá verse en otra máquina.

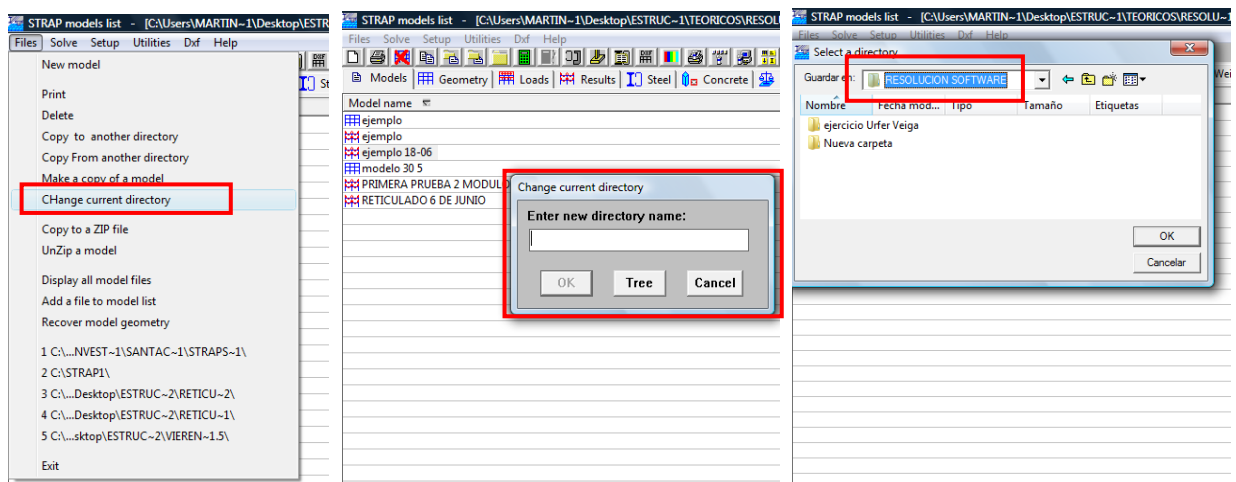


Figura 2 - Cambio de directorio

Luego se crea un nuevo modelo al que se designa con un nombre antes de importar el archivo .dxf.

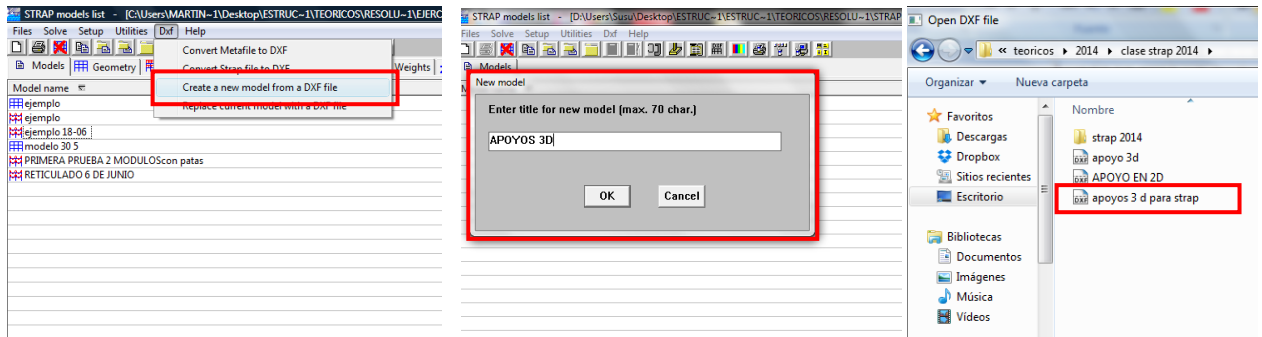


Figura 3 - Importar el archivo .dxf para transformarlo en archivo de STRAP

En primer lugar deben indicarse los layers utilizados y a que tipo de elemento estructural responden (beam, element).

En las opciones para importar el dibujo:

1. Tener mucho cuidado con la escala, ya que éste es un error de modelado que luego no podrá solucionarse.
2. Seleccionar la opción de considerar las propiedades de elementos según lo Layers que contiene el archivo .dxf.
3. Ordenar al programa que cree nodos adicionales en las intersecciones de líneas.

Luego se asignarán los números de propiedades de elementos para cada layer del archivo.

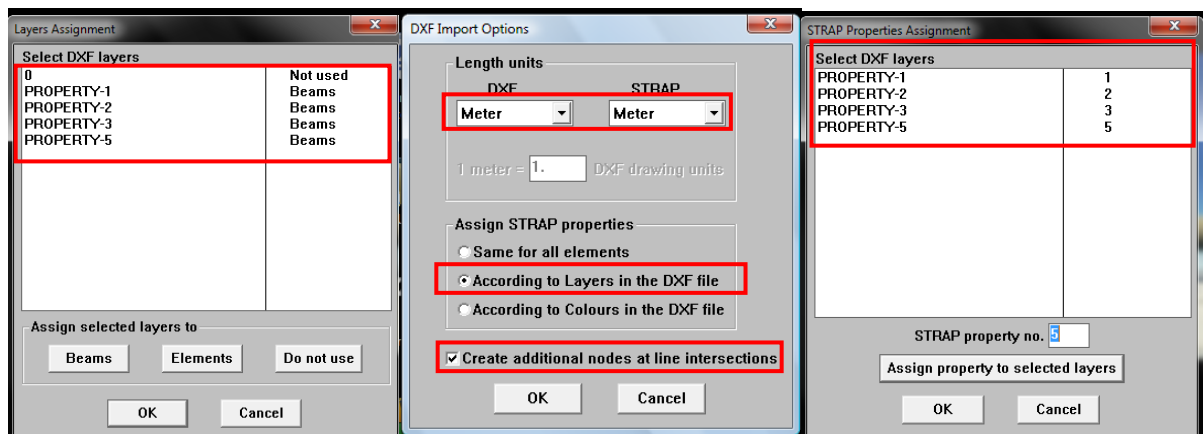


Figura 4 - Layers utilizados, opciones de importación y propiedades de los elementos

Control de la Geometría

La primera visualización del modelo permite advertir errores de dibujo que luego pueden arrojar resultados incorrectos (nodos duplicados, barras no vinculadas, etc).

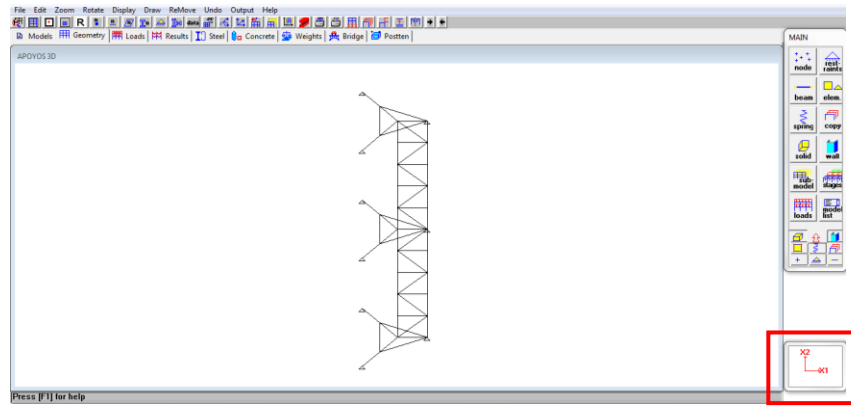


Figura 5 - Modelo en Planta

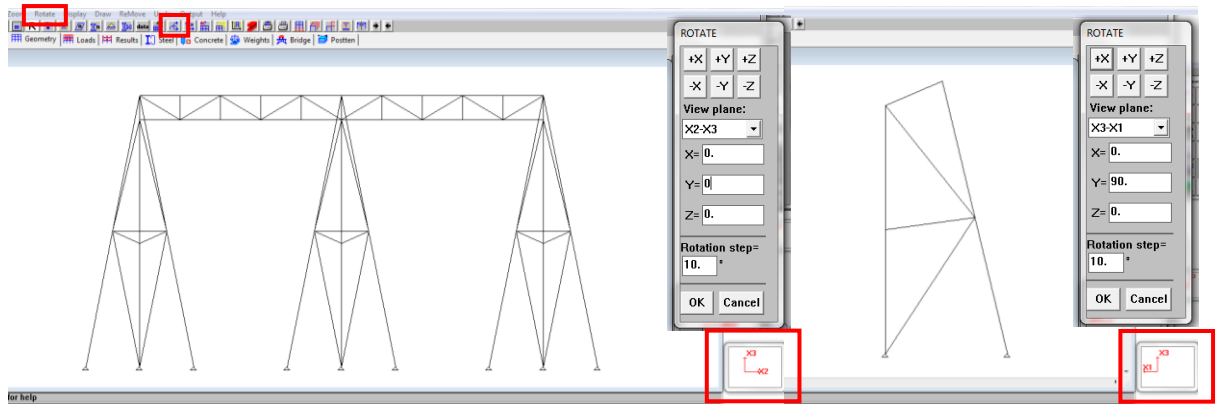


Figura 6 - Vistas frontal y lateral del modelo

El software permite rotar el modelo mediante el menu superior según planos. También tiene la opción de rotación dinámica. Se puede además guardar las vistas favoritas como se indica en la figura 7.

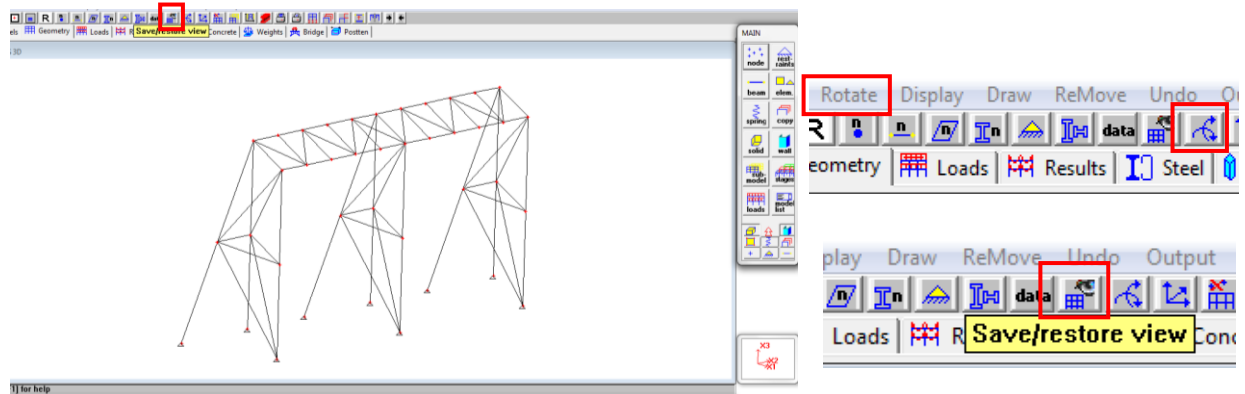


Figura 7 - Axonométrica. Ordenes Rotar y Grabar la vista

Desde el comando DISPLAY se pueden visualizar todos los datos ingresados en cada etapa del proceso de definición de la geometría, para control de nodos y barras, evitar elementos repetidos, o barras que no se vinculan (NODE, BEAM y ELEMENT NUMBERS).

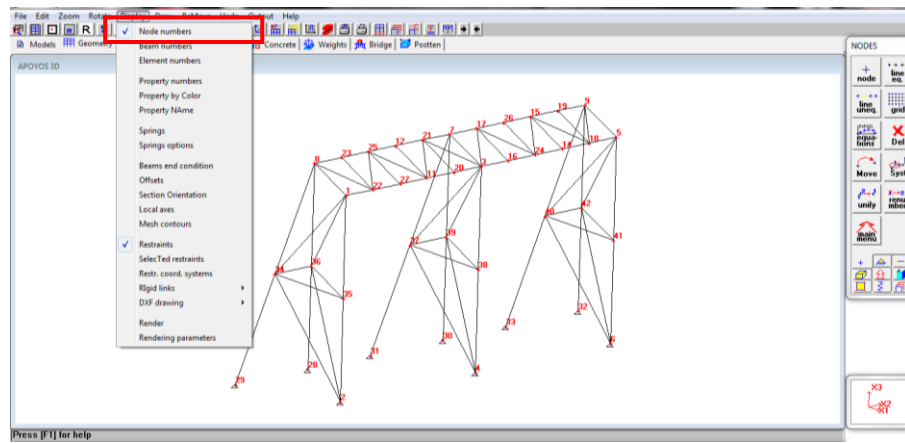


Figura 8 - Número de Nodos

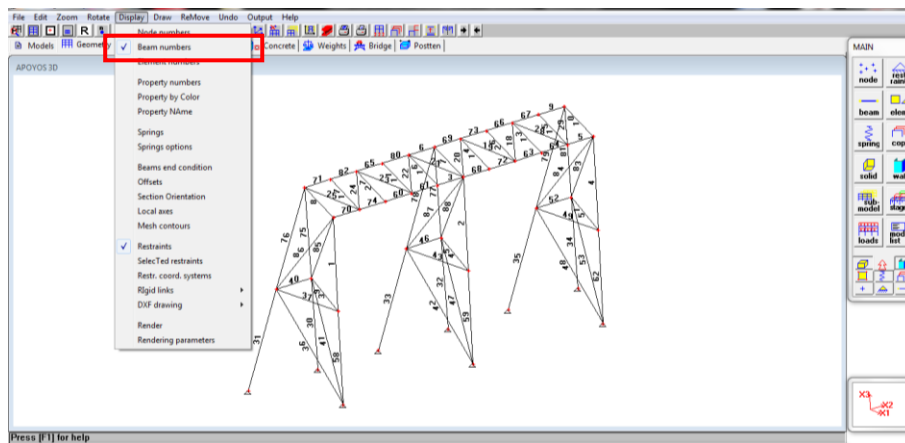


Figura 9 - Número de Barras

Propiedades de los Elemento/Barras

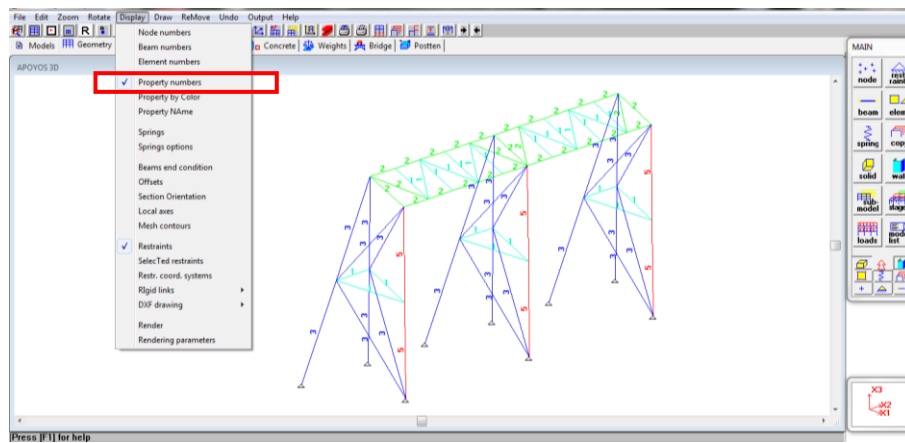


Figura 10 - Propiedades

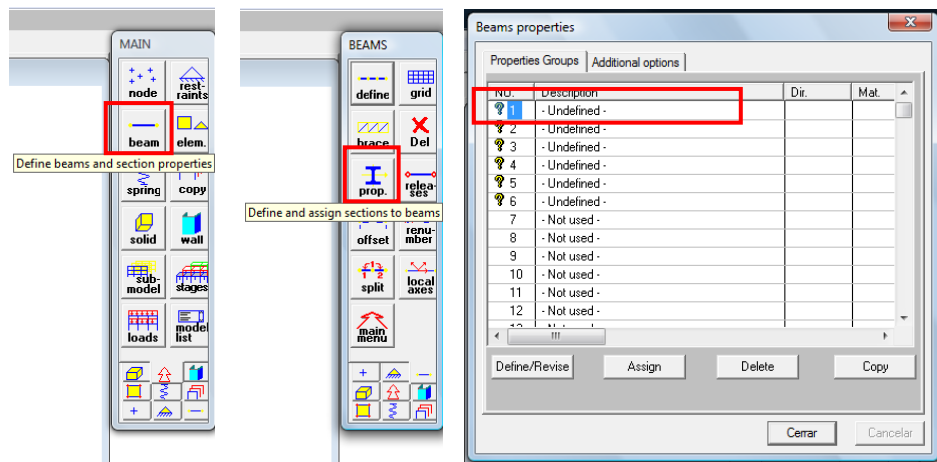


Figura 11 - Definición de las secciones

Se especificarán las propiedades de los elementos y/o barras: forma, sección, material.

Para comenzar a definir las diferentes secciones:

1. Controlar las unidades en que están consideradas en el programa.
2. Indicar que datos se ingresarán (área y momento de inercia, dimensiones, perfiles normalizados de tablas, secciones compuestas o variables, etc.).
3. Si se seleccionan las dimensiones se debe especificar la forma geométrica de la sección (tubular, maciza, ángulo, etc)
4. Definir unidades, material, dimensiones y orientación de la sección.

El comando DISPLAY permite controlar las secciones asignadas y la orientación de las mismas, mediante las órdenes: PROPERTY NUMBERS, PROPERTY BY COLOR, SECTION ORIENTATION Y RENDER (permite renderizar el modelo completo).

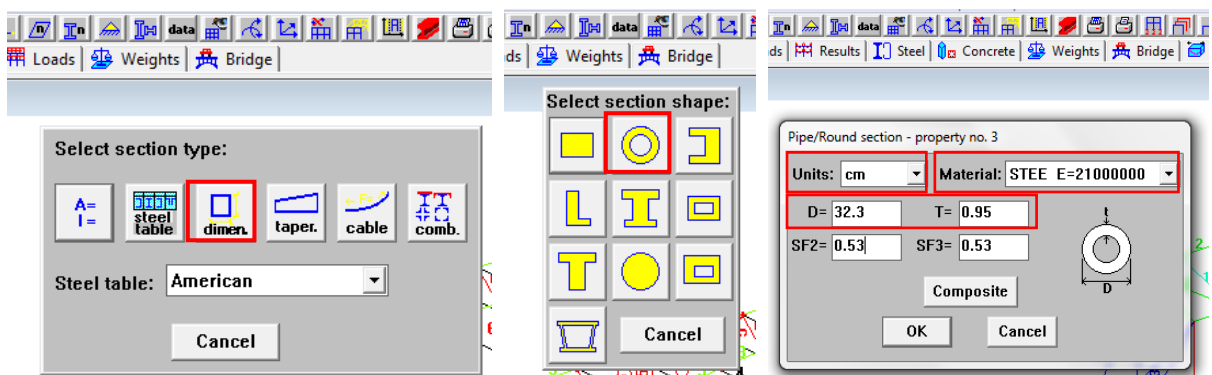


Figura 12 - Definición Propiedad N°3. (barra 3 de la ménsula)

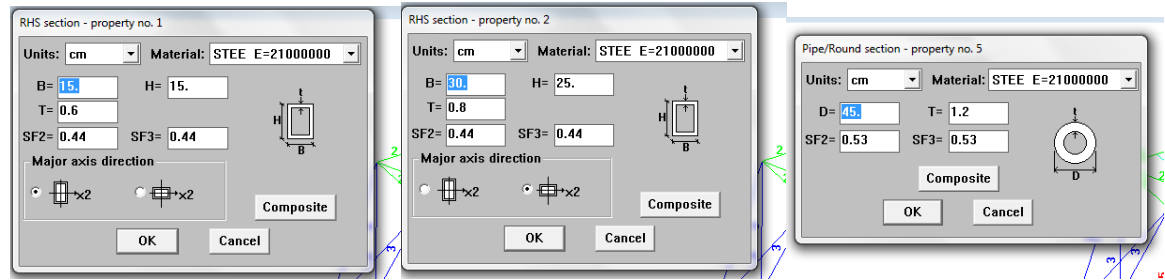


Figura 13 - Definición Propiedades N°1,2 y 5

Si el número de propiedades coincide con el número y color de layer que asignamos a las barras en Autocad no es necesario asignarlas.

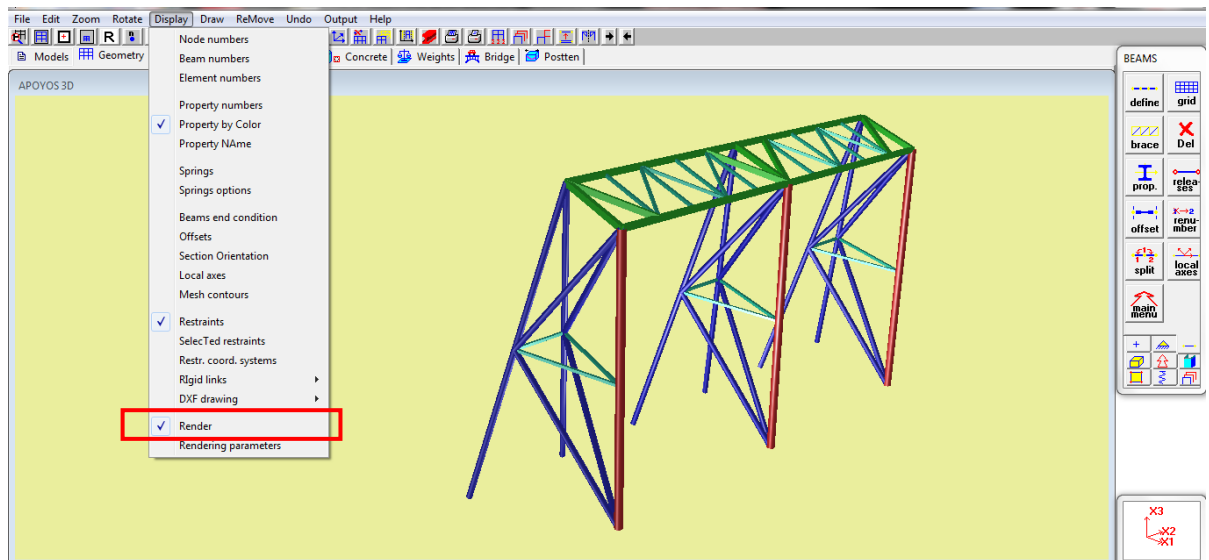


Figura 14 - Renderización del modelo con las secciones asignadas

Condiciones de vínculo de las barras

Se consideran uniones articuladas entre barras de los apoyos reticulados. Para que se verifique esta condición se aplicarán RELEASES a las barras, liberándolas de momentos de continuidad en los nudos y en los apoyos.

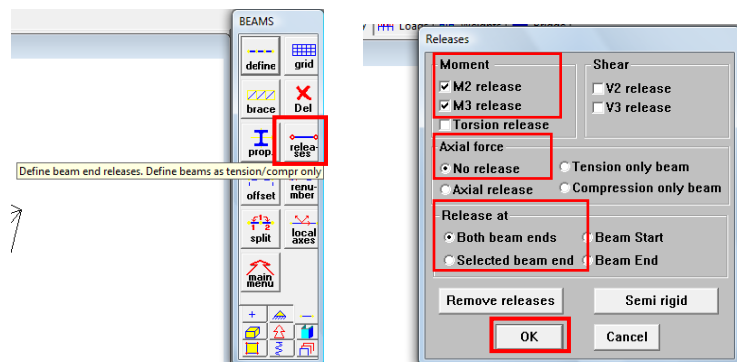


Figura 15 - Pasos para aplicar Releases a las barras

La condición de tener vínculo liberado de momentos entre barras puede aplicarse a los dos o sólo a uno de los extremos, mediante la opción BOTH BEAMS END o SELECT BEAM END.

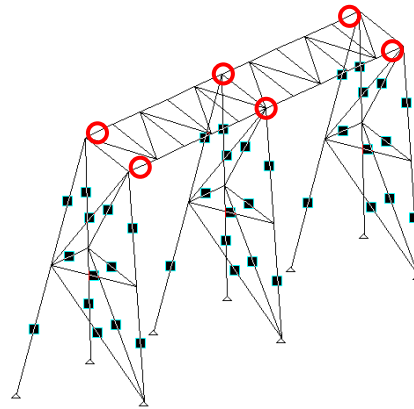
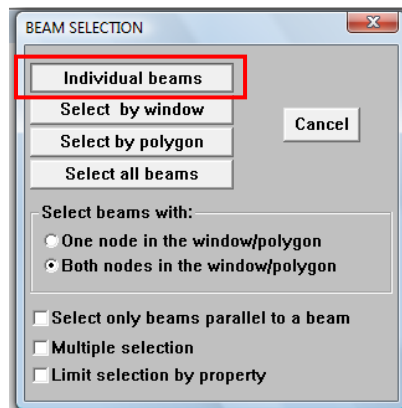


Figura 16 - Selección de barras con Releases

Se aplicarán también RELEASES a las barras de los cordones de la viga reticulada que se vinculan con los apoyos reticulados, que serán construidas con uniones articuladas.

El comando DISPLAY - BEAM END CONDITION, permite ver los RELEASES como círculos en los extremos de cada barra.

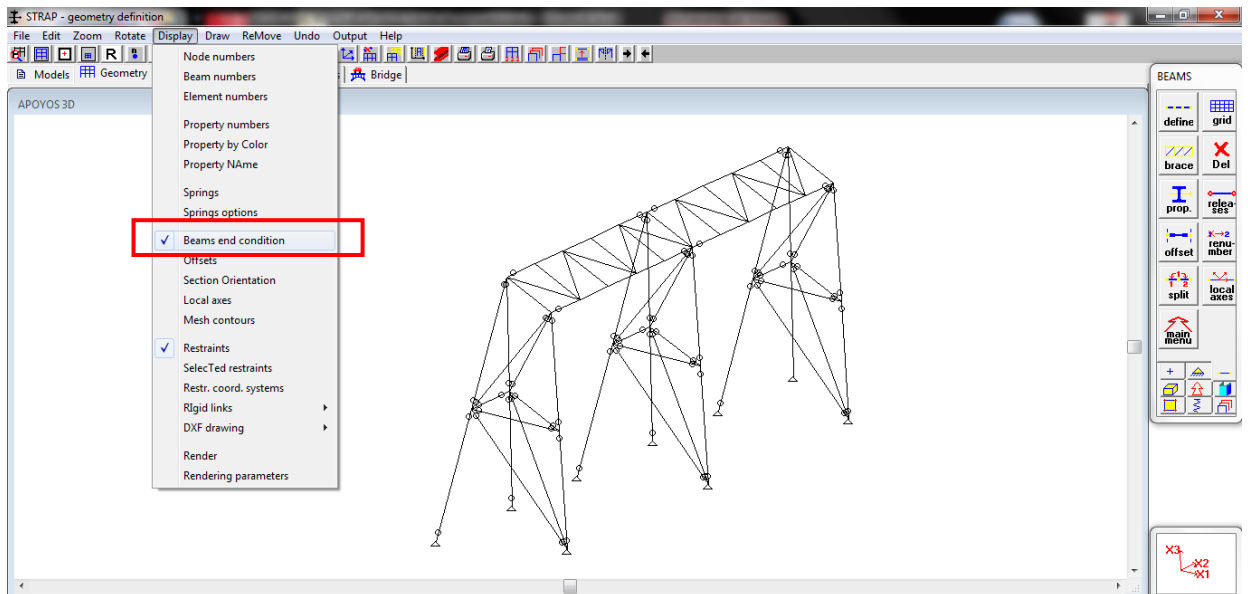


Figura 17 - Visualización de barras con Releases

• DEFINICION DE LOS APOYOS

Los apoyos pueden ser:

1. PINNED: Articulado. Restringe traslaciones
2. FIXED: Empotrado. Restringe traslaciones y rotaciones.
3. OTHER: Móvil. Restringe traslaciones sólo en la dirección perpendicular al plano de apoyo.

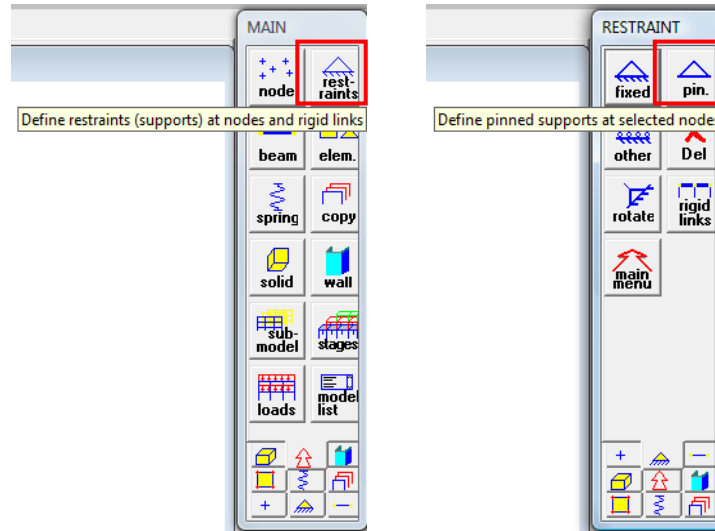
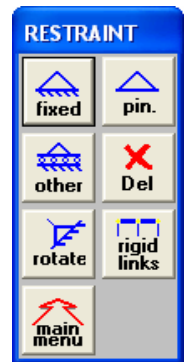


Figura 18 - Pasos para definir apoyos

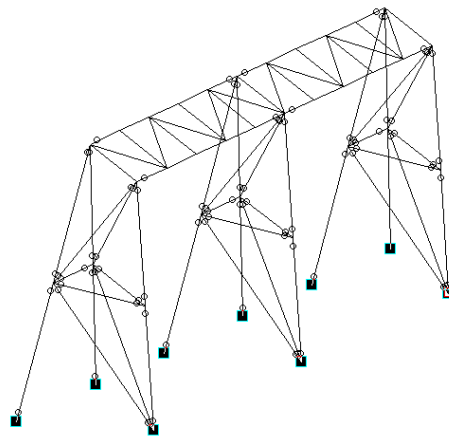
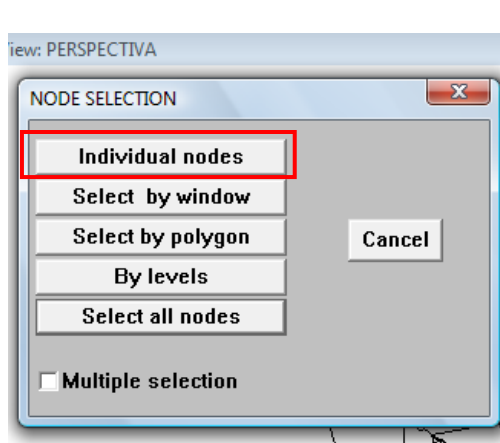


Figura 19 - Selección de nodos para asignar apoyos

Los apoyos definidos pueden verificarse en el modelo mediante el comando DISPLAY - RESTRAINTS.

• CARGAS APLICADAS

Para el ejemplo se considerarán aplicadas cargas permanentes correspondientes al peso propio de la estructura. El peso de cubierta y la sobrecarga variable de uso, sobre los cables, se aplicarán como cargas concentradas en los nudos de la viga inclinada, donde se fijan los cables. La magnitud de las mismas es el valor de las componentes vertical y horizontal de la reacción en el apoyo de cada cable.

1. Peso propio de la estructura

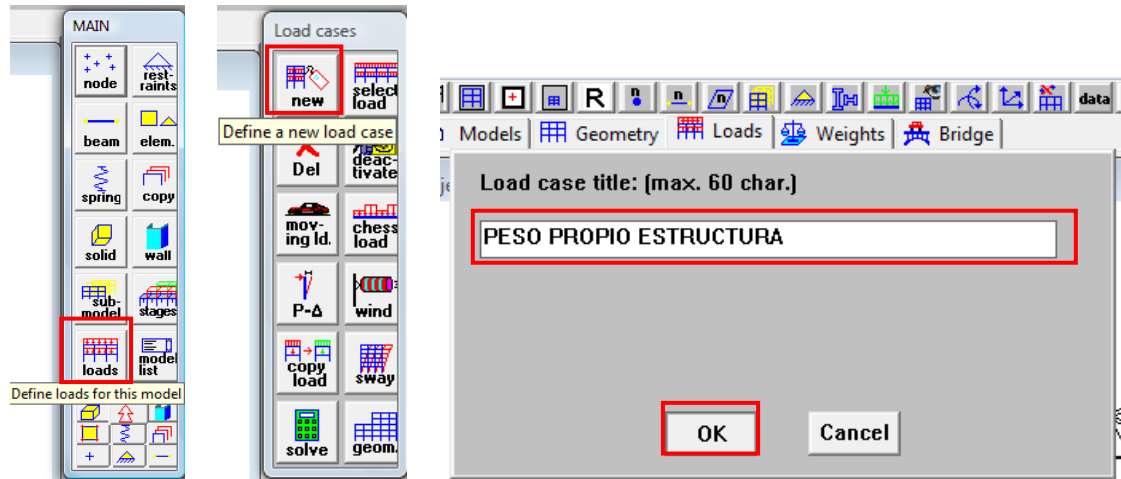


Figura 20 - Definición de casos o estados de cargas

Se define un nuevo caso de cargas, al que se le asigna un nombre: PESO PROPIO ESTRUCTURA, por ejemplo. A continuación debe definirse si las cargas están aplicadas sobre la barras, los nodos o los elementos. Luego debe definirse el tipo de cargas, si son uniformemente repartidas, variables, concentradas, devenidas de peso propio de los diferentes elementos estructurales, etc.

Para el primer caso consideraremos cargas sobre barras, generadas por el peso propio de las mismas.

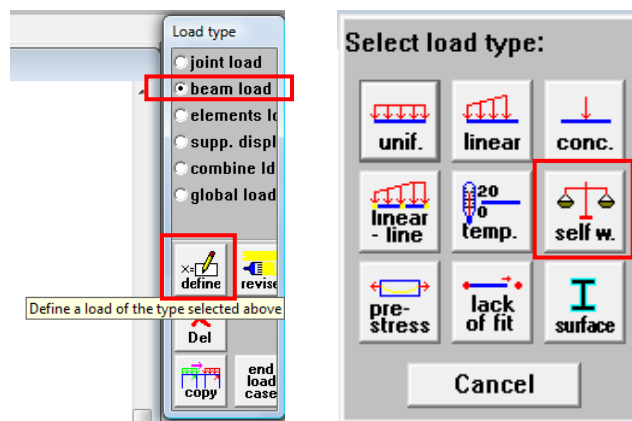


Figura 21 - Definición del tipo de cargas sobre barras: PESO PROPIO ESTRUCTURA

Una vez indicado el tipo de cargas definido se seleccionan las barras, que en este caso serán TODAS LAS BARRAS. En la próxima pantalla se debe asignar la dirección en que están aplicadas (para estructuras en 3d es Dirección X3), y el coeficiente de mayoración, (para este caso es -1). Un gráfico permite visualizar si es correcto lo definido.

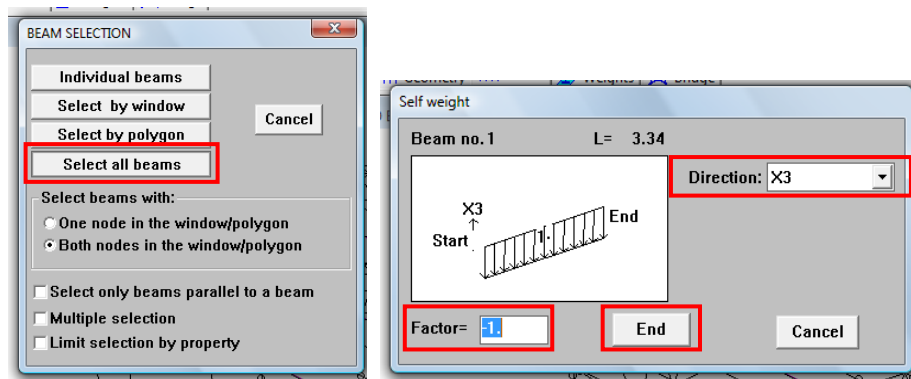


Figura 22 - Selección de las barras y visualización de dirección y sentido de las cargas en cada barra

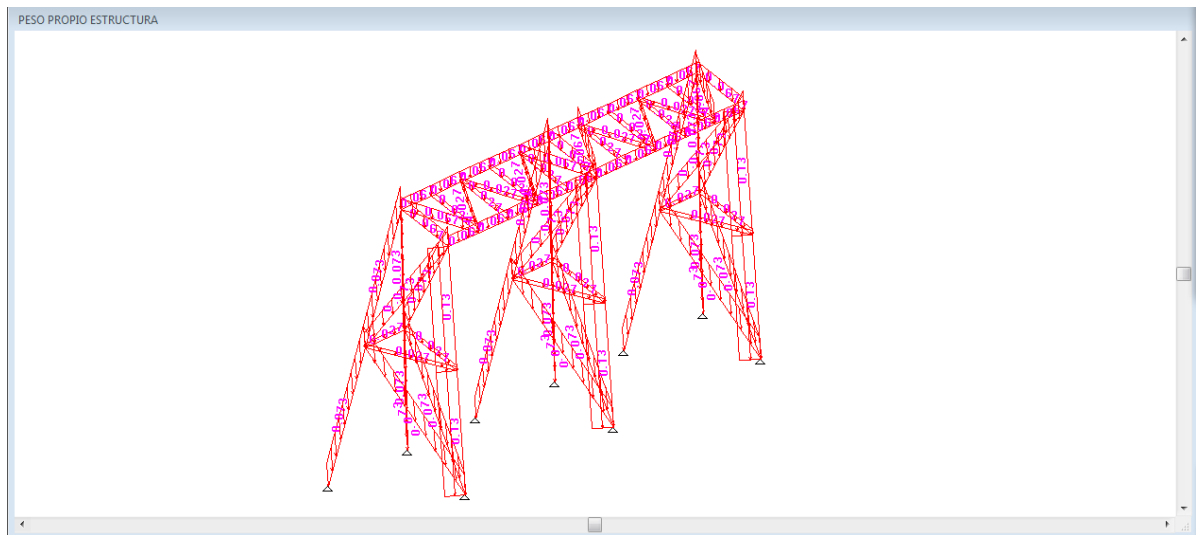


Figura 23 - Estado de cargas 1: PESO PROPIO ESTRUCTURA

2. Acción de los cables sobre el apoyo

Se consideran las componentes vertical y horizontal de las reacciones del cable calculadas en la ejercitación práctica, que como cargas aplicadas tienen igual magnitud pero sentido opuesto.

Las cargas puntuales se aplican en los nudos de la viga reticulada inclinada que vincula los apoyos reticulados serán $R_H = 18 \text{ ton}$ y $R_V = -7,2 \text{ ton}$ para nudos intermedios, y $R_H = 9 \text{ ton}$ y $R_V = -3,6 \text{ ton}$ para los nudos extremos.

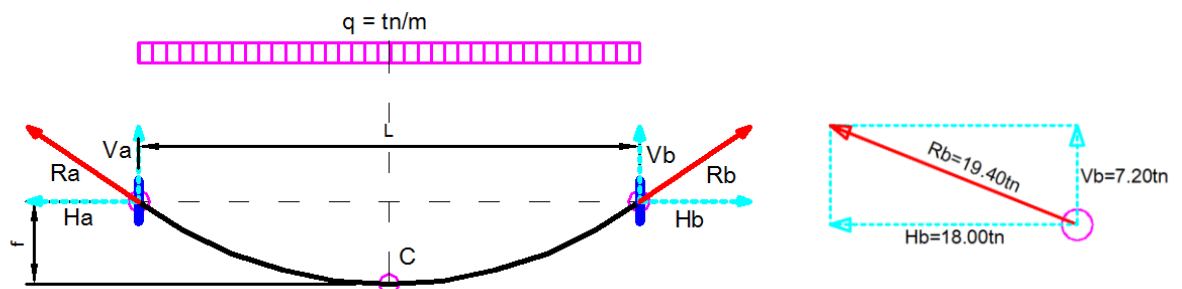


Figura 24 - Reacciones de cada cable

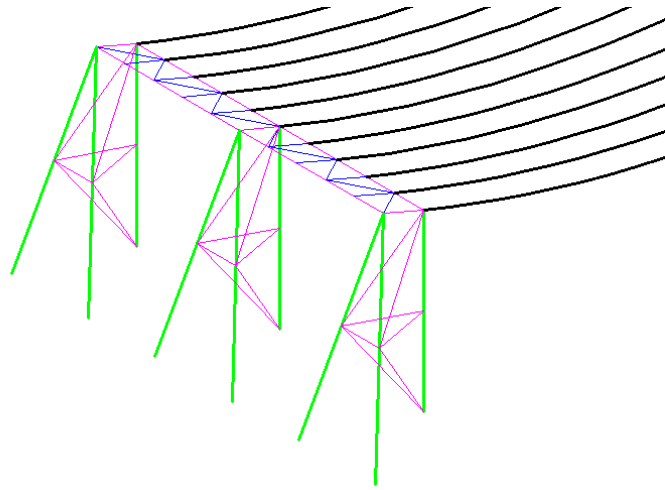


Figura 25 - Estructura de cubierta (cables, viga inclinada y apoyos)

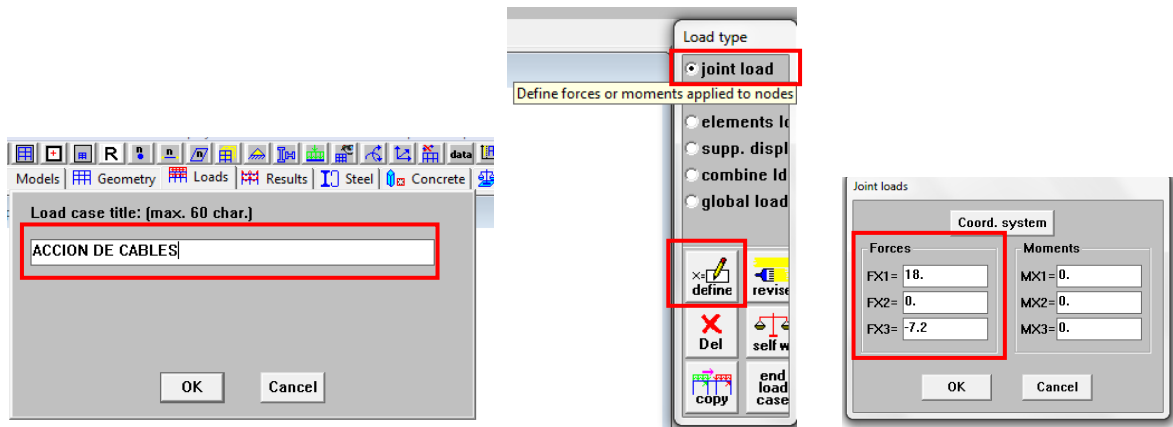


Figura 26 - Definición de cargas puntuales sobre viga: ACCIÓN DE CABLES

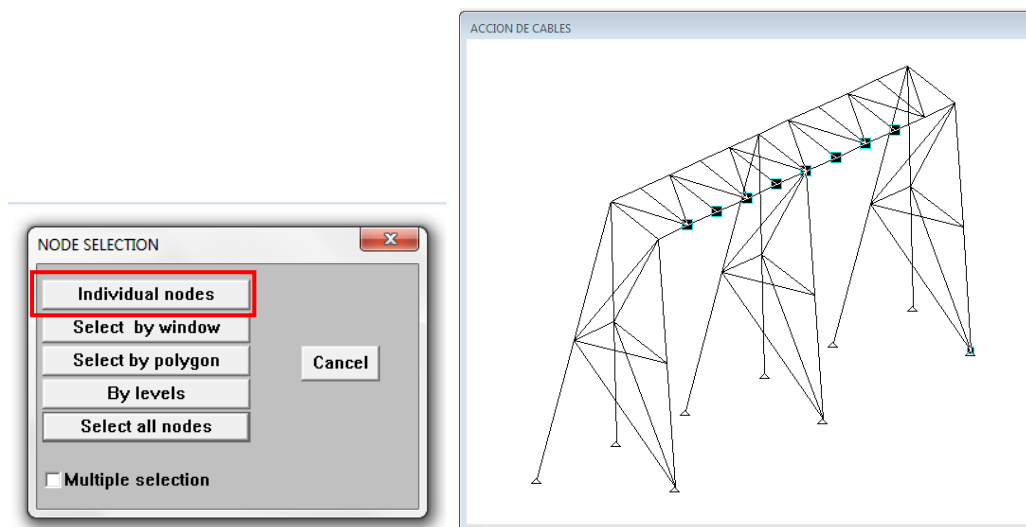


Figura 27 - Selección de los nudos de la viga

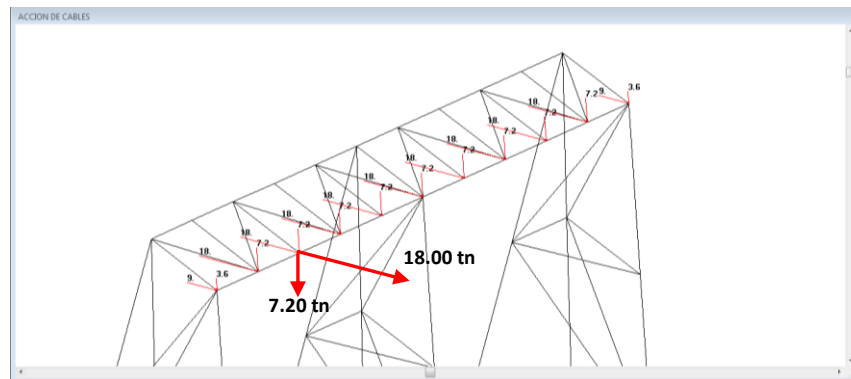


Figura 28 - Estado de cargas 2: ACCION DE CABLES

IMPORTANTE: Al finalizar la definición de cada caso de cargas se debe clicar **END LOAD CASE**.

Control de las Cargas Aplicadas

Se pueden visualizar las tablas de cada estado de cargas para control. En las mismas figuran el tipo de cargas, los números de barras o elementos sobre los cuales aplicadas, las magnitudes, dirección y sentido de cada una, y la sumatoria de fuerzas.

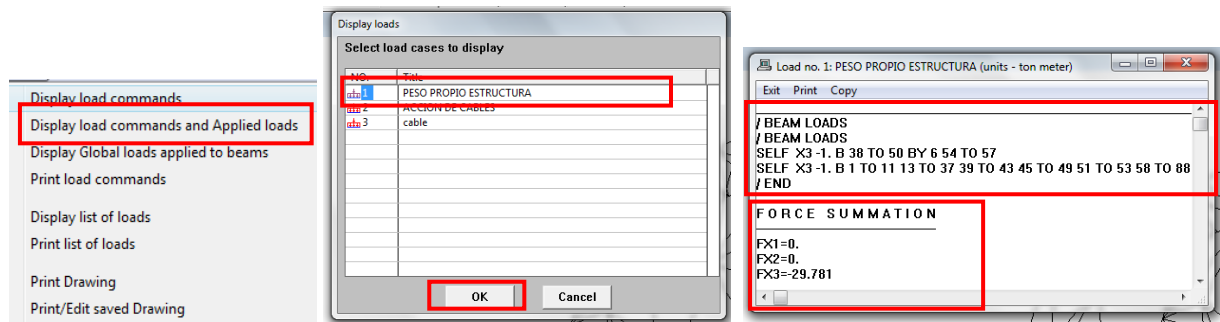


Figura 29 - Procedimiento para verificar las cargas aplicadas

- **RESOLUCION - RESULTADOS**

Una vez completada la entrada de datos se ordena la resolución del modelo, mediante la selección del icono LOADS - SOLVE en el menú. El programa antes de resolver pregunta si se desea grabar la matriz de rigidez (DO YOU WANT TO SAVE THE MATRIX FOR THIS MODEL), a lo que se responde YES.

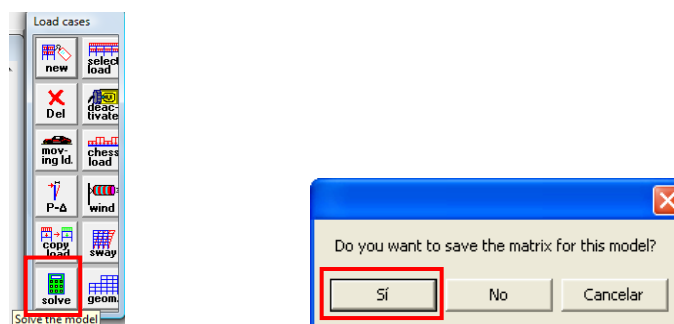


Figura 30 - Pasos para ordenar la resolución del modelo

Combinaciones de Estados de Cargas

Se deberán definir las diferentes combinaciones de cargas necesarias para la evaluación del comportamiento de la estructura, y un posterior dimensionado de las secciones.

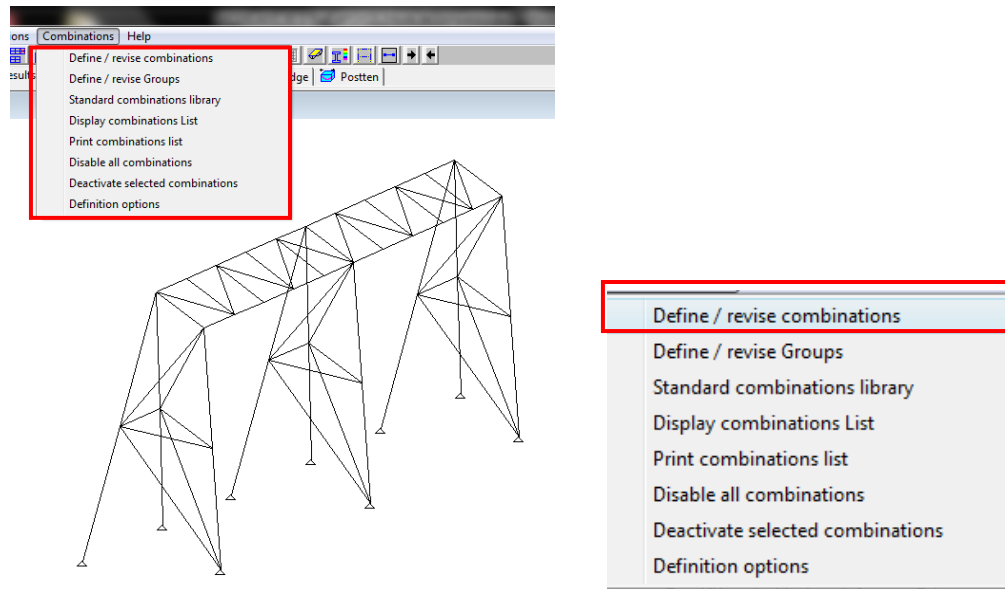


Figura 31 - Definición de combinaciones de estados de cargas

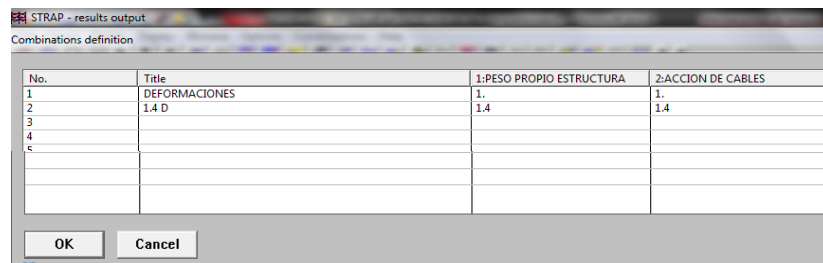


Figura 32 - Combinaciones de estados de cargas

Visualización de resultados

Los resultados pueden leerse según tres opciones diferentes: DRAW (gráficos), TABLES (tablas) y SINGLE BEAM (barra individual)

1. **DRAW:** gráficos

Esta opción permite ver en gráficos los resultados para cada caso de cargas y sus respectivas combinaciones:

- diagrama de momento flectores, de esfuerzos normales o axiales, de esfuerzos de corte
- reacciones de equilibrio
- desplazamientos en tres direcciones

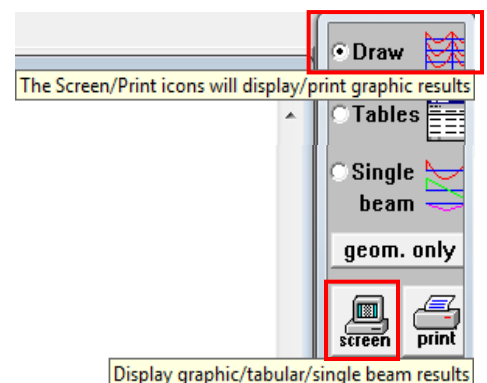


Figura 33 - Comando DRAW

Cada comando permite definir diferentes aspectos de los resultados en gráficos:

DISPLAY TYPE: Tipo de gráfico: geometría, deformaciones, reacciones, diagramas en las barras.

RESULT TYPE: Tipo de resultado: momento, corte, axial, torsión.

LOAD CASE: Estado de carga: casos de carga asignados o combinaciones de diferentes estados de cargas

PARAMETERS: Parámetros de salida: según el tipo de gráfico, escala de los resultados, visualización de valores máximos, resultados en barras o nodos, hatch (sombreado de gráficos), etc.

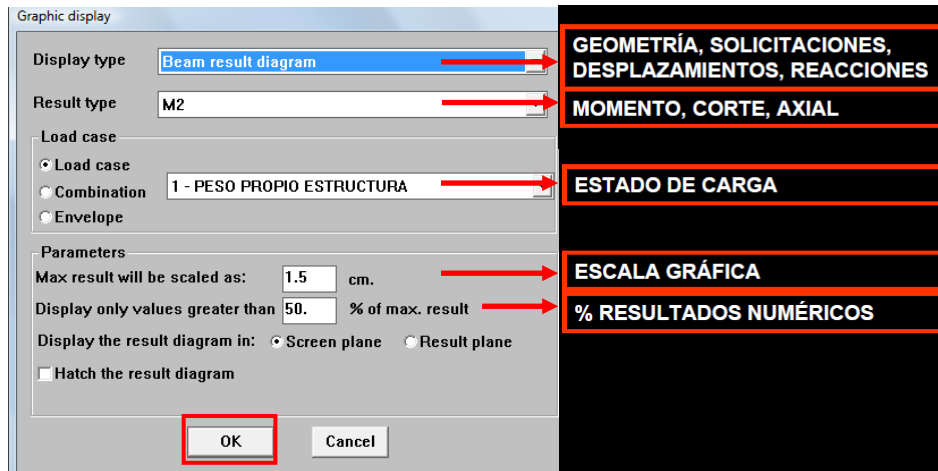


Figura 34 - Cuadro de resultados

Una vez seleccionada cada opción, marcando la orden OK se pueden ver los diferentes gráficos de resultados.

DESPLAZAMIENTOS GLOBALES DE LA ESTRUCTURA

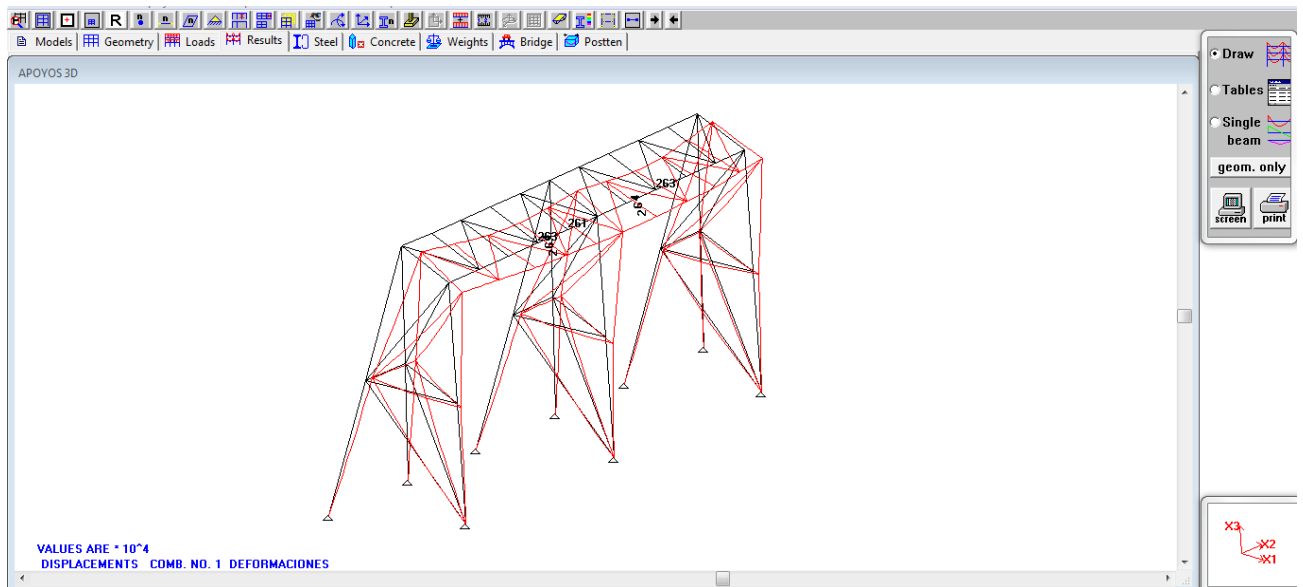


Figura 35 - Desplazamientos globales de la estructura, considerando los nodos

Estos valores permitirán estimar si las deformaciones globales están dentro de valores aceptables.

Verificación de los valores límites de deformaciones:

Podemos tomar como referencia:

- Máximo descenso no debe superar la relación $f_{\text{máx}} \leq l_{\text{libre}} / 250$.
- Desplazamiento lateral máximo $\alpha_{\text{máx}} \leq h_{\text{libre}} / 160$.

Es importante observar en los gráficos los resultados numéricos, cuyos valores afectados por un multiplicador, como se indica en la esquina inferior izquierda de la pantalla, junto al tipo de gráfico y el caso de cargas.

DIAGRAMAS DE SOLICITACIONES

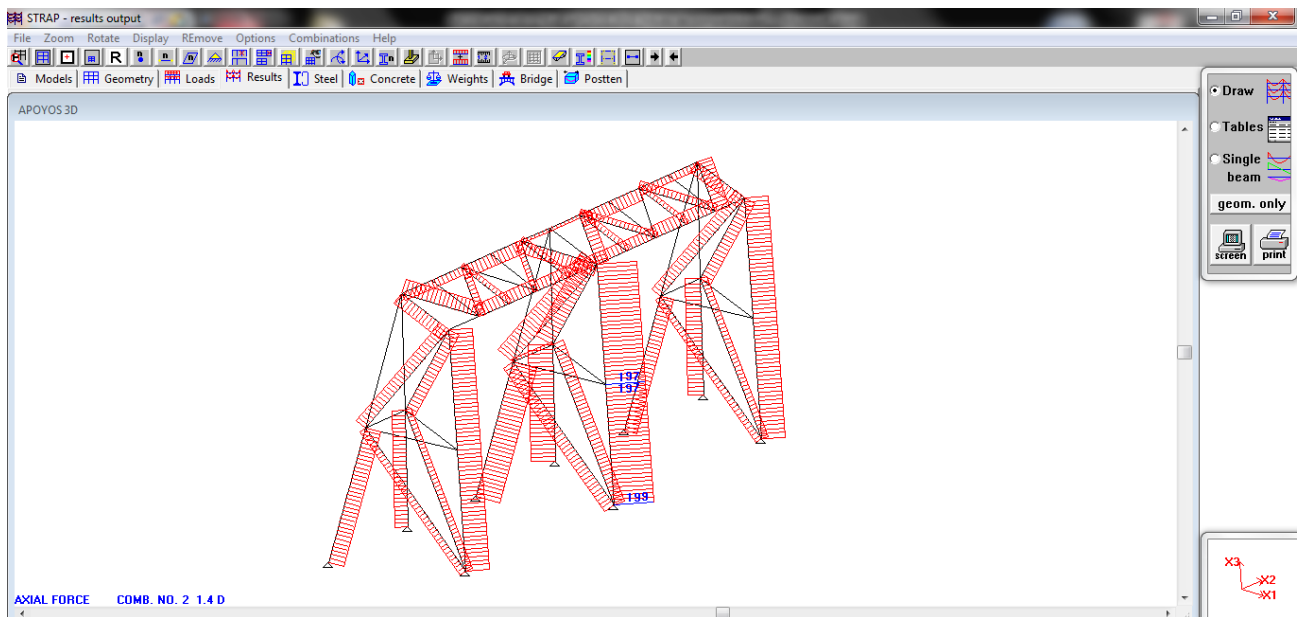


Figura 36 - Diagrama de Esfuerzos Normales o Axiales

Los diferentes diagramas de solicitaciones permitirán realizar el dimensionado y/o la verificación seccional de cada barra y/o elemento que conforma la estructura.

2. TABLES: tablas

Este comando permite ver en tablas los resultados visualizados antes en gráficos.

Con el gráfico se puede establecer la situación más desfavorable a analizar y con las tablas se puede obtener el resultado con mayor precisión.

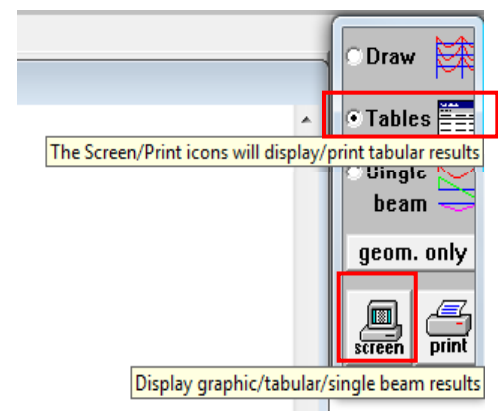


Figura 37 - Comando TABLES

RESULTADO EN BARRAS

- EN EXTREMOS Y MAXIMOS EN TRAMOS
- ESFUERZOS AXIALES

DESPLAZAMIENTOS EN NODOS
REACCIONES DE APOYO

Display result table

Display options

- ☒ Sort results by loads
- ☐ Sort results by elements/nodes

OK Cancel

Loads/combinations display

- ☐ Display loads
- ☒ Display combinations

Deactivate [2 are inactive]

☐ Maximum includes undisplayed beams

☐ Display results for elements not on screen

☐ Display only elem. of property no. 1

Beam results

- ☐ End results
- ☐ End and
- ☐ Beam axial stresses
- ☐ Span deflections

☐ Wall results ☐ Use average

General

- ☒ Node deflections
- ☐ Support reactions

Element results

- ☐ Moments
- ☐ Forces
- ☐ Stresses
- ☐ Steel area
- ☐ Corner forces
- ☐ Concrete design moments
- ☐ Shear forces
- ☐ Principal stresses

☐ Results at centre only

☐ Centre and corner results

Figura 38 - Cuadro de resultados

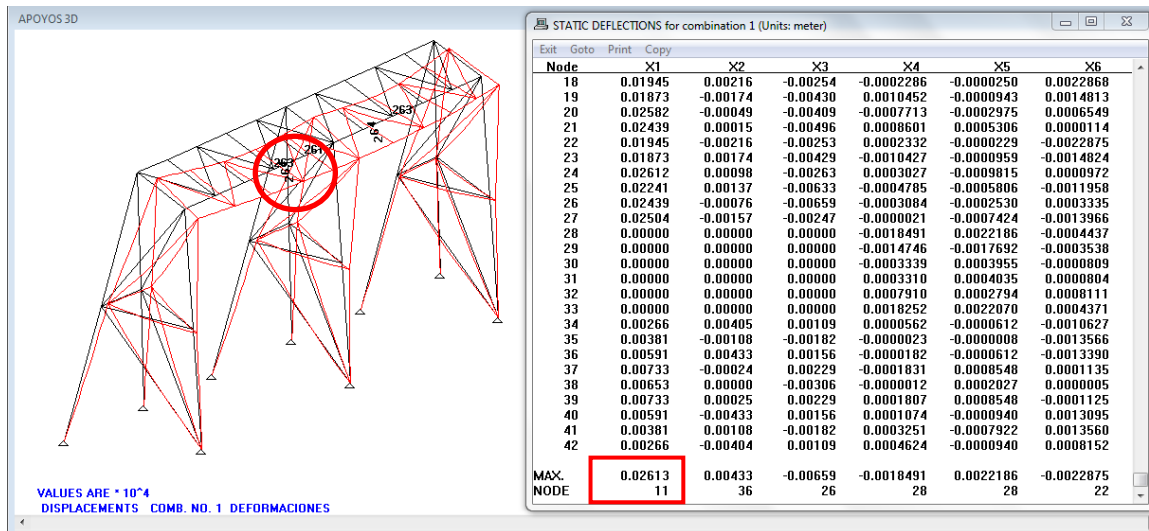


Figura 39 - Máximas deformaciones globales

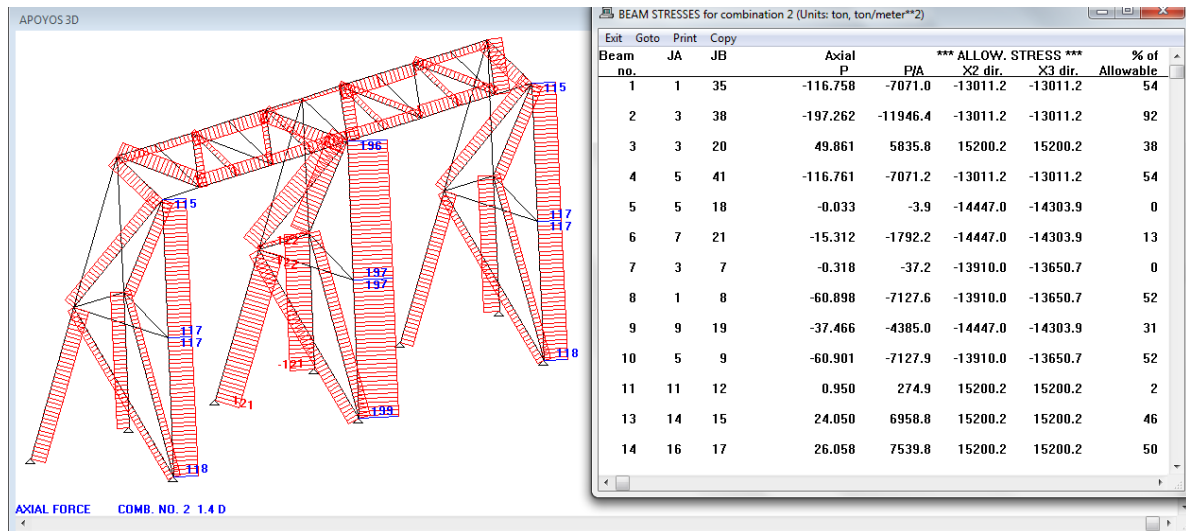


Figura 40 - Esfuerzos normales en las barras

3. SINGLE BEAM (barra individual)

Permite conocer el resultado de cada barra, de manera individual.

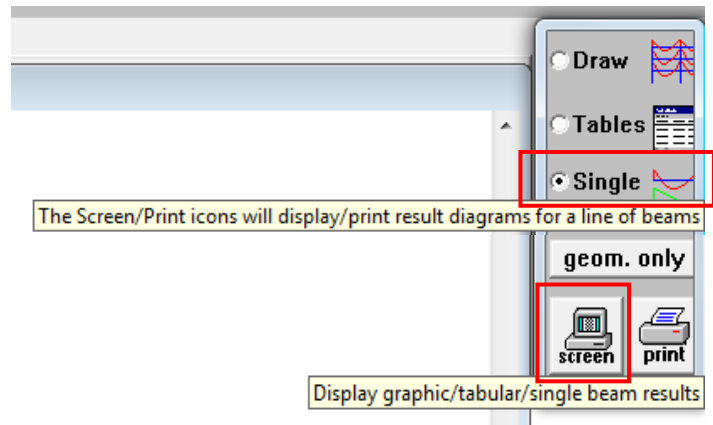
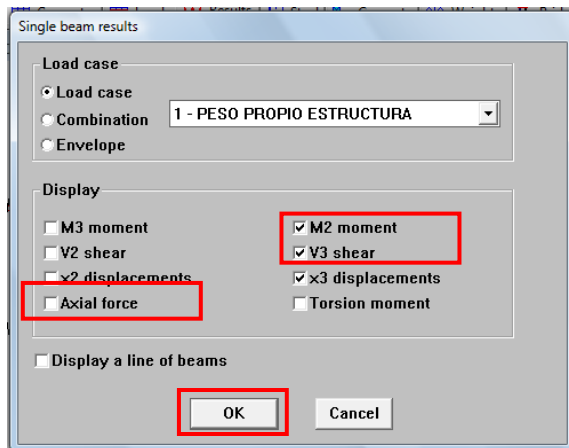


Figura 43 - Comando SINGLE BEAMS



Se indica desde un cuadro de diálogo donde se selecciona qué se desea conocer.

En este caso en particular se seleccionó, momento flector M2, Esfuerzo de corte V3 y Esfuerzo normal (axial force).

Figura 44 - Cuadro de Resultados

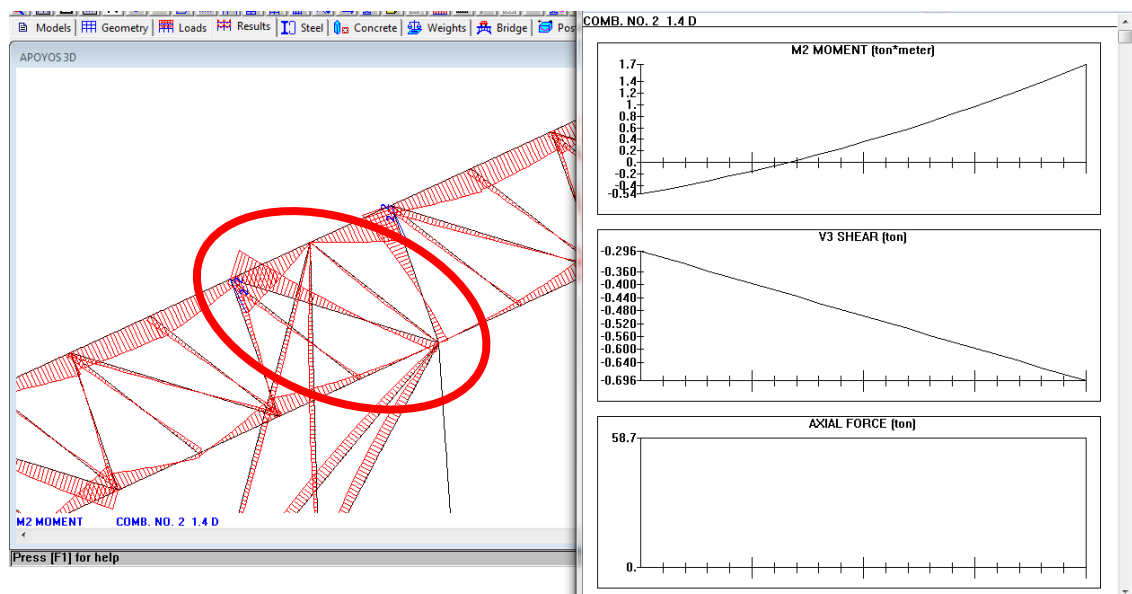


Figura 45 - Ubicación en el modelo 3d y gráficos de resultados de la barra N°21 (diagonal)

Para evaluar el comportamiento estructural de uno de los apoyos reticulados, se puede seleccionar éste y ocultar la geometría y resultados de los demás elementos, de modo de facilitar la visualización de los gráficos. Se seleccionará en planta el apoyo intermedio que es el que se utilizará como ejemplo.

El comando REMOVE permite seleccionar las barras o elementos que se desea ver, y las se desea ocultar.

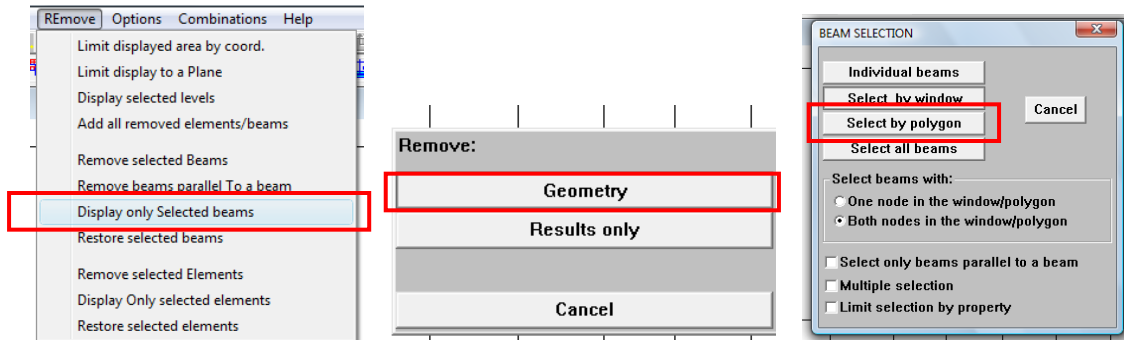


Figura 41 - Procedimiento selección de los elementos a visualizar

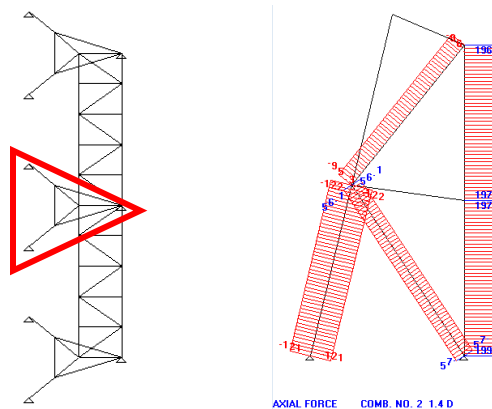


Figura 42 - Selección del apoyo central. Diagrama de esfuerzos normales

ALTERNATIVAS EN EL MODELADO

Se considera que es más factible materializar las barras principales de los apoyos sin articulación intermedia. Para que se verifique esta condición se aplicarán RELEASES a dichas barras, liberándolas de momentos de continuidad en los nudos extremos y en los apoyos.

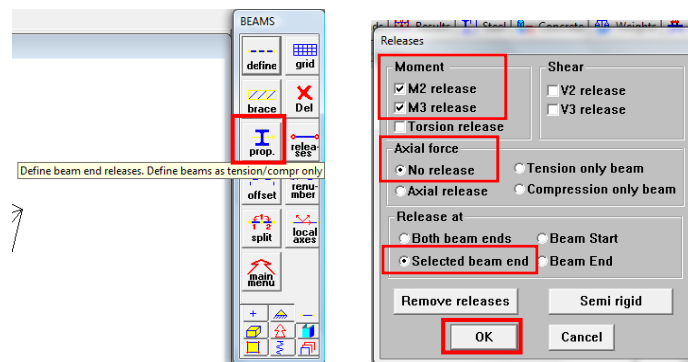


Figura 43 - Pasos para aplicar Releases a las barras

La condición de tener vínculo liberado de momentos entre barras se aplicará sólo a uno de los extremos, mediante la opción SELECT BEAM END.

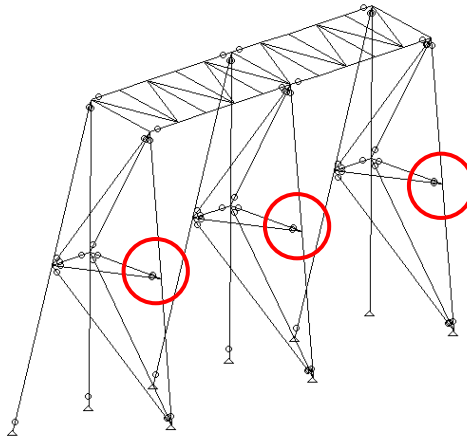
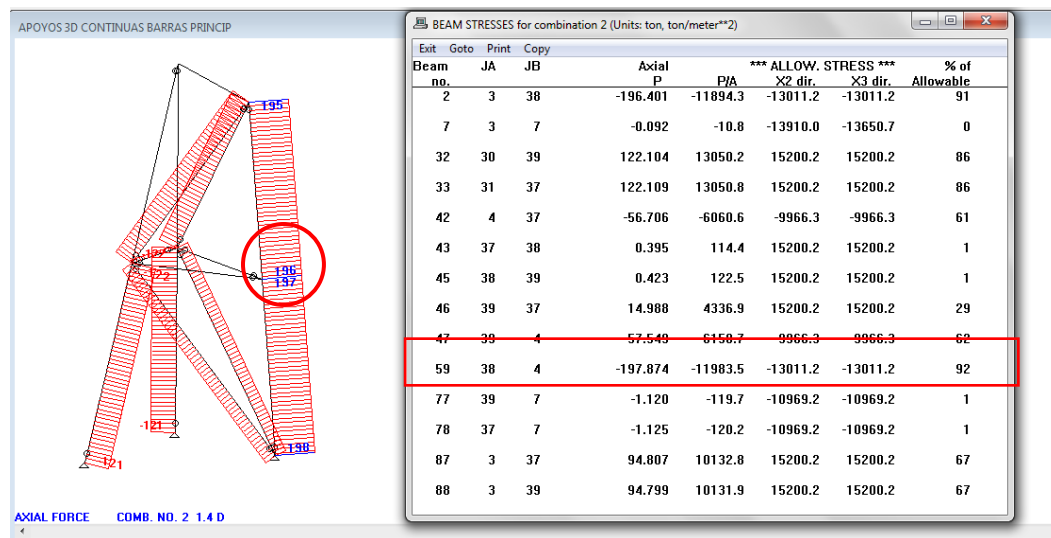


Figura 44 - Barras continuas sin Releases en nudos intermedios

Estas nuevas condiciones de vínculo de las barras determinarán la aparición de momentos flectores en los nudos continuos, que deberán considerarse para el dimensionado (barras sometidas a esfuerzos axiales de tracción o compresión y a flexión).



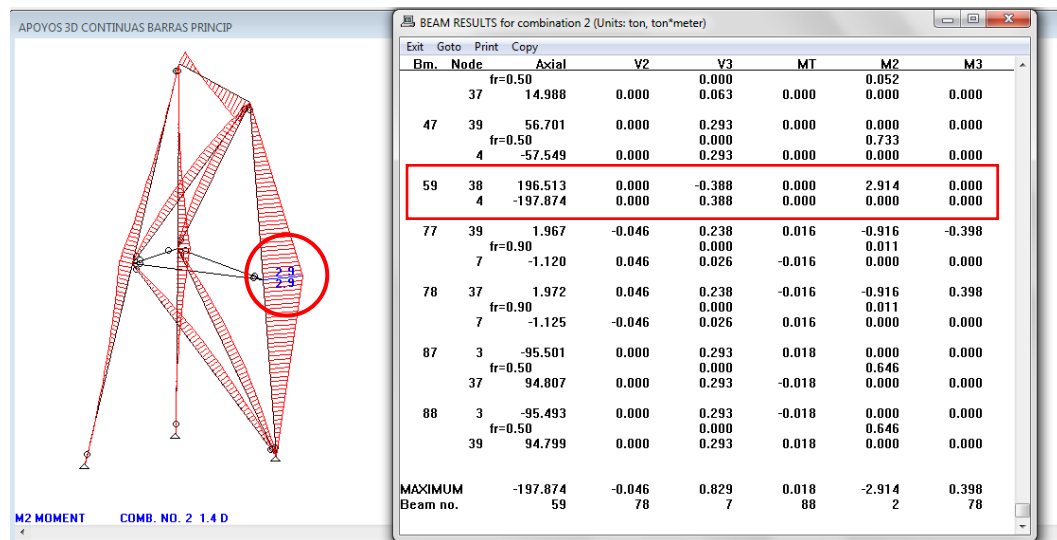


Figura 46 - Diagrama de momentos flectores. Barra a flexo-compresión.