

**ELABORACIÓN DE MANUAL PARA USO DEL PROGRAMA
SAP2000-V11 PARA FINES DOCENTES**

Buroz Oliva, Juan Alberto
Puglia Martínez, Kelly G.
Ing. Eduardo López

21 de Septiembre de 2007

AGRADECIMIENTOS

Ing. Eduardo López por haber aceptado ser nuestro tutor y ayudarnos en el desarrollo de este trabajo. Por brindarnos su apoyo, aclarando siempre nuestras dudas en medio de todos sus compromisos y responsabilidades. Mil Gracias!!!!

Roxana Tortolero por tener siempre la mejor disposición en ayudarnos en la redacción y corrección de nuestro trabajo.

Maria Fernanda Briceño por brindarnos su apoyo y colaboración.

Donato Morales gracias por atender nuestro llamado cada vez que acudíamos a ti.

La Familia Afonso Di Remigio por ofrecernos siempre su hogar a lo largo de nuestra carrera y demostrarnos que siempre se puede salir adelante aún en las circunstancias más difíciles.

A Dios, a La Virgen y el Dr. José Gregorio Hernández por siempre cuidarme y no desampararme ni en los momentos más difíciles.

A mi mami, por creer mas en mi que yo misma. Sin ti no hubiera podido. Gracias por tu apoyo, palabras de aliento y oraciones que ayudaron a realizar este sueño. Por que este logro es tuyo!

A mi papa por apoyarme y confiar siempre en mí. Te admiro y respeto porque eres el mejor.

A mi abuelita Francisca, porque aunque no estas físicamente, siempre creíste que lo lograría.

A mis hermanas Marianne y Kristell, por escucharme y estar allí cuando las necesito. Las Amo!!!!

A Juancito por ser no solo el mejor compañero de tesis que pude tener sino por ser mi amigo, hermano y muchas veces confidente. Gracias por brindarme todos esos momentos de alegrías. Fuiste mi bastón en toda esta travesía.

A Roxi, Mayita, la Mini e Ileanna por ser unas amigas incondicionales.

A Mafe, por acompañarme en todo este camino. Tus palabras siempre me alentaban a seguir adelante.

A Pasita, Ale, Juan Pablo, Fatimita, José Miguel, Isiodora, Luisana, El Ñoki, Nanito, Mikel, Visconti, José Suriani por estar siempre en cada momento brindándome su apoyo. Gracias por darme los mejores momentos de mi vida universitaria.

Carlitos González, por estar siempre presente y ayudarme en mis inicios, sobre todo en química I.

A Osteen, Machado y José Alberto porque sin darse cuenta me ayudaron en un momento muy difícil con su apoyo y ocurrencias.

A la Sra. Maria Lina y el Sr. Alberto por su apoyo y brindarnos su casa como centro de tesis.

Kelly Puglia

A mi Mama, porque siempre hemos estado en esto y otra vez lo logramos así que mama pasamos otra vez.

A mi Papa por darme la inspiración de estudiar la carrera y enseñarme todo lo que sabe.

A mi Abuelo, un ejemplo a seguir en la vida y mi Abuelita por estar siempre a su lado.

A Maria Alejandra porque prácticamente seguí sus pasos, Isabel por ser la conciencia y Luisa con sus gritos, las quiero.

A mi tía Cecilia mi tío Fernando y a Nando, Andie, Wipi y Mary por creer y apoyarme en esto. Orgulloso de ser Juan Alberto Planchart.

A Kelly mi compañera y mi amiga que siempre estuvo ahí para escucharme y reírnos juntos.

A Mafer por todos sus consejos y ánimos, además de todas las guías de Carina que nos distes, gracias a ti pase física I.

A Pasita, mi hermanita, gracias por todo tu apoyo y tus regaños que me encarrilaban, mucho de esto fue gracias a ti, te admiro.

A Jous Amigo, mi primer amigo y compañero de la universidad.

A la mejor sección de mi carrera Geometría II con Pablito, Jose, Carlitos y Michel.

A Annita la mejor compañera de laboratorio, como no reírnos.

A Alejandro, Chipi, Tefi, Alfredo Luis, Jose, Alfredito, Manuel, Art, Loco, Henrique y Nati, mas que amigos hermanos.

A Fatimita, Alito, Juan Manuel, Isidora, Ñoki, Virginia, Neiris, VeroB, Ana E, Analleti, por hacer los dias de la universidad agradables.

A Nano, Mikel, Nacho, Gabo, Irene, Yoyo por no dejarme solo y a Raqui, los mejores abrazos.

A Caracol, por siempre estar ahí, apoyarme y escucharme te quiero.

Gracias

Juan Alberto Buroz Oliva

INDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
INDICE	VI
RESUMEN	VIII
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
ALCANCES Y LIMITACIONES	3
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN AL SAP2000	4
I.1 Interfase del usuario	5
I.2 Interacción SAP-AUTOCAD	11
CAPÍTULO II: COLOCACIÓN DE VÍNCULOS EXTERNOS E INTERNOS.	12
II.1 Ejemplo 1: Determinar las reacciones, diagramas de fuerzas axiales, cortantes y momento de la figura mostrada.	12
II.2 Ejemplo 2: Determinar las reacciones, diagramas de fuerzas axiales, cortantes y momento de la figura mostrada.	23
II.3 Ejemplo 3: Determinar las reacciones, diagramas de fuerzas axiales, cortantes y momento de la figura mostrada.	29
CAPÍTULO III: ESTRUCTURA TRIDIMENSIONAL, CASOS DE CARGA, ACCIONES SISMICAS, ANÁLISIS DINÁMICO Y ESTÁTICO.	32
III.1 Ejemplo 4: Análisis y diseño sismorresistente de una estructura de Concreto.	32
III.2 Ejemplo 5: Análisis y diseño sismorresistente de una estructura de acero.	73
CAPÍTULO IV: LÍNEAS DE INFLUENCIAS PARA CARGAS MÓVILES.	81

IV.1 Ejemplo 6: Analizar la estructura aplicando líneas de influencia para cargas móviles.	81
CAPÍTULO V: MODELAJE DE ELEMENTO TIPO CABLE, COMPORTAMIENTO NO LINEAL.	88
V.1 Ejemplo 7: Modelar un elemento tipo cable, comportamiento no lineal.	88
CAPÍTULO VI: MODELAJE CON ELEMENTOS FINITOS DE LOSAS, ESCALERAS, TANQUES Y FUNDACIONES.	93
VI.1 Ejemplo 8: Modelaje de una fundación tipo zapata mediante elementos finitos, empleando resortes en la base de la zapata para simular la acción del suelo sobre esta.	93
VI.2 Ejemplo 9: Modelaje de una escalera con elementos finitos.	104
VI.3 Ejemplo 10: Modelaje de un tanque de agua subterráneo con elementos finitos.	110
CONCLUSIONES	118
BIBLIOGRAFÍA	119
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

Cada día se incrementa la tendencia del computador en el diseño estructural, tanto a nivel de pregrado, como de postgrado. Más aún en la UCAB, donde se cuenta con la Licencia del programa SAP2000 a la disposición de todo el alumnado y personal docente. Este software permite extenderse en casos prácticos y complejos a nivel de investigación relacionada con el diseño estructural, que usualmente son difíciles de realizar utilizando procedimientos manuales.

Los manuales del SAP2000 suelen estar expresados en códigos que sólo son entendidos por un grupo estricto de personas especializadas, lo que dificulta su comprensión por parte de individuos ajenos a su funcionamiento.

Además de ser el SAP un programa desarrollado para normativas extranjeras, involucra una serie de parámetros que originan resultados del diseño estructural poco explícito para aquellas personas que no tengan el dominio necesario que les permita interpretar los valores arrojados por el computador.

Por todo lo antes expuesto, es relevante que el estudio de esta guía para utilizar eficientemente el SAP resulte de interés para todas aquellas personas dedicadas al estudio del diseño estructural tanto profesionales como estudiantes, puesto que este señala cada una de las opciones, herramientas y analogías de los resultados arrojados por el programa y los obtenidos analíticamente según las normas venezolanas.

OBJETIVOS

- Desarrollar una guía de aplicación del programa SAP2000 en su versión 11, sistematizando sus herramientas y opciones de forma explícitas para que el usuario pueda interpretar los resultados arrojados por éste.
- Establecer el vínculo entre el cálculo manual y el cálculo automatizado de estructuras de acero y concreto que faciliten el uso del programa en los cursos.
- Desarrollar un manual dirigido a la solución de casos específicos, que con frecuencia se presentan en el diseño estructural.
- Desarrollar un manual del programa SAP2000 en su última versión 11 que sirva de guía a nivel de pregrado, extensión universitaria y postgrado.

RESUMEN

Elaborar una manual de aplicación del SAP2000 en su última versión V11 plantea un guía del programa para fines docentes. En el se emplea una metodología que ayuda tanto a ingenieros como alumnos de pregrado o postgrado dedicados al diseño estructural.

En la guía se explica, paso a paso, el significado de las opciones del programa, para que el usuario tenga las herramientas necesarias al comparar y analizar los resultados obtenidos del diseño asistido por el computador con los derivados analíticamente.

En el Capítulo I se presenta una introducción teórica donde se exponen claramente cada uno de los elementos constitutivos del menú y barra de herramientas, así como el uso y aplicación de los ejes en Sap.

Igualmente, se esbozan las tareas comunes encontradas entre el Sap y Autocad. Esta aplicación sirve de instrumento eficaz al realizar labores donde confluyan estos software.

En el Capítulo II se estudia la aplicación de vínculos externos en internos tipo rodillo, empotrado, articulado, nodo y biela.

En el Capítulo III comprende el análisis y diseño de una estructura tridimensional para distintos casos de cargas, acciones sísmicas, análisis dinámico y estático.

En el Capítulo IV se hace uso de líneas de influencias para cargas móviles: un vehículo sobre un puente.

En el Capítulo V se estudia el modelaje de elementos tipo cables analizando su comportamiento lineal y no lineal.

En el Capítulo VI se plantea el modelaje con elementos finitos de losas, escaleras, tanques, fundaciones y muros.

Obtener un manual de tan poderosa herramienta es de gran utilidad para el cálculo estructural, siempre que se emplee de forma correcta sin pretender que el programa sustituya el buen juicio del profesional.

RESUMEN

Elaborar una manual de aplicación del SAP2000 en su última versión V11 plantea un guía del programa para fines docentes. En el se emplea una metodología que ayuda tanto a ingenieros como alumnos de pregrado o postgrado dedicados al diseño estructural.

En la guía se explica, paso a paso, el significado de las opciones del programa, para que el usuario tenga las herramientas necesarias al comparar y analizar los resultados obtenidos del diseño asistido por el computador con los derivados analíticamente.

En el Capítulo I se presenta una introducción teórica donde se exponen claramente cada uno de los elementos constitutivos del menú y barra de herramientas, así como el uso y aplicación de los ejes en Sap.

Igualmente, se esbozan las tareas comunes encontradas entre el Sap y Autocad. Esta aplicación sirve de instrumento eficaz al realizar labores donde confluyan estos software.

En el Capítulo II se estudia la aplicación de vínculos externos en internos tipo rodillo, empotrado, articulado, nodo y biela.

En el Capítulo III comprende el análisis y diseño de una estructura tridimensional para distintos casos de cargas, acciones sísmicas, análisis dinámico y estático.

En el Capítulo IV se hace uso de líneas de influencias para cargas móviles: un vehículo sobre un puente.

En el Capítulo V se estudia el modelaje de elementos tipo cables analizando su comportamiento lineal y no lineal.

En el Capítulo VI se plantea el modelaje con elementos finitos de losas, escaleras, tanques, fundaciones y muros.

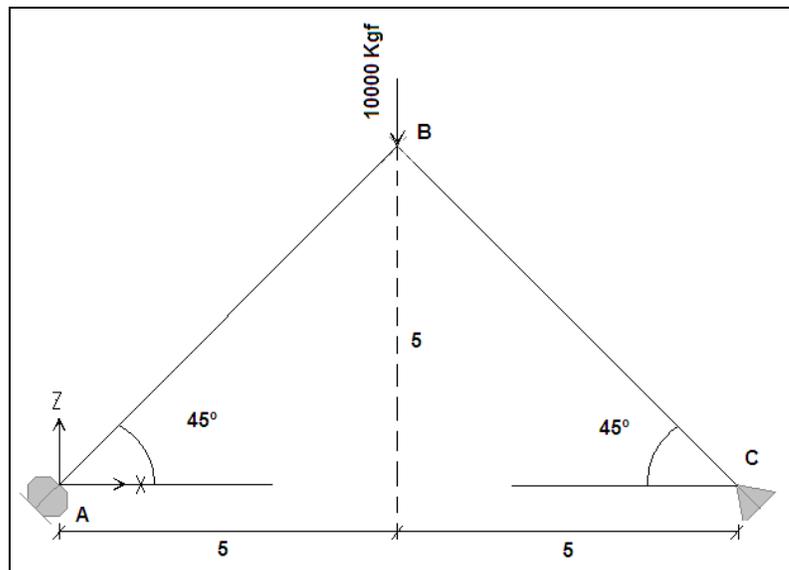
Obtener un manual de tan poderosa herramienta es de gran utilidad para el cálculo estructural, siempre que se emplee de forma correcta sin pretender que el programa sustituya el buen juicio del profesional.

CAPÍTULO II

COLOCACIÓN DE VÍNCULOS EXTERNOS E INTERNOS

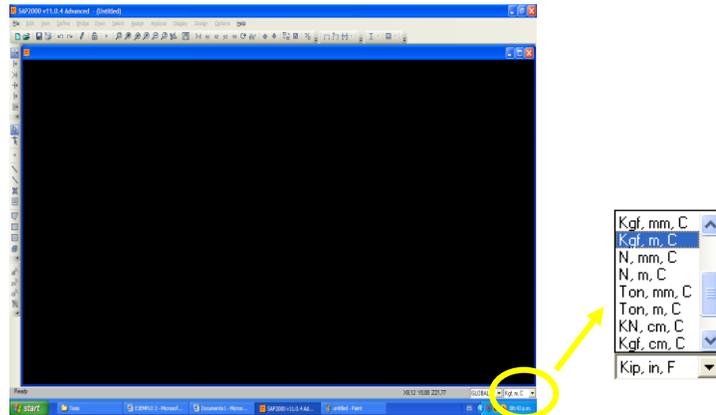
II.1 Ejemplo 1:

Determinar las reacciones, diagramas de fuerzas axiales, cortantes y momento de la figura mostrada.

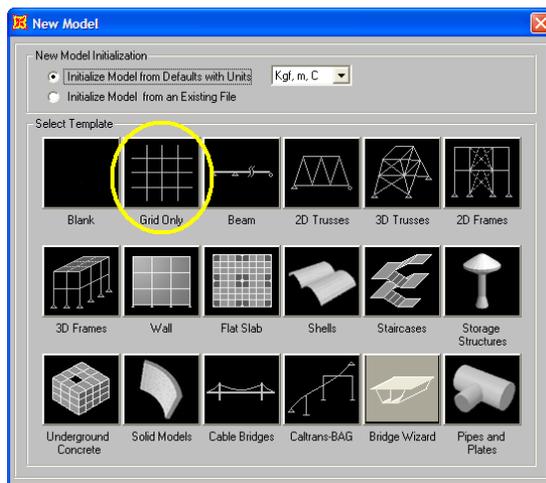


Solución.

1. Seleccionar unidades. En el extremo inferior derecho se ubican las unidades deseadas, de acuerdo a fuerza, longitud y temperatura.



2. Hacer clic en **File** menú → **New model**. Este menú muestra una ventana con diferentes tipos de modelos. Se debe seleccionar para este caso **Grid Only**



3. Al seleccionar **Grid Only**, aparece una nueva ventana donde se colocan las longitudes y distancias de la malla a utilizar. Las coordenadas aquí dispuestas pueden ser cartesianas o cilíndricas.

Quick Grid Lines

Cartesian Cylindrical

Coordinate System Name
GLOBAL

Number of Grid Lines

X direction 0

Y direction 0

Z direction 0

Grid Spacing

X direction

Y direction

Z direction

First Grid Line Location

X direction 0,

Y direction 0,

Z direction 0,

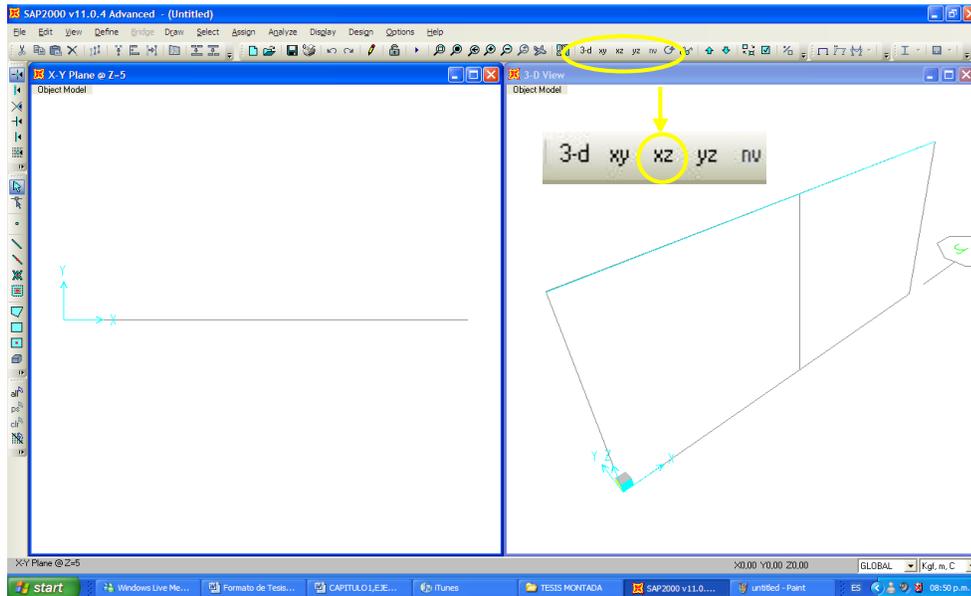
OK Cancel

Numbers of Grid Lines:
Cantidad de líneas de la malla
 $x = 3$
 $y = 1$
 $z = 2$

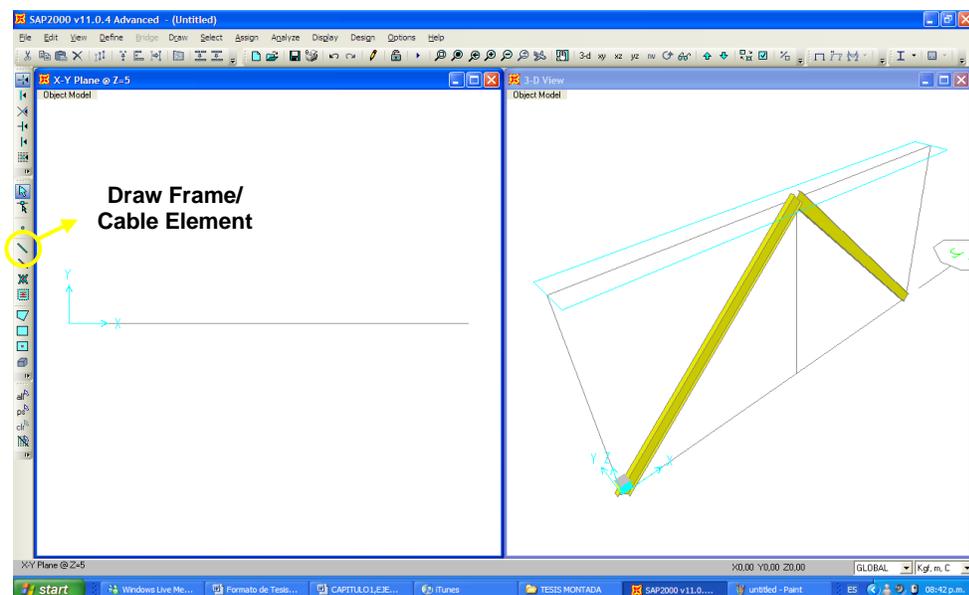
Grid Spacing:
Distancia entre líneas de la malla
 $x = 5$
 $y = 1$
 $z = 5$

First Grid Line Location:
Colocación de las coordenadas de los ejes.
 $x = 0$
 $y = 0$
 $z = 0$

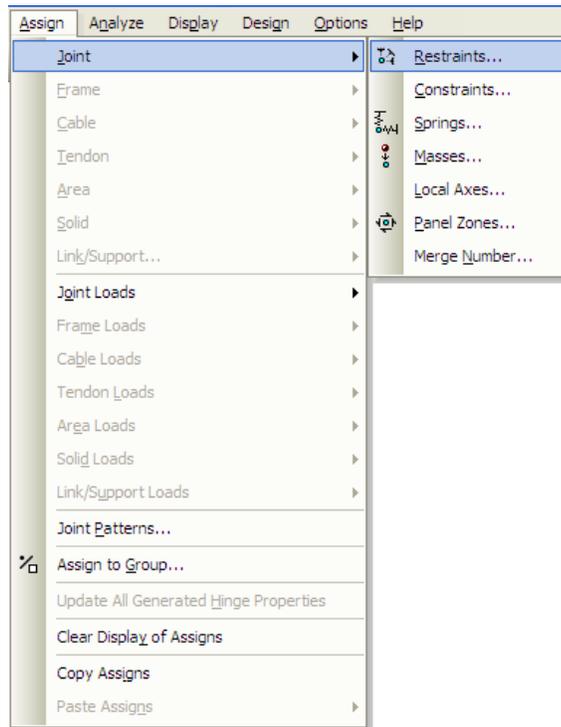
Posteriormente, aparecerá en pantalla dos ventanas con vistas de la malla creada, una con vista 3D (derecha) y la otra en el plano **XY** con las dimensiones que se le dieron anteriormente. Por comodidad debe trabajarse en el plano **XZ**, seleccionándolo en la barra de menú.



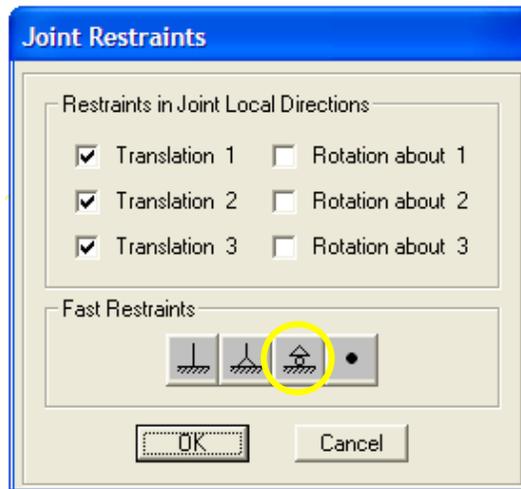
Al utilizar el icono **Draw Frame/Cable Element**, ubicado en el lado izquierdo de la pantalla, se editará la malla de acuerdo al ejemplo propuesto.



4. Seleccionar donde se desea colocar el rodillo **A** y seleccionar la opción **Assign** del menú principal → **Joint** → **Restraints**.

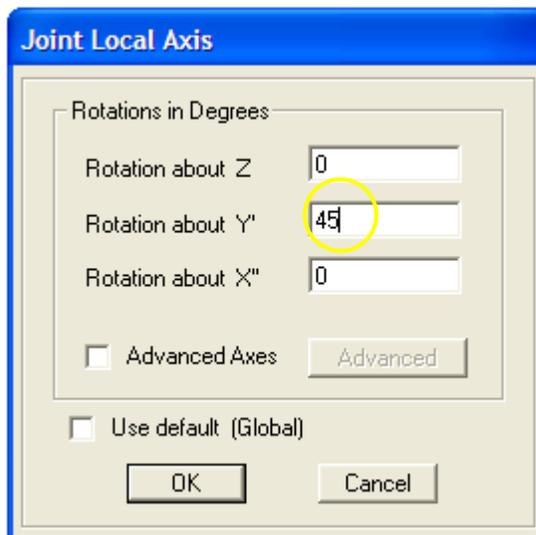


Después de esto, aparecerá una nueva ventana donde se muestran los distintos tipos de vínculos externos. En este caso particular se selecciona el rodillo.



Este procedimiento se repetirá para la colocación del vínculo tipo articulación en el punto **C**.

5. Para rotar los apoyos se debe indicar el vínculo deseado y seleccionar en el menú principal **Assign** → **Joint** → **Local Axes**. Después de esto aparece la siguiente ventana.

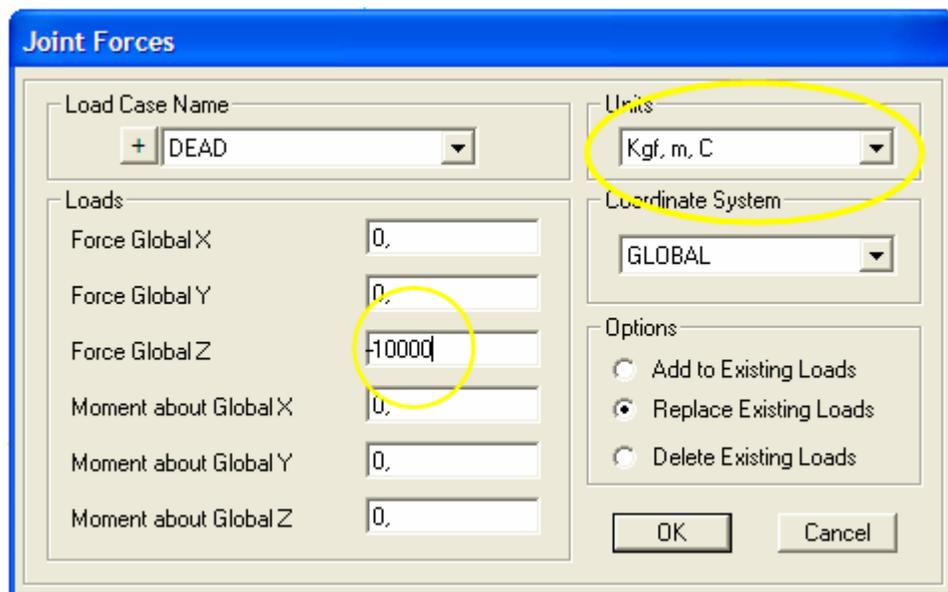


El eje de rotación del vínculo será el perpendicular al plano en el cual se está trabajando, en este caso es el eje Y, ya que la estructura se

encuentra en el plano XZ. Este procedimiento se repite para el otro vínculo.

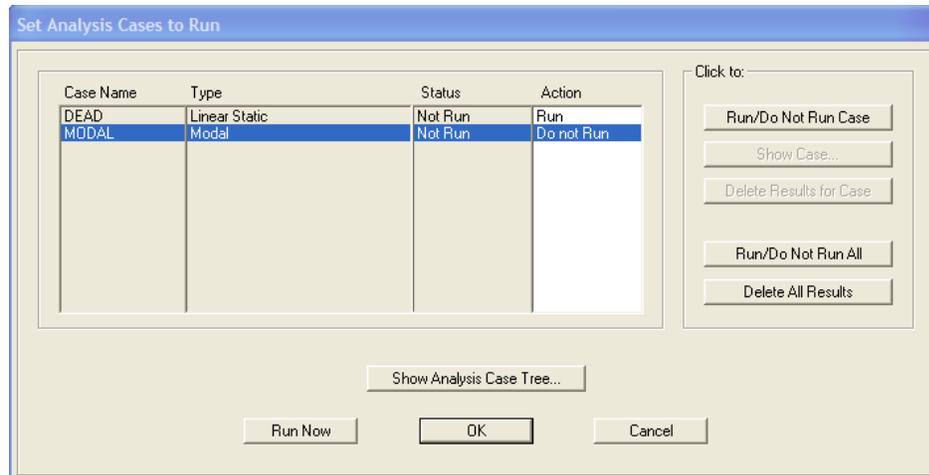
Si se desea que el vínculo rote en sentido horario, el valor a colocar debe tener signo positivo y si se desea antihorario se pondrá signo negativo a este valor.

6. Para colocar la fuerza aplicada en el punto B, se debe seleccionar éste y seguir la función **Assign** → **Joint Loads** → **Forces**.

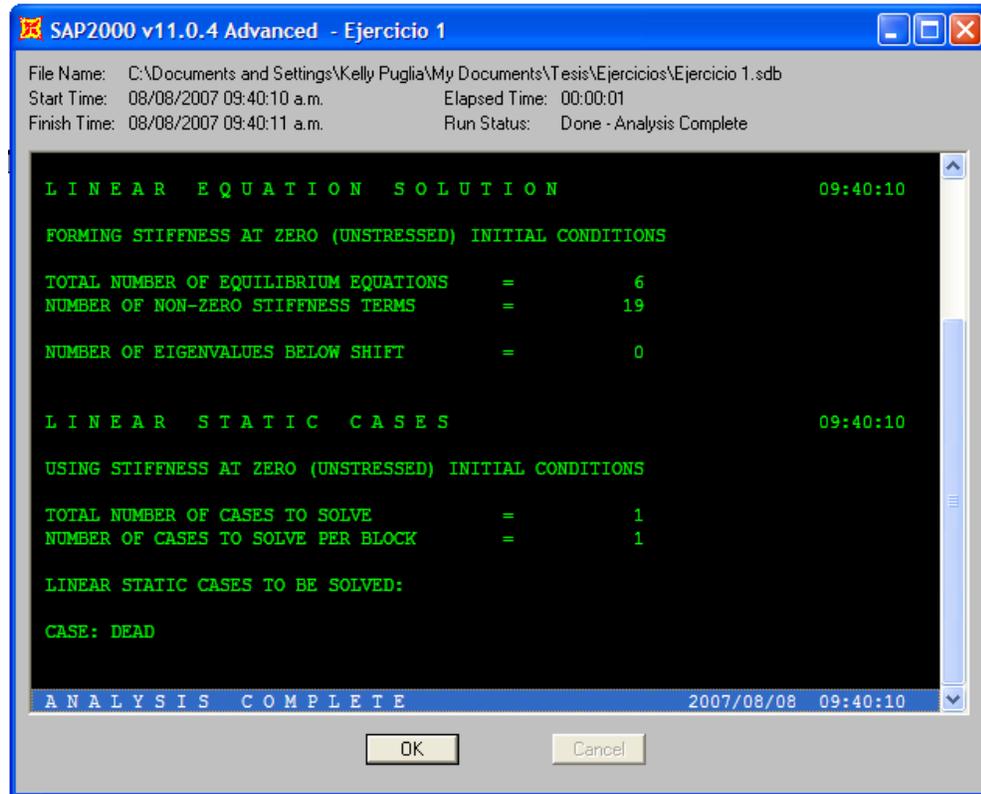


La fuerza debe ser colocada según la dirección del eje donde esté aplicada. En el ejemplo presentado la dirección de esta fuerza corresponde al eje Z. Aquí se verifica que las unidades de trabajo son las establecidas en el paso 1 del ejercicio.

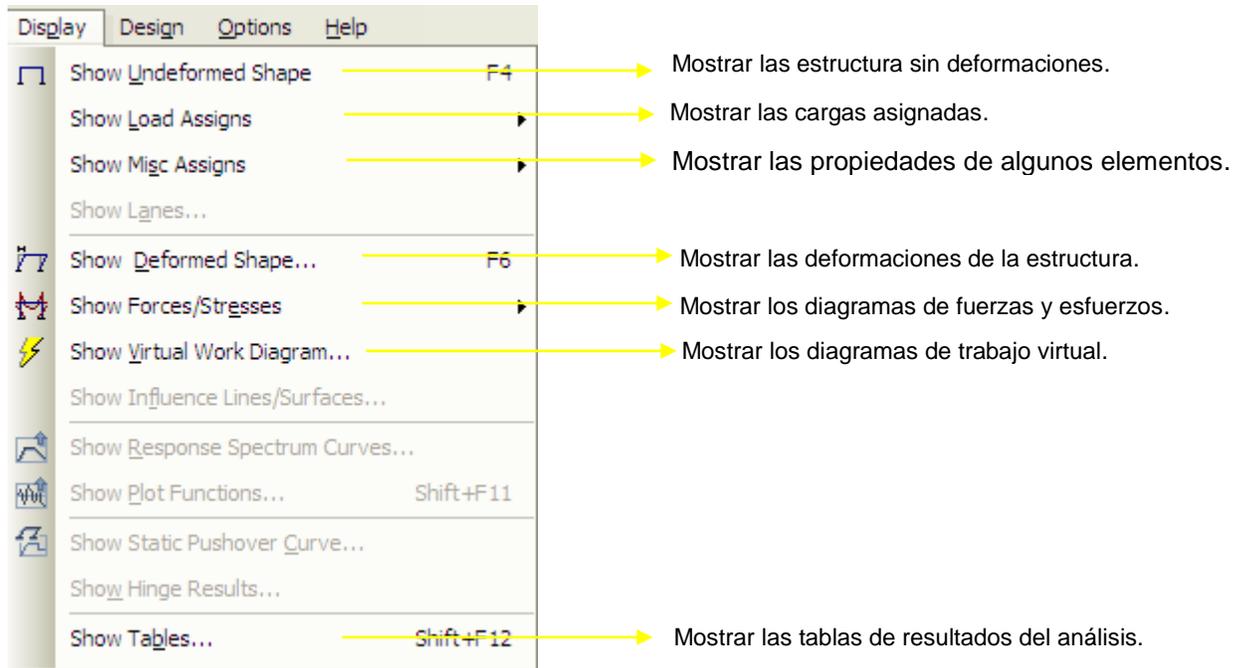
7. Para analizar la estructura anteriormente preparada, se procede a hacer clic en  de la barra menú. Luego de este proceso aparecerá la siguiente ventana.



Se debe seleccionar el caso MODAL indicando **Action Do not Run**, para que éste pueda correr de forma correcta sin incluir las fuerzas generadas por un sismo, esto se realiza haciendo clic en **Run/Do Not Run Case**. Luego se procede hacer clic en **Run now**, generándose la corrida.

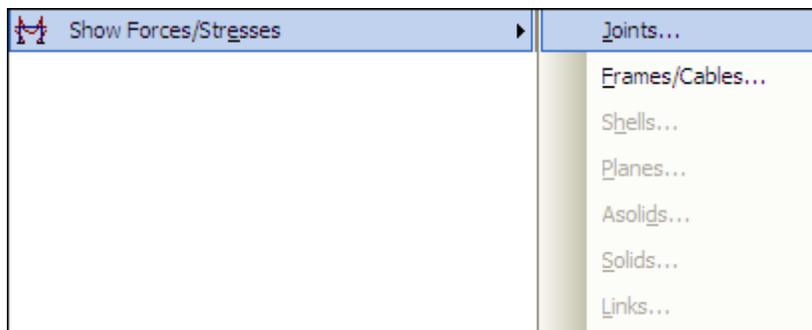


Al presionar OK se abrirán nuevamente las dos ventanas que se tenían inicialmente, mostrando la deformada por carga permanente en la ventana 3D. Una vez corrida la estructura, toda la información numérica y gráfica se puede ver en el menú **Display**.



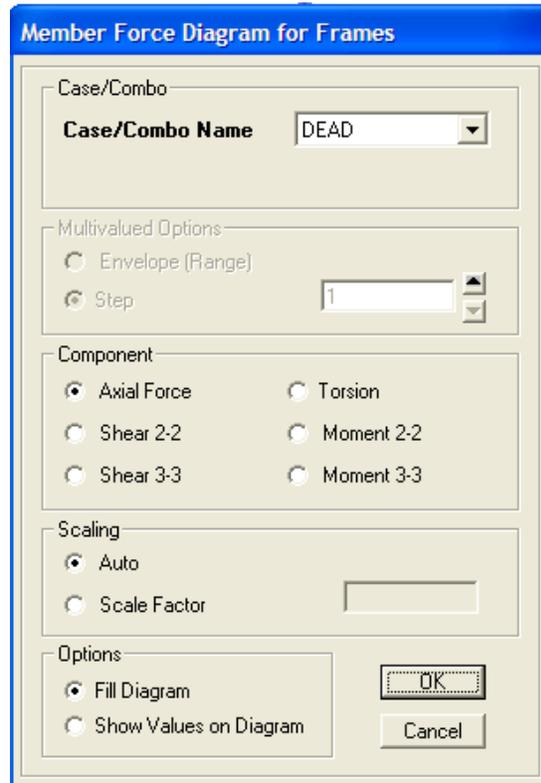
⇒ Display – Show Forces/ Stresses...

En esta opción se pueden ver los diagramas de corte, momento, fuerza axial y esfuerzos en todas las direcciones de cada elemento.

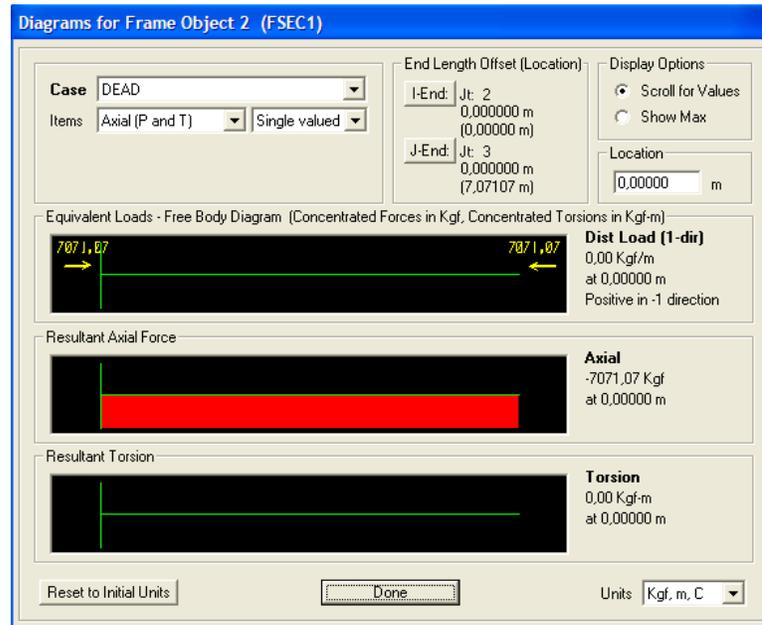


Al hacer clic en **joints** se tendrán las reacciones generadas en los apoyos y en el caso de **frames /cables** se observarán los diagramas

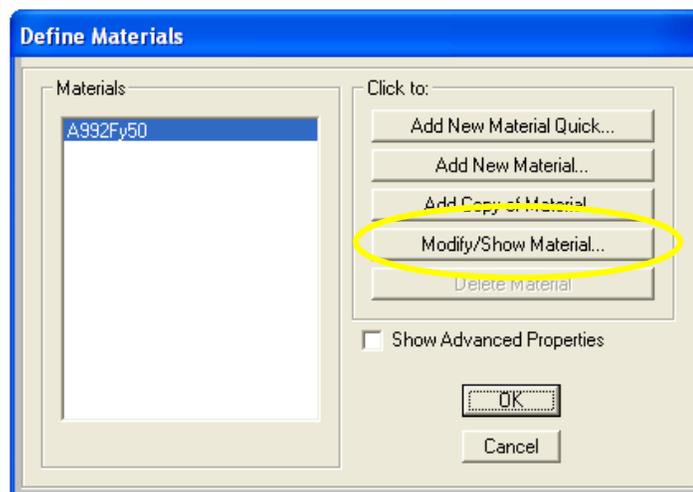
de las fuerzas deseadas, axial, corte o momento. Se pueden seleccionar según sea el caso, como se muestra en la siguiente la ventana:



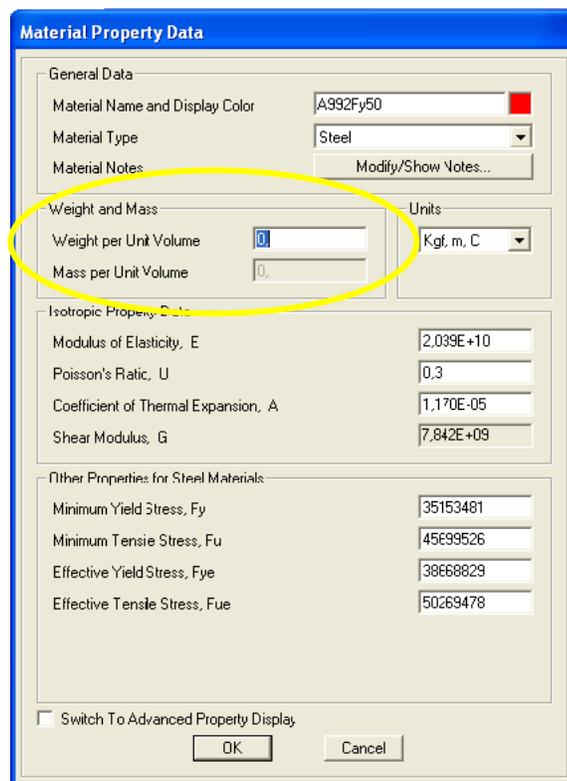
Al hacer clic con el botón derecho del mouse sobre cualquier elemento de la estructura se podrán ver los valores y todos los diagramas del elemento seleccionado.



Nota: Es importante recordar que el programa considera el peso propio de los materiales, esto implica que los resultados obtenidos no se ajustarán a los calculados por los métodos convencionales. Por ello, se debe indicar en el programa que no se considere el peso propio. Esto se logra haciendo clic en **Define** → **Materials**, en donde aparecerá la siguiente ventana.



En esta ventana se selecciona el material, para luego hacer clic en **Modif/Show Material**. Al hacer esto, se entrará en una ventana donde se podrán ver las propiedades del material. Es aquí donde se puede modificar la unidad de peso por volumen, al hacerla cero estamos eliminando el peso propio de las estructuras.



Para realizar modificaciones sobre el diseño realizado es necesario hacer clic sobre el ícono  para abrir el candado y así el programa permita hacer los cambios necesarios. Es importante saber que esta opción también se utiliza para eliminar los archivos que no son necesarios generados por la corrida. De esta manera se guarda la

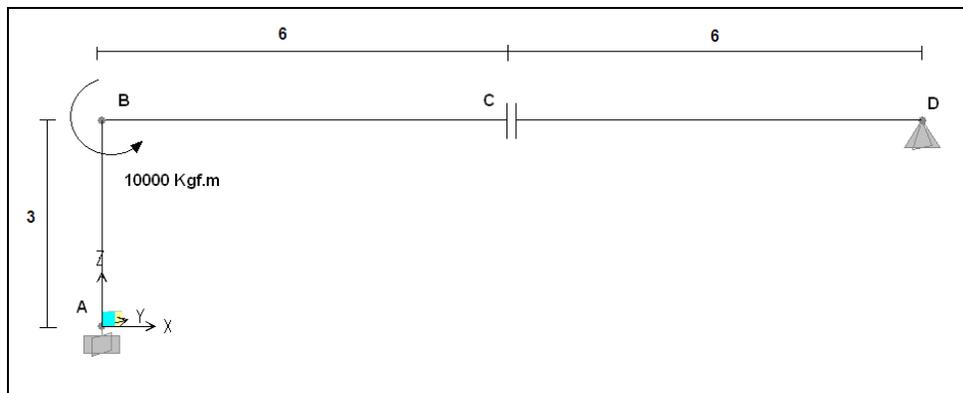
estructura y el SAP elimina automáticamente los registros no utilizados pertenecientes al análisis.

Al realizar los cálculos manuales se comprueban los resultados arrojados por el computador:

$$-10 \cdot \cos 45^\circ \cdot R_a + 5 \cdot (10000) = 0 \rightarrow R_a = 7071,06$$

II.2 Ejemplo 2:

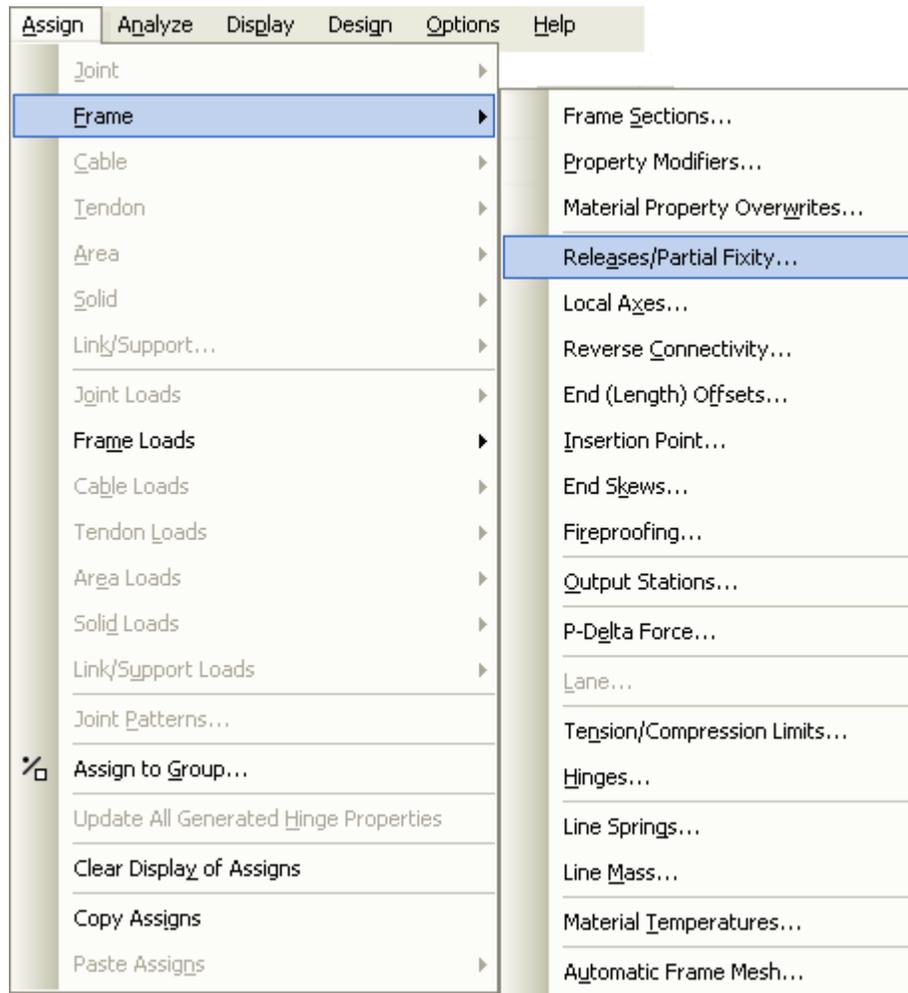
Determinar las reacciones, diagramas de fuerzas axiales, cortantes y momento de la figura mostrada.



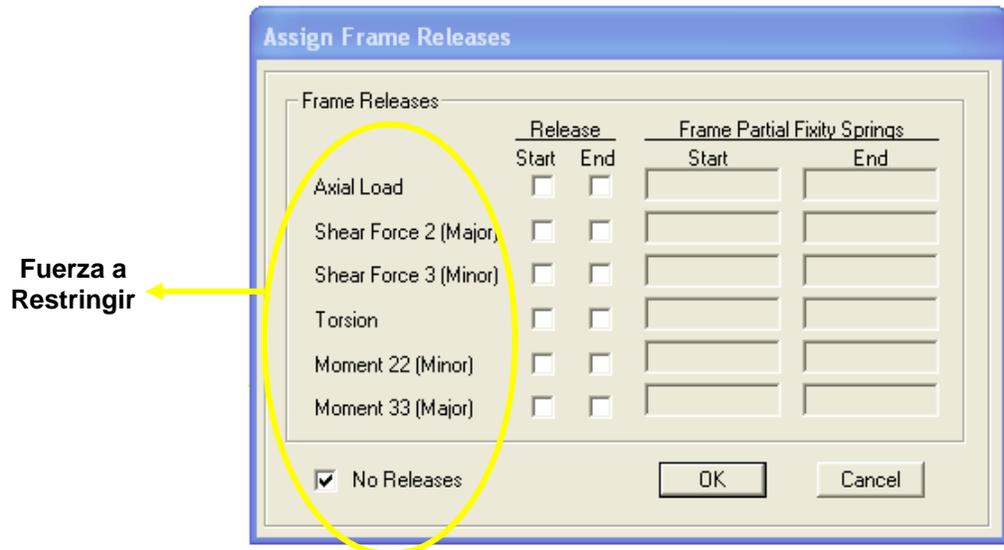
Este ejemplo en particular, presenta una articulación en **B** y en **C**, la cual impide el paso de fuerza cortante entre las barras (Biela de corte).

Solución:

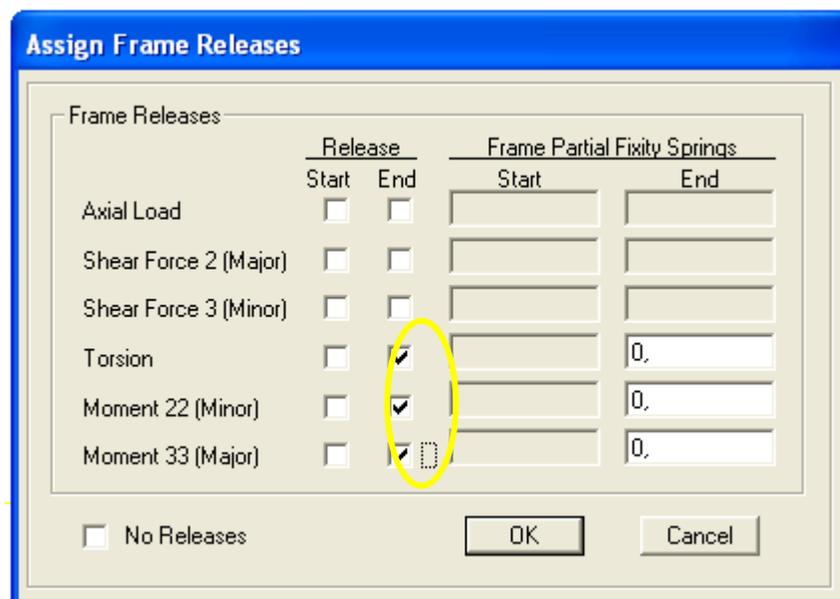
1. Este primer paso se refiere al cambio de unidades. Se procederá igual que en el ejemplo 1. En la esquina inferior derecha se selecciona la unidad deseada de trabajo.
2. El tipo de modelo a utilizar es el mismo que en el ejemplo 1. Ver paso 2. **File menú → New model → Grid Only.**
3. Este paso hace referencia a las dimensiones del **Grid**, así como las longitudes. Estas variarán según las especificaciones del ejemplo. Como en el ejemplo 1, se busca la vista XZ para poder trazar la estructura a estudiar con la opción de **Draw Frame / Cable Element** ubicado a la izquierda del menú.
4. Para colocar vínculos el proceso es igual al ejemplo 1, paso 4. Se indica la posición del vínculo, para luego seleccionar del menú principal la opción **Assign → Joint → Restraints**. Así se definirá el tipo de vínculo deseado para este ejemplo.
5. Para definir la articulación en **B**, se debe seleccionar la barra AB y hacer clic en la opción **Assign → Frames → Releases/Partial Fixity....**



Esta opción permite restringir, ya sea fuerza axial, fuerza cortante o momentos en los extremos de las barras. Se sabe que en una articulación los momentos no se transmiten entre las barras, así como la torsión. Al hacer clic en la referencia anterior aparecerá la siguiente ventana.



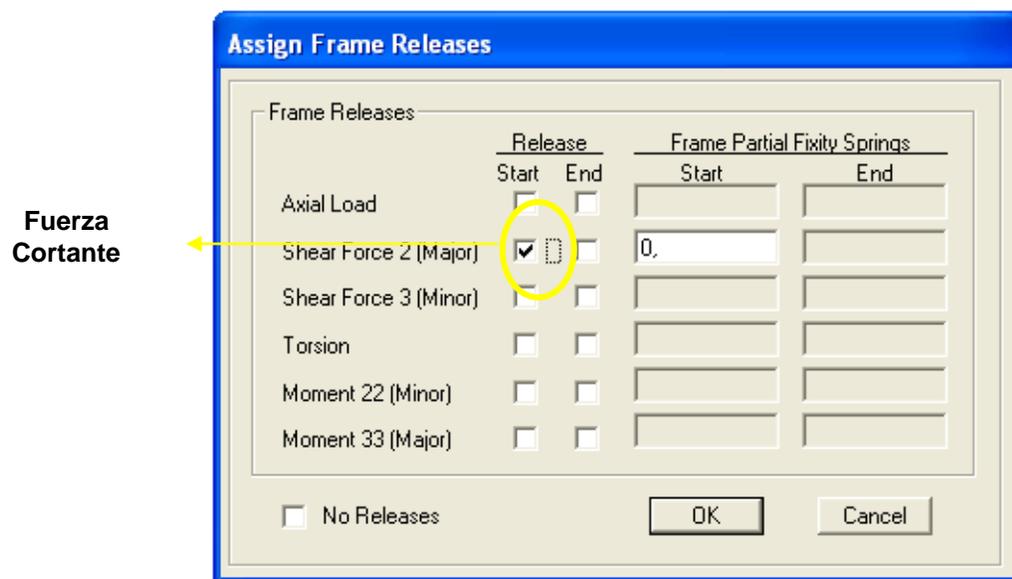
En esta ventana se especifica que fuerza se desea restringir y en que extremo de la barra. En este caso, como se seleccionó la barra **AB**, **A** será **Start** y **B** será **End**. Como se está especificando que es una articulación en **B** sobre la barra **AB** marcamos de la siguiente forma.



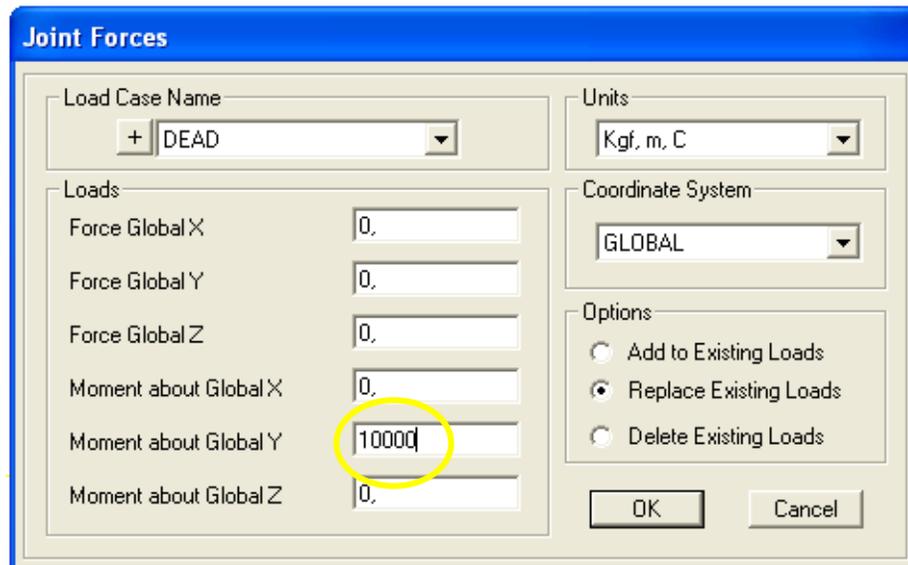
Así se indica que la unión es una articulación.

Nota: Este proceso se puede realizar con la barra **BC**. Se debe tomar en cuenta que ahora **B** sería **Start** y **C** **End**.

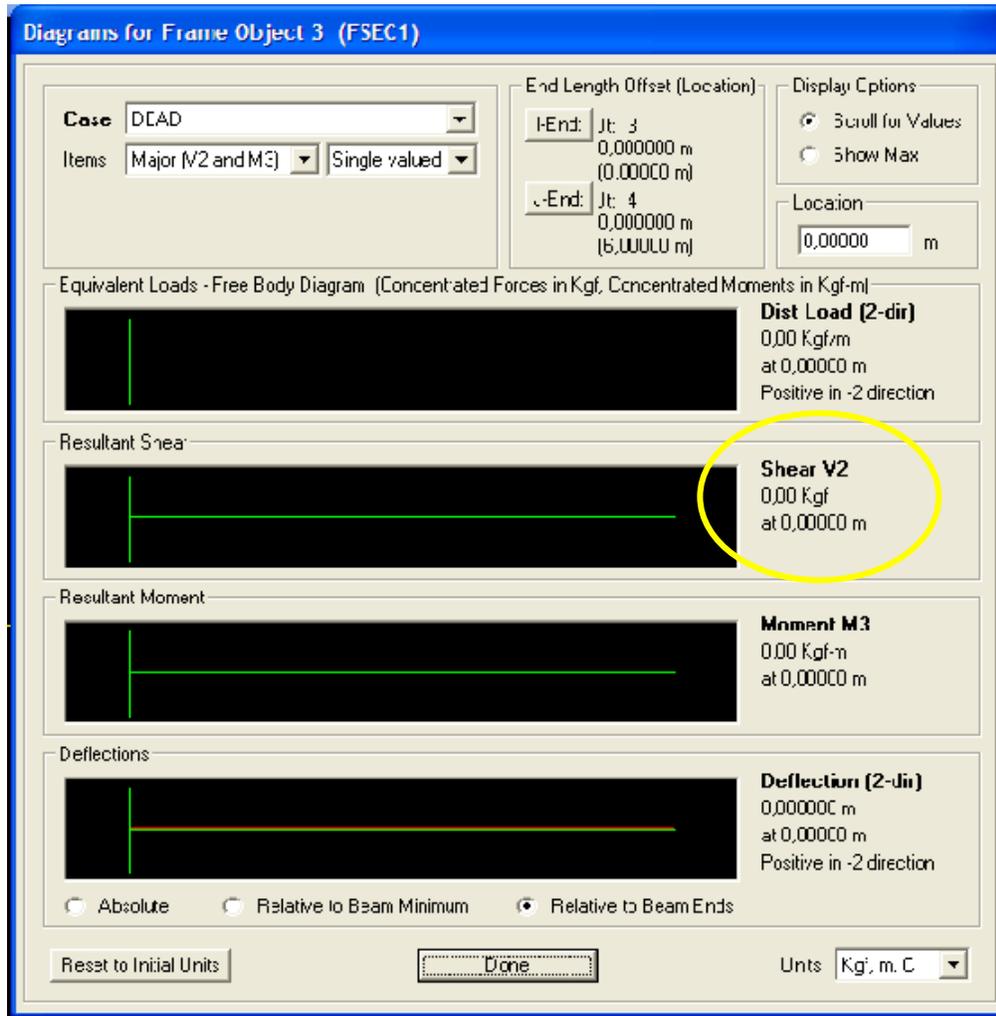
6. Para definir la biela en **C** se procede igual que el paso 5, **Assign** → **Frames** → **Releases/Partial Fixity**. En este caso, como se desea restringir el paso de fuerza cortante entre las barras **BC** y **CD**, en la ventana se escoge la correspondiente a esta fuerza en el extremo de la barra que se haya seleccionado. En este caso se tomó la barra **CD**.



7. Para indicar el momento en el vínculo **B**, se debe seleccionar primero el punto donde será aplicado, para luego aplicar **Assign** → **Joints Loads** → **Forces** como se hizo en el ejemplo 1 paso 6. Al ser este un momento se debe de colocar el valor del mismo en la casilla que represente el eje en el cual se esta aplicando. En este ejemplo el momento gira alrededor del eje **Y**.



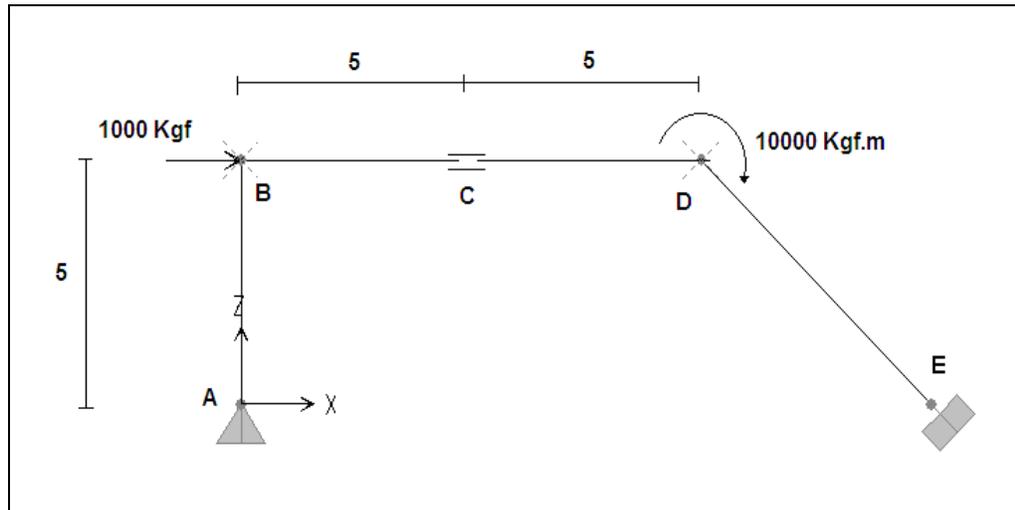
8. Se analiza la estructura realizando el mismo procedimiento del ejemplo 1 paso 7, haciendo clic en  de la barra de menú.
9. Para chequear que se ha restringido el corte en las barras BC y CD, basta con hacer clic con el botón derecho del Mouse a la barra. Después de esto, aparecerá una ventana donde se muestran los diagramas de la barra seleccionada y donde se verifica que el corte es cero. En este caso, se pidieron los diagramas de la barra CD.



Es importante recordar que el programa tomó en cuenta el peso propio de los materiales. Para que los resultados coincidan ver nota del Ejemplo 1.

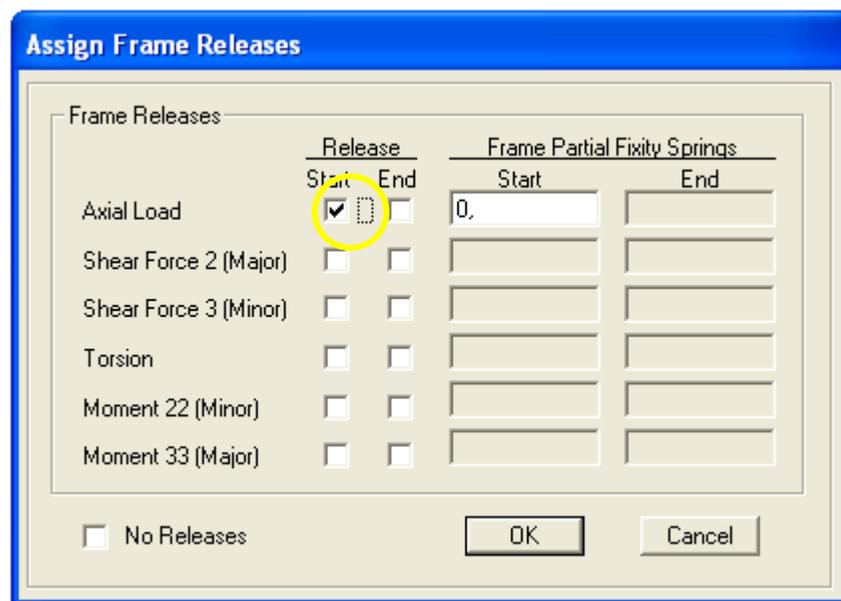
II.3 Ejemplo 3:

Determinar las reacciones, diagramas de fuerzas axiales, cortantes y momento de la figura mostrada.



1. Este primer paso se refiere al cambio de unidades. Se procederá igual que en el ejemplo 1. En la esquina inferior derecha se selecciona la unidad deseada de trabajo.
2. El tipo de modelo a utilizar es el mismo que en el ejemplo 1, paso 2. **File menú** → **New model** → **Grid Only**.
3. Este paso hace referencia a las dimensiones del **Grid**, así como las longitudes. Estas últimas variarán según las especificaciones del ejemplo. Tal y como en el ejemplo 1, se busca la vista XZ para poder trazar la estructura a estudiar con la opción de **Draw Frame / Cable Element** ubicado a la izquierda del menú.
4. Para colocar los vínculos, el proceso es igual al paso 4 del ejemplo 1. Se indica la posición del vínculo, para luego seleccionar del menú principal la opción **Assign** → **Joint** → **Restraints**, y así definir el tipo de vínculo deseado para este ejemplo.

5. Para rotar los vínculos se procede igual que en el paso 5 del ejemplo 1, **Assign** → **Joint** → **Local Axes**.
6. Para definir la articulación en **D**, se sigue el paso 5 del ejemplo 2, **Assign** → **Frames** → **Releases/Partial Fixity**, restringiendo en el extremo de la barra donde esté la articulación los momentos y la torsión.
7. Para la restricción de fuerza axial en **C** entre las barras **BC** y **CD**, se busca en el menú principal **Assign** → **Frames** → **Releases/Partial Fixity**, tal y como se realizó en el paso 6 del ejemplo 2. Esta vez se selecciona la opción que restringe la fuerza axial

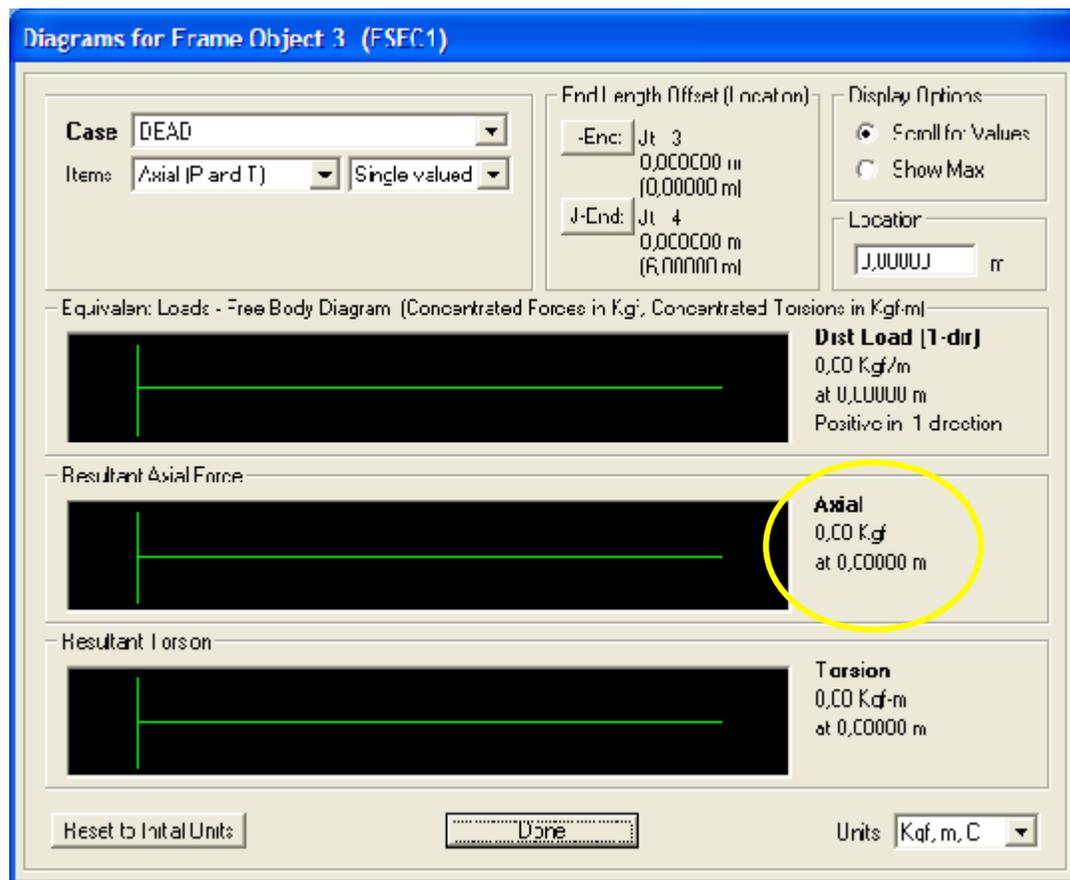


8. Para colocar las fuerzas actuantes, se procede igual que en el paso 6 del ejemplo 1, **Assign** → **Joint Loads** → **Forces**, recordando las nuevas direcciones de las fuerzas y de los momentos. En este

ejemplo, la fuerza viene aplicada en X y el momento es alrededor del eje Y

9. Se analiza la estructura realizando el mismo procedimiento del paso 7 del ejemplo 1, haciendo clic en  de la barra de menú.

10. Para chequear que se ha restringido la fuerza axial en las barras **BC** y **CD** basta con hacer clic con el botón derecho del Mouse sobre cualquier barra, así aparecerá una ventana donde se muestran los diagramas de la barra seleccionada y donde se verifica que el corte es cero.



Es importante recordar que el programa tomó en cuenta el peso propio de los materiales. Para que los resultados coincidan ver nota del ejemplo 1.

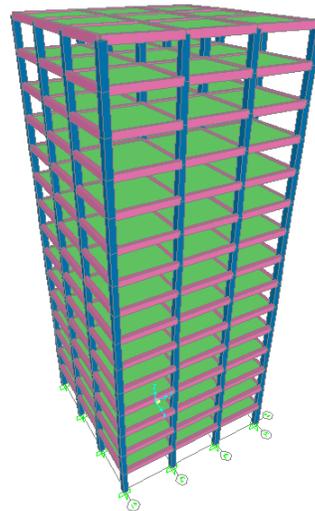
CAPITULO III

ESTRUCTURA TRIDIMENSIONAL, CASOS DE CARGA, ACCIONES SÍSMICAS, ANÁLISIS DINÁMICO Y ESTÁTICO.

III.1 Ejemplo 4

Análisis y diseño sismorresistente de una estructura de Concreto.

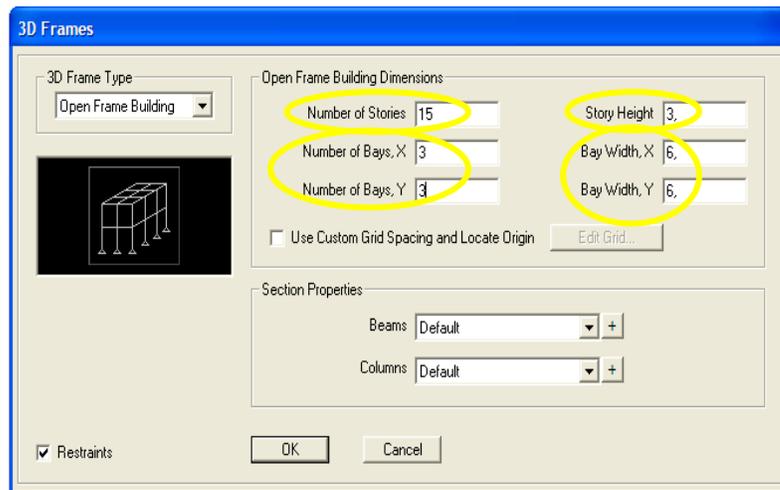
- Edificio simétrico de 4 columnas en ambos ejes con una distancia entre ellas de 6 metros.
- Número de pisos: 15
- Altura entre pisos: 3m
- Columnas de sección cuadradas de 70x70 cm
- Vigas de sección rectangular de 60x40 cm.



Solución:

1. Selección de unidades: kgf, m, C. En la esquina inferior derecha como se indica en el ejemplo 1.
2. Hacer clic en **File menú** → **New model**. Este menú muestra una ventana con diferentes tipos de modelos. Se debe seleccionar para este caso **3D Frames**.

- Al seleccionar **3D Frames**. Aparece una nueva ventana donde se colocan las longitudes, número y altura de los pisos del edificio a diseñar.



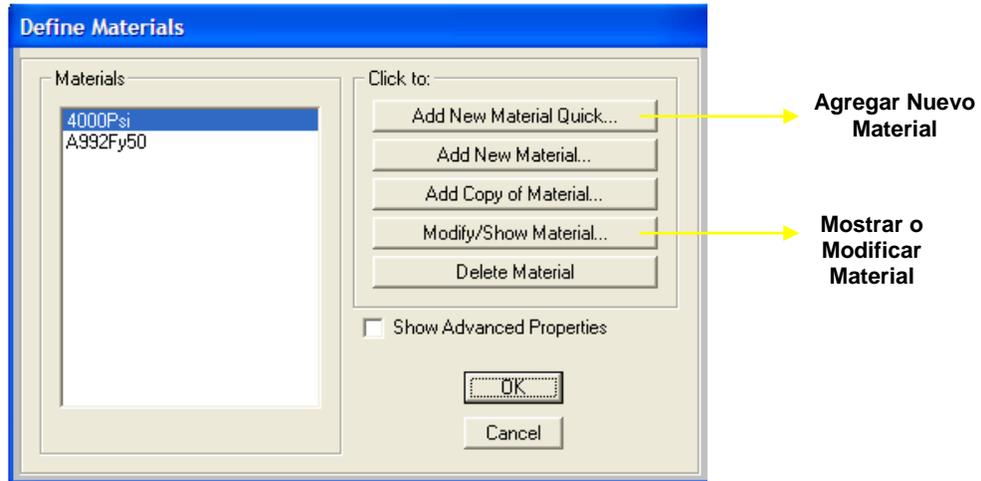
Number of Stories → Número de pisos.

Number of Bays → Número de pórticos en los ejes X y Y.

Story Height → Altura de pisos.

Bay Width → Distancia entre los pórticos de los ejes X y Y.

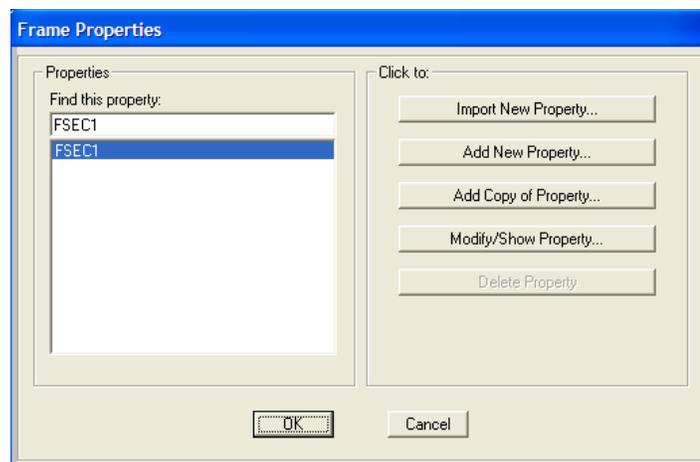
- En la barra de menú principal se selecciona **Define** → **Materials...**
Aquí se definirá el material con el que se va a trabajar.



El programa brinda una serie de materiales como el acero, concreto, aluminio, entre otros. También se cuenta con la opción **Modif/Show Material** para crear otro material que no este en la lista, siempre y cuando, se conozcan todas las propiedades del mismo. En este ejemplo se utilizará concreto (280kgf/cm² lo que es igual a 4000Psi).

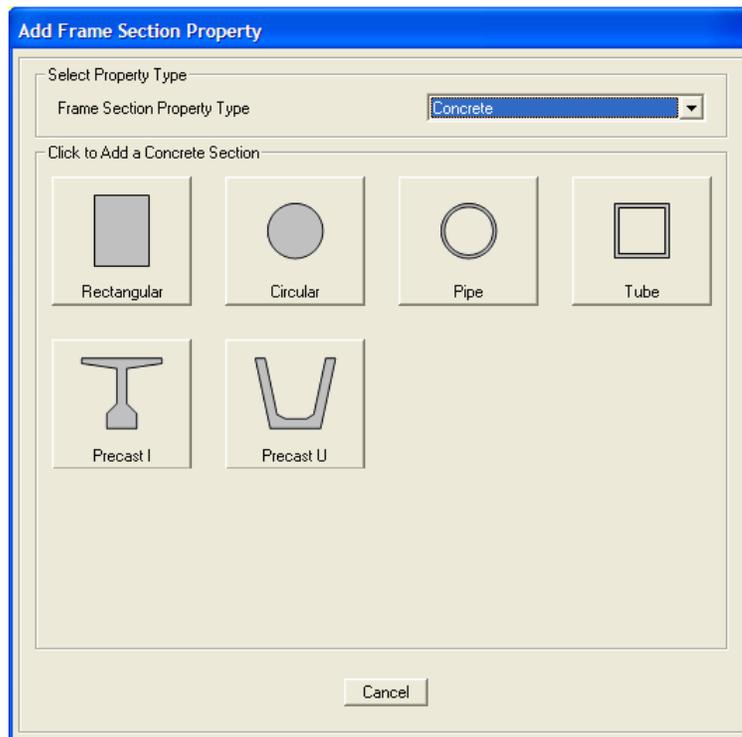
5. Una vez definidas las propiedades del material se presiona OK y se define las secciones a utilizar.

Define → Frame Sections...

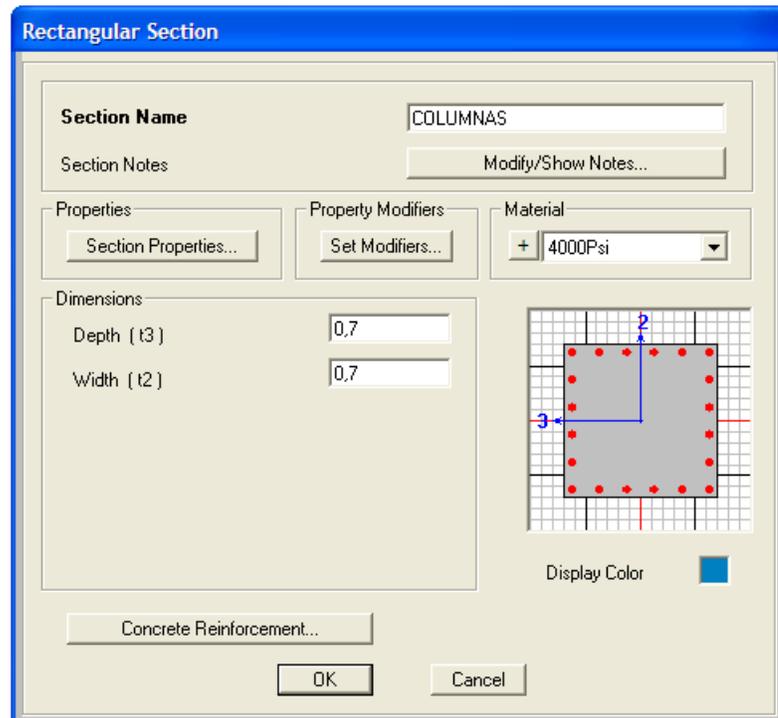


En esta opción se puede definir columnas, vigas, arriostramientos y otros miembros.

Al seleccionar **Add New Property**, se obtendrá una nueva ventana que permitirá indicar el tipo de material y la sección que se desea utilizar. Para este ejemplo, se empleará una sección de concreto rectangular.



Luego, se tendrá una nueva ventana donde se indicarán las características de la sección a utilizar.



Para mayor manejabilidad se le puede asignar nombre a la sección. En este caso se coloca COLUMNA en el recuadro de **Section Name**.

Las dimensiones de la sección se colocarán en los recuadros correspondientes a **Depth** (Ancho) y **Width** (Alto).

Es importante especificar que la sección definida es una viga o columna, para que el programa considere los aceros por corte en el caso de las vigas. Esto se indica haciendo clic en **Concrete Reinforcement**. Después de esto, se abrirá la siguiente ventana.

Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars + A615Gr60

Confinement Bars (Ties) + A615Gr60

Design Type

Column (P-M2-M3 Design)

Beam (M3 Design Only)

Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center

Top 0,06

Bottom 0,06

Reinforcement Overrides for Ductile Beams

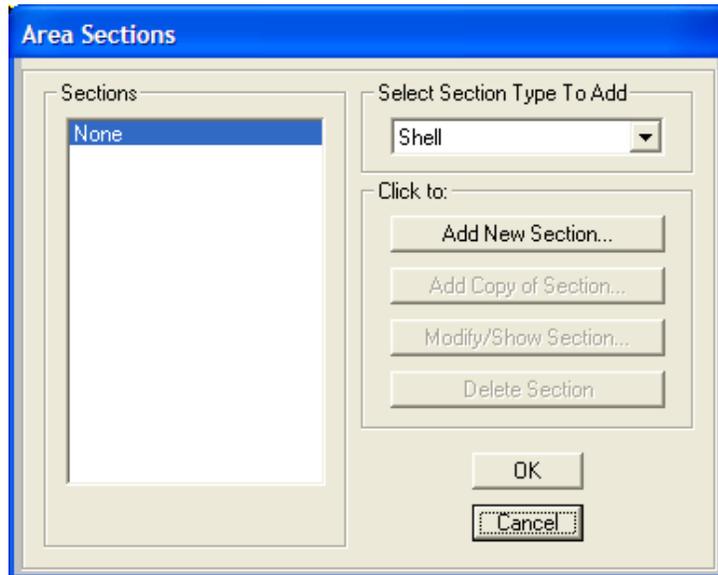
	Left	Right
Top	0,	0,
Bottom	0,	0,

OK Cancel

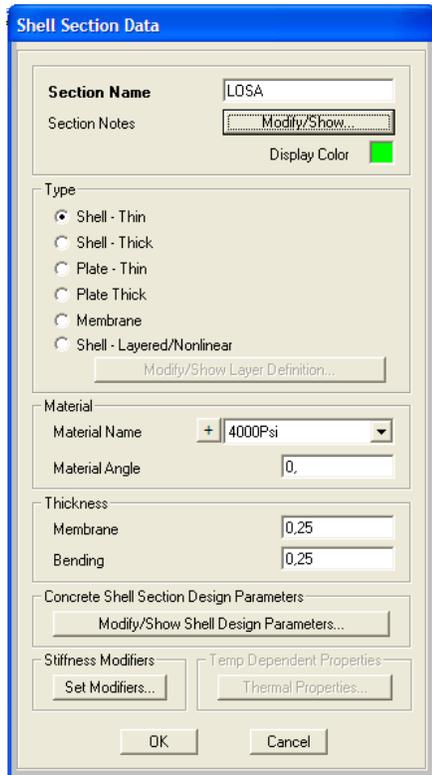
En esta ventana se define que tipo de sección es, logrando así que el programa calcule los aceros requeridos para el corte en las vigas.

6. Define → Area Sections

Esta opción se utiliza para los elementos tipo área como paredes, pisos y otros miembros de sólidos bidimensionales. En este caso, se utilizará para crear la losa de piso.



Se selecciona una losa tipo **Shell** para este ejemplo. Al hacer clic en **Add New Section** aparecerá otra ventana donde se indicarán las características de la losa.



Tipo Shell: Un elemento que se deforma en su plano y fuera de su plano. Ejemplo: Losas, muros o placas macizas.

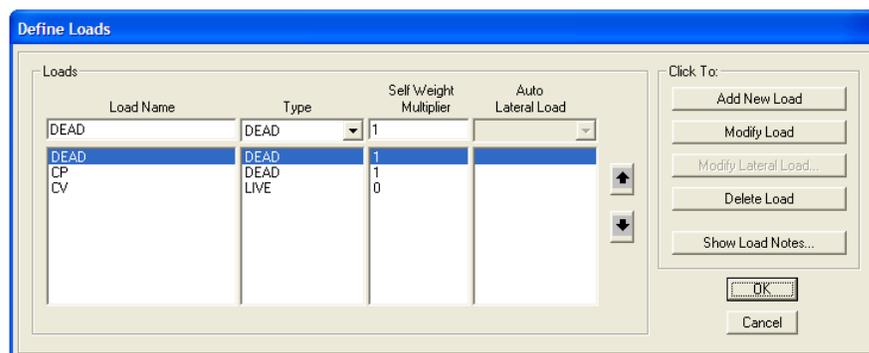
Membrana: Un elemento que solo se deforma en su plano y no permite deformación fuera de este. Ejemplo: Techos, losaacero, losas de tabelones etc.

Plate: Un elemento que no se deforma en su plano y solo permite deformaciones fuera de este. Ejemplo Losa nervada.

7. Define → Load Cases...

En esta opción se definirá los casos de carga, estas son las fuerzas aplicadas sobre la estructura como presión, desplazamientos de apoyos, cambios de temperaturas, viento, sismo, entre otros.

Los casos de carga a definir son peso propio, carga permanente, carga variable y sismo.



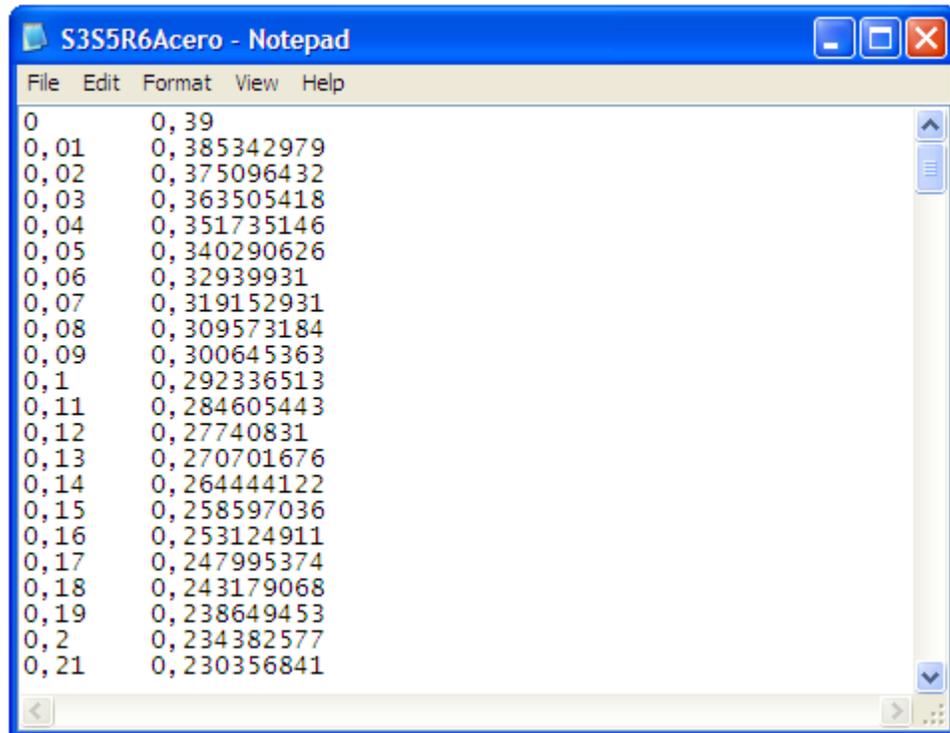
Se especifica el nombre de la carga en Load Name y el tipo en **Type**, para luego hacer clic en **Add New Load**. Al hacer clic aquí, se estará introduciendo los distintos tipos de cargas que afectan a la estructura.

8. Define → Functions → Response Spectrum...

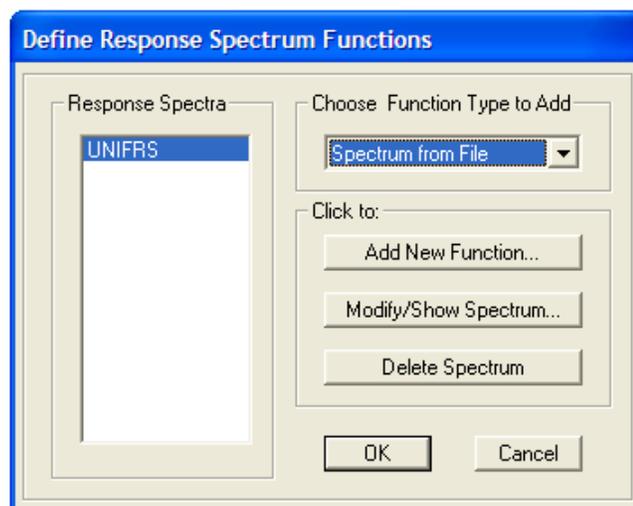
Esta opción define el espectro de diseño. La función de espectro se crea para representar los efectos de las fuerzas sísmicas.

Conociendo las características de la estructura, suelo, zona sísmica, nivel de diseño y haciendo uso de los capítulos 4, 5, 6 y 7 de la norma Sísmica Venezolana Covenin 1756-1:2001 “Edificaciones Sismorresistentes”, se buscan los parámetros correspondientes para la elaboración del espectro sísmico. Para este ejemplo se suponen las condiciones en las que se encuentra la estructura. Se emplea en una zona sísmica número 5 (capítulo 4) en un suelo firme/medio denso tipo S3 y correspondiente al grupo A (sección 6.1.1). Por ser una edificación aperturada capaz de resistir la totalidad de las acciones sísmicas y ser Nivel de Diseño 3, el factor de reducción de respuesta es igual a 6, valor dado en la tabla 6.4 aplicada en concordancia con la sección 6.2.2. Con estos parámetros y las ecuaciones que indica la norma mencionada, en la sección 7.2 del capítulo 7 se realiza el espectro de respuesta elástico Período vs. Aceleración. El período se tomará hasta $1,6xT_a$ según lo establecido en el artículo 9.6.2.1, donde T_a está dado en la subsección 9.3.2.2 de la norma antes nombrada, siendo $1,6xT_a = 1,39$ seg para este caso.

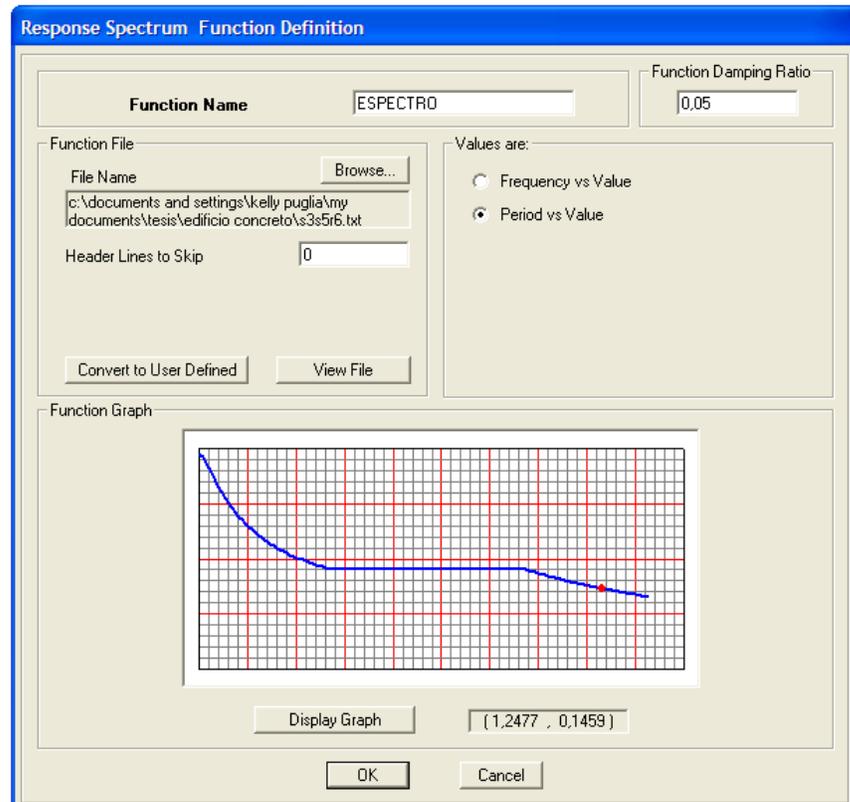
Para introducir el espectro se debe copiar y guardar los valores de la tabla Período vs. Aceleración en un Notepad, esto se debe a que el programa sólo lee archivos **.TXT**. Es importante tener en cuenta el uso de puntos y comas en los valores del espectro.



Luego se hace clic en **Define** → **Functions** → **Response Spectrum...** donde aparecerá la siguiente ventana.



Se selecciona en la pestaña de **Choose Function Type to Add**, la opción **Spectrum from File** y se hace clic en **Add New Function**. Al hacer esto se abrirá la siguiente ventana.



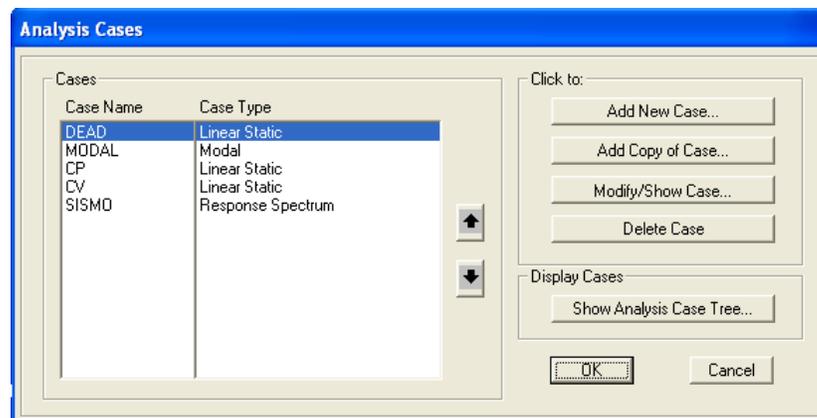
En esta ventana se hace clic en **Browse** y se busca el archivo **.TXT**, donde se guardaron los datos antes mencionados. Es importante indicar que los valores que se están introduciendo son **Período vs. Aceleración**, esto se hace en el cuadro de **Values Are, Period Vs Value**. Para comprobar que las gráficas son las mismas se puede hacer clic en **Display Graph** y se mostrará la gráfica correspondiente al espectro.

Otra opción de esta ventana es **Convert to User Defined**, al hacer clic aquí se está eliminando la dependencia del espectro al archivo, es

decir, ahora el espectro queda directamente guardado en el programa y no depende del archivo.

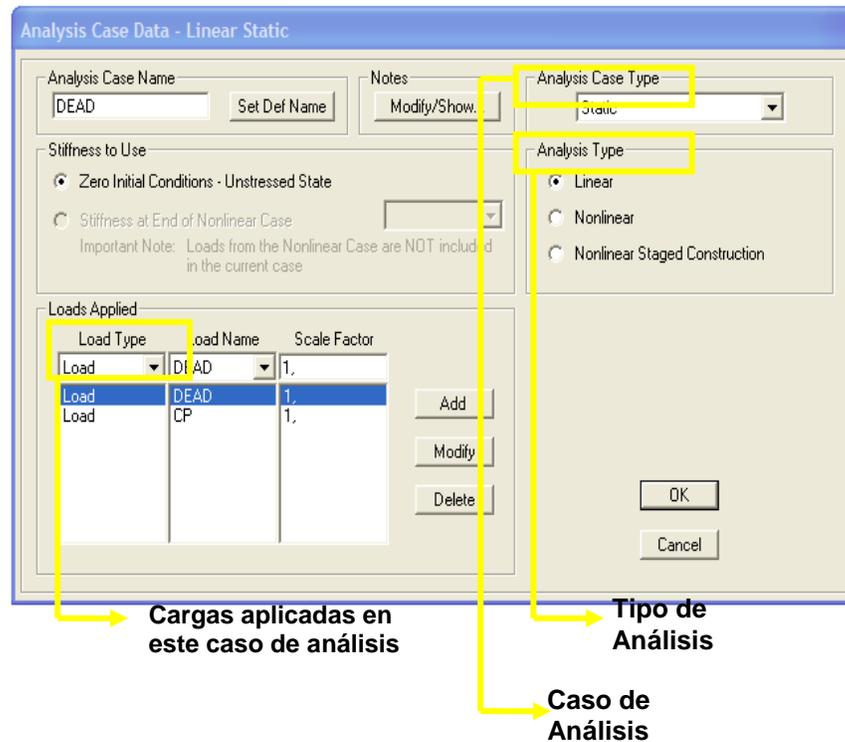
9. Define → Análisis Cases...

En esta opción se definen los casos de análisis a considerar. En **Analises Cases**, se especifica cómo serán aplicadas las cargas a la estructura, así como la respuesta estructural que se origina. El programa brinda distintos tipos de casos de análisis clasificados como lineal o no lineal. La respuesta de la estructura a la carga dependerá de estos tipos de casos.



En la presente ventana se pueden realizar varias operaciones. La primera será modificar el caso de análisis denominado **DEAD** (peso propio), en el cual se va a sumar los casos estáticos. En este caso preciso sólo **CP** (carga muerta), haciendo clic en **Modif./Show Case...** Se Elimina el caso CP de la tabla ya que se considera que la carga permanente actúa en el caso DEAD.

Según sea el caso se debe modificar en **Análisis Case Type** el tipo de análisis.

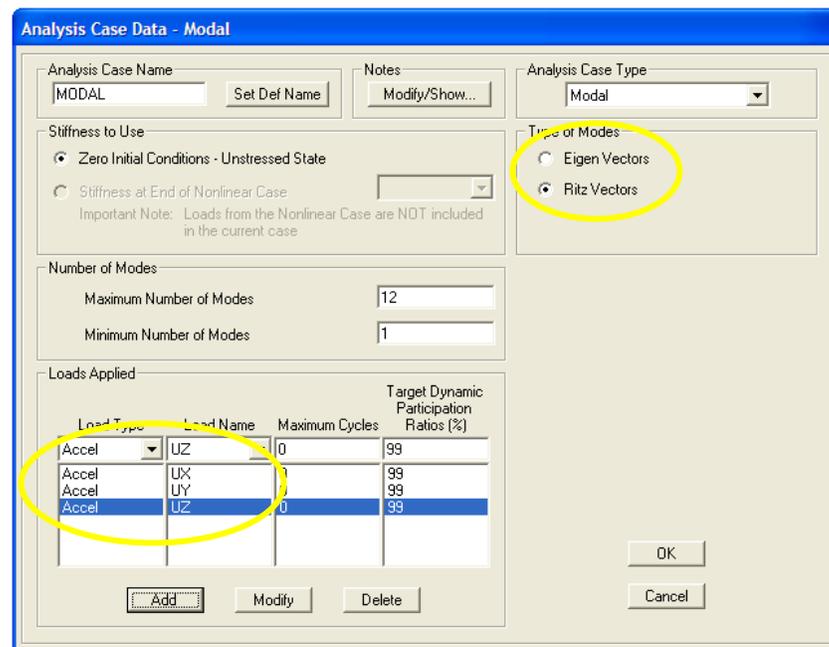


Análisis Modal

Se usa el modo de Vectores de Ritz, y se especifican las aceleraciones en los ejes X, Y y Z, ya que el método especifica que deben haber unas aceleraciones iniciales.

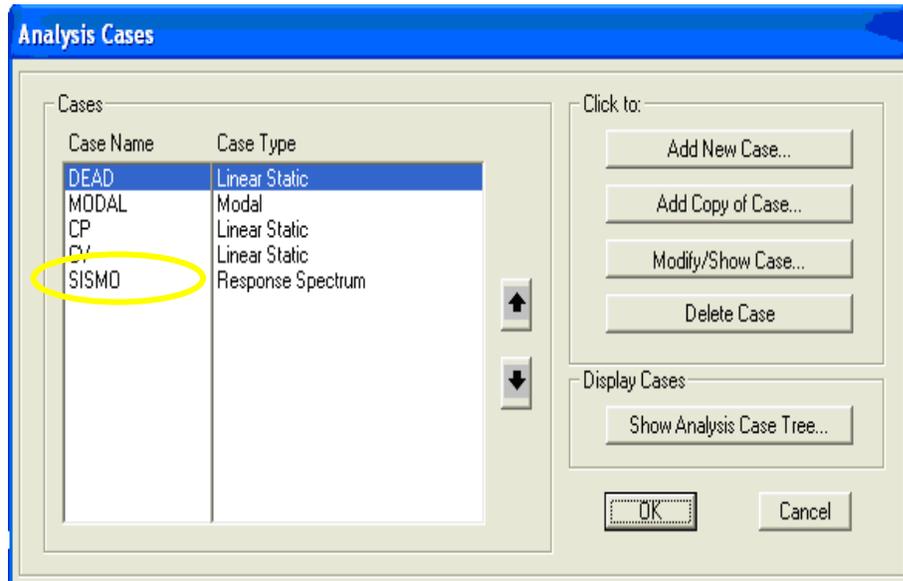
Las investigaciones han indicado que las frecuencias naturales de los modos de vibración en una vibración libre, no son la mejor base para un análisis de superposición modal de estructuras sujetas a cargas dinámicas. Ha sido demostrado por (Wilson, Yuan, and Dickens 1982) que el análisis dinámico basado en los vectores de carga-dependientes de Ritz conducen a resultados mas precisos que el uso de los modos naturales (Autovalores-Autovectores) para un mismo número de modos.

Los vectores de Ritz conducen a excelentes resultados porque ellos son generados tomando en cuenta la distribución espacial de las cargas dinámicas, cuando el uso directo de Autovalores y Autovectores (Modos naturales de vibración) desprecia esta información tan importante.

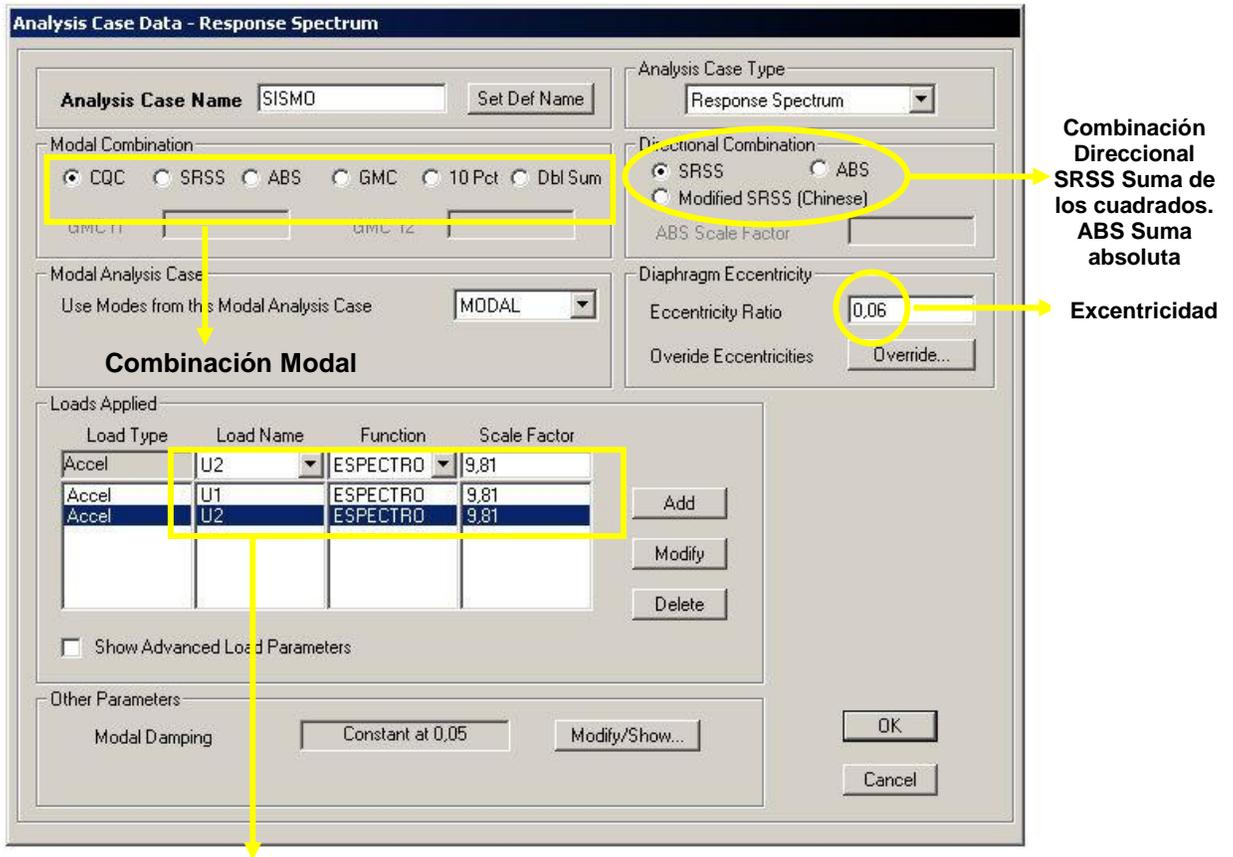


Análisis Sísmico

Se crean los casos de Sismo. El Capítulo 8 Artículo 8.6 punto A de la norma Venezolana Covenin 1756-1:2001 para “Edificaciones Sismorresistentes”, especifica que el sismo se aplicará primero como la raíz cuadrada del cuadrado de la suma en ambos sentidos, y en el punto B se especifica que será el sismo en un sentido, mas el 30 % del sismo en el otro sentido. Para cumplir con el punto A de la norma sísmica se creará sólo un caso a analizar llamado sismo.



Luego se debe hacer clic en **Modify./Show Case** donde aparecerá la ventana que se muestra a continuación. En ella, se seleccionarán los sentidos del sismo **U1** para **X** y **U2** para **Y**, respondiendo estos a la **Function** espectro. El factor de escala será la aceleración de la gravedad. Por otro lado, se debe indicar que la combinación direccional es SRSS. También se indica el 6% de excentricidad dictado en el capítulo 9 sección 9.6.2.2 de la Norma para Edificaciones Sismorresistentes mencionada, para así efectuar el efecto torsor. Debido al que el edificio es simétrico este efecto torsor no influye en la estructura.



Dirección Del Espectro U1= X y U2 = Y
Factor de Escala 9,81 m/sg²

En caso de que se desee aplicar el punto B de la norma sísmica mencionada anteriormente, se debe crear dos casos en **Analisis Cases**: uno llamado Sismo X y otro Sismo Y. Al entrar en **Modify./Show Case**, para el caso de Sismo X debemos introducir el valor U1 completo y luego el 30 % de U2 y viceversa para Sismo en Y.

Combinación Modal:

Se usa para combinar las respuestas modales en el análisis espectral. La elección depende del criterio del Ingeniero Calculista.

- **CQC:**. Esta técnica de combinación modal toma en cuenta, el acoplamiento probable entre modos muy cercanos, causados por el amortiguamiento modal que incrementa el acoplamiento entre modos muy cercanos.

- **SRSS:** Este es el método de la Raíz Cuadrada de la Suma de los Cuadrados. Esta técnica de combinación modal no toma en cuenta el acoplamiento entre modos como lo hacen los métodos del CQC O El GMC.

- **ABS:** Este es el método absoluto. Esta técnica de combinación modal simplemente combina los resultados modales tomando la suma de sus valores absolutos. Este método es usualmente conservador.

- **GMC:** Este es el Método General de Combinación Modal, también conocido como el método de grupta. Es semejante al CQC si se toma en cuenta el acoplamiento de modos cercanos, y también incluye la correlación entre modos con contenido de respuesta rígida.

Combinación Direccional:

Para cada desplazamiento, fuerza o esfuerzo en la estructura, la combinación modal produce un resultado único positivo para cada dirección de aceleración. Estos valores direccionales para una cantidad de respuesta dada, son combinados para producir un

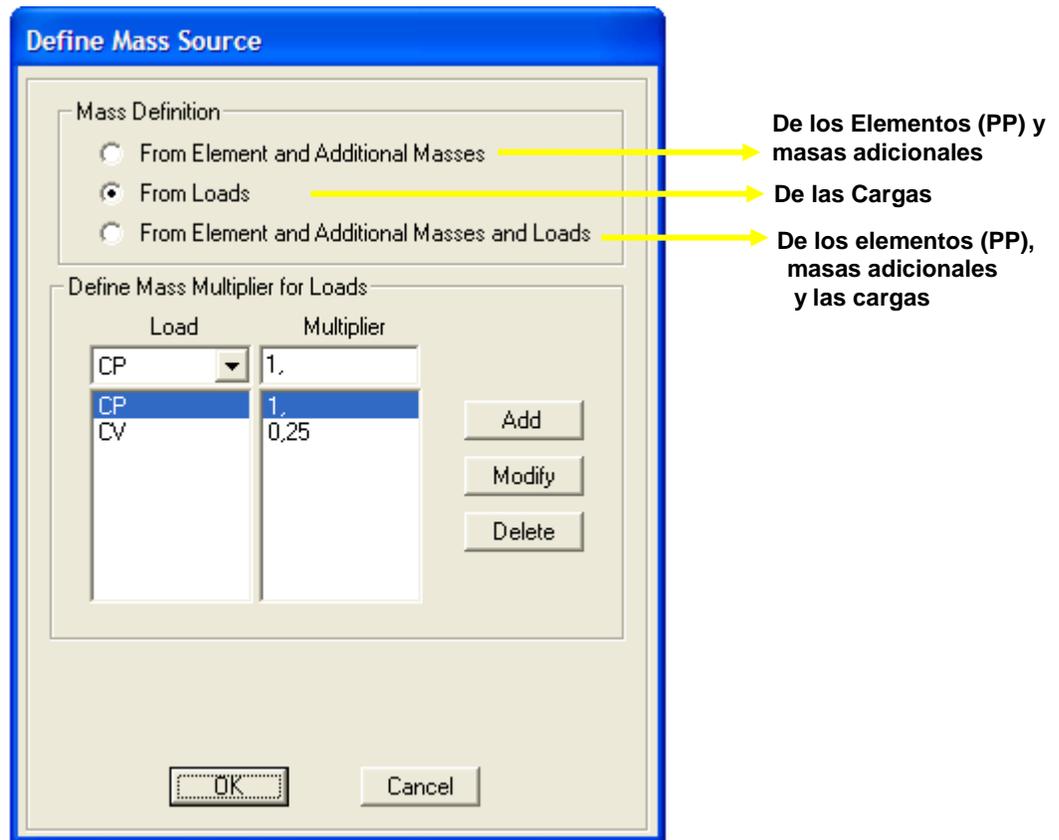
resultado único positivo. Las dos opciones disponibles para combinación direccional son las siguientes:

- **SRSS**: Combina los resultados tomando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados. Este es el método recomendado para la combinación direccional.

- **ABS**: Este es el método de escala absoluta. Aquí los resultados direccionales son combinados tomando el máximo de todas las direcciones de la suma de los valores absolutos de la respuesta en una dirección más un factor de escala por la respuesta en la otra dirección. Nuestra Norma Venezolana indica como factor de escala el 30% del valor absoluto de las solicitaciones más el 100% en la dirección ortogonal y viceversa.

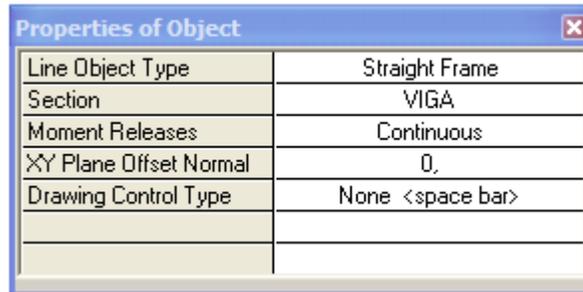
10. Define → Mass Source...

El origen de las cargas en SAP2000, se refiere a la determinación de las cargas sísmicas que participarán en el análisis dinámico, basado en los criterios establecidos en el capítulo 7 artículo 7.1” de la Norma Venezolana Covenin 1756-1:2001 para “Edificaciones Sismorresistentes”, donde especifica que a la carga permanente se le añadirá el 100%, a la carga variable de los pisos el 25% y a la carga variable de techo 0%.



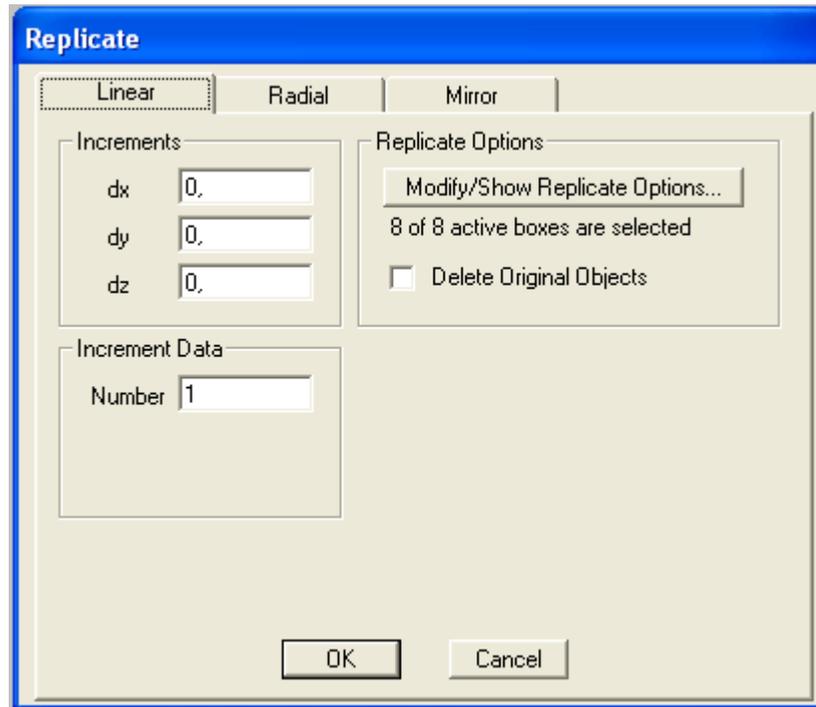
11. Menú Draw

Con este menú se dibujará toda la geometría de la estructura a analizar. Se puede acceder a ella por la barra de menú superior en **Draw** → **Draw Frame/Cable/Tendon** o haciendo clic en la barra de la izquierda al botón . Con esta opción se trazará las vigas, columnas o arriostramientos. Para hacer esto, se selecciona todos los miembros correspondientes a vigas y luego se hace clic en el botón mencionado anteriormente. Automáticamente aparecerán las vigas y sus propiedades descritas en una ventana.

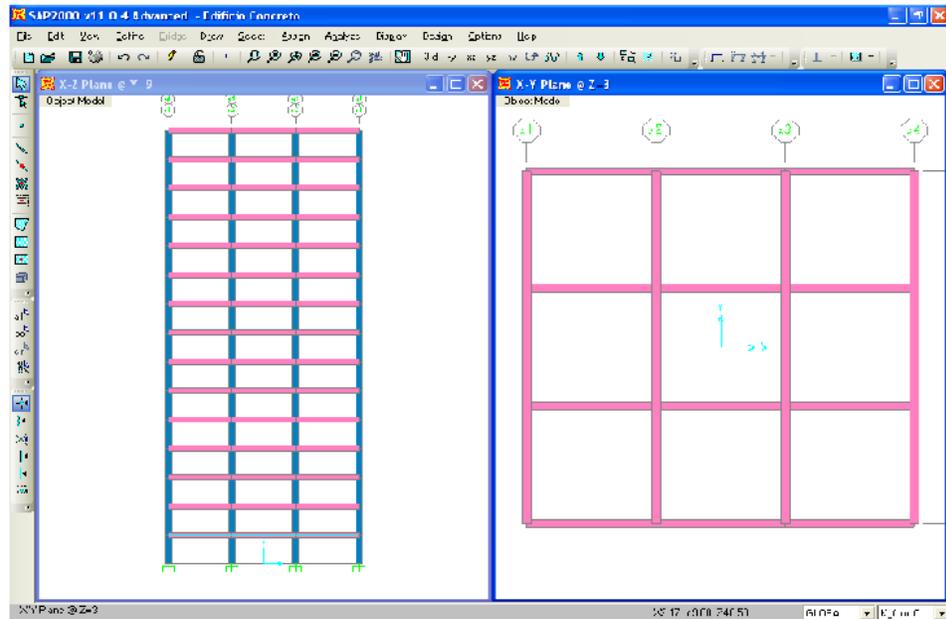


Properties of Object	
Line Object Type	Straight Frame
Section	VIGA
Moment Releases	Continuous
XY Plane Offset Normal	0,
Drawing Control Type	None <space bar>

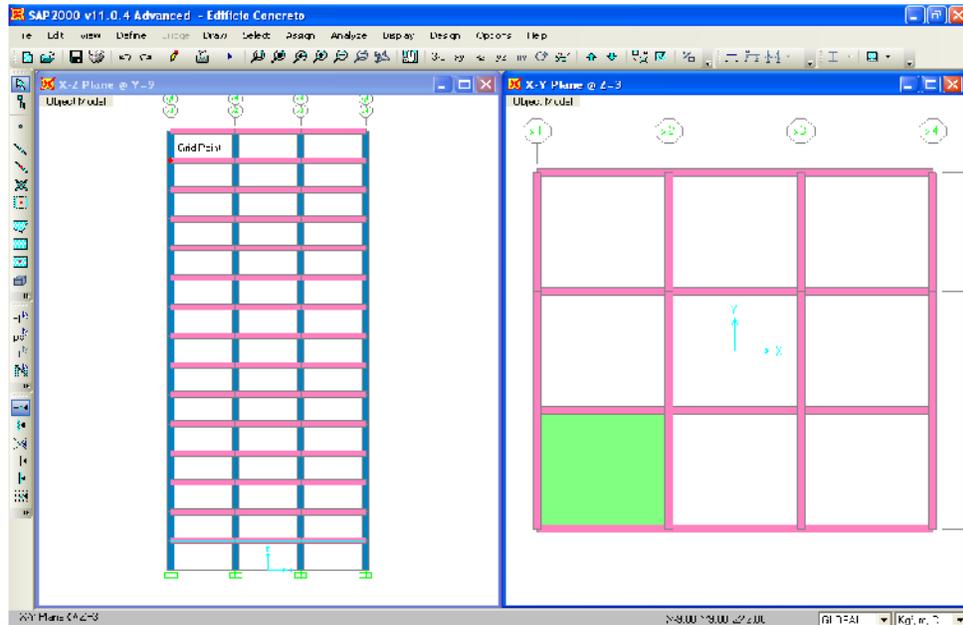
Al hacer clic en el cuadro correspondiente a **Section** de esta ventana, se indica que estas son vigas y sus propiedades corresponden a las definidas en el paso 5. La función **Replicate** del menú **Edit** es de mucha ayuda para esto, ya que se puede realizar un sólo pórtico y replicarlo hacia los demás niveles, esta se encontrará en **Edit** → **Replicate**. Al hacer clic aquí aparecerá la siguiente ventana. Lo mismo se realiza para dibujar las columnas, pero se indica en **Section** la opción columna.



En esta se define en qué dirección y distancia se quiere replicar los objetos seleccionados; colocando las distancias en los cuadros de **dx**, **dy** y **dz**. También cuantas veces se desea replicar en **Increment Data**.



Al hacer uso de **Draw Rectangular Areas** del mismo menú o haciendo clic en  se podrá dibujar las losas rectangulares de la estructura y en  para  losas irregulares. Estas últimas se definen seleccionando los nodos donde se encuentra la misma. También la función **Replicate** es de ayuda en este caso.



Se cargará la estructura aplicando el capítulo 4 y 5 de la Norma Venezolana Covenin Mindur (Provisional 2002-88) “Criterio y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones”

Entrepiso:

Carga Permanente.

- Tabiquería 150 kgf/m²
- Acabado Piso 100 kgf/m²
- Friso 30 kgf/m²

280 kgf/m²

Carga Variable.

- Áreas privadas 175 kgf/m²
Medico existenciales

Techo:

Carga Permanente.

- Impermeabilización 3 kgf/m²
- Tejas 100 kgf/m²

103 kgf/m²

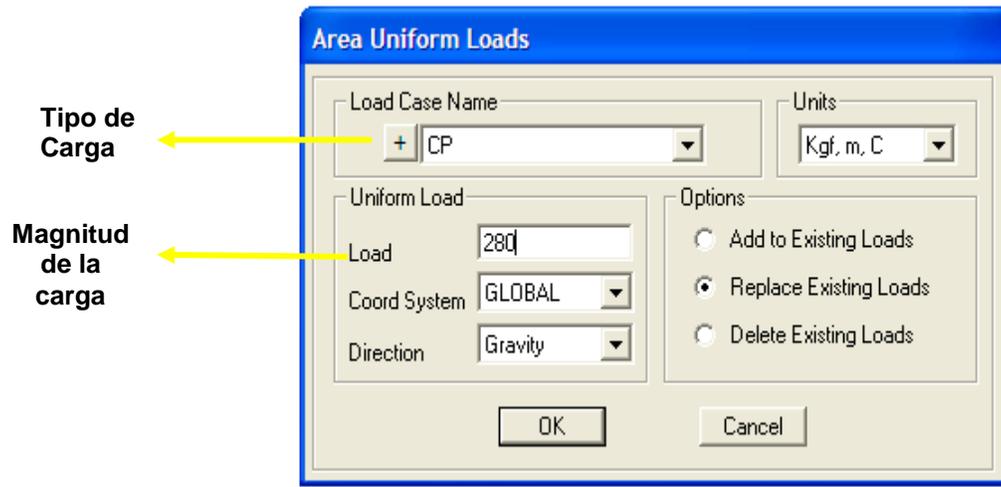
Carga Variable.

- P<15% y CP>50 Kg/m² 100 kgf/m²

El peso propio de la estructura es tomado en cuenta por el programa para el análisis.

12. Asignación de las Cargas a la Estructura

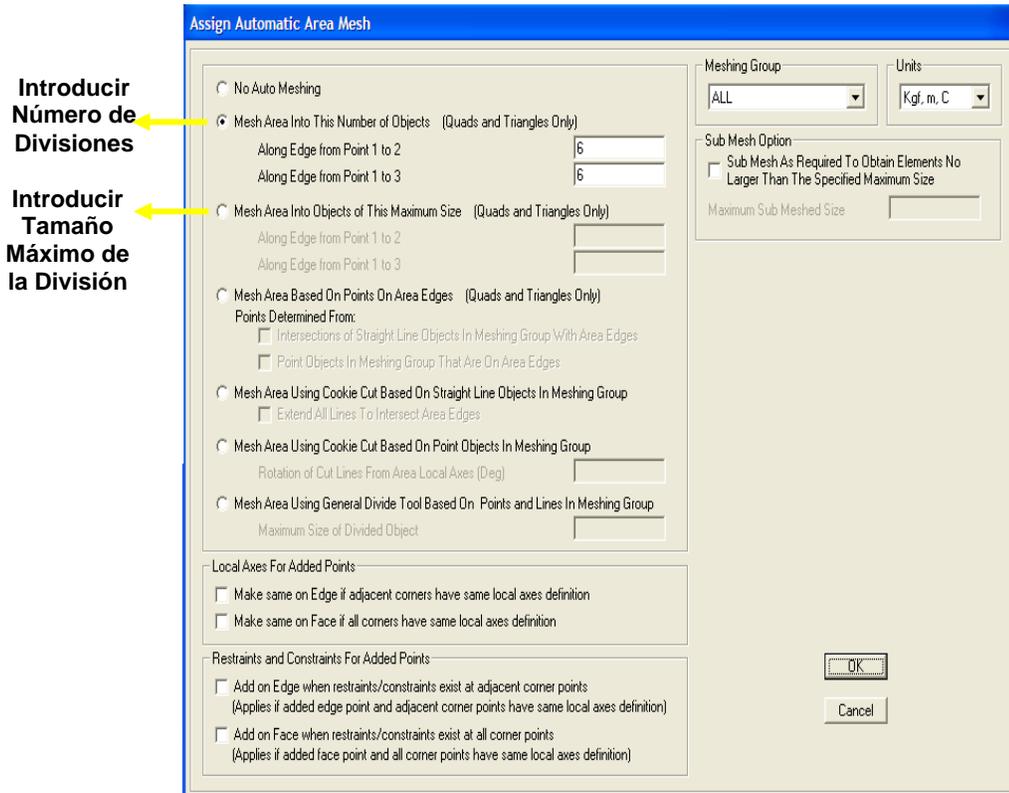
Para asignarle las cargas a la estructura se debe seleccionar las áreas a cargar para luego ir al menú **Assign** → **Area Loads** → **Uniform (Shell)**... Aquí aparecerá una nueva ventana donde se asignarán las cargas correspondientes, dependiendo si es para el entrepiso, techo o cualquier otra área a trabajar.



Una vez cargadas las áreas anteriormente seleccionadas, se replican a los siguientes niveles y se procede a cambiar las cargas para el techo.

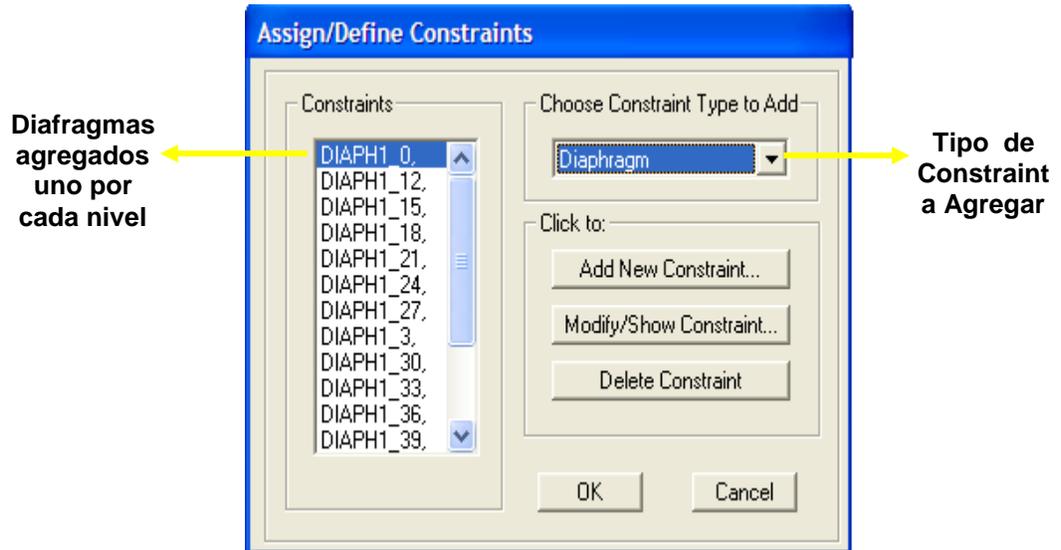
13. Menu Assign → Area → Automatic Area Mesh...

Para que el programa realice el análisis de forma correcta, las losas deben ser cargadas, es decir, se les debe asignar un **Mesh**, que se encargará de dividir las losas en áreas más pequeñas para que las cargas sean distribuidas a través de todas las vigas, esto se realiza porque el programa trabaja basándose en la teoría de elementos finitos.

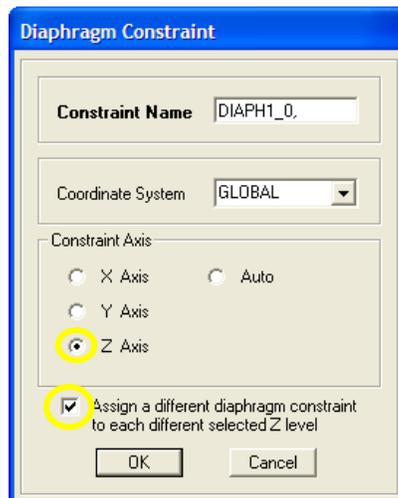


14. Diafragma Rígido

Para que el programa realice un análisis dinámico, se le debe asignar a la estructura un diafragma rígido, basándose en la Norma Venezolana Covenin 1756-1:2001 para “Edificaciones Sismorresistentes”, capítulo 8 sección 8.3.3. Para ello, se selecciona **Assign → Joint → Constrains ...**



Para asignarle un diafragma distinto a cada nivel, se debe seleccionar la opción **Modif/Show Constrains** de la ventana anterior.



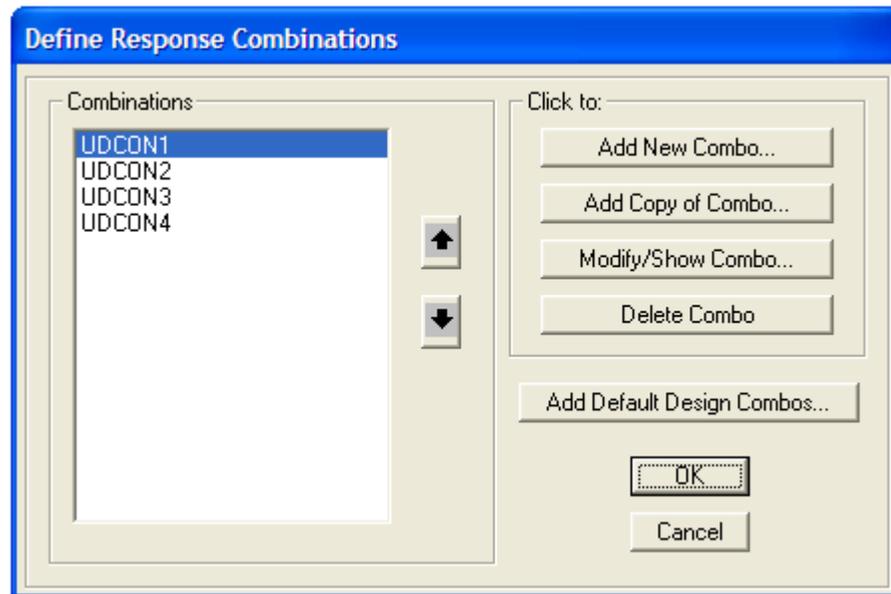
Y en esta nueva ventana se debe seleccionar **Z Axis** y asignarle un check a la última opción, para asignar un diafragma distinto a cada nivel.

15. Define → Combinations...

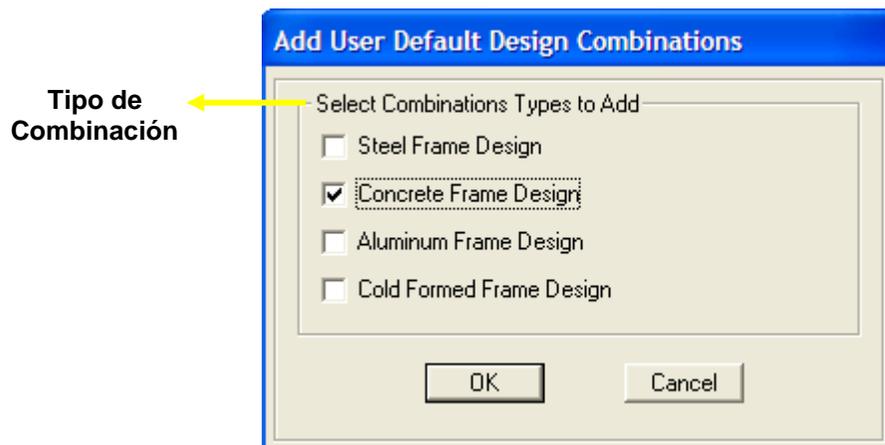
Una combinación en SAP2000, también llamada “combo”, es una combinación de los resultados de uno o más casos de análisis. Cuando una combinación se define se aplica a los resultados para cada objeto en el modelo. Hay cuatro tipos de combinaciones:

- **Tipo Aditivo (Linear Add):** los resultados de los casos del análisis incluido y combo son sumados.
- **Tipo Absoluto (Absolute Add):** los valores absolutos de los resultados del caso de análisis incluidos son sumados.
- **Tipo SRSS (SRSS):** se calcula la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los resultados del caso de análisis incluido y los combos.
- **Tipo envolvente (envelope):** se envuelven los resultados de los casos del análisis incluidos y combos para encontrar los valores máximos y mínimos.

El programa toma las combinaciones que trae configuradas, pero estas pueden ser editadas para ser adaptadas a lo requerido por el diseño. Para ello, se debe hacer clic en menú **Define** → **Combinations...** donde aparece la siguiente ventana.

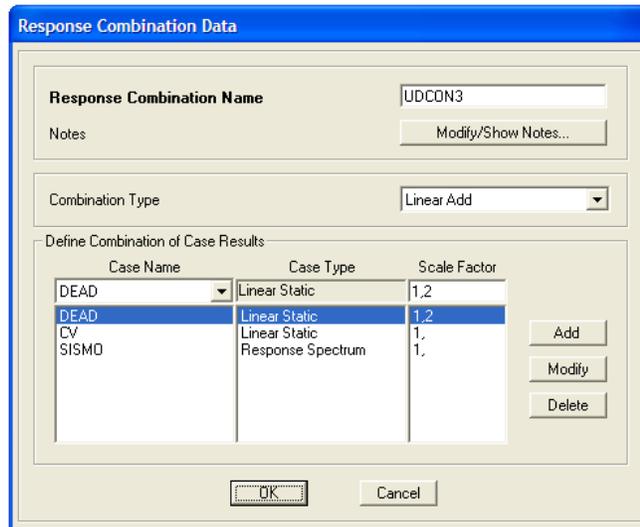


Hacer clic sobre **Add Default Design Combos...**, para seleccionar el tipo de combinación según el material.



En este ejemplo se seleccionará **Concrete Frame Design**.

Si se desea crear una nueva combinación, se puede seleccionar **Modif/Show Combo...**

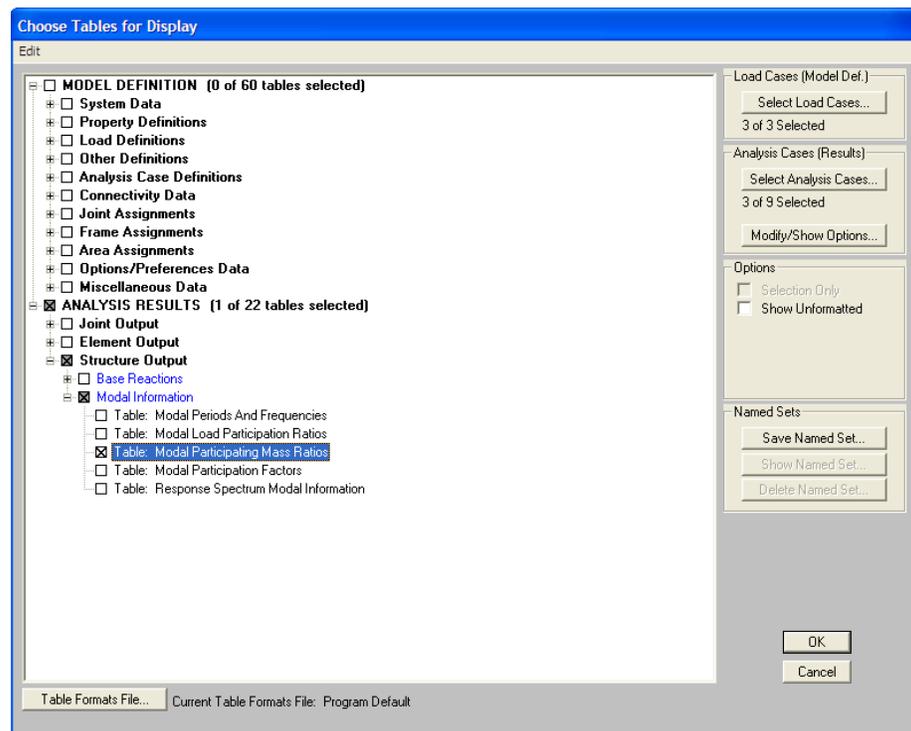


En esta ventana se pueden definir otras combinaciones, modificando el tipo de carga y factor que la multiplica.

16. Antes de la corrida, se debe elegir bajo que norma se va a regir el diseño. Esto se hace en **Options** → **Preferences** → **Concrete Frame Dising**, en ella se selecciona **Desing Code** la norma utilizada en Venezuela, que en este caso es la **ACI 318-05**.

Se presiona OK, y se abrirán nuevamente las dos ventanas que se tenían inicialmente, mostrando la deformada por carga permanente en la ventana 3D.

18. Para considerar que la corrida ha sido óptima, se debe chequear que el factor de participación de masas logre que actúe mínimo un 90 % de las masas de la estructura. Para saber si esto se cumple se busca en menú **Display** → **Show Tables**. Esta ventana muestra todos los resultados obtenidos por el análisis, en este caso se examina **Structure Output** → **Modal Information** → **Table: Modal Participation Mass Ratios**, y luego Ok.



Esta ventana indica una tabla con los valores de participación. Se debe de verificar que la suma acumulada sea mayor al 90 %.

Modal Participating Mass Ratios

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Modal Participating Mass Ratios

	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless	RX Unitless	RY Unitless
▶	2,474136	0,461	0,337	0	0,461	0,337	0	0,405	0,555
	2,474136	0,337	0,461	0	0,798	0,798	0	0,555	0,405
	0,809169	0,032	0,074	0	0,83	0,871	0	0,0035	0,00151
	0,809169	0,074	0,032	0	0,903	0,903	0	0,00151	0,0035
	0,456945	0,022	0,018	0	0,925	0,921	0	0,0008888	0,001086
	0,456945	0,018	0,022	0	0,943	0,943	0	0,001086	0,0008888
	0,267153	0	0	0,778	0,943	0,943	0,778	0	0
	0,243492	0,031	0,013	2,764E-20	0,974	0,950	0,778	0,00001042	0,00002445
	0,243492	0,013	0,031	6,267E-19	0,987	0,987	0,778	0,00002445	0,00001042
	0,156043	4,802E-18	4,801E-18	0,056	0,987	0,987	0,834	1,827E-20	1,828E-20
	0,109724	2,268E-17	2,268E-17	0,095	0,987	0,987	0,929	4,811E-19	4,812E-19
	0,069682	4,939E-17	4,939E-17	0,056	0,987	0,987	0,985	2,027E-18	2,027E-18

Record: 14 of 12

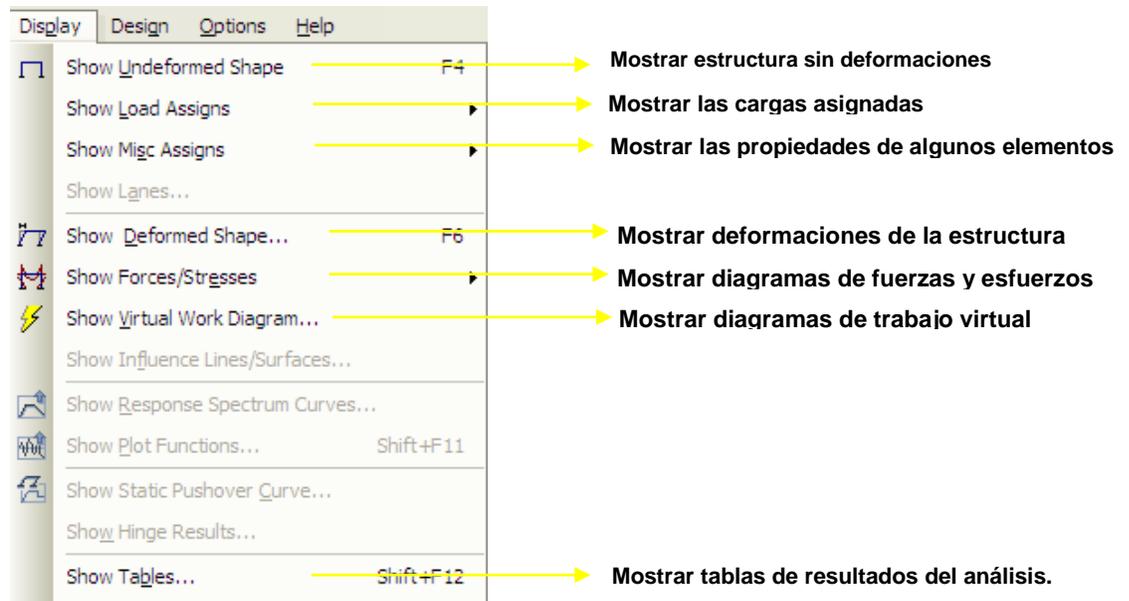
Add Tables... Done

De no ser así, se tendrá que volver al paso 9, específicamente en **Analisis Modal** para modificar el valor que corresponde a **Maximun Number of Modes**. De esta forma se aumentará la participación de las masas.

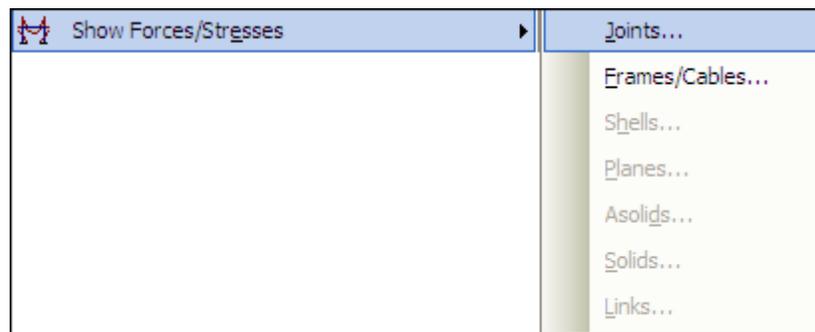
A su vez se debe de chequear los desplazamientos laterales totales de la estructura como se indica en el capítulo 10 de la norma Sísmica Venezolana Covenin 1756-1:2001 para “Edificaciones Sismorresistentes”. Se busca la deformada de la estructura para el caso sismo en **Display** → **Show Deformed Shape** y luego se hace clic con el botón derecho del Mouse sobre el nodo de un piso para ver el desplazamiento de este, paso que se repite con el nodo del piso de abajo. Después se aplica el punto 10.1 y 10.2 de la norma para dar paso a la comparación de este valor con los valores limites de la tabla 10.1.

En el mismo menú **Display**, se podrán ver las diferentes gráficas de los distintos casos de cargas. Se accede de la siguiente forma ⇒

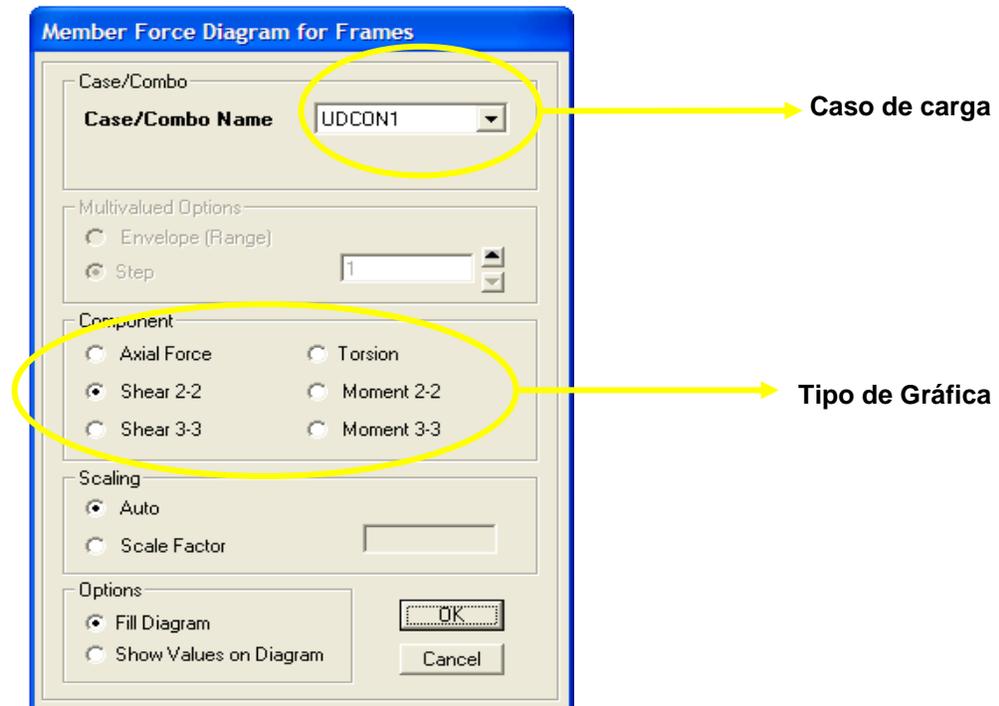
Display – Show Forces/ Stresses...



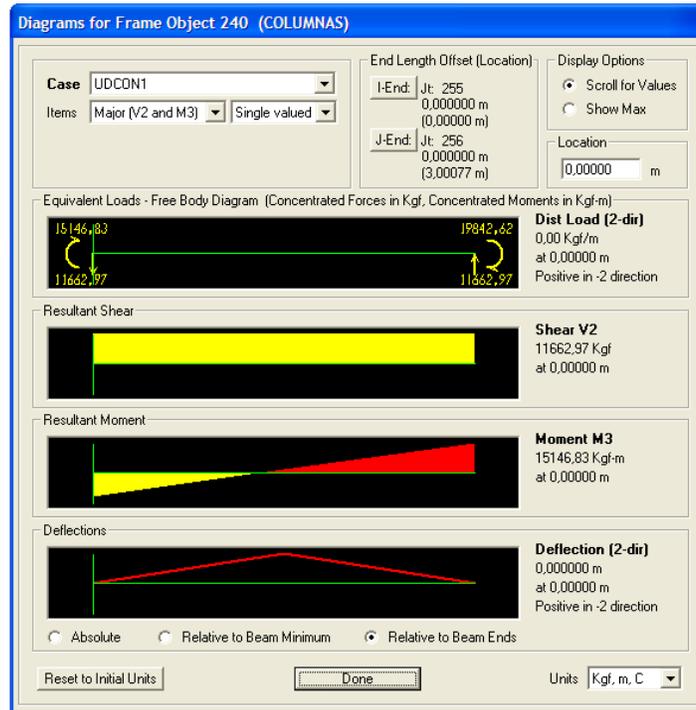
En esta opción se pueden ver los diagramas de corte, momento, fuerza axial y esfuerzos en todas las direcciones de cada elemento.



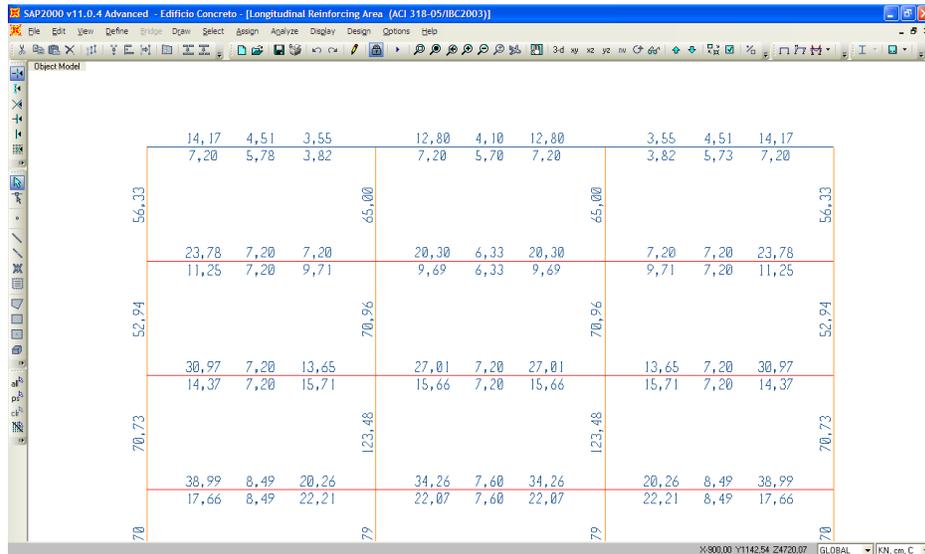
Al hacer clic en **Frames/Cables...** se pueden ver los diagramas de las distintas combinaciones.



Y al hacer clic con el botón derecho del Mouse sobre la barra deseada se mostrarán los diagramas específicos de ésta.



19. Para verificar el diseño de las columnas y las vigas, está la opción **Desing** → **Concret Frame Desing** → **Start Desing/ Check of Structure**. Con esta opción se analizará la estructura, verificando que cada elemento introducido cumpla con los cortes y los momentos que se generan de los distintos casos de cargas. También se indicará el porcentaje de acero que requieren cada una de las columnas, el acero positivo, negativo y transversal de las vigas. Al hacer el análisis volverá a salir la estructura, esta vez aparecerá al lado de cada elemento el acero necesario y los colores, anaranjado y verde para los que están verificados y rojo para los que no. Es importante cambiar la unidad a Kgf,cm, C para que las áreas de los aceros estén en cm^2 y así facilitar su lectura.



Al elegir una sección, ya sea una viga o una columna y hacer clic con el botón derecho del Mouse sobre está, se mostrará un reporte de este miembro, donde se indican los valores a los que está sometido el elemento en todos los casos de cargas.

Concrete Column Design Information (ACI 318-05/IBC2003)

Frame ID: 45 Analysis Section: COLUMNAS
 Design Code: ACI 318-05/IBC2003 Design Section: COLUMNAS

COMBO ID	STATION LOC	LONGITUDINAL REINFORCEMENT	MAJOR SHEAR REINFORCEMENT	MINOR SHEAR REINFORCEMENT
UDCON2	150,00	36,000	0,050	0,000
UDCON2	300,01	44,796	0,050	0,000
UDCON3	0,00	36,000	0,093	0,146
UDCON3	150,00	36,000	0,093	0,146
UDCON3	300,01	65,000	0,093	0,146
UDCON4	0,00	36,000	0,093	0,130
UDCON4	150,00	36,000	0,093	0,130
UDCON4	300,01	54,504	0,093	0,130

Modify/Show Overwrites:

Display Details for Selected Item:

Display Complete Details:

Stylesheet: Default

Con estos valores realizaremos el cálculo de los espesores de cabillas, así como su colocación.

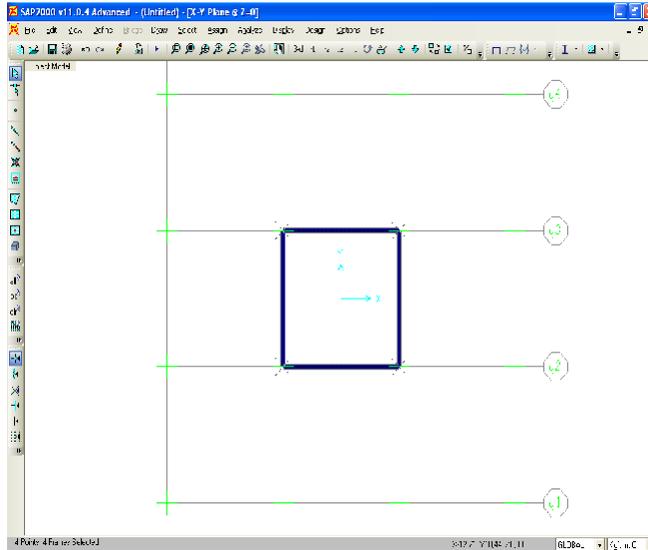
Si el control de los desplazamientos no cumple con el valor límite o por razones arquitectónicas se desea reducir el ancho de las columnas y esta nueva sección no resiste el corte producido por los distintos casos de cargas entonces se decide crear un muro de corte para compensar esto. Para este ejemplo, se empleó un muro de corte tipo C.

Este muro estará ubicado en el área del cubo del ascensor por comodidad arquitectónica.

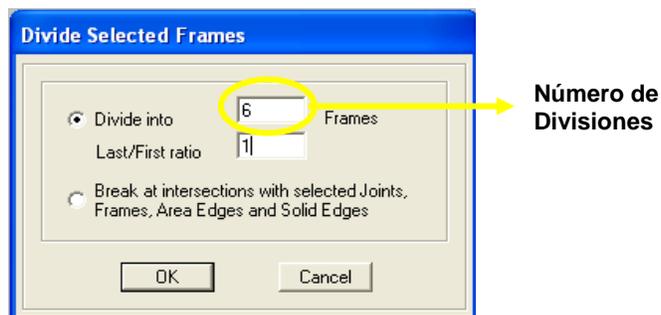
Pasos para la creación del muro:

- A.** Tal y como se hizo en el paso 6 de este mismo ejercicio, se definirá una nueva área en **Define** → **Area Section**. Siendo en este caso, una losa maciza tipo **Shell** de espesor 40 cm que lleva el nombre de muro.

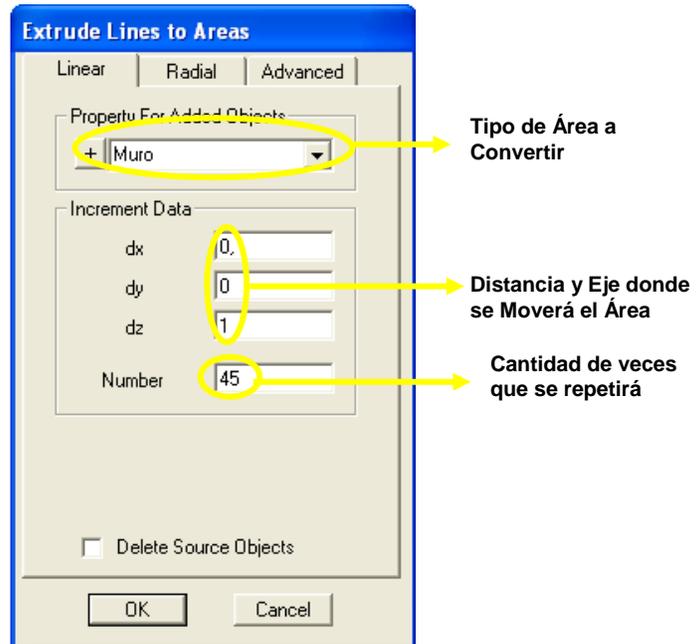
- B.** En la planta baja del edificio se crearán cuatro vigas auxiliares que ayudaran a elaborar este muro tipo C. Inicialmente, se crearán muros completos y luego se eliminarán aquellas losas que corresponden a las puertas del ascensor.



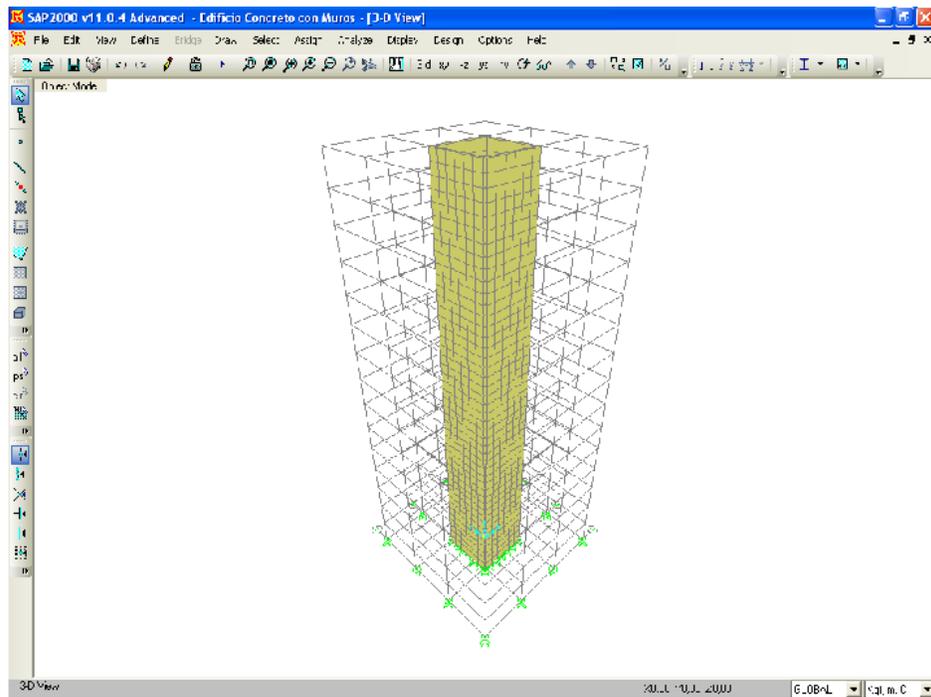
- C. Se seleccionarán las cuatro vigas y se usará el comando **Edit** → **Edit Lines** → **Divide Frames**. Esta opción divide los elementos en un número de partes iguales. En este caso, se quiere dividir estos elementos en seis de un metro cada uno. Al hacer clic en la opción antes mencionada aparecerá la siguiente ventana.



- D. Obtenidas las divisiones, se seleccionarán todas las líneas generadas por estas divisiones para convertirlas en áreas, buscando en el menú **Edit** → **Extrude** → **Extrude Lines to Areas**. Al hacer clic aquí se obtendrá la siguiente ventana.



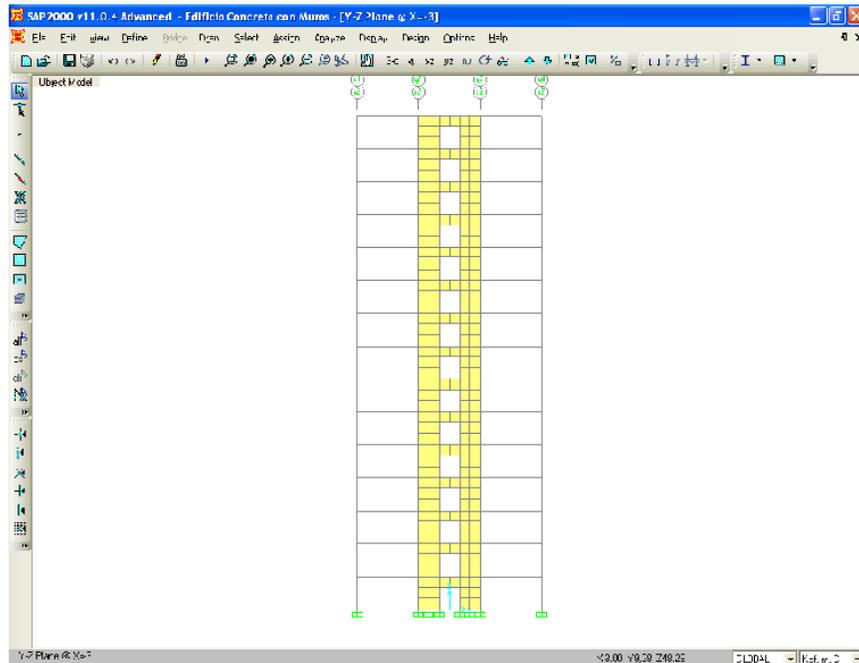
Se quiere que las losas estén a cada metro, por lo que serán 3 por piso y 45 en todo el edificio.



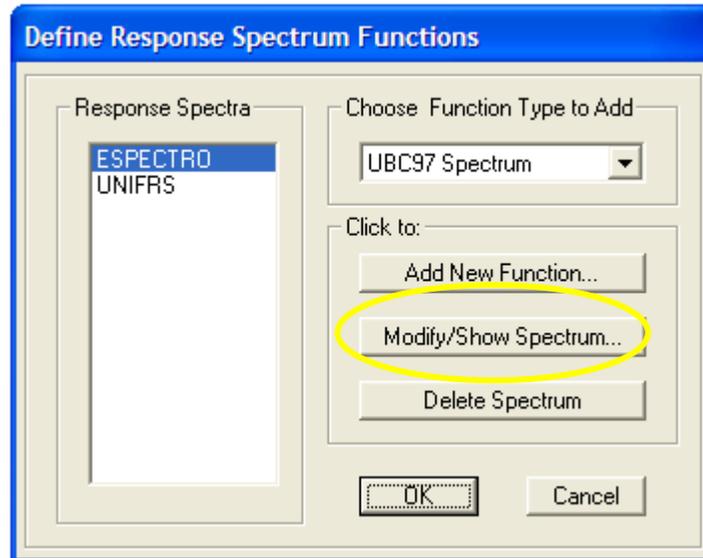
Es importante recordar que esto se está realizando en la estructura realizada anteriormente, por lo que se deben eliminar las vigas que se encuentran donde está ahora el muro, así como las columnas. Igualmente, se deben eliminar las losas de piso que quedan obstruyendo el paso del ascensor y las vigas auxiliares con las que se formó el muro.

Después de ser eliminadas las vigas auxiliares, se deben seleccionar todos los nodos del muro y empotrarlos. Esto se realiza en **Assing** → **Joints** → **Restraints**.

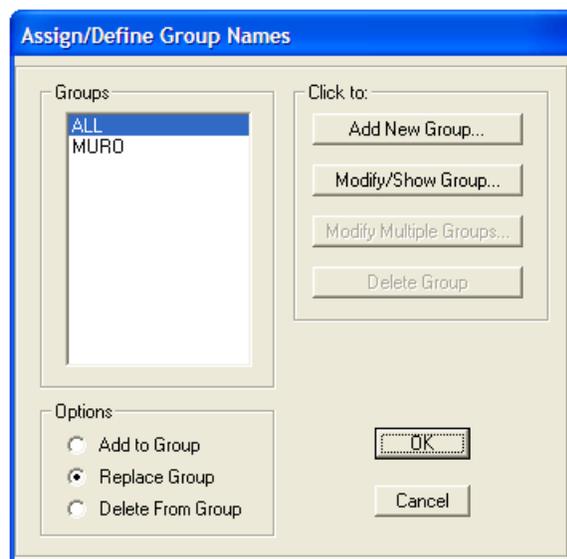
Como los muros son en C porque se debe dejar espacio para las puertas del ascensor, se selecciona en una de las caras del muro las dos losas centrales y las que tiene inmediatamente arriba de cada piso y se eliminan. Este espacio estará destinado a las puertas del ascensor. Las losas que queden por encima del espacio creado se denominan dinteles y su función es consolidar el muro en esa dirección. Esta misma acción se repetirá para el muro paralelo.



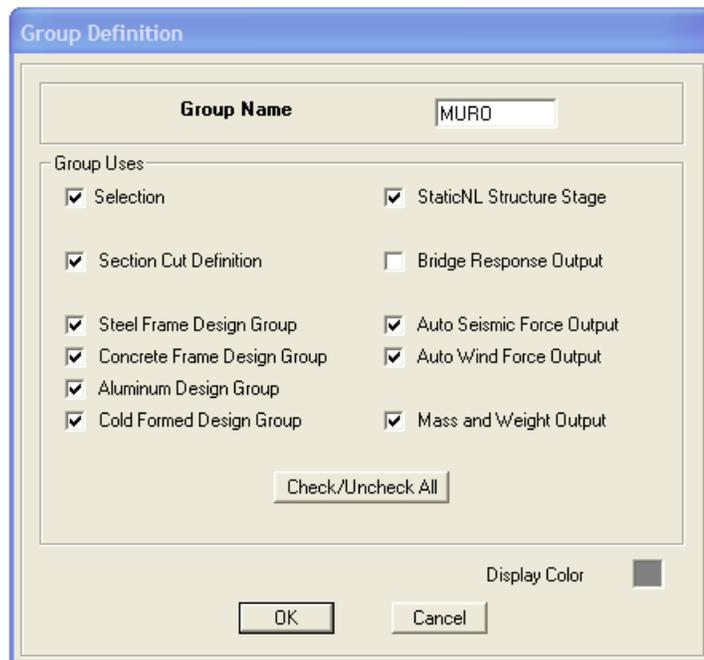
E. Se debe modificar el espectro de diseño, ya que la edificación ahora corresponde a una estructura Tipo III, según lo planteado en el capítulo 6 sección 6.3.1 de la norma Sísmica Venezolana Covenin 1756-1:2001 para “Edificaciones Sismorresistentes”. La clasificación del sistema estructural cambia de Tipo I a Tipo III, por tener muros estructurales de concreto armado. El factor de reducción de respuesta cambia a 4,5. Para realizar esta modificación se debe entrar en **Define** → **Function** → **Response Spectrum** y hacer clic en **Modif./Show Spectrum**. Siguiendo el paso 8 de este ejemplo se introduce el nuevo espectro.



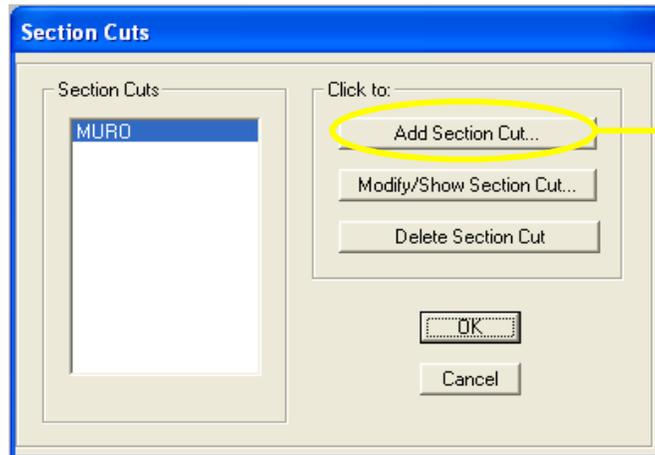
- F. Para poder realizar el paso siguiente se debe asignar un grupo al muro de corte. Se seleccionan las áreas del muro y sus empotramientos, de las cuales se quiere obtener sus fuerzas actuantes. En este caso será una sola de las C del muro de corte, ya que la otra tendrá los mismos valores. Luego, se debe ir a **Assing** → **Assing to Group** → **Add New Group**.



En esta ventana se coloca el nombre del grupo en **Group Name**. En este ejemplo es MURO.

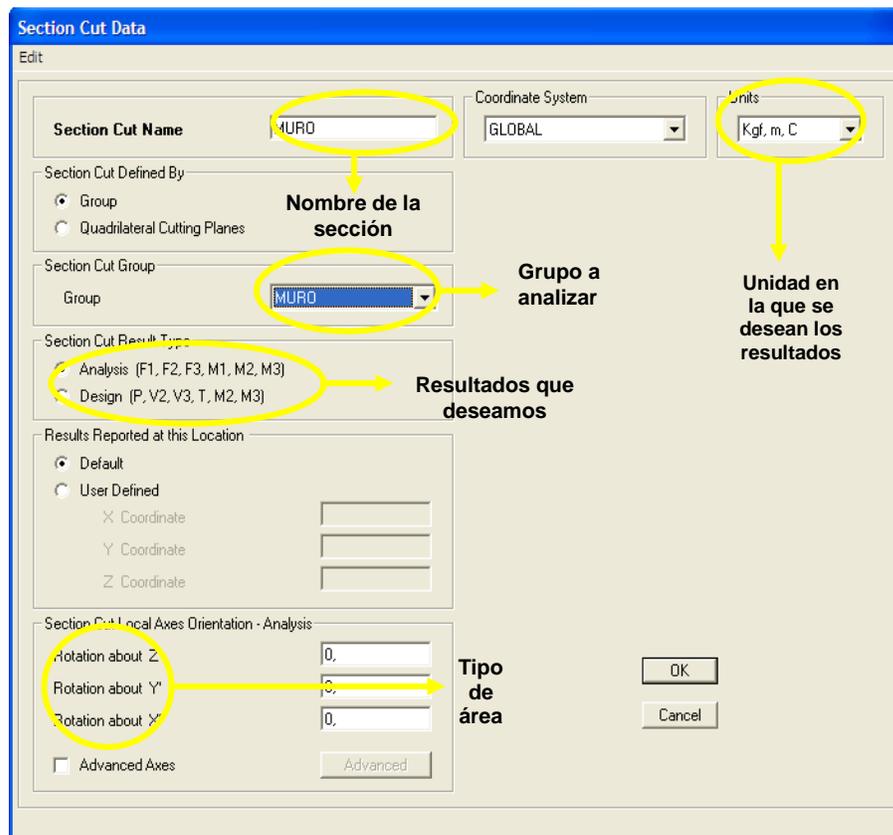


G. Para obtener los valores de corte sobre el muro se debe ir a **Define** → **Section Cuts**, al hacer esto se hace clic en **Add Section Cut**



Haciendo clic aquí se define la sección.

Aquí se indica la sección y resultados que se desean.



Nombre de la sección

Grupo a analizar

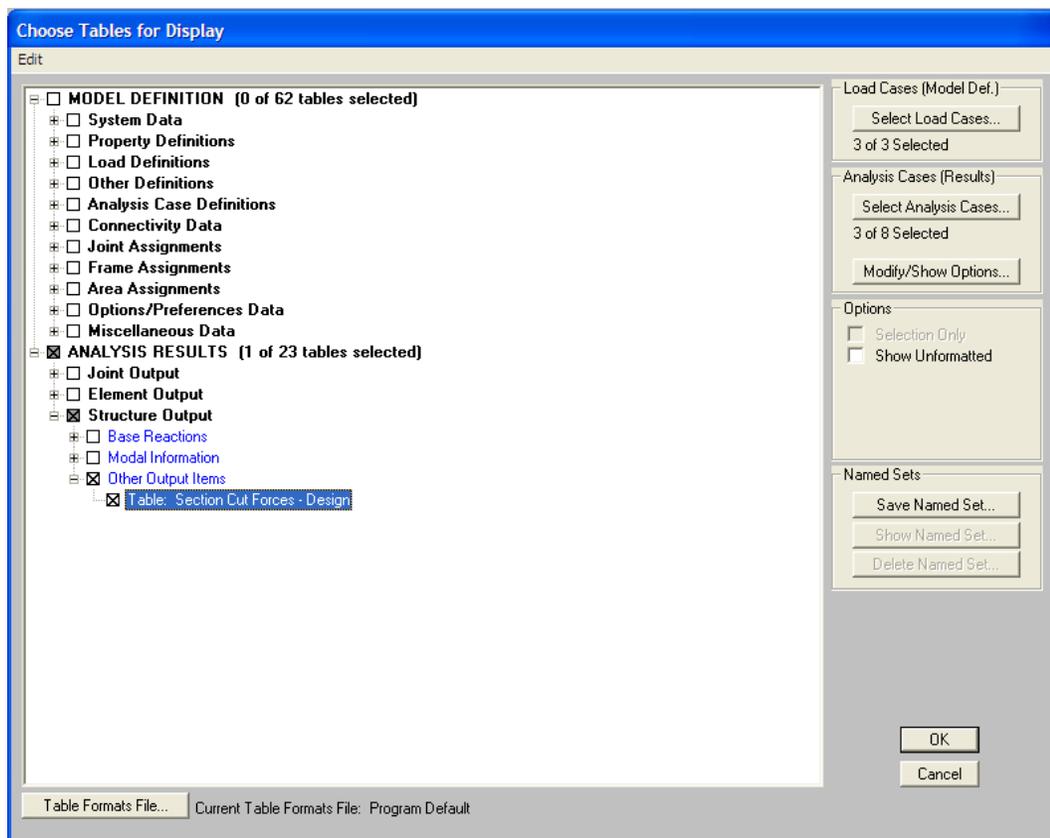
Unidad en la que se desean los resultados

Resultados que deseamos

Tipo de área

H. Luego de la corrida se irá a **Display** → **Show Table**, como se realizó en el paso 18 del ejercicio, sólo que esta vez, además de chequear lo que se hace en ese paso se buscará **ANALYSIS RESULTS** → **Structure Output** → **Other Output Items** → **Table: Section Cut Forces – Desing**, donde saldrá la tabla con los resultados del análisis del muro.

Con el **Section Cut** realizado se logra conocer el momento global a nivel de la base en el muro.



Section Cut Forces - Design

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Section Cut Forces - Design

OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	P Ton	V2 Ton	V3 Ton	M1 Ton-m	M2 Ton-m	M3 Ton-m
DEAD	LinStatic		-19,222	1,074E-14	-1,774E-14	1,67E-14	2,79595	-2,731E-14
CV	LinStatic		-9,611	4,547E-16	-8,868E-15	5,535E-15	1,39798	-4,366E-14
SISMO	LinRespSpec	Max	-9,39E-14	-9,39E-14	-1,914E-14	0,000000000138	6,86E-14	-2,303E-13

Caso de Análisis (indicated by a yellow arrow pointing to the CaseType column)

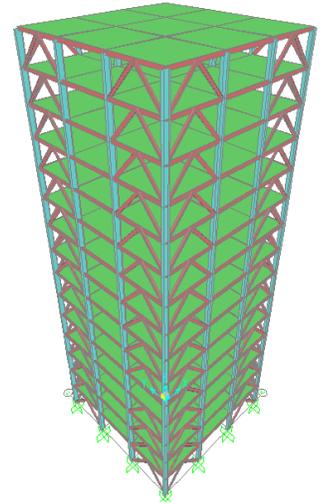
Valores de Diseño (indicated by a yellow arrow pointing to the StepType column)

Record: 1 of 3 Add Tables... Done

III.2 Ejemplo 5

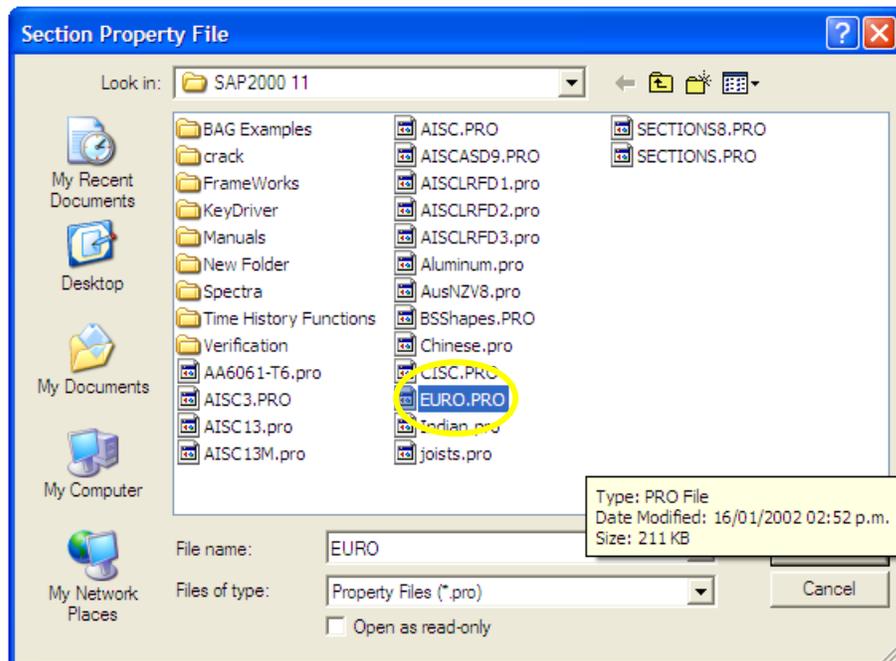
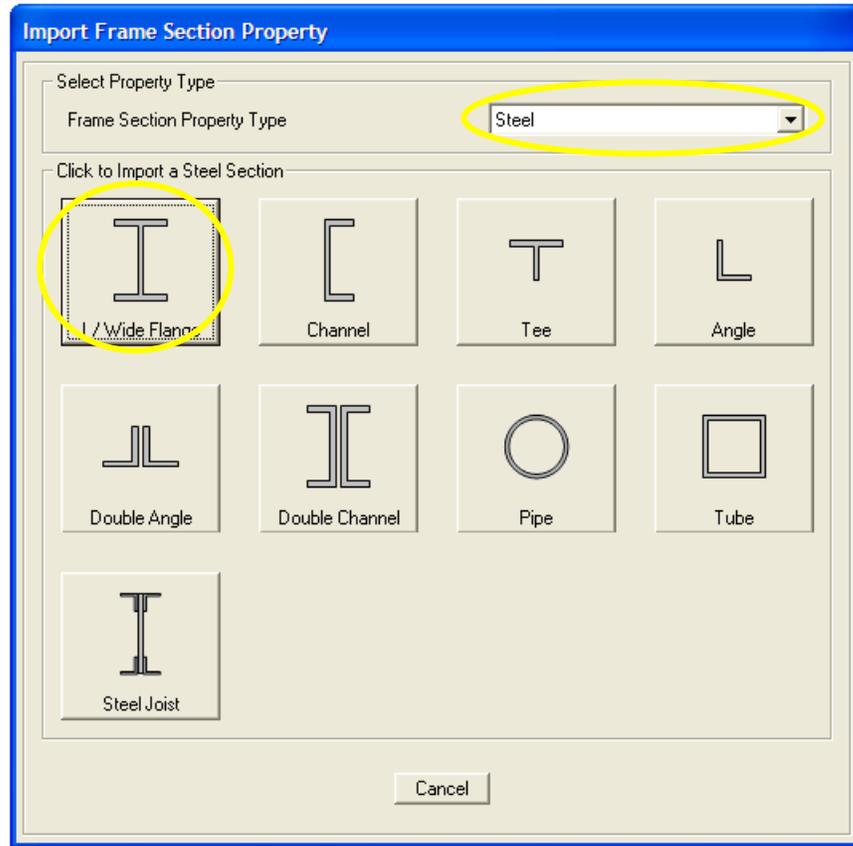
Análisis y diseño sismorresistente de una estructura de Acero.

- Edificio simétrico de 4 columnas en ambos ejes con una distancia entre ellas de 6 metros.
- Número de pisos: 15
- Altura entre pisos: 3m
- Columnas HEB 200, Vigas IPE220 y Correas IPE 160.

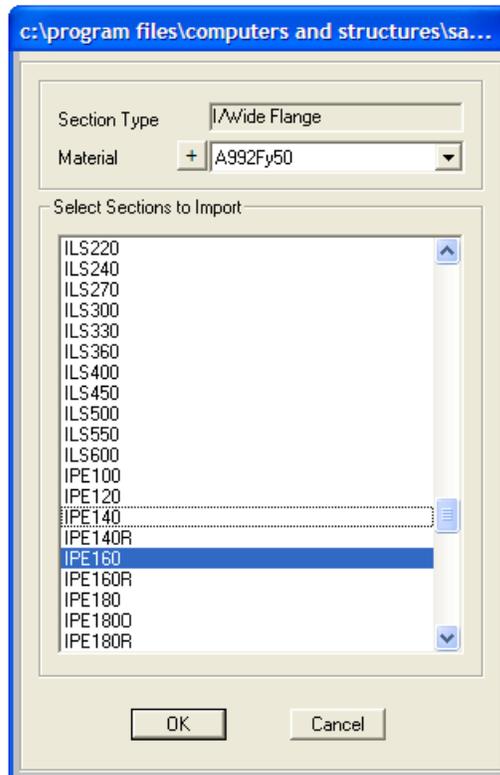


Solución:

9. Selección de unidades. Ver paso 1 del ejemplo 4.
10. **File menú** → **New model**. Ver paso 2 del ejemplo 4.
11. Definición de la estructura. Ver paso 3 del ejemplo 4.
12. **Define** → **Materials...** Ver paso 4 del ejemplo 4. Seleccionar acero como material para este ejemplo.
13. **Define** → **Frame Sections...** seleccionar **Import New Property** e indicar Frame Section Property Type, Steel (Acero). Luego escoger el tipo de sección, en este caso será secciones doble T. Al hacer clic en la opción tipo doble T, se tendrán que importar las secciones, estas se encuentran en un archivo .TXT. Estas secciones varían dependiendo del sitio de fabricación en este caso son secciones europeas.



Seleccionar los perfiles especificados.



14. Define → **Area Sections** Ver paso 6 del ejemplo 4.

15. Define → **Load Cases...** Ver paso 7 del ejemplo 4.

16. Define → **Funtions** → **Response Spectrum..** Ver paso 8 del ejemplo 4.
4. Recordar que el material a utilizar en este ejemplo es acero

17. Define → **Análisis Cases...** Ver paso 9 del ejemplo 4.

18. Define → **Mass Source...** Ver paso 10 del ejemplo 4.

19. Menú Draw Ver paso 11 del ejemplo 4, tener en consideración que las secciones corresponden a columnas HEB 200 y vigas IPE220.

20. Asignación de las Cargas a la Estructura. Ver paso 12 del ejemplo 4.

21. Menu Assign → **Area** → **Automatic Area Mesh...** Ver paso 13 del ejemplo 4.

22. Diafragma Rígido. Ver paso 14 del ejemplo 4.

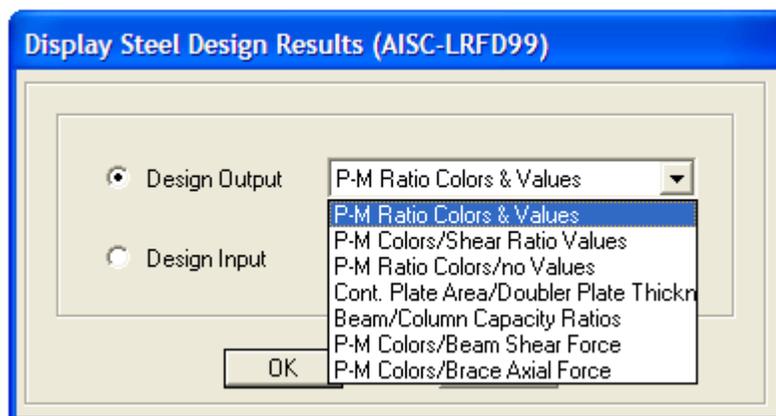
23. Define → **Combinations...** Se sigue el mismo paso 15 del ejemplo 4, pero al seleccionar **Default Design Combos...**, se indica **Steel Frame Desing.**

24. Antes de la corrida, se debe elegir bajo que norma se va a regir el diseño. Esto se hace en **Options** → **Preferences** → **Steel Frame Dising.** En esta se selecciona **Desing Code** y la norma utilizada en Venezuela, que en este caso es la **AISC-LRFD99**. Para que la estructura sea un nivel de diseño 3 se indica en **Framing Type** la opción SMF (Special Moment Frame). Se debe aplicar la Norma Venezolana Covenin 1618:1998 “Estructuras de Acero para Edificaciones. Método de los estados Límites” en el capítulo 18 sección 18.2.1 para cambiar el valor de **Demand/Capacity Ratio Limit** de 0,95 a 1 y así satisfacer con las fórmulas de iteración N-M allí mostradas. Este debe ser un valor ≤ 1.0 .

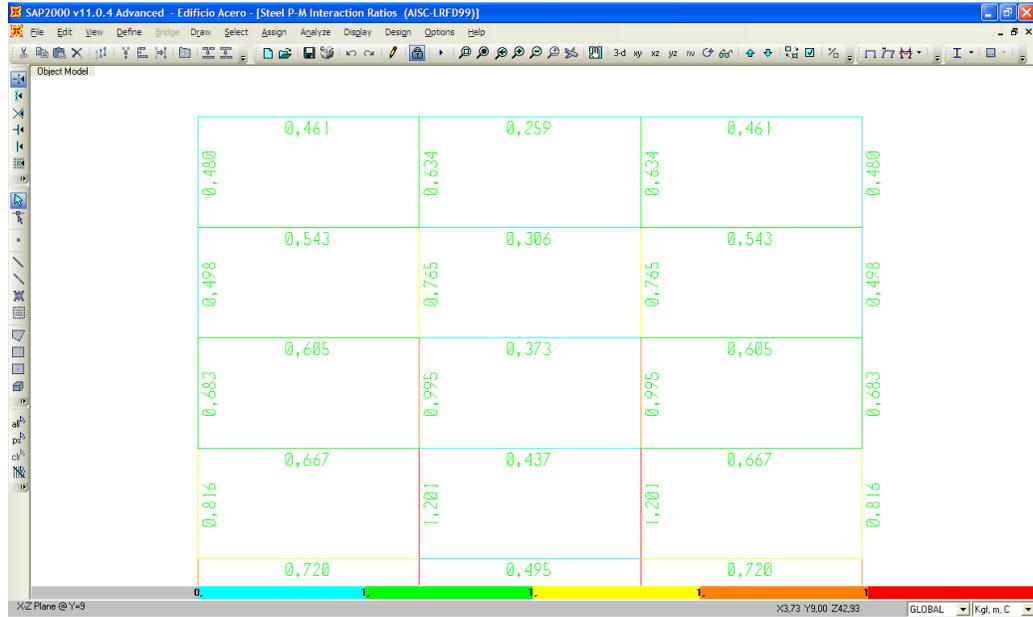
25. Se realiza la Corrida. Ver paso 17 del ejemplo 4.

26. Para considerar que la corrida es óptima se debe verificar el paso 18 del ejemplo 4.

27. Tal y como se verificó en el paso 19 del ejemplo 4, se verifica la estructura en **Desing** → **Steel Frame Desing** → **Start Desing/ Check of Structure**. Aparecerá la estructura con el diseño de colores mencionado en ese mismo paso. Para ver los valores de diseño se busca en **Desing** → **Steal Frame Desing** → **Display Desing Info** y se selecciona en **Desing Output** la opción **P-M Ratio Colors & Values**.



Al hacer esto se muestra en pantalla las secciones con el valor obtenido de las ecuaciones de diseño que se encuentran en la Norma Venezolana Covenin 1618:1998 “Estructuras de Acero para Edificaciones. Método de los Estados Límites” Capítulo 18 Sección 18.2.1.



A su vez se podrá hacer clic con el botón derecho sobre cualquier elemento para obtener la tabla con los valores que actúan sobre este.

Steel Stress Check Information (AISC-LRF99)

Frame ID: 60 Analysis Section: HE600B
 Design Code: AISC-LRF99 Design Section: HE600B

COMBO ID	STATION LOC	----MOMENT RATIO	INTERACTION CHECK =	AXL + B-MAJ + B-MIN	MAJ-SHR RATIO	MIN-SHR RATIO
UDSTL2	150,00	0,069 (C)	=	0,025 + 0,018 + 0,025	0,057	0,024
UDSTL2	300,00	0,385 (C)	=	0,024 + 0,093 + 0,268	0,057	0,024
UDSTL3	0,00	0,299 (C)	=	0,026 + 0,056 + 0,217	0,057	0,024
UDSTL3	150,00	0,069 (C)	=	0,025 + 0,018 + 0,025	0,057	0,024
UDSTL3	300,00	0,385 (C)	=	0,024 + 0,093 + 0,268	0,057	0,024
UDSTL4	0,00	0,224 (C)	=	0,019 + 0,042 + 0,163	0,043	0,018
UDSTL4	150,00	0,052 (C)	=	0,019 + 0,014 + 0,019	0,043	0,018
UDSTL4	300,00	0,289 (C)	=	0,018 + 0,070 + 0,201	0,043	0,018

Strength
 Deflection

Stylesheet: Default

Los valores indicados en la presente tabla representan la ecuación de iteración mencionada anteriormente lo siguiente:

RATIO → Resultado de la ecuación.

AXL → Cociente de la fuerza axial.

B-MAJ → Cociente de los Momentos en X.

B-MIN → Cociente de los momentos en Y

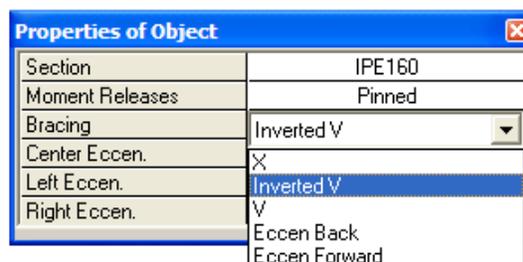
Igual que en el ejercicio 4, se requiere disminuir corte en columnas.

Se debe arriostrar la estructura en caso que se requiera disminuir el corte en las columnas o que el control de desplazamientos no cumpla con el valor límite.

Se arriostra en los extremos de cada cara del edificio con correas tipo V invertida.

Pasos para el arriostramiento:

- A. Se hace clic en el botón  donde se indica en la siguiente ventana que tipo de arriostramiento y sección se desea utilizar.

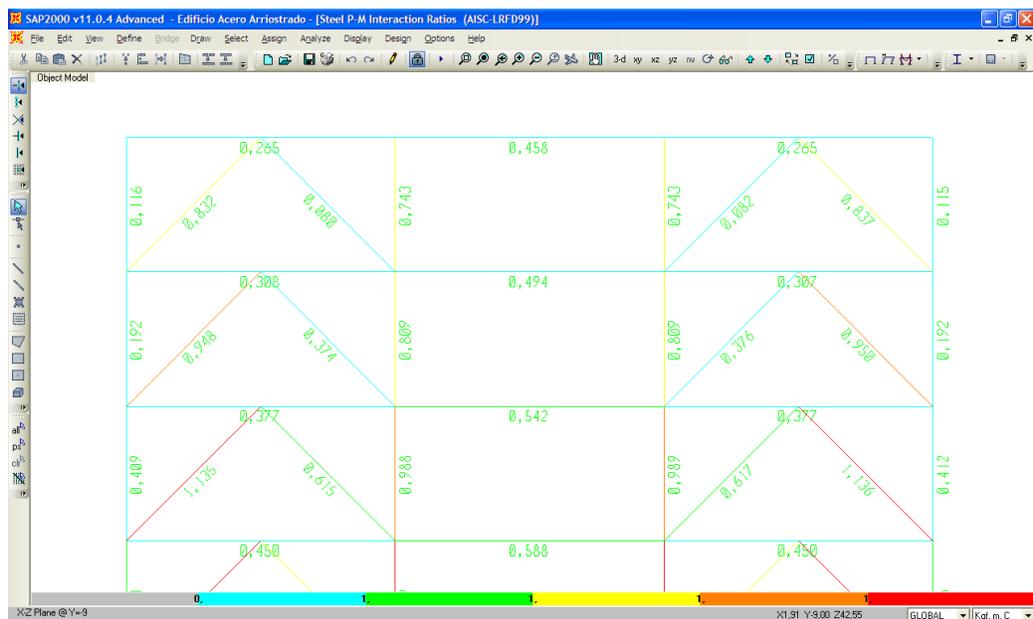


Haciendo clic sobre el área donde se colocará el arriostramiento aparecerá automáticamente éste.

- B. Se debe de indicar que los extremos de los arriostramientos están articulados a la estructura. Para ello se seleccionan todos estos y se sigue el paso 5 del ejemplo 2. Se debe restringir los momentos 22 y 33 en ambos extremos y la torsión en uno de sus extremos, es indiferente el extremo que se desee indicar.

- C. Es importante recordar que el espectro cambia por ser una estructura aperturada. Seguir con el paso 8 del ejemplo 4. Aplicando la Norma Venezolana Covenin 1756–1:2001 “Edificaciones Sismorresistentes” capítulo 6 sección 6.3.1 la estructura es TIPO III con un factor de reducción de respuesta igual a 4, valor dado en la tabla 6.4, aplicada en concordancia con la sección 6.2.2.

- D. Se repite el paso 19 de este ejemplo y se comprueba que los valores de corte en los elementos disminuyen.



Steel Stress Check Information (AISC-LRFD99)

Frame ID: Analysis Section:
 Design Code: Design Section:

COMBO ID	STATION LOC	----MOMENT INTERACTION CHECK-----	MAJ-SHR	MIN-SHR
ID	LOC	RATIO = AXL + B-MAJ + B-MIN	RATIO	RATIO
UDSTL1	1,50	0,080 (C) = 0,047 + 0,006 + 0,027	0,022	0,044
UDSTL1	3,00	0,544 (C) = 0,046 + 0,034 + 0,464	0,022	0,044
UDSTL2	0,00	0,460 (C) = 0,045 + 0,021 + 0,394	0,021	0,042
UDSTL2	1,50	0,074 (C) = 0,044 + 0,006 + 0,025	0,021	0,042
UDSTL2	3,00	0,519 (C) = 0,043 + 0,032 + 0,444	0,021	0,042
UDSTL3	0,00	0,621 (C) = 0,066 + 0,053 + 0,502	0,062	0,054
UDSTL3	1,50	0,127 (C) = 0,065 + 0,028 + 0,034	0,062	0,054
UDSTL3	3,00	0,743 (C) = 0,064 + 0,109 + 0,570	0,062	0,054

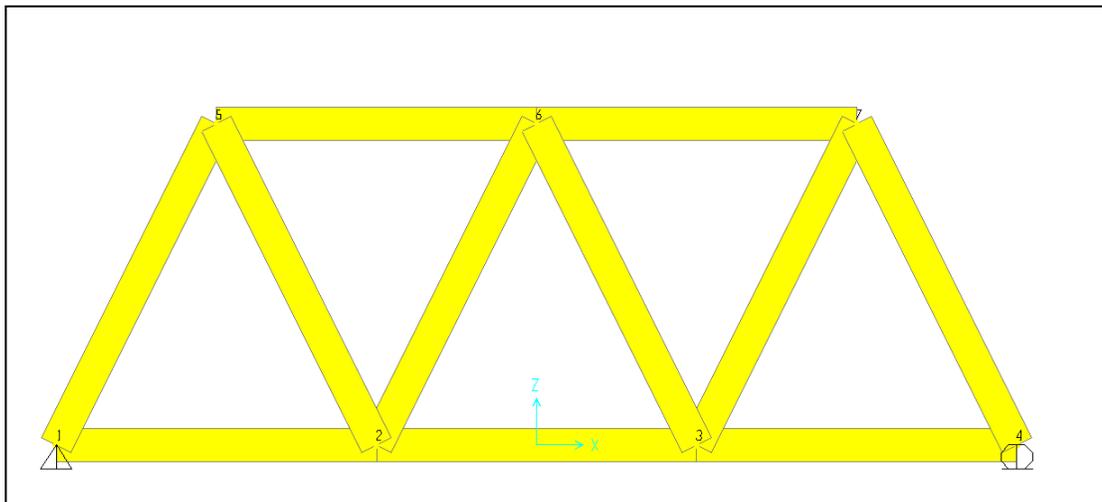
Strength Deflection Stylesheet: Default

CAPÍTULO IV

LÍNEAS DE INFLUENCIA PARA CARGAS MÓVILES

IV.1 Ejemplo 6:

Analizar la estructura aplicando líneas de influencia para cargas móviles.

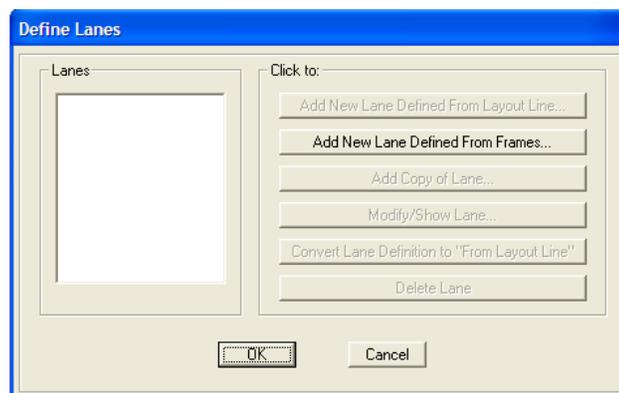


1. Selección de unidades: kgf, m, C. En la esquina inferior derecha como se indica en el ejemplo 1.
2. Hacer clic en **File menú** → **New model**. Este menú muestra una ventana con diferentes tipos de modelos. Para este ejemplo se tomó un modelo tipo **2D Trusses**.

3. Este paso hace referencia a las dimensiones del **Grid**, así como las longitudes. Estas últimas variarán según las especificaciones del ejemplo.
4. Seleccionar los elementos que pertenecen a la línea de influencia y hacer clic en **Define** → **Bridge Loads** y seguir las tres primeras asignaciones que indica esta opción: Lanes..., Vehicles... y Vehicle Classes.



- **Lanes...** En esta opción se deben asignar los elementos que serán sometidos a líneas de influencia.

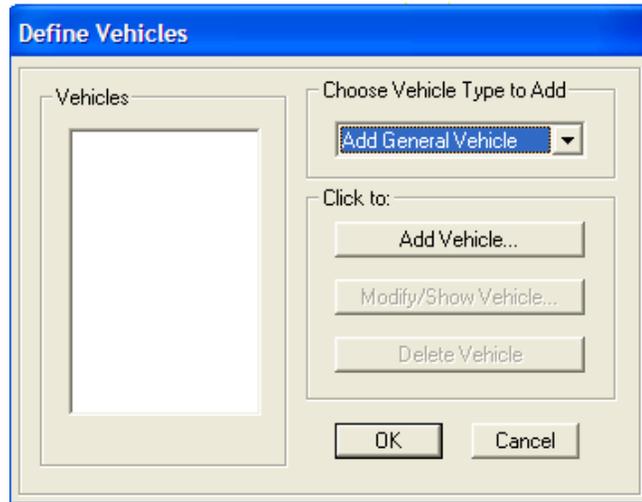


Hacer clic en **Add New Lane Defined From Frames...** donde aparece la siguiente ventana.

Frame	Centerline Offset	Lane Width
1	0	0
2	0	0
3	0	0

En la ventana mostrada se agregan el número de elementos que actúan bajo la línea de influencia, para este caso son los tres elementos inferiores. También se asigna el nombre de Línea de Influencia en **Lane Name**.

➤ **Vehicless...**



Se debe indicar en **Choose Vehicle Type to Add** la opción **Add General Vehicle** y luego hacer clic en **Add Vehicle**.

General Vehicle Data

Vehicle Name: CARGA

Floating Axle Loads

	Value	Width Type	Axle Width
For Lane Moments	0.	One Point	
For Other Responses	0.	One Point	

Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

Usage

Lane Negative Moments at Supports
 Interior Vertical Support Forces
 All other Responses

Min Dist Allowed From Axle Load

Lane Exterior Edge: 0.3048
Lane Interior Edge: 0.6096

Miscellaneous Parameters

Use BD 37/01 (2002) for Uniform Load Length Effects
 Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only
Straddle Reduction Factor: _____

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		0.	Zero Width		1000.	One Point	
Leading Load	Infinite		0.	Zero Width		1000.	One Point	

Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)

Units: Kgf, m, C

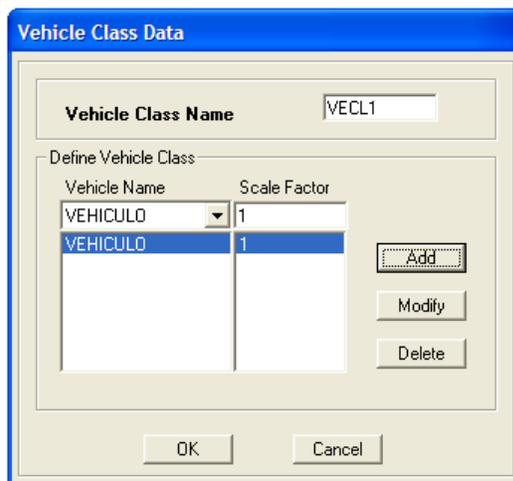
En la presente ventana se asigna el nombre a la carga en **Vehicle Name** y se agrega la carga en **Axle Load**. Para este ejemplo se

empleo una carga de 1000 Kgf. También se debe indicar en **Load Length Type** la opción **Leading Load**.

- **Vehicle Classes...** Es esta opción se indicará el factor de escala.



Al presionar **Add New Class...** en la ventana anterior y aparece la siguiente ventana.



Se debe agregar el factor de escala al vehículo e indicar su nombre en **Vehicle Class Name**.

5. **Define** → **Analysis Cases...** Hacer clic en **Add New Case...** para agregar un nuevo caso de carga.

Analysis Case Data - Moving Load

Analysis Case Name: ACASE1 [Set Def Name] [Modify/Show...]

Analysis Case Type: Moving Load

Stiffness to Use:
 Zero Initial Conditions - Unstressed State
 Stiffness at End of Nonlinear Case [v]
Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

MultiLane Scale Factors:
Number of Lanes Loaded: 1
Reduction Scale Factor: 1
[Modify]

Loads Applied:

Assign Number	Vehicle Class	Scale Factor	Min Loaded Lanes	Max Loaded Lanes	Lanes Loaded
1	CLASE	1.	0	0	All

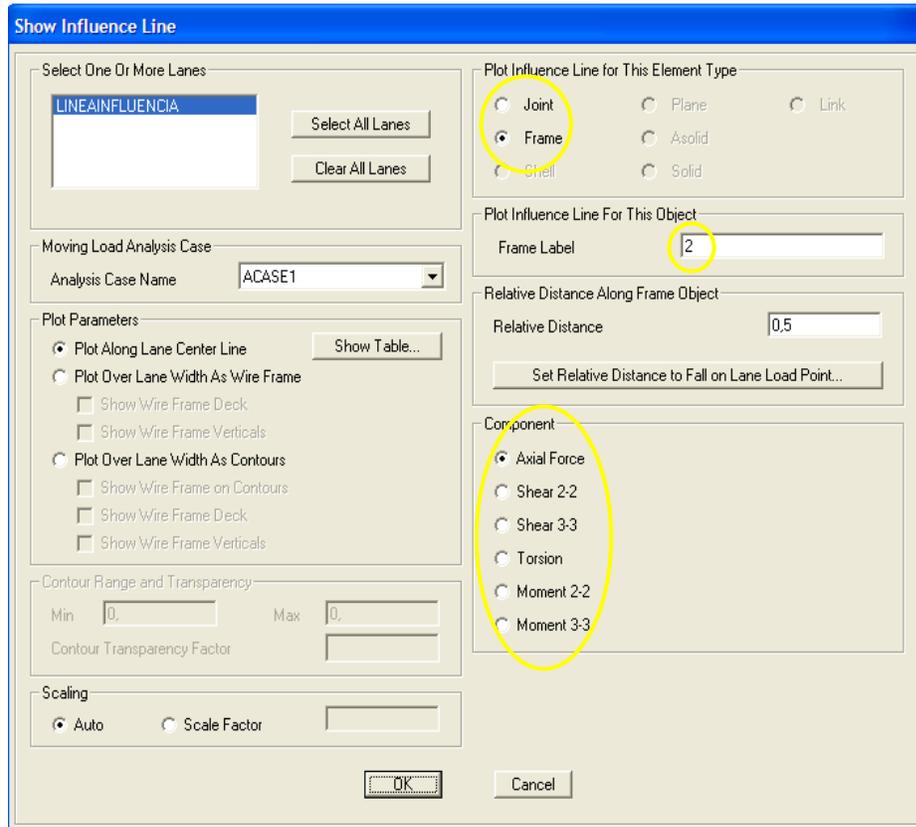
[Add] [Modify] [Delete]

Lanes Loaded for Assignment 1:
List of Defined Lanes: []
Selected Lanes: LINEAINFLUEN
[Add >] [< Remove]

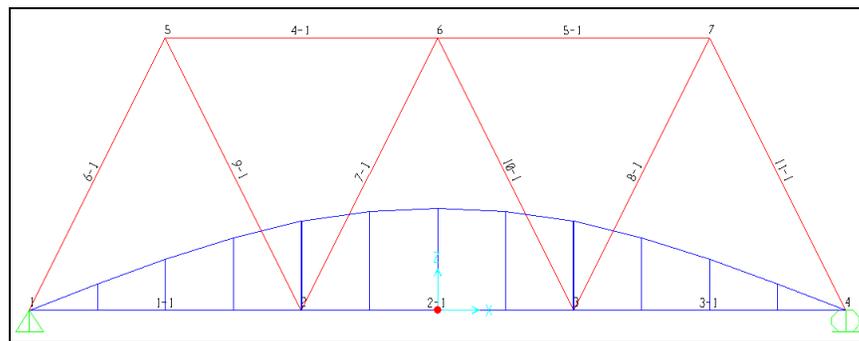
[OK] [Cancel]

En esta ventana se debe seleccionar en **Analysis Case Type** la opción **Moving Load** y agregar una clase de vehículo en **Vehicle Class**. Se puede chequear en esta misma ventana los parámetros anteriormente señalados.

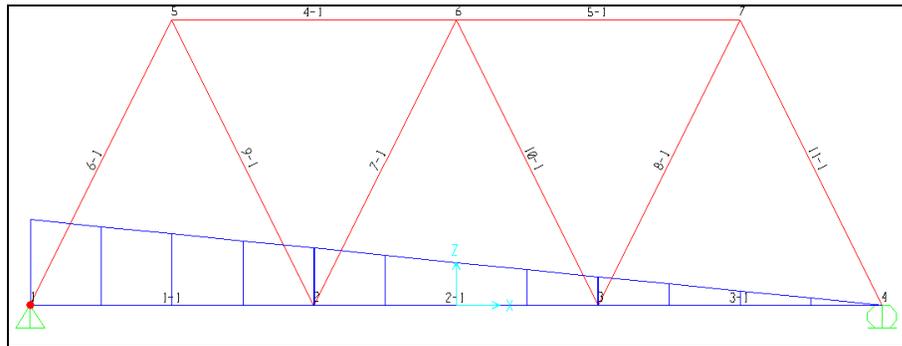
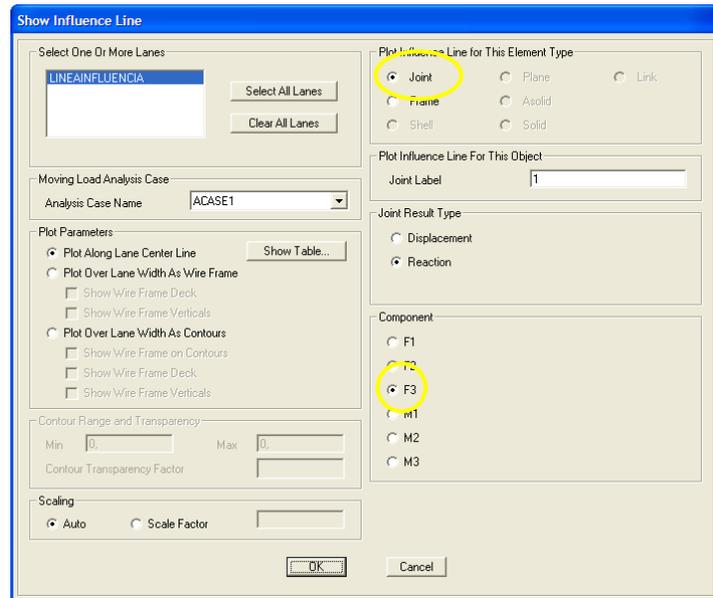
6. Hacer clic en  de la barra menú, para analizar la estructura.
7. Luego de realizar la corrida, hacer clic en **Display** → **Show influence Lines/Surfaces...** donde aparece la siguiente ventana.



En la ventana mostrada se puede indicar el elemento y la componente que se desea, para así observar como influye la carga sobre éste a lo largo de la línea de influencia. Para este ejemplo, se indica la barra número 2 y la componente de la fuerza.



También puede seleccionarse un nodo y la componente para éste.



CAPÍTULO V

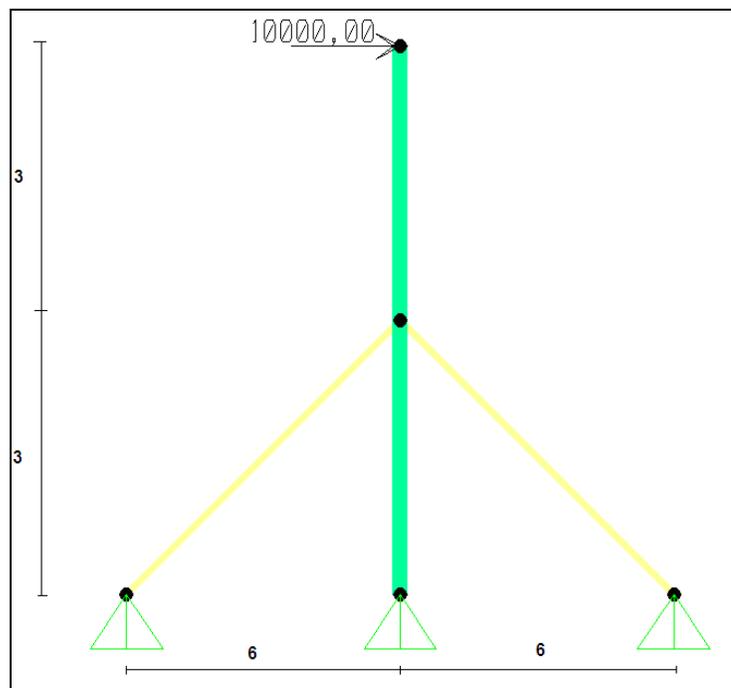
MODELAJE DE ELEMENTO TIPO CABLE, COMPORTAMIENTO NO LINEAL.

V.1 Ejemplo 7:

Modelar un elemento tipo cable, comportamiento no lineal.

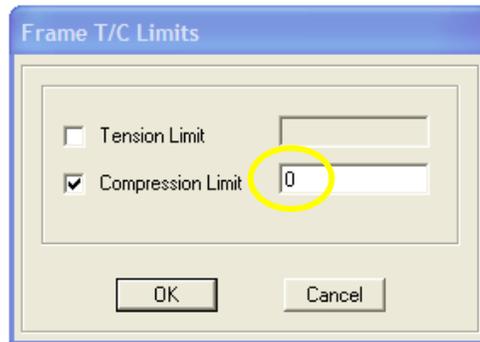
TUBO-D159X4 para el poste de 6m de altura.

TUBO-D82.5X3.2 para los cables.



28. Selección de unidades: kgf, m, C. En la esquina inferior derecha como se indica en el ejemplo 1.

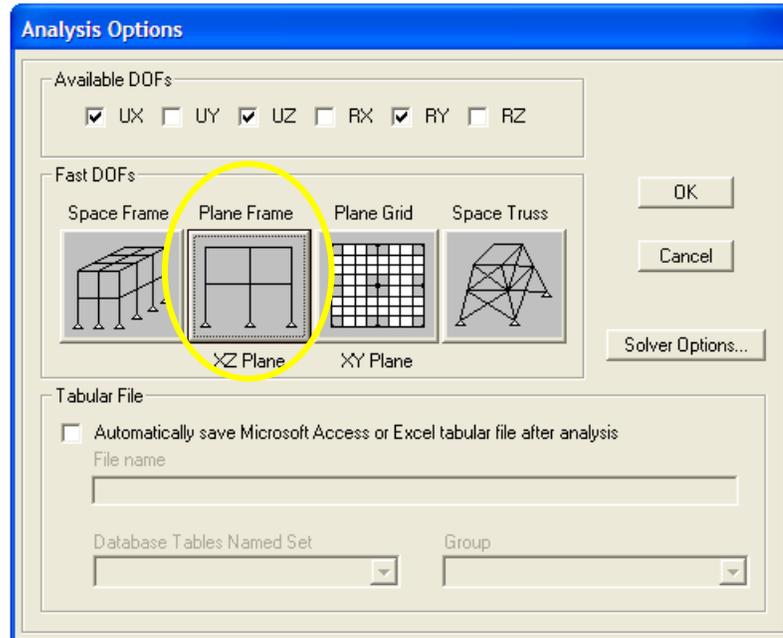
- 29.** Hacer click en **File menú** → **New model**. Este menú muestra una ventana con diferentes tipos de modelos. Para este ejemplo se tomo un modelo tipo **Grid Only**.
- 30.** Este paso hace referencia a las dimensiones del **Grid**, así como las longitudes. Estas últimas variarán según las especificaciones del ejemplo.
- 31.** En la barra de menú principal se selecciona **Define** → **Materials...** Aquí se definirá el material con el que se va a trabajar. Ver paso 4 del ejemplo 4. En este ejemplo se trabajo con acero (steel).
- 32.** **Define** → **Frame Sections...** seleccionar **Import New Property** e indicar en **Frame Section Property Type**, Steel (Acero). Luego, escoger el tipo de sección, que en este caso será una sección tipo **Pipe**. Al hacer clic en la opción **Pipe**, se tendrán que importar las secciones, encontradas en un archivo .TXT. Estas secciones varían dependiendo del sitio de fabricación y en este caso son secciones europeas. En este ejemplo, se trabaja con TUBO-D159X4 para el poste y TUBO-D82.5X3.2 para los cables.
- 33.** Dibujar el poste y los cables. Ver paso 11 ejemplo 4. Se debe cambiar en la opción **Section** el tipo de tubo, recordar que la sección del poste es mayor que la de los cables.
- 34.** Los elementos tipo cable deben trabajar solo a tracción. Para ello, se debe indicar que la compresión es igual a cero, esto se realiza en **Assing** → **Frame** → **Tension/Compresión Limits**, colocando que la compresión es igual a cero.



35. Indicar donde se desea colocar articulación y seleccionar la opción **Assign** → **Joint** → **Restraints**. Las articulaciones deben ir en la parte inferior del poste y los cables.

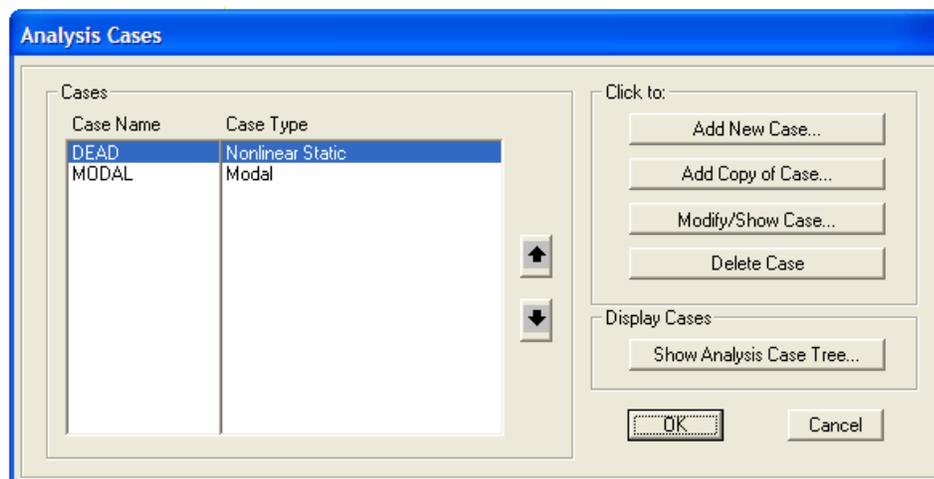
36. Para colocar la fuerza aplicada en el poste, se debe indicar éste en el extremo superior y seleccionar **Assign** → **Joint Loads** → **Forces**. Ver paso 6 del ejemplo 1.

37. Para que el programa reconozca que la estructura es estable fuera del plano en el que se encuentra, se debe hacer clic en **Analyze** → **Set Analysis Options ...** donde aparece la siguiente ventana.

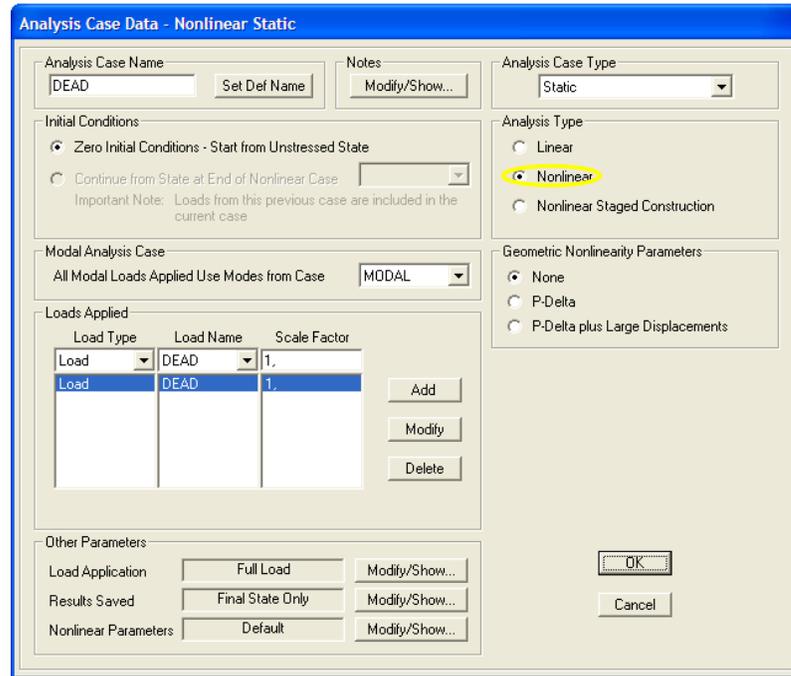


En esta ventana se debe seleccionar el caso **Plane Frame XZ Plane**.

38. Indicar caso No Lineal en **Define** → **Análisis Cases**.



Seleccionar **Modify/Show Case...**

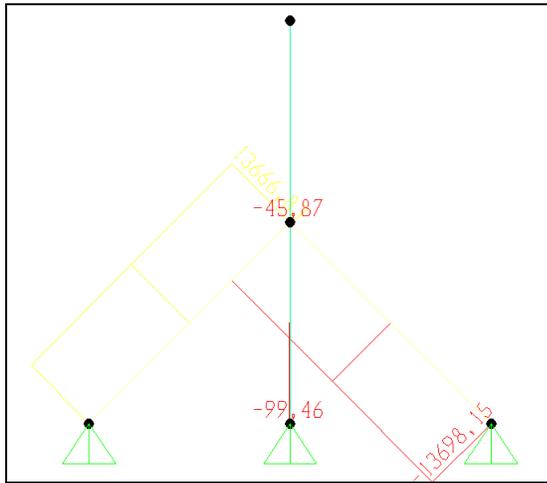


Indicar la opción no lineal en la ventana presentada.

39. Hacer clic en  de la barra menú, para analizar la estructura.

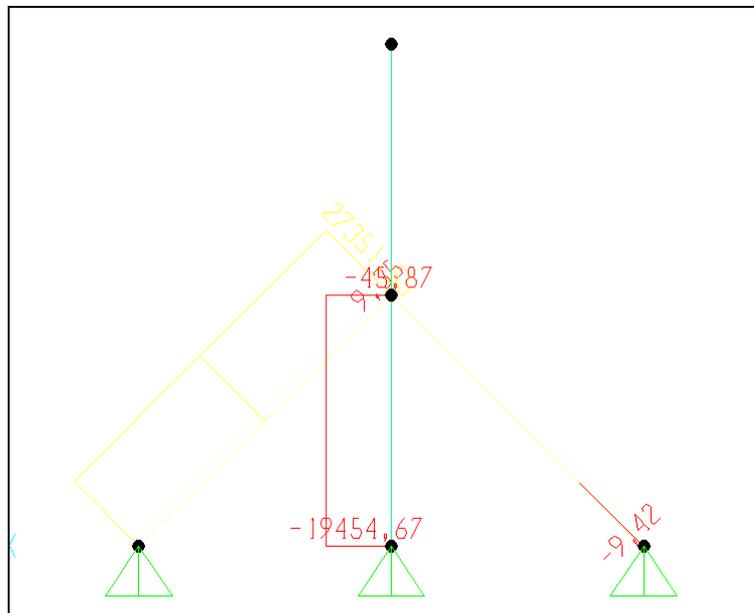
40. Este ejemplo se corre en caso lineal y no lineal para establecer diferencias entre ambos casos.

➤ **Caso Lineal**



Se observa que el caso lineal arroja valores inaceptables a compresión, ya que un elemento tipo cable sólo trabaja a tracción.

➤ **Caso No Lineal**



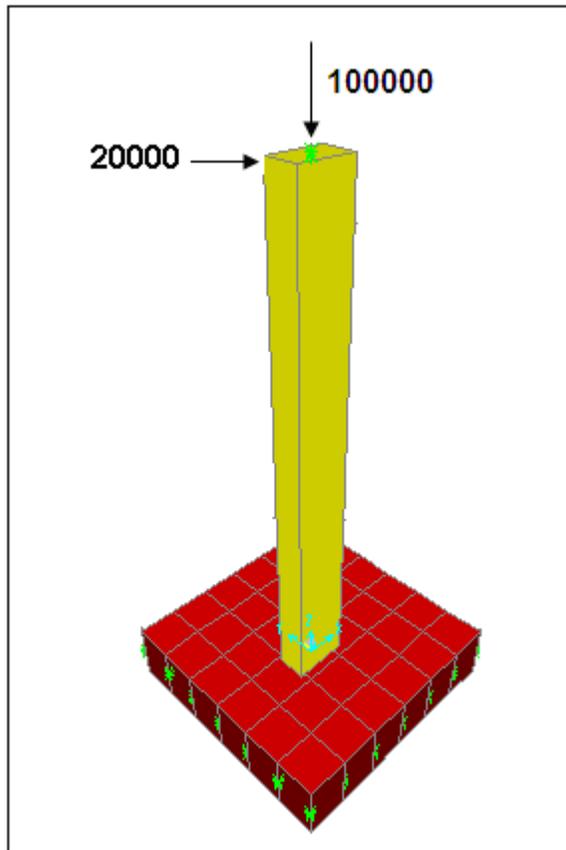
CAPÍTULO VI

MODELAJE CON ELEMENTOS FINITOS DE LOSAS, ESCALERAS, TANQUES Y FUNDACIONES.

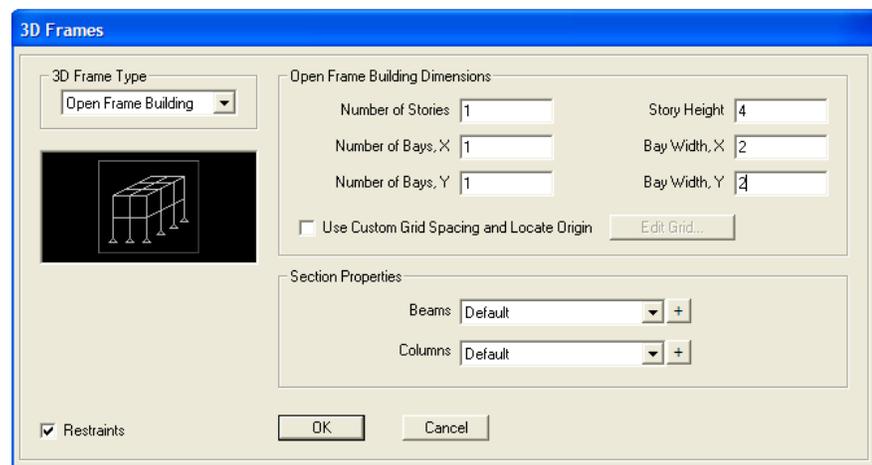
VI.1 Ejemplo 8:

Modelaje de una fundación tipo zapata mediante elementos finitos, empleando resortes en la base de la zapata para simular la acción del suelo sobre esta.

- Losa de dimensión 2 x 2m y un espesor de 0,5 m.
- Columna de sección rectangular de 0,3x0,30 m y 4 m de altura,



1. Selección de unidades. kgf, m, C, en la esquina inferior derecha como se indica en el ejemplo 1.
2. Hacer clic en **File menú** → **New model**. Este menú muestra una ventana con diferentes tipos de modelos; se debe seleccionar para este caso **3D Frames**.
3. Al seleccionar **3D Frames**, aparecerá una nueva ventana donde se colocan las longitudes, número y altura del grid a diseñar. Estas se definirán siguiendo el paso 3 del ejemplo 4.

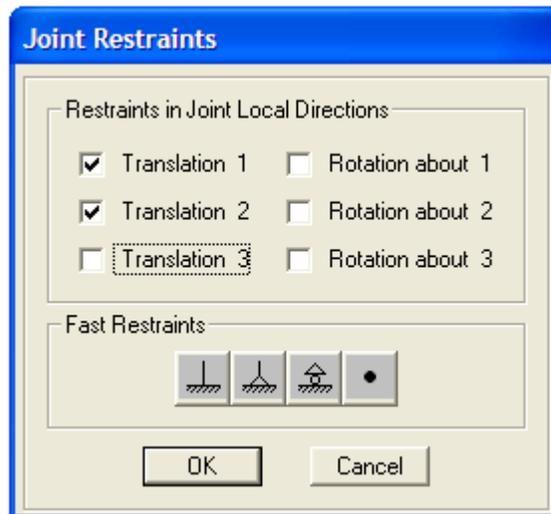


4. **Define** → **Frame Sections...** Al seguir el paso 5 del ejemplo 4 se podrá definir la columna a utilizar. Para este ejemplo, se utilizó una columna de sección cuadrada 30x30 cm.
5. **Define** → **Area Sections**. Aquí se define el área de la losa. Paso 6 del ejemplo 4. Para este ejemplo se tomó una losa tipo shell de 0,5 m de espesor de dos metros de ancho y dos metros de largo.

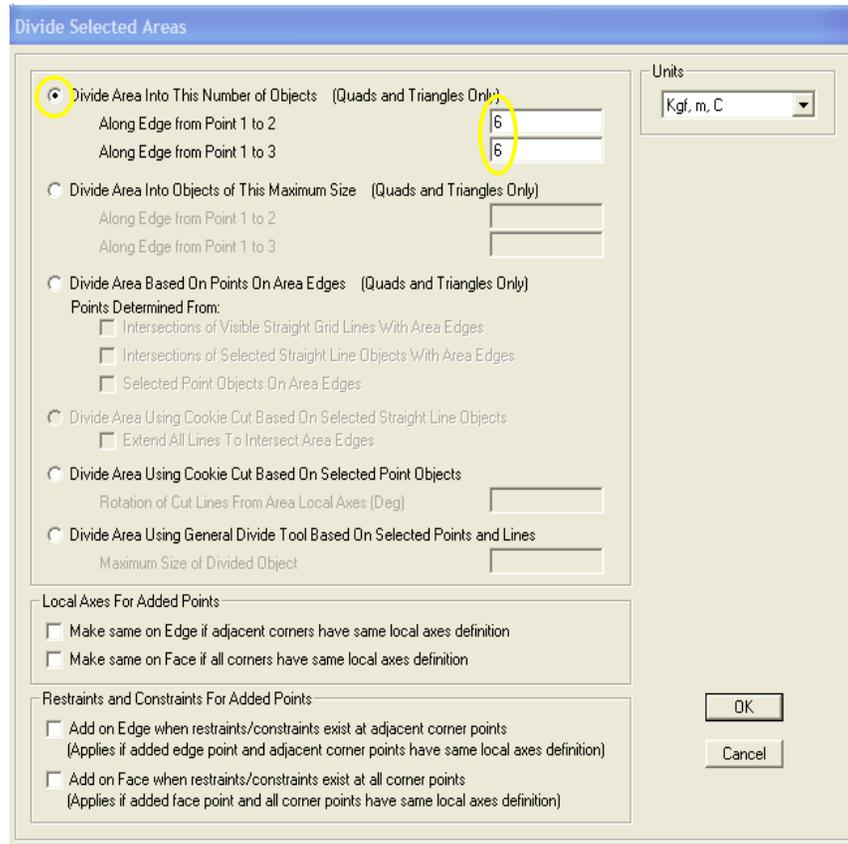
6. Luego, se procede a trazar el área de la losa y la columna mediante el menú **Draw**. Al seguir el paso 11 del ejemplo 4 se podrá dibujar la losa y la columna.
7. Al seleccionar el nodo superior de la columna y al hacer clic en **Assign** → **Joint Loads** → **Forces...** se asignaran las cargas que actúan.

The screenshot shows the 'Joint Forces' dialog box. The 'Load Case Name' is set to 'DEAD'. The 'Units' are set to 'Kgf. m, C'. The 'Coordinate System' is set to 'GLOBAL'. The 'Loads' section has the following values: Force Global X: 20000, Force Global Y: 0., Force Global Z: -100000, Moment about Global X: 0., Moment about Global Y: 0., and Moment about Global Z: 0. The 'Options' section has 'Replace Existing Loads' selected.

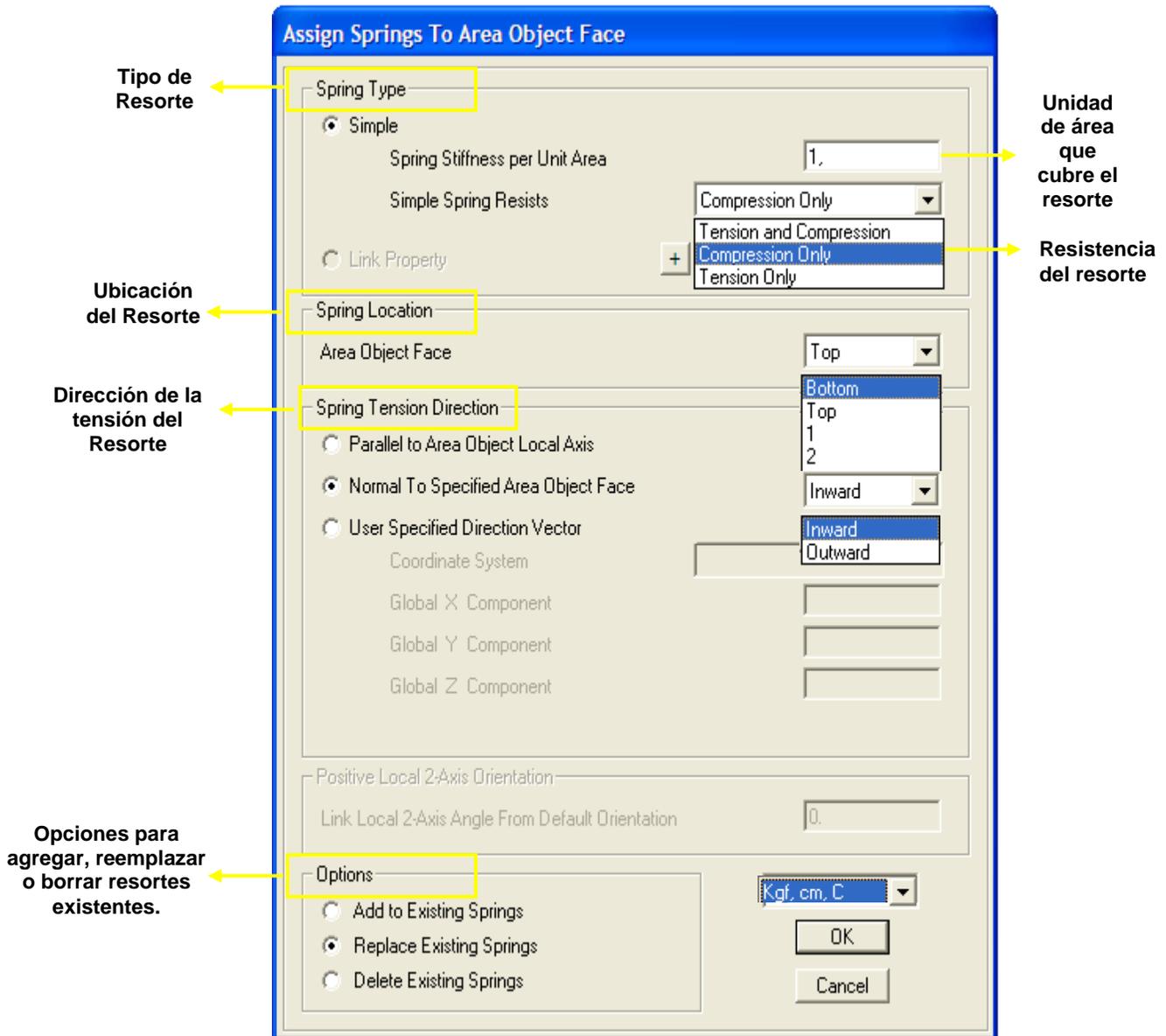
8. Se debe seleccionar la losa y hacer clic en **Assign** → **Joint** → **Restraints** para indicar la restricción de movimiento en el eje Z, porque se quiere simular el movimiento del suelo y éste sólo puede desplazarse en X y Y.



9. Se debe dividir el área de la losa en varias partes iguales, debido a que cada resorte actúa sobre cada área definida. Para ello, se debe seleccionar el área de la losa y utilizar la opción del menú **Edit** → **Edit Area** → **Divide Areas...** donde aparecerá la siguiente ventana y se indicará en la opción **Divide Area Into This Number of Objects** el número en que se desea dividir la losa. En este ejemplo se divide la losa en 6 partes iguales.



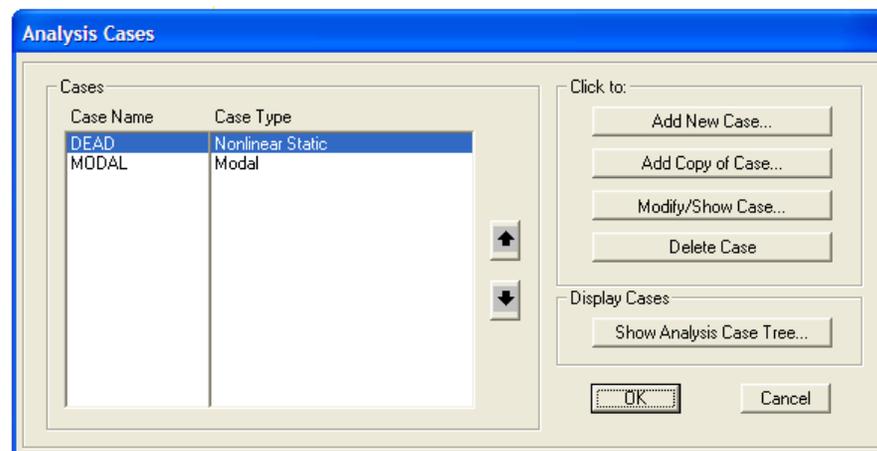
10. Assign → Area → Area springs. Esta opción se utiliza para indicar el uso de resortes. En este caso a la losa diseñada.



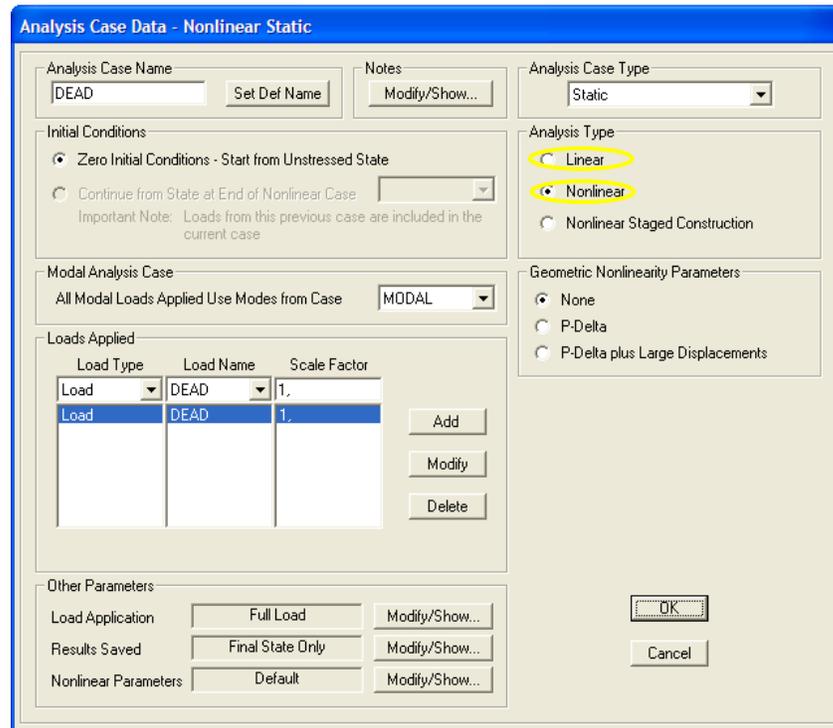
Es importante recalcar que se emplean resortes, porque estos simulan el efecto que origina el comportamiento del suelo sobre la losa. Por ello, se indica 1 como unidad de área que cubre el resorte y se selecciona la opción **Compression Only**, dado que el suelo solo brinda resistencia a compresión. La ubicación de los resortes debe ser **Bottom**, porque se quiere que los resortes trabajen por debajo de la

losa. Por otro lado, la dirección de estos resortes es **Inward**, porque se requiere que brinden resistencia hacia el interior de la losa. Se debe cambiar las unidades de Kgf, m, C a Kgf, cm, C para facilitar la lectura de los resultados.

11. Clic en Define → Analysis Cases...



Seleccionar **Modify/Show Case...**

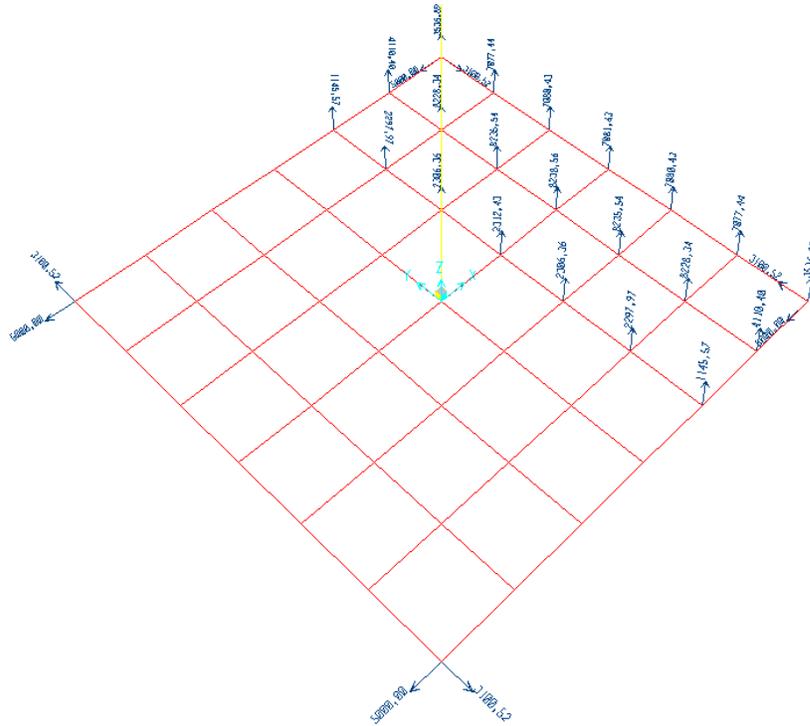


Se debe seleccionar la opción **Linear** o **Nonlinear**, dependiendo del caso que se vaya a correr. Para este ejemplo, se correrá de ambas formas para establecer comparaciones.

12. Clic en  para correr el programa.

13. Luego de realizar la corrida, hacer clic en **Display** → **Show Forces/Stresses** → **Joint** en el caso DEAD, para ver los resultados del análisis realizado por el programa.

Al correr en condición **Lineal** se obtendrá:



Se puede observar la diferencia existente entre el caso Lineal y No Lineal, donde uno de ellos toma fuerzas no correspondientes al comportamiento idóneo del suelo.

El caso No Lineal simula de forma correcta el comportamiento del suelo, porque solo estudia la deformación a compresión. Esto puede verse en la corrida realizada, ya que disminuye el área de la losa a compresión pero aumenta el valor de esta reacción, indicando que se encuentra a tracción. A diferencia del caso Lineal que arroja un resultado incorrecto, porque incluye reacciones de tracción que no efectúa el suelo. En el análisis de este caso se observa que el área de la losa a compresión es mayor pero el valor de la reacción es menor, lo que indica que la losa puede levantarse.

Es importante realizar un estudio previo hecho manualmente, para ver cómo se comporta el suelo con respecto a la losa. Para esto se usa la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{P}{A} \left(1 \pm \frac{6 * e}{B} \right)$$

Donde:

P = Carga aplicada

A = Área de la zapata

e = Excentricidad (Momento/Carga)

B = Dimensión de la zapata, que va en dirección del momento.

Con esta fórmula se busca el esfuerzo máximo empleando el signo positivo y el esfuerzo mínimo con el signo negativo.

Se debe verificar que:

e < B/6 La zapata esta sometida a compresión

e > B/6 La zapata esta sometida a tracción.

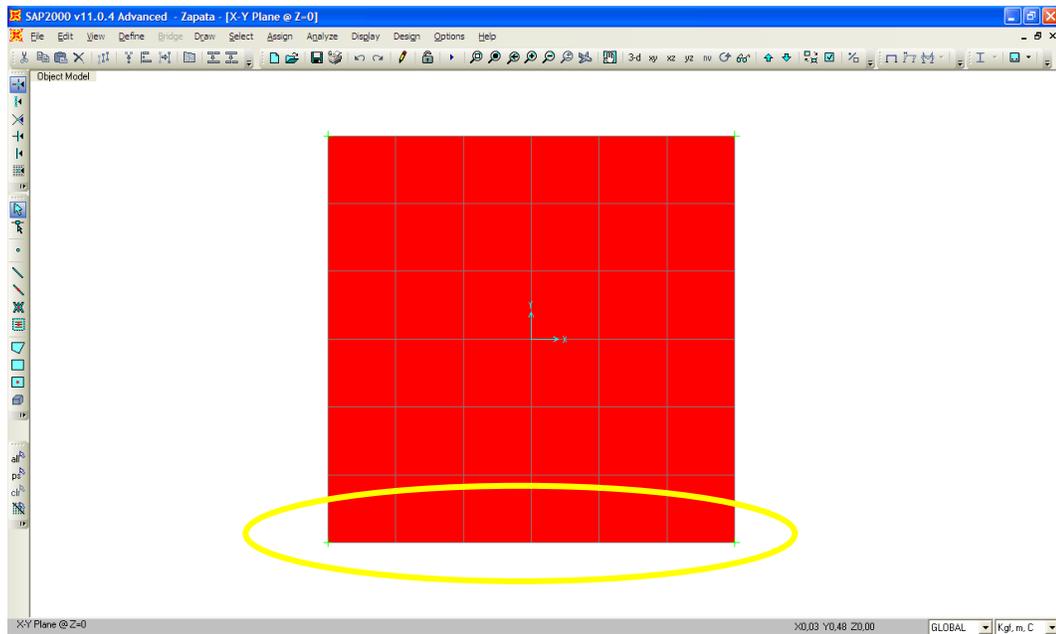
$$\sigma = \frac{100000}{40000} \left(1 \pm 6 \frac{\frac{20000 * 4}{2}}{2} \right)$$

$$\sigma = 2,5(1 \pm 2,4)$$

e → 0,8 > $\frac{2}{6}$ está sometida a Tracción.

A través de esta demostración manual se puede comprobar que el resultado arrojado por el programa Sap 2000 es correcto.

14. Para obtener los valores de diseño de la zona mostrada en la figura, se selecciona esta y se le asigna un grupo siguiendo el paso G del ejemplo 4. Seleccionar en **Section Cut Local Axes** la opción **Slab**.



Para luego repetir el paso H del ejemplo 4.

Section Cut Forces - Design

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Section Cut Forces - Design

SectionCut Text	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	P Kgf	V2 Kgf	V3 Kgf	T Kgf-m	M2 Kgf-m
ZONACRITICA	DEAD	NonStatic	Max	10000	-25195.24	000000004349	-1401.74	4534.37
ZONACRITICA	DEAD	NonStatic	Min	10000	-25195.24	000000004349	-1401.74	4534.37

Record: 1 of 2

Add Tables... Done

La tabla presentada puede ser exportada a Excel, haciendo clic en **File** → **Export Current Table** → **To Excel**. Se abrirá un libro de Excel con los valores.

Microsoft Excel - Libro1

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

Escriba una pregunta

Arial 10

A4 ZONACRITICA

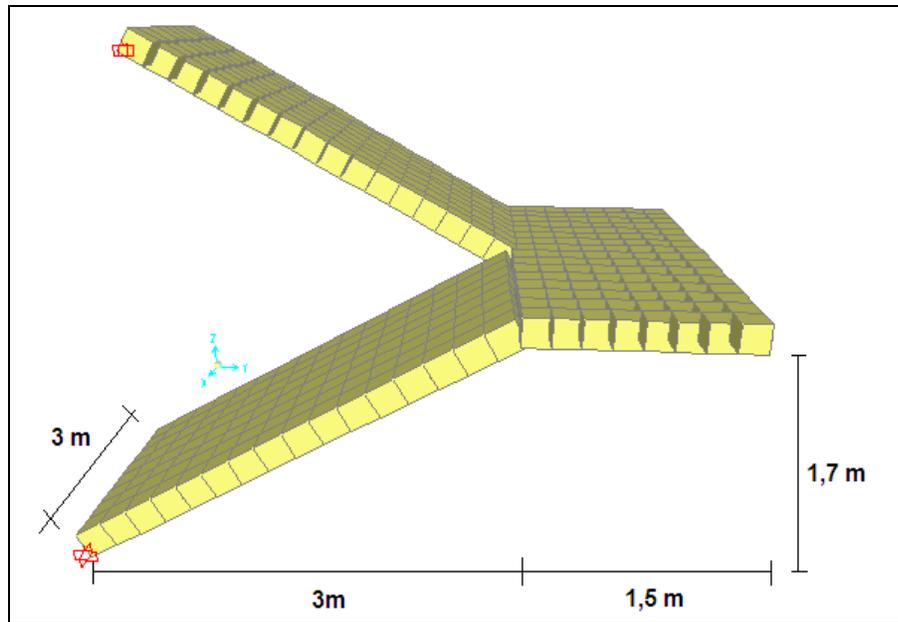
TABLE: Section Cut Forces - Design	SectionCut Text	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	P Kgf	V2 Kgf	V3 Kgf	T Kgf-m	M2 Kgf-m	M3 Kgf-m	Glo
ZONACRITICA	DEAD	NonStatic	Max		10000	-25195.24	-4.349E-12	-1401.74	4534.37	-19988.01	-3.1
ZONACRITICA	DEAD	NonStatic	Min		10000	-25195.24	-4.349E-12	-1401.74	4534.37	-19988.01	-3.1

Section Cut Forces - Design Program Control Hoja3

Listo

VI.2 Ejemplo 9:

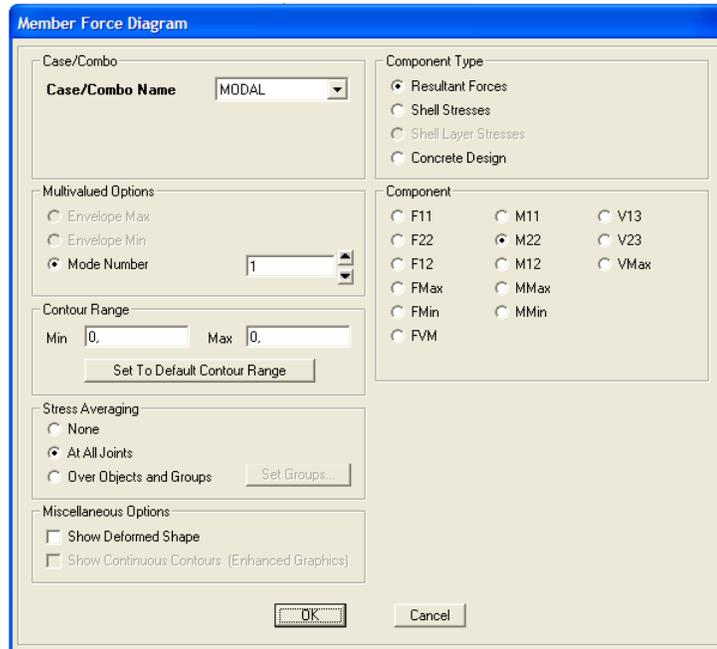
Modelaje de una escalera con Elementos Finitos.



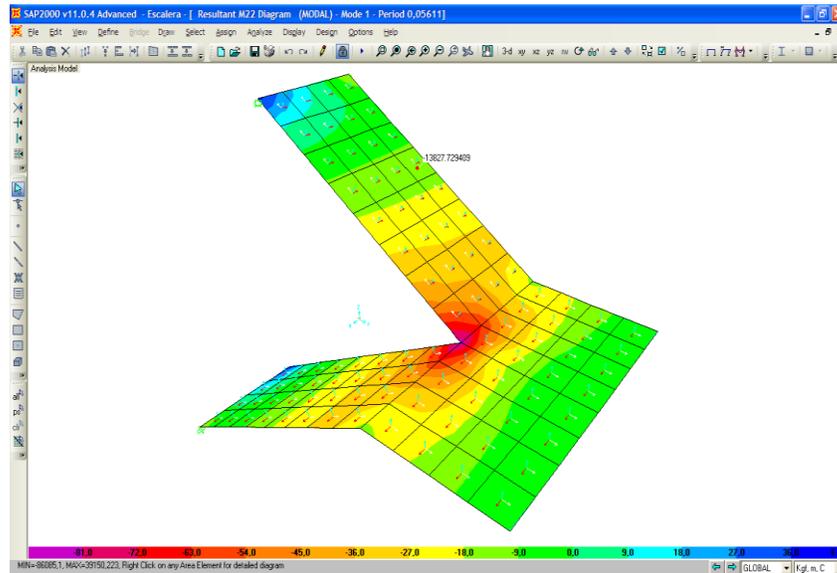
Solución:

1. Selección de unidades. kgf, m, C, en la esquina inferior derecha como se indica en el ejemplo 1.
2. Hacer clic en **File menú** → **New model**. Este menú muestra una ventana con diferentes tipos de modelos. Para este caso se debe seleccionar **3D Frames**.
3. Al seleccionar **3D Frames**, aparecerá una nueva ventana donde se colocan las longitudes, número y altura del grid a diseñar. Estas se definirán siguiendo los pasos del ejemplo 4.

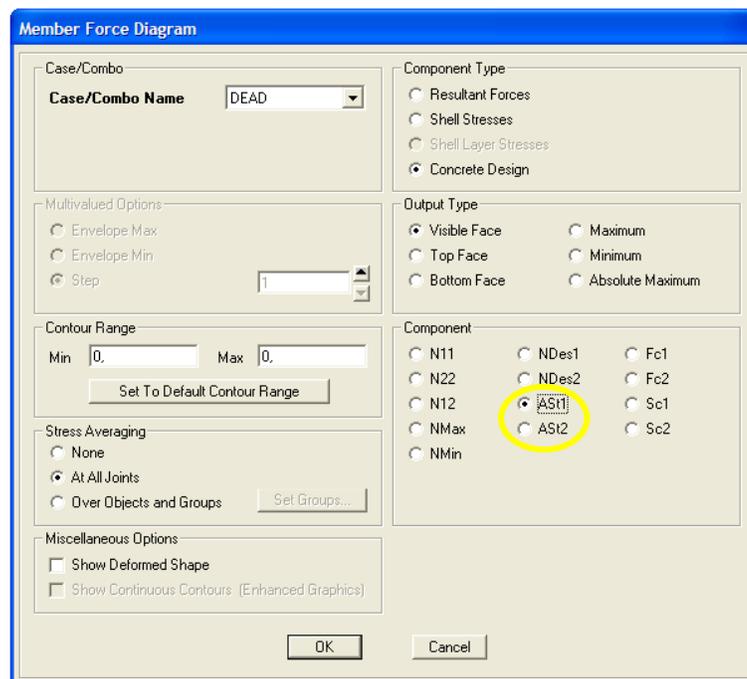
4. **Define** → **Area Sections**. Aquí se define el área de la losa. Paso 6 del ejemplo 4. Para este ejemplo, se tomó una losa tipo shell de 20 cm de espesor.
5. Luego se procede a trazar el área de la losa mediante el menú **Draw**. Al seguir el paso 11 del ejemplo 4 se podrá dibujar la losa.
6. Hacer clic en **Edit** → **Edit Area** → **Divide Areas...** Seguir el paso 9 del ejemplo 6. En este ejemplo, se divide la losa en 8X16.
7. Asignar un mesh al área de la losa en **Menu Assign** → **Area** → **Automatic Area Mesh...** Seguir paso 13 del ejemplo 4.
8. Se debe empotrar la escalera en el arranque y llegada de la misma. Se selecciona la losa y se hace clic en **Assign** → **Joint** → **Restraints**, indicando la imagen de empotramiento.
9. Seleccionar todas las áreas para asignarles la carga viva en **Assign** → **Area Loads** → **Uniform (Shell)...** Seguir paso 12 del ejemplo 4. Aplicando el capítulo 5 tabla 5.1 de la Norma Venezolana Covenin Mindur (Provisional 2002-88) "Criterio y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones" la carga viva correspondiente a una escalera es igual a 500 Kg/m^2 .
10. Para analizar la estructura hacer clic en  de la barra menú.
11. Luego de realizar la corrida, se podrá obtener los valores de momentos para el diseño de la misma, en el menú **Display** → **Show Forces/Stresses** → **Shells**.

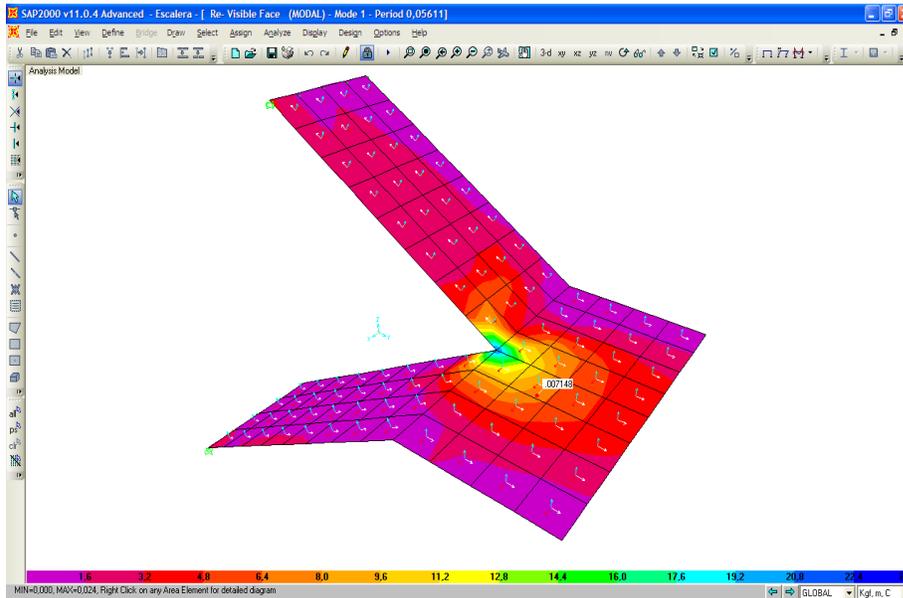


Con la ventana presentada, se podrán obtener las distintas fuerzas aplicadas sobre la estructura. En este caso se indican los momentos sobre la escalera.

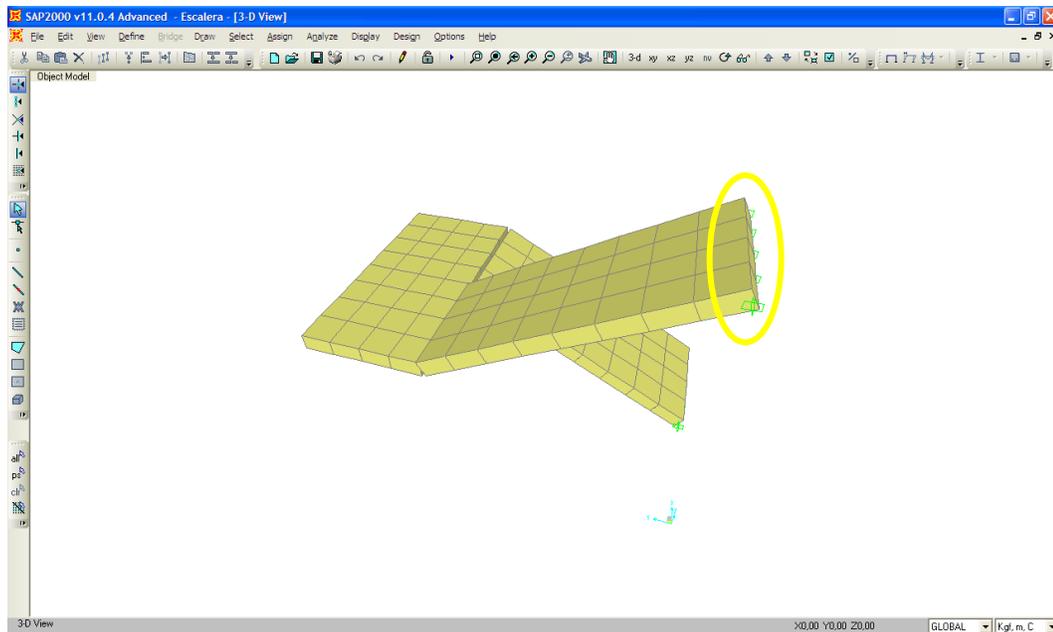


También se reportan valores como cantidad de acero, utilizando la misma ventana. Se selecciona cambiando en **Component Type** a **Concrete Design** y en **Component** se selecciona **Ast1** o **Ast2** dependiendo del eje que se desee.

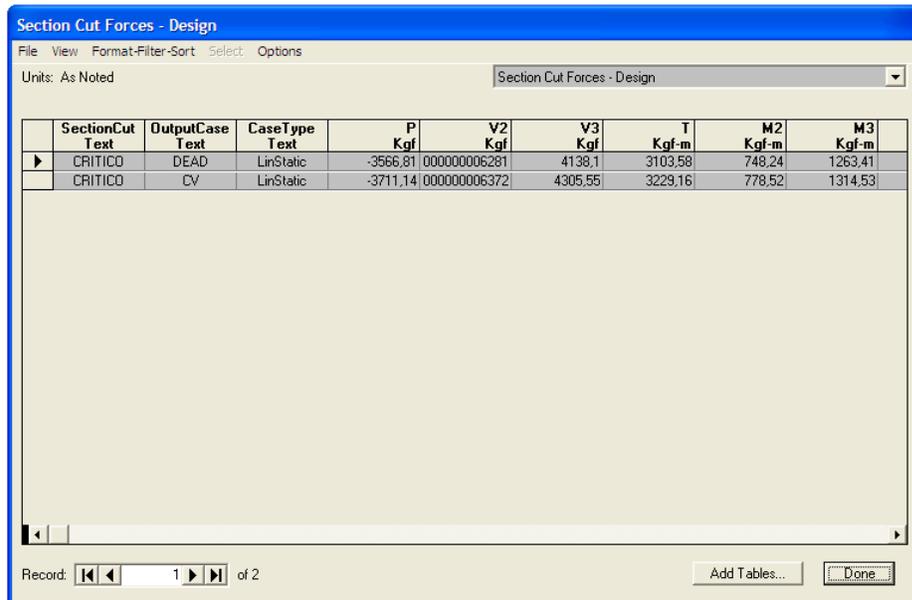




12. Se buscan los valores de diseño de la zona mostrada en la figura.



Seguir el paso 14 del ejemplo 8.



The screenshot shows a software window titled "Section Cut Forces - Design". It features a menu bar with "File", "View", "Format-Filter-Sort", "Select", and "Options". Below the menu bar, there is a "Units: As Noted" label and a dropdown menu set to "Section Cut Forces - Design". The main area contains a table with the following data:

SectionCut Text	OutputCase Text	CaseType Text	P Kgf	V2 Kgf	V3 Kgf	T Kgf-m	M2 Kgf-m	M3 Kgf-m
CRITICO	DEAD	LinStatic	-3566,81	000000006281	4138,1	3103,58	748,24	1263,41
CRITICO	CV	LinStatic	-3711,14	000000006372	4305,55	3229,16	778,52	1314,53

At the bottom of the window, there is a "Record:" label with navigation icons, a text box containing "1", and "of 2". To the right are "Add Tables..." and "Done" buttons.

Donde se muestra la tabla anterior en Excel:

Microsoft Excel - Libro1

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana 2

Escriba una pregunta

Arial 10

A4 CRITICO

1	TABLE: Section Cut Forces - Design										
2	SectionCut	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	GlobalX	GlobalY
3	Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	m	m
4	CRITICO	DEAD	LinStatic	-3566,81	-6,281E-11	4138,1	3103,58	748,24	1263,41	0,75	0
5	CRITICO	CV	LinStatic	-3711,14	-6,372E-11	4305,55	3229,16	778,52	1314,53	0,75	0
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											

Section Cut Forces - Design Program Control Hoja3

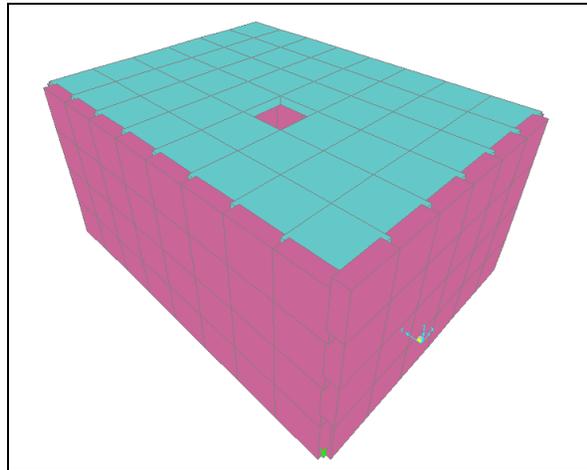
Listo

VI.3 Ejemplo 10:

Modelaje de un tanque de agua subterráneo con elementos finitos.

Dimensiones del tanque:

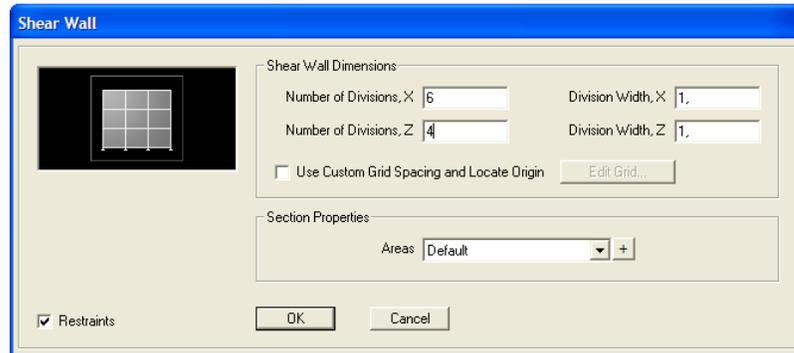
- Ancho= 8m
- Alto = 4m
- Profundidad= 6m



41. Selección de unidades. Ver paso 1 del ejemplo 4.

42. **File menú** → **New model**. Seleccionar **Wall**.

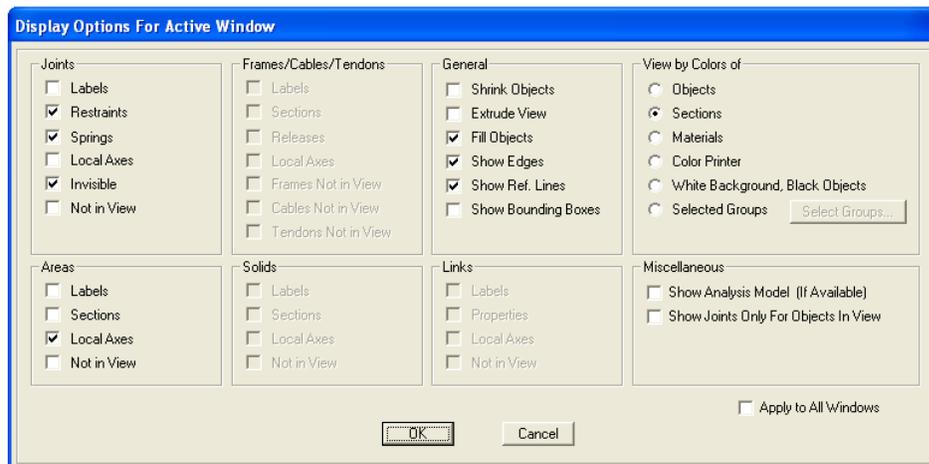
Definición de la estructura.



43. Se presenta en la pantalla una de las paredes del tanque. Para dibujar el resto del tanque se hace uso de las opciones **Replicate y Extrude** ubicadas en el menú **Edit**. Ambas opciones explicadas en el ejemplo 4 paso 11 y punto D respectivamente.

44. **Define** → **Area Sections** Se deben definir el área de las losas tipo shell del tanque, las cuales corresponden a 0,20m para el techo, 0,30m para las paredes y 0,35 para la losa de piso. Ver paso 6 del ejemplo 4.

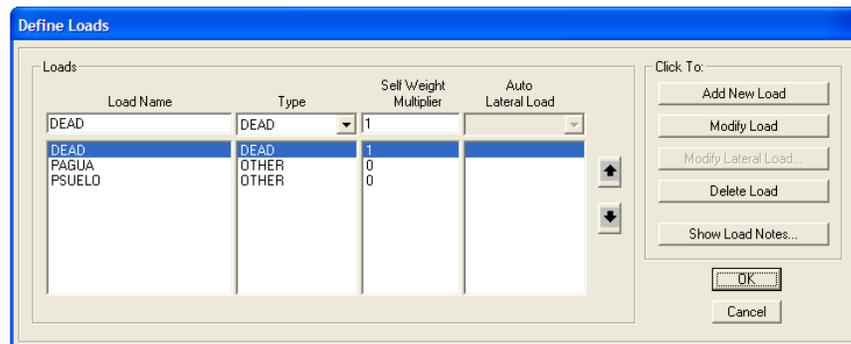
45. Hacer clic en **View** → **Set Display Options**



En la ventana presentada, se debe colocar un check en la opción **Local Axes** ubicado en la sección **Áreas**, para así mostrar los ejes locales en que se encuentran en cada área de las paredes del tanque. La dirección del eje 3 (Eje Azul) debe ir hacia fuera del tanque, de no ser así seleccionar las áreas que no cumplan y hacer **Assing** → **Area** → **Reverse Local 3**.

Es importante realizar este paso, puesto que el tanque se encuentra sometido a presiones de agua que deben ser indicadas de forma correcta en los ejes locales, así el programa simulará correctamente el empuje que realiza esta sobre las paredes.

46. Define → **Load Cases...** Agregar los casos de presión de agua y presión del suelo. Asignar a cada caso la opción **Other** en **Type**. La opción Other no mayora el caso de carga. Ver paso 7 del ejemplo 4.



47. Seleccionar las paredes del tanque y hacer clic en Assign → **Joint Patterns...**

Joint Patterns es el patrón de cómo varía la presión del agua sobre los nodos. La presión del agua no actúa de forma uniforme, sino como una fuerza que aumenta dependiendo de la profundidad, razón por la cual se manifiesta como una ecuación lineal, donde el término

independiente es igual a $\gamma_{agua} * h$. En la ventana que se muestra, se indica la presión del agua en **Pattern Name** y se asignan los valores de la ecuación correspondientes a este modelo. Ax y Ay son cero porque el aumento de la presión del agua es en el eje z, Cz es igual a -1000 porque es la pendiente y D es 1000*4.

Pattern Data

Pattern Name DEFAULT

Pattern Assignment Type

X, Y, Z Multipliers (Pattern Value = Ax + By + Cz + D)

Z Coordinate at Zero Pressure and Weight Per Unit Volume

Pattern Value = Ax + By + Cz + D

Constant A 0,

Constant B 0,

Constant C -1000,

Constant D 4000,

Restrictions

Use all values

Zero Negative values

Zero Positive values

Options

Add to existing values

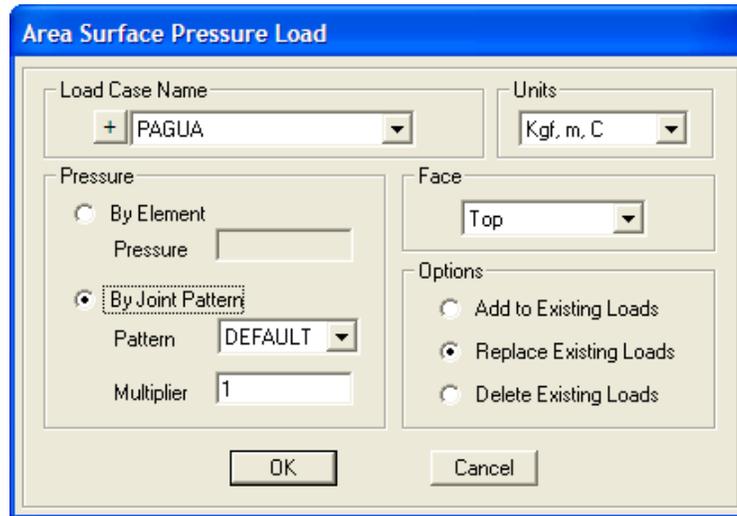
Replace existing values

Delete existing values

OK Cancel

48. Assign → Area Loads → Surface Pressure (All)...

Asignar la presión del agua e indicar en **By Joint Pattern** el factor multiplicador igual a uno.



49. Seleccionar las paredes del tanque y hacer clic en **Assign** → **Area Loads** → **Surface Pressure (All)**...

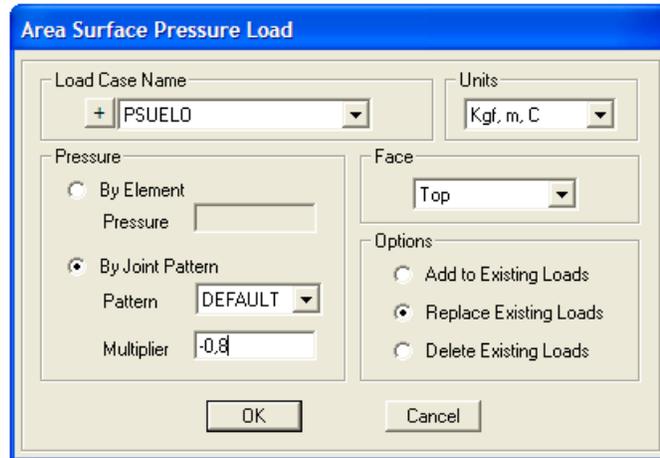
El empuje que realiza el suelo sobre el tanque es de distinta magnitud al generado por el agua y en sentido contrario. La presión del suelo viene dada por el factor de equivalencia igual a:

$$\frac{K_{suelo} * \gamma_{suelo}}{\gamma_{agua}} \text{ Donde, para este ejemplo se empleó:}$$

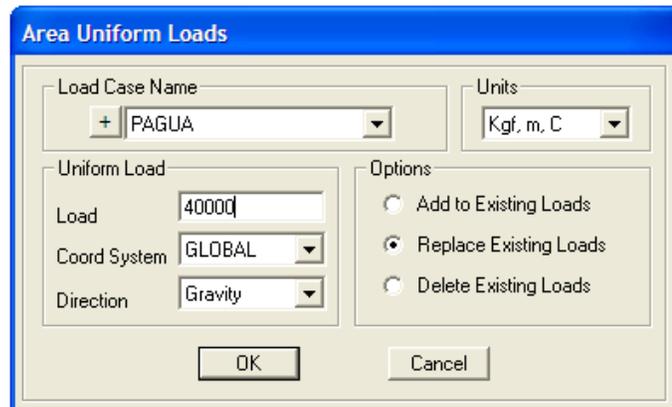
$$K_{suelo} = 0,40$$

$$\gamma_{suelo} = 2000 \text{ kgf/m}^3$$

El factor es igual a -0,8

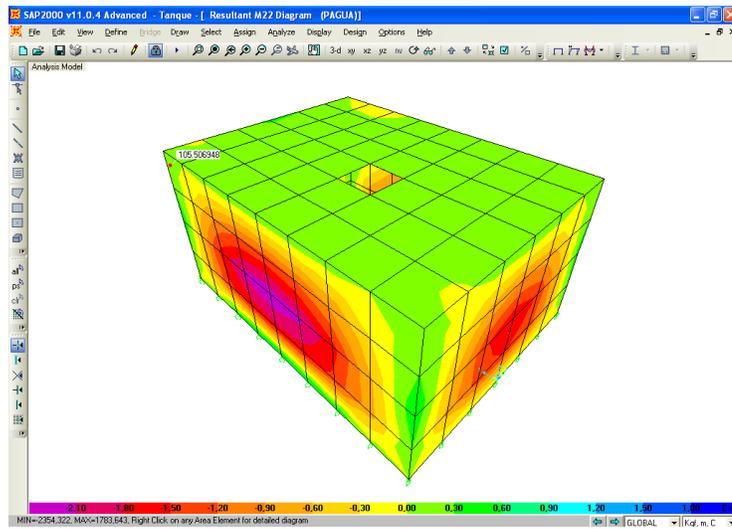


50. Se debe cargar la losa de piso con el peso del tanque lleno, para ello se repite el paso 12 del ejemplo 4. Con una carga uniforme de 4000 kg.

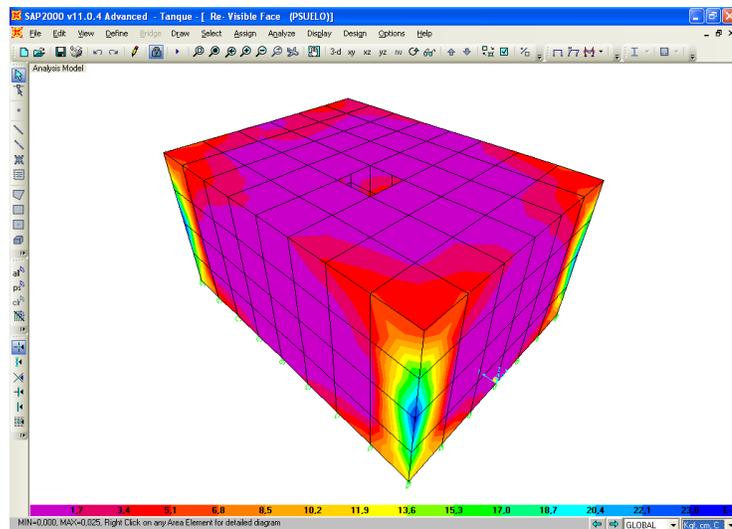


51. Hacer Clic en  para analizar el ejemplo.
52. Para obtener los valores de diseño, hacer clic en **Display** → **Show Forces/Stress** → **Shells**. Ver paso 11 del ejemplo 9. Aquí se muestran las fuerzas, dependiendo de las presiones que actúan sobre las paredes del tanque, así como la cantidad de acero que este requiera.

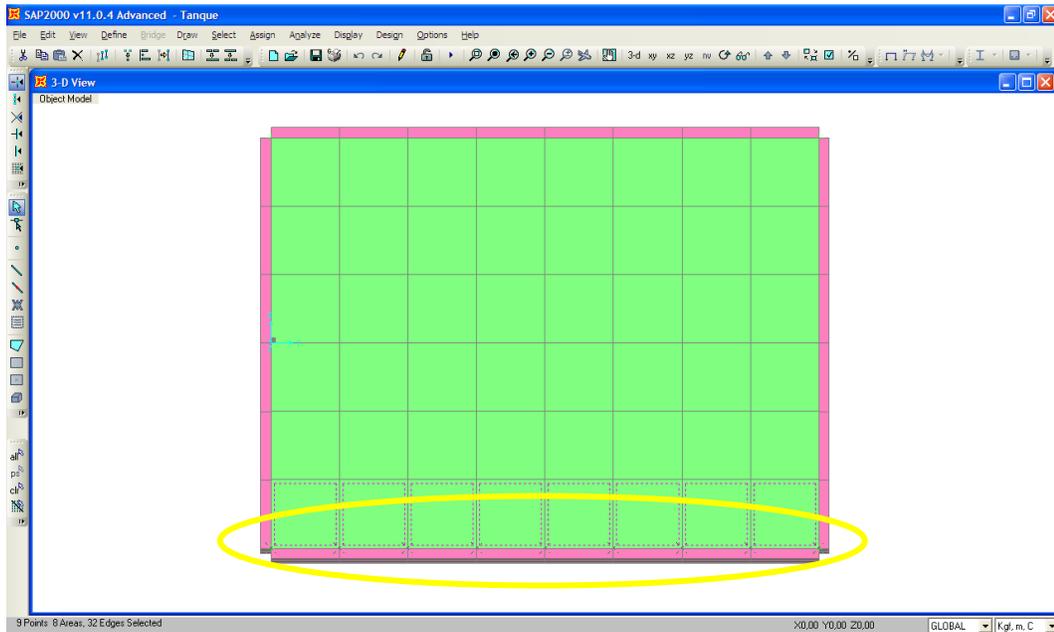
Momentos para presión de agua



Aceros para presión de Suelo



53. Se repite el paso 14 del ejemplo 8 en la zona mostrada. En el piso del tanque.



Seguir el paso 14 del ejemplo 8

Section Cut Forces - Design

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Section Cut Forces - Design

SectionCut Text	OutputCase Text	CaseType Text	P Kgf	V2 Kgf	V3 Kgf	T Kgf-m	M2 Kgf-m	M3 Kgf-m
CRITICO	DEAD	LinStatic	000000003617	-143685,63	000000008024	-240,28	000000006253	-240,28
CRITICO	PAGUA	LinStatic	-12000	-192000	0,00000001027	0,00000004806	-24000	29333,33

Record: 1 of 2

Add Tables... Done

Donde se muestra la tabla anterior en Excel:

SectionCut	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	GlobalIX
CRITICO	DEAD	LinStatic	3.517E-09	-143685.63	-8.024E-09	-240.28	-6.253E-11	-240.28	0
CRITICO	PAGUA	LinStatic	-12000	-192000	-1.027E-08	-4.806E-08	-24000	29333.33	0

Es importante saber que todos los ejemplos planteados en este manual se realizaron solo para solicitaciones estáticas.

CONCLUSIONES

Aunque idear un manual explícito de un programa como el SAP2000 es una herramienta de gran importancia para cualquier persona que desee realizar diseños estructurales, es importante resaltar que el buen desempeño y manejabilidad del programa depende del usuario, puesto que para manejar e interpretar los resultados arrojados por el programa se debe tener conocimientos previos de diseño estructural y contar con la aplicaciones de las normas venezolanas.

Es recomendable emplear el estudio de estos programas de análisis de diseño estructural en cátedras que impartan el estudio de estructuras, ya que son un instrumento de gran utilidad que se está implementando con mucho auge en la actualidad

BIBLIOGRAFÍA

- **NORMA VENEZOLANA COVENIN 1756-2001.** “EDIFICACIONES SISMORRESISTENTES PARTE 1: REQUISITOS”.
- **NORMA VENEZOLANA COVENIN MINDUR. (Provisional 2002-88)** “Criterio y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones”.
- **NORMA VENEZOLANA COVENIN 1618:1998** “Estructuras de Acero para Edificaciones. Método de los estados Límites”.
- **MOSLENER, Michael.** Análisis y Diseño de Estructuras de acero asistido por el computador. Tesis de Grado para optar al título de Especialista en Estructuras.
- **BARREIRO, María (2007).** Apuntes de la Cátedra de Concreto. UCAB. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil.
- **GUTIERREZ, Arnaldo (2007).** Apuntes de la Cátedra de Proyectos de Estructuras de Concreto. UCAB. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil.
- **VELASQUEZ, José Manuel (2007).** Apuntes de la Cátedra de Proyectos de Estructuras de Acero. UCAB. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil.

- **MARTÍN, Sergio (S/F).** Manual del Sap2000 en Español. Recuperado en julio15 de 2007 de: <http://www.arquitectuba.com.ar/manuales-espanol/manual-de-sap-2000-en-espanol/>

ANEXOS

DESCRIPCIÓN DE LOS ICONOS DE LA BARRA PRINCIPAL

-  **New Model.** Empezar un nuevo modelo
-  **Open...** Abrir un archivo SAP 2000 existente
-  **Save Model.** Salvar el modelo actual.
-  **Print Graphics.** Imprimir Gráficos.
-  **Undo.** Deshacer el último cambio.
-  **Redo.** Rehacer el último cambio.
-  **Refresh Window.** Renovar la ventana actual usando los últimos datos.
-  **Lock/Unlock Model.** Cerrar un modelo contra cambios para protegerlo.
-  **Run Analysis.** Ejecutar el análisis.
-  **Zoom Restore.** Acercamiento visual definido por el Mouse.
-  **Full View.** Restaurar la vista del modelo completo
-  **Restore Previous View.** Resturar la vista previa del modelo.
-  **Zoom In.** Acercamiento visual.
-  **Zoom Out.** Alejamiento Visual.
-  **Zoom Realtime.** Acercamiento o alejamiento.
-  **Pan.** Mueve dinámicamente la estructura en cualquier dirección.
-  **Set Default 3D-View.** Muestra el modelo en tres direcciones.



Set XY View. Muestra el modelo en dos direcciones paralelo al plano XY.



Set XZ View. Muestra el modelo en dos direcciones paralelo al plano XZ.



Set YZ View. Muestra el modelo en dos direcciones paralelo al plano YZ.



Rotate 3D View. Brinda una visión rotatoria 3D a la estructura.



Perspective Toggle. Perspectiva en tres direcciones.



Move Up in List. Sube una línea del grillado en un plano.



Move Down in List. Baja una línea del grillado en un plano.



Object Shrink Toggle. Disminuye los elementos para mejor visualización de las conexiones.



Set Display Options... Ajustar la visibilidad para ver las propiedades de los elementos.



Assign to group. Asignar a un grupo.



Cut. Cortar elementos seleccionados



Copy. Copiar elementos seleccionados.



Paste. Pegar



Delete. Borrar elementos seleccionados.



Replicate. Replicar elementos seleccionados en la dirección indicada.



Align Points... Alinea los puntos.



Move Points/Lines/Areas... Mueve el elemento seleccionado en la dirección indicada.



Mesh Area. Divide areas.



Join Frames. Une los elementos seleccionados.



Divide Frames. Divide los elementos seleccionados.



Points and Grids Intersections. Ayuda a seleccionar puntos en las intersecciones del grid.



Ends and Midpoints. Selecciona puntos en extremos y puntos medios.



Intersections. Ayuda a seleccionar puntos característicos en intersecciones



Perpendicular Projections. Ayuda a seleccionar puntos característicos entre elementos perpendiculares.



Lines and Edges. Ayuda a seleccionar líneas y extremos.



Fine Grid. Busca Grid.



Set Select Mode. Selecciona los elementos individualmente o dentro de una ventana.



Set Reshape Element Mode. Modifica la forma del área.



Draw Special Joint. Dibuja nodos



Draw Frame/Cable Element. Dibuja un elemento FRAME localizándolo en la esquina.



Quick Draw Frame/Cable Element.



Quick Draw Braces. Dibuja arriostramientos.



Quick Draw Secondary Beams.



Draw Quad Area Element. Dibuja elementos



Draw Rectangular Area Element. Dibuja areas rectangulares.



Quick Draw Area Element. Dibuja un elemento tipo área directamente

sobre el grillado.



Draw Solid. Dibuja Sólidos.



Select All. Selecciona todos los elementos.



Get Previous Selection.



Clear Selection. Deja libre todos los elementos seleccionados.



Select Using Intersecting Line. Selecciona elementos mediante la intersección de una línea.