

# Ejemplo 1. Análisis Estático de un edificio

## A. Descripción del modelo

El edificio es una estructura aporricada de concreto con un paño por lado y dos pisos de alto. Los pórticos del eje X tienen tabiques de albañilería que rellenan los paños.

Después de armar el modelo, se hará un análisis sísmico estático empleando las combinaciones de cargas de acuerdo a la Norma Peruana de Concreto Armado E-0.60 para obtener la envolvente de cargas de la viga del segundo nivel del pórtico 2.

PLANTA DE LOS PISOS 1 y 2. Medidas dadas en metros.

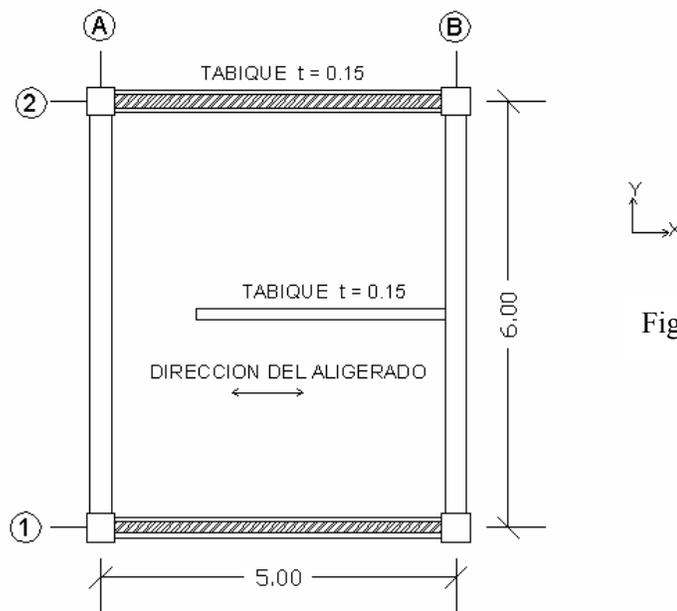


Figura A.1

Secciones:

- Vigas de 0.30 x 0.50
- Columnas de 0.40 x 0.40

Materiales:

- Concreto  $E=2E6 \text{ Ton/m}^2$   
 $\nu = 0.15$
- Albañilería:  $E=5E6 \text{ Ton/m}^2$   
 $\nu = 0.25$

MODELO:

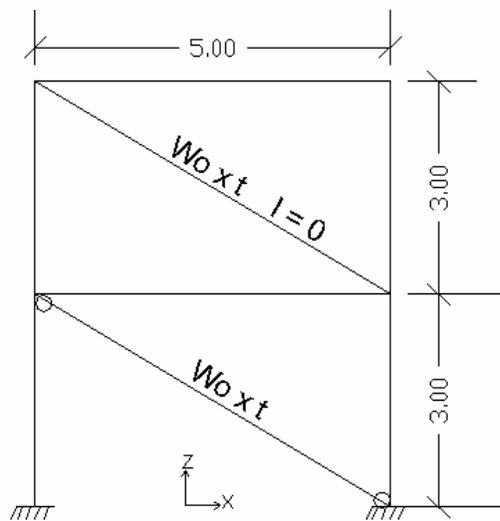
- Los tabiques de albañilería del primer nivel se modelan como puntales diagonales de albañilería con los extremos rotulados.

$$W_o = \text{Diagonal} / 4 = 1.46\text{m.}$$

$$t = 0.15\text{m}$$

- Los tabiques de albañilería del segundo nivel se modelan como puntales diagonales de albañilería con inercia cero.

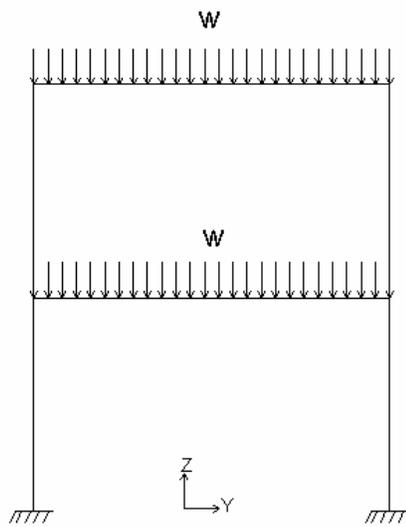
Los modelos de los tabiques en cada piso se hacen diferentes sólo para mostrar como aplicar diferentes herramientas del SAP2000.



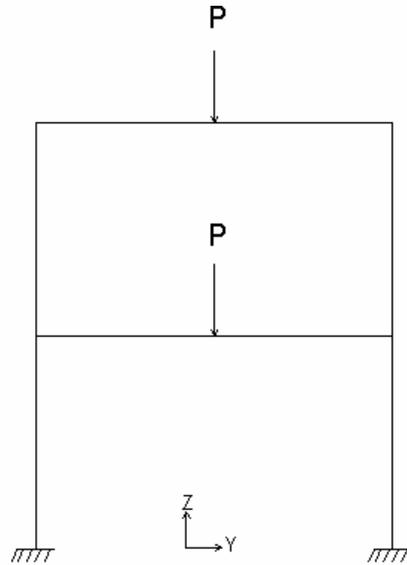
PORTICOS 1 Y 2

## Cargas verticales asumidas

Primer nivel:	Carga distribuida	Carga concentrada
	WD = 0.75 Ton/m. WL = 0.625 Ton/m.	PD = 5 Ton.
Segundo nivel:	WL = 0.75 Ton /m. WL = 0.625 Ton / m.	PD = 5 Ton.



PORTICOS A Y B



PORTICOS A Y B

- La carga muerta distribuida se calculó sin incluir el peso propio de las vigas, esta carga en las vigas se debe al peso de la losa.
- Las cargas concentradas en las vigas se deben a las vigas chatas diseñadas para soportar los tabiques de separación que corren en la misma dirección de las viguetas.

## Cargas laterales asumidas.

Para este modelo las cargas laterales por sismo se suponen aplicadas en el centroide del área en planta para cada nivel y se dirigen en la dirección positiva X.

Primer nivel	E1 = 4 ton.
Segundo nivel	E2 = 6 ton.

No se considera la excentricidad ya que este ejemplo está desarrollado principalmente para mostrar las herramientas básicas del programa. Es por eso que la estructura es pequeña y sencilla.

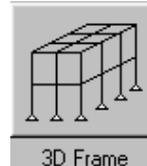
## B. Creación y análisis del modelo del edificio

### Paso 1a. Elaboración de la geometría del modelo desde el Template (plantilla).

1. Para definir las unidades a Ton-m hacer clic en: 
2. En el menú **File** seleccionar **New Model** Esto mostrará el cuadro de diálogo **New Model**.

3. En este cuadro:

- Hacer clic en el botón **3D Frame**.



Esto mostrará el cuadro de diálogo **Space Frame**. Ver figura B1.

- En este cuadro:
    - ✓ Dejar **2** en **Number of Stories** (número de pisos)
    - ✓ Tipear **1** en **Number of Bays along X** (número de paños en el eje X).
    - ✓ Tipear **1** en **Number of Bays along Y** (número de paños en el eje Y).
    - ✓ Dejar **3** en **Story Height** (altura de entrepiso).
    - ✓ Tipear **5** en **Bay width along X** (ancho de paño en X).
    - ✓ Tipear **6** en **Bay width along Y** (ancho de paño en Y).
    - ✓ Comprobar que las casillas de verificación **Restraints** y **Gridlines** estén seleccionadas.
    - ✓ Hacer clic en **OK**.
4. La pantalla mostrará la estructura en dos ventanas, en 3D en la ventana izquierda y en 2D en la ventana derecha (el título de esta última dice **Plane X-Y @ Z=0**). Ver figura B2.
  5. Notar que los nudos de los apoyos están restringidos en los tres grados de libertad por traslación.
  6. Hacer clic en la ventana **X-Y Plane @ Z=0** para activarla.
  7. Seleccionar los cuatro apoyos haciendo clic sobre cada uno de ellos o seleccionarlos dibujando una ventana que los incluya, para esto arrastrar el mouse presionando el botón izquierdo.

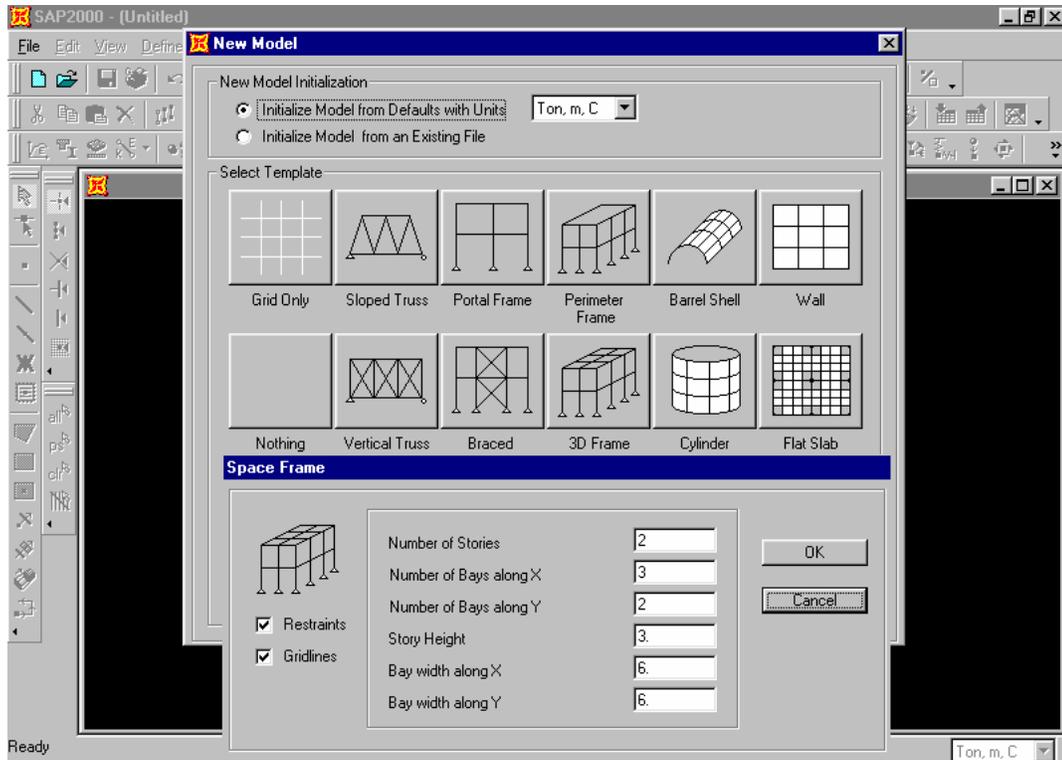


Figura B1: Cuadro de diálogo Space Frame

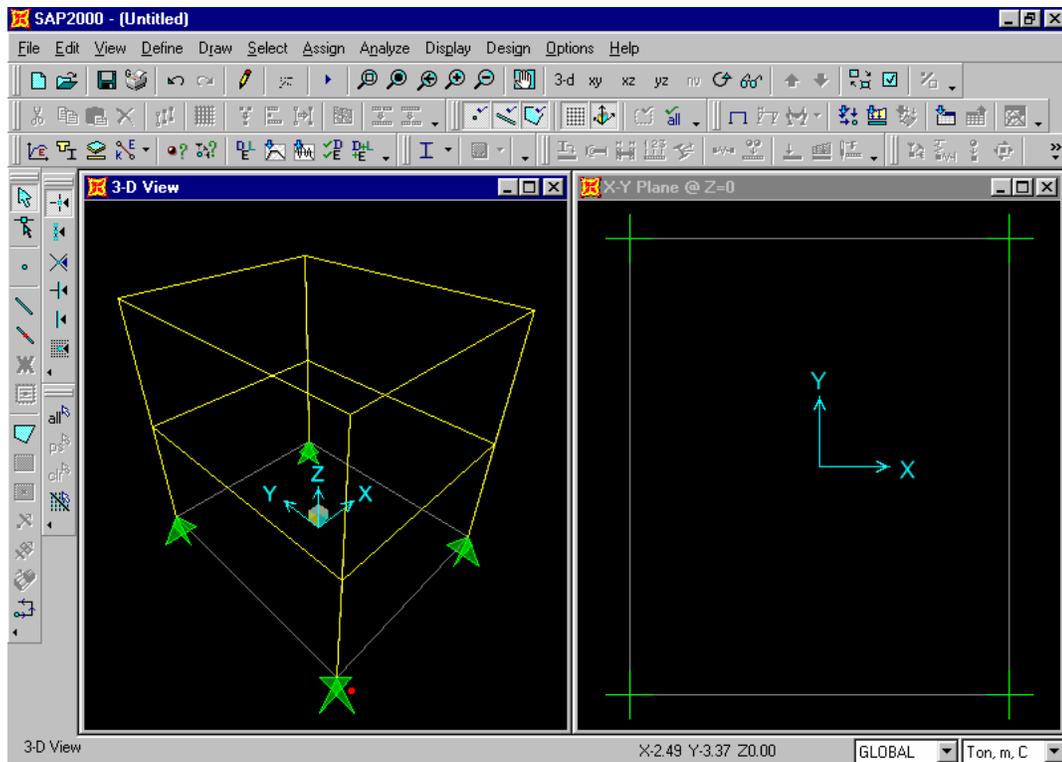


Figura B2: Pantalla inicial desde el Space Frame Template

8. Hacer clic en el botón **Assign Joint Restraints**  o en el menú **Assign** escoger **Joints** y luego **Restraints** en el submenú, esto mostrará el cuadro de diálogo Joints Restraints.
9. En este cuadro en la sección **Restraints in Local Direccions** hacer clic en el botón  y después hacer clic en **OK**.
10. Hacer clic en el botón **Undeformed Shape** .
11. Hacer clic sobre el botón **xz 2D View**  Notar que el nombre de esta ventana en la Barra de Estado dice **X-Z Plane @ Y=-3**.
12. Hacer clic sobre el botón **Draw Frame/Cable Element**  en la Barra de Herramientas Lateral, o seleccionar **Draw Frame/Cable** en el menú **Draw**. El programa está ahora en el modo **Draw**.
13. Asegurarse de que el botón **Snap to Points and Grid Intersections**  esta presionado.
14. Mover el puntero del mouse sobre el nudo etiquetado **A** en la figura B-3 y hacer clic en el botón izquierdo. Notar que cuando el puntero del mouse está cerca del nudo “se atrapa al nudo” y aparece un cuadro que dice **Point**. Este es el efecto de la propiedad *Snap to Points and Grid Intersections*.

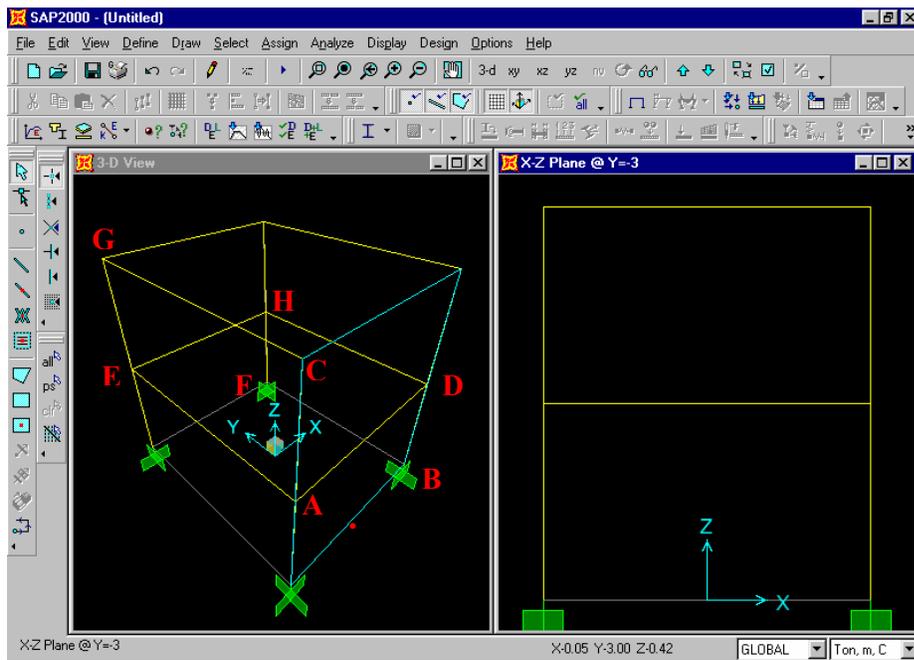


Figura B-3 Etiquetas en nudos para dibujar los brazos diagonales.

Mover el puntero del mouse cerca del nudo etiquetado **B** en la figura B-3 y hacer clic en el botón izquierdo para dibujar el brazo diagonal en un paño.

15. Pulsar la tecla **Esc**.

Nota: Otras opciones snap incluidas en el SAP2000 incluyen **Snap to Ends and Midpoints**, **Snaps to Intersections**, **Snap to Perpendicular Projections**, y **Snap to Lines and Edges**. Los botones de estas propiedades están localizados en la Barra de Herramientas Lateral justo debajo del botón *Snap to Joints and Grid Points*. Notar que todas las propiedades snap pueden también seleccionarse a través del submenú **Snap to** del menú **Draw**.

Para más información referirse al tópico titulado **Snap Tools** en el **Help On Line Sap2000** (Ayuda en Línea del Sap2000). Hacer clic en el menú **Help** y seleccionar **Search for Help on...** para acceder a la opción Help On line .

18. De la misma forma dibujar los brazos diagonales entre los nudos etiquetados C y D, E y F y G y H en la figura B-3.

Esto completa la elaboración de la geometría desde el Template (plantilla).

### Paso 1b. Elaboración de la geometría del modelo desde el Grid Only (dibujo de mallas).

La geometría del modelo no sólo se puede construir desde el Template (plantilla), sino también mediante Grid Only (dibujo de mallas). No es necesario hacer ambos pasos en orden para completar este tutorial, uno de los dos es suficiente. Sin embargo cada uno de los pasos tiene algunas informaciones diferentes.

1. Para definir las unidades a Ton-m hacer clic en 
2. En el menú **File** seleccionar **New Model**. Esto mostrará el cuadro de diálogo **New Model**.

3. En este cuadro:

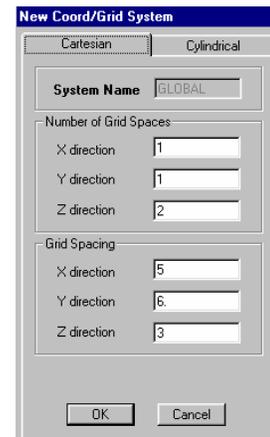
- Hacer clic en el botón **Grid Only**.



Esto mostrara el cuadro de diálogo **New Coord/Grid System**.

4. En este cuadro:

- Seleccionar la ficha **Cartesian**
- En la sección **Number of Grid Spaces** hacer:
  - ✓ Tipear **1** en el cuadro de edición **X direction** (esto define el número de espaciamientos entre líneas).
  - ✓ Tipear **1** en el cuadro de edición **Y direction**.
  - ✓ Tipear **2** en el cuadro de edición **Z direction**.
- En la sección **Grid Spacing** hacer:
  - ✓ Tipear **5** en el cuadro de edición **X direction** (esto define la longitud del espaciamiento entre líneas).
  - ✓ Tipear **6** en el cuadro de edición **Y direction**.
  - ✓ Tipear **3** en el cuadro de edición **Z direction**.



- Hacer clic en **OK** para crear las mallas.

4. La pantalla mostrará las mallas en dos ventanas, en 3D en la ventana derecha y en 2D en la ventana izquierda (el título de esta última dice **Plane X-Y @ Z=6**).

5. Hacer clic sobre el botón **Quick Draw Frame/Cable Element**  en la Barra de Herramientas Lateral, o seleccionar **Quick Draw Frame/Cable Element** en el menú **Draw**.

6. Esta última herramienta activada permitirá dibujar un elemento Frame haciendo clic sobre una línea de malla, aquel elemento estará limitado por las dos líneas de malla que lo cruzan perpendicularmente y que están más cercanas a cada lado del punto donde se hizo clic.

Entonces hacer clic sobre las cuatro líneas de malla que permitan dibujar la planta del nivel Z=6 (rectángulo de cinco por seis metros que representan las cuatro vigas).

Nota : Si se falla ligeramente al hacer clic sobre la línea de malla, el programa puede asumir que se está intentando dibujar dos brazos diagonales en el paño limitado por cuatro líneas. Si esto sucede simplemente hacer clic sobre el botón **Undo**  en la Barra de Herramientas Principal o seleccionar **Undo Line Object Add** en el menú **Edit**.

Nota : Para borrar un nudo o elemento Frame seleccionarlo y pulsar la tecla Supr o Delete.

7. Hacer clic en el botón **Move Down in List**  en la Barra de Herramientas Principal para ubicar el nivel Z =3.
8. Con la herramienta **Quick Draw Frame/Cable Element**  dibujar nuevamente cuatro elementos Frame para modelar las cuatro vigas del nivel Z=3.
9. Hacer clic sobre el botón **xz 2DView**  . Notar que el nombre de la ventana ahora dice **XZ Plane @ Y=6**.
10. Con la herramienta **Quick Draw Frame/Cable Element** dibujar ahora cuatro elementos Frame para modelar las cuatro columnas del eje 2 (ver figura A1).
11. Hacer clic en el botón **Move Down in List**  para ubicar el plano Y= 0.
12. Con la herramienta **Quick Draw Frame/Cable Element** dibujar cuatro elementos Frame para modelar las columnas del eje 1 (ver figura A1).
13. Hacer clic sobre el botón **Draw Frame/Cable Element**  en la Barra de Herramientas Lateral, o seleccionar **Draw Frame/Cable Element** en el menú **Draw**. El programa está ahora en el modo Draw.
14. Asegurarse de que el botón **Snap to Joints and Grid Points**  esta presionado.
15. Mover el puntero del mouse sobre el nudo etiquetado **A** en la figura B-3 y hacer clic en el botón izquierdo. Notar que cuando el puntero del mouse está cerca del nudo “se atrapa al nudo” y aparece un cuadro que dice **Point**. Este es el efecto de la propiedad *Snap to Joints and Grid Points*.
16. Mover el puntero del mouse cerca del nudo etiquetado **B** en la figura B-3 y hacer clic en el botón izquierdo para dibujar el brazo diagonal en un paño.
17. Pulsar la tecla **Esc**.

Nota: Otras opciones snap incluidas en el SAP2000 incluyen **Snap to Ends and Midpoints**, **Snaps to Intersections**, **Snap to Perpendicular Projections**, y **Snap to Lines and Edges**. Los botones de estas propiedades están

localizados en la Barra de Herramientas Lateral justo debajo del botón *Snap to Joints and Grid Points*. Notar que todas las propiedades snap pueden también seleccionarse a través del submenú **Snap to** del menú **Draw**.

Para más información referirse al tópico titulado **Snap Tools** en el **Help On Line Sap2000** (Ayuda en Línea del Sap2000). Hacer clic en el menú **Help** y seleccionar **Search for Help on...** para acceder a la opción Help On line .

18. De la misma forma dibujar los brazos diagonales entre los nudos etiquetados C y D, E y F y G y H en la figura B-3.

19. Hacer clic sobre el botón **xy 2D View**  notar que el nombre de la ventana probablemente dice **XY Plane @ Z = 0**. Si no es así hacer clic sobre el botón **Move Down in List** hasta ubicar el nivel Z=0 (nivel de los apoyos).

20. Desactivar el modo Draw con el botón **Set Select Mode**. 

21. Seleccionar los cuatro apoyos haciendo clic sobre cada uno de ellos o seleccionarlos dibujando una ventana que los incluya, para esto arrastrar el mouse presionando el botón izquierdo.

22. Hacer clic en el botón **Assign Joint Restraints**  o en el menú **Assign** escoger **Joints** y luego **Restraints** en el submenú, esto mostrará el cuadro de diálogo Joints Restraints.

23. En este cuadro en la sección **Restraints in Local Direccions** hacer clic en el botón:  Y hacer clic en **OK**.

26. Hacer clic en el botón **Undeformed Shape** 

Esto completa la elaboración de la geometría del modelo desde **Grid Only** (dibujo de mallas).

## Paso 2. Definición de las propiedades del material

Las unidades de los valores de las propiedades se encontrarán en las unidades definidas en el paso número 1 (Elaboración de la geometría del modelo ).

1. En el menú **Define** elegir **Materials...** , esto mostrará el cuadro de diálogo **Define Materials**.
2. Con la opción **CONC** encendida en el área **Materials** hacer clic en **Modify/Show Material**, esto mostrará el cuadro de diálogo **Material Property Data**.
3. Notar que las propiedades del concreto están en unidades Ton-m.
4. Ya que no se va hacer un análisis dinámico en la estructura, tipear **0** en el cuadro de edición **Mass Per Unit Volume**.
5. Tipear **2.4** en el cuadro edición **Weight Per Unit Volume** para considerar el peso propio del concreto.
6. Tipear **2E6** en el cuadro de edición **Modulus of Elasticity**.
7. Tipear **0.15** en el cuadro de edición **Poisson's Ratio**. Dejar el resto de valores dados por defecto.
8. Hacer clic en el botón **OK** para aceptar los cambios y salir del cuadro de diálogo **Material Property Data**.
9. Para añadir un nuevo material hacer clic en **Add New Material** esto mostrará el cuadro de diálogo **Material Property Data**.
10. Cambiar el nombre MAT1 por **ALBA** en la sección Name.
11. Tipear **0** en el cuadro de edición **Mass Per Unit Volume**.
12. Tipear **0** en el cuadro de edición **Weight Per Unit Volume**.
13. Tipear **5E6** en el cuadro de edición **Modulus of Elasticity**.
14. Tipear **.25** en el cuadro de edición **Poisson's Ratio**.
15. Hacer clic en el botón **OK** para aceptar los cambios y salir del cuadro de diálogo **Material Property Data**.
16. Hacer clic en el botón **OK** para salir del cuadro de diálogo **Define Materials**.
17. Hacer clic en el botón **Save Model**  para grabar el archivo.

Esto completa la definición de los materiales.

### Paso 3. Definición de las Secciones Frame/Cable

Si bien no se usarán secciones de acero en nuestra estructura (que están provistos por el SAP2000) se desarrollará el tutorial para saber definirlos en el caso que se quiera trabajar con estructuras metálicas.

El tutorial para la definición de las secciones de concreto se presentará después.

#### A. Definición de secciones de acero desde el archivo SECTIONS.PRO

1. En el menú **Define** elegir **Frame/Cable Sections...**, esto mostrará el cuadro de dialogo **Frame Properties**.
2. Para importar secciones en este cuadro de diálogo:
  - Hacer clic en la opción **Import**.
  - En la lista desplegada hacer clic en **Import I/ Wide Flange** .Esto mostrará el cuadro de diálogo **Section Property File**.
  - En este cuadro:
    - ✓ Localizar el archivo de datos SECTIONS8.PRO, típicamente está localizado en el directorio donde se instaló el SAP2000.
    - ✓ Abrir el archivo de datos SECTIONS8.PRO haciendo doble clic sobre el nombre del archivo.
    - ✓ Esto mostrará el cuadro de diálogo que incluye una lista para mostrar todas las secciones disponibles. El título de esta caja mostrará la ruta para llegar al archivo de datos.
    - ✓ En esta lista:
      - Las secciones Frame pueden ser seleccionadas una a una, pero también pueden ser elegidas en grupo, para esto presionar la tecla **Shift** y hacer clic en la primera y en la última sección de un grupo de secciones que se encuentran juntas. Si se quiere seleccionar múltiples secciones que no están juntas presionar la tecla **Ctrl** y hacer clic en cada sección que se quiera seleccionar.
      - Hacer clic en el botón **OK**, esto mostrará el cuadro de diálogo **I/Wide Flange Section** el cual exhibirá la última sección seleccionada, dimensiones de esta sección y STEEL como tipo de material por defecto.
  - ✓ Hacer clic en **OK**, esto cerrará el cuadro de diálogo **I/Wide Flange Section** y retornará al cuadro de diálogo **Define Frame/Cable Sections**.
  - ✓ Hasta aquí llega la definición de secciones para estructuras metálicas, para seguir con el tutorial en el mismo cuadro de diálogo borrar las secciones importadas haciendo clic en el botón **Delete Section**.
  - ✓ Hacer clic en **OK** para salir del cuadro de diálogo **Define Frame Section**.

## Definición de Secciones de concreto

1. En el menú **Define** elegir **Frame/Cable Sections...** esto mostrará el cuadro de diálogo **Define Frame Properties**.
2. En este cuadro :
  - Hacer clic en la opción **Add I** esto desplegará hacia abajo una lista de secciones. Seleccionar **Add Rectangular**.
  - Hacer clic en **Add New Property..**, esto mostrará el cuadro de diálogo **Rectangular Section**.
  - Cambiar el nombre de **FSEC1** por **Viga**, seleccionar **CONC** en el cuadro de lista **Material**.
  - En el área **Dimension** :
    - ✓ Tipear **.5** en la caja **Depth [ t3]** (peralte).
    - ✓ Tipear **.4** en al caja **Width [ t2]** (ancho).
  - Hacer clic en **OK** para aceptar la nueva sección.
  - Hacer clic en la opción **Add I**. Seleccionar **Add Rectangular**.
  - Hacer clic en **Add New Property..**, esto mostrará el cuadro de diálogo **Rectangular Section**.
  - Cambiar el nombre de **FSEC1** por **Columna**, hacer clic en **CONC** en el cuadro de lista **Material**.
  - En el área **Dimension** :
    - ✓ Tipear **.4** en la caja **Depth [ t3]** (peralte).
    - ✓ Tipear **.4** en al caja **Width [ t2]** (ancho).
  - Hacer clic en **OK** para aceptar la nueva sección.
  - Hacer clic en la opción **Add I**. Seleccionar **Add Rectangular**.
  - Hacer clic en **Add New Property..**, esto mostrará el cuadro de diálogo **Rectangular Section**.
  - Cambiar el nombre de **FSEC1** por **Puntal1**, hacer clic en **ALBA** en el cuadro de lista **Material**.
  - En el área **Dimension** :
    - ✓ Tipear **1.46** en la caja **Depth [ t3]** (peralte).
    - ✓ Tipear **.15** en al caja **Width [ t2]** (ancho).
  - Hacer clic en **OK** para aceptar la nueva sección.
  - Hacer clic en la opción **Add I**. Seleccionar **Add General**
  - Hacer clic en **Add New Property..**, esto mostrará el cuadro de diálogo **Property Data**.
  - Tipear **.219** en el cuadro de edición **Cross-section (axial) área**.
  - Tipear **0** en los cinco restantes cuadros de edición de la misma columna.

- Hacer clic en **OK**, esto mostrará el cuadro de diálogo **General Section**.
- Cambiar el nombre de **FSEC1** por **Puntal2**, hacer clic en **ALBA** en el cuadro de lista **Material**.
- En el área **Dimensión**:
  - ✓ Típear **1.46** en la caja **Depth** [ t3] (peralte).
  - ✓ Típear **.15** en al caja **Width** [ t2] (ancho).

Nota: Como ya se ingresaron las propiedades geométricas de la sección Puntal2 estas dos últimas dimensiones tipeadas en el cuadro de diálogo **General Section** sólo sirven para la exhibición de las dimensiones.

- Hacer clic en **OK** para aceptar la nueva sección. Esto mostrará el cuadro de diálogo **Define Frame Properties**.
- Notar que una vez definidas las cuatro secciones los nombres **Viga, Columna, Puntal1, Puntal2** aparecen en el área **Properties**, además de las secciones **W** que aparecen por defecto.
- Si se requiere modificar alguna sección hacer clic en **Modify/Show Property** cuando el nombre de la sección a modificar está encendida en la sección **Properties**.

3. Hacer clic en el botón **Save Model**  para grabar el archivo.

Esto completa la definición de secciones Frame/Cable.

#### Paso 4. Asignación de grupos (Groups)

La definición de Grupos puede ser una poderosa herramienta primero para seleccionar elementos y después para la asignación y la exhibición de resultados. En este paso se crearán tres grupos que se muestran en la tabla siguiente:

Nombre de Grupo	Descripción
GVIGAS	Todas las vigas del primer y segundo nivel.
GCOLS	Todas las columnas del primer y segundo nivel.
GPUNS1	Los dos brazos diagonales del primer nivel
GPUNS2	Los dos brazos diagonales del segundo nivel.

Nota: Por defecto el programa crea un grupo llamado **All** el cual incluye todos los elementos en el modelo (incluido nudos).

1. Hacer clic en la ventana derecha para activarla. Hacer clic en el botón  **xy 2D View**. Notar que el título de la ventana ahora dice **X-Y Plane @ Z=6**, si no es así entonces hacer clic sobre el botón **Move Up in List**. 
2. Seleccionar todos los elementos en el plano Z=6 dibujando una ventana que los incluya, para esto arrastrar el mouse presionando el botón izquierdo.
3. Hacer clic en el botón **Move Down in List**  para ubicar el plano Z=3, notar que el título de la ventana ahora dice **X-Y Plane @ Z=3**.
4. Seleccionar todos los elementos del plano Z=3.
5. En el menú **Assign** escoger **Assign to Group ...** esto mostrará el cuadro de diálogo **Assign/Define Group Names**.

En este cuadro:

- Hacer clic en **Add New Group Name**
- En el cuadro **Group Name** tipear **GVIGAS**.
- En el cuadro **Group Uses** dejar **Selection** con un check, y en blanco el resto
- Hacer clic en **OK** para definir el grupo llamado **GVIGAS**
- Hacer clic en **OK**.

Nota: Para quitar la selección de elementos se debe hacer clic otra vez sobre estos,



si se quiere quitar la selección de todos los elementos de una sola vez hacer clic el botón **Clear Selection** en la Barra de Herramientas Lateral o escoger **Clear Selection** en el menú **Select**.

6. Hacer clic en el botón **x-z 2D View**  en la Barra de Herramientas Principal para mostrar una elevación en el plano X-Z. Notar que el título de la ventana es probablemente **X-Z Plane @ Y=-3**, si no es así entonces hacer clic sobre el botón **Move Up in List.** 
7. Hacer clic sobre las cuatro columnas mostradas para seleccionarlas.
8. Hacer clic sobre el botón **Move Down in List**  para mostrar el plano **Y=-3** y hacer clic sobre las otras cuatro columnas mostradas para seleccionarlas también.
9. En el menú **Assign** escoger **Assign to Group ...** esto mostrará el cuadro de diálogo **Assign/Define Group Names.**

En este cuadro:

- Hacer clic en **Add New Group Name**
  - En el cuadro **Group Name** tipear **GCOLS**.
  - En el cuadro **Group Uses** dejar **Selection** con un check, y en blanco el resto
  - Hacer clic en **OK** para definir el grupo llamado **GCOLS**
  - Hacer clic en **OK**.
10. Asignar de la misma manera los dos brazos diagonales del primer nivel al grupo **GPUNS1**.
  11. Asignar también los dos brazos diagonales del segundo nivel al grupo **GPUNS2**.

Nota: Para añadir más nudos y/o elementos a un grupo ya asignado, primero seleccionar los elementos del grupo, después seleccionar más nudos y/o elementos y finalmente asignarlos al grupo. La asignación de un grupo puede reemplazar, adicionar o borrar los elementos existentes en aquel grupo.

12. Hacer clic en el botón **Save Model**  para grabar el archivo.

Esto completa la asignación de grupos.

### **Paso 5. Asignación de secciones Frame/Cable**

1. Hacer clic en la ventana izquierda con título **3D View** para activarla.
2. En el menú **Select** seleccionar **Select** y después **Groups...** en el submenú. Esto mostrará el cuadro de diálogo **Select Groups**.
3. En este cuadro hacer clic en el nombre **GVIAS** y después hacer clic en el botón **OK**. Notar que todas las vigas se seleccionan.
4. En el menú **Assign** seleccionar **Frame/Cable** y luego **Sections...** en el submenú. Esto mostrará el cuadro de diálogo **Define Frame Properties**.
5. En el área **Properties** hacer clic en **VIGA** y después hacer clic en **OK**.
6. Notar que las vigas se etiquetan con el nombre **VIGA** y los otros elementos por defecto tienen la etiqueta **W18\*35**.
7. Hacer clic en el botón **Show Undeformed Shape**  para limpiar la exhibición de las etiquetas de las secciones. De esta manera se ha asignado la sección Viga a las vigas del primer y segundo nivel. Proceder de la misma forma para asignar las secciones **Columna**, **Puntal1** y **Puntal2** a los elementos Frame respectivos.
8. Para ver la forma de la sección del elemento Frame en la pantalla hacer clic el botón **Set Display Options**  y luego seleccionar la opción **Shade Objects**. Esto puede ayudar para verificar si los elementos están orientados apropiadamente. Volver al modelo de líneas desactivando la opción **Shade Objects** en el cuadro de diálogo **Set Display Options**.
9. Hacer clic en el botón **Save Model**  para grabar el archivo.

Esto completa la asignación de secciones.

## Paso 6. Asignación de End Releases Frame

Se liberarán los momentos M3 y M2 de los brazos diagonales del primer nivel.

1. Hacer clic en la ventana con título **3D View** para activarla.
2. Hacer clic en el botón **Set Display Options**  en la Barra de Herramientas Principal o seleccionar **Set Display Option...** en el menú **View**. Esto mostrará el cuadro de diálogo **Display Options For Active Window**.

En este cuadro:

- En el área **Frames** seleccionar la casilla **Local Axes**.
- Hacer clic en **OK**

Nota: Las flechas de los ejes locales son de color rojo, blanco y azul. La flecha **roja** es siempre el eje local **1**, la flecha **blanca** es siempre el eje local **2**, y la flecha **azul** es siempre el eje local **3**. Para elementos Frame el eje local 1 siempre se encuentra sobre el eje longitudinal del elemento y apunta desde el nudo inicial al nudo final. Por tanto se pueden usar los ejes locales para saber cuales son el extremo inicial y final de cualquier elemento Frame.

3. En el menú **Select** seleccionar **Select** y después **Groups ...** en el submenú. Esto mostrará la caja de diálogo **Select Groups**.
4. En esta caja hacer clic en el nombre **GPUNS1** y después hacer clic en **OK**.
5. En el menú **Assign** seleccionar **Frame/Cable** y después **Releases/Partial Fixity ...** en el submenú. Esto mostrará el cuadro de diálogo **Assign Frame Releases**.
6. En este cuadro :
  - Seleccionar las casillas **Start** y **End** para el momento **M22(minor)** y el momento **M33(major)**.
  - Hacer clic en **OK**.
7. Desde el menú **Assign** seleccionar **Clear Display of Assigns** para limpiar la exhibición de los Releases en los elementos Frame.
8. Hacer clic en el botón **Set Display Options**  . Esto mostrará el cuadro de diálogo **Display Options For Active Window**.

En este cuadro :

- En el área **Frames** quitar la selección de la casilla **Local Axes**.
- Hacer clic en **OK**

9. Hacer clic en el botón **Save Model**  para grabar el archivo. Esto completa la asignación de End Releases a los elementos Frame.

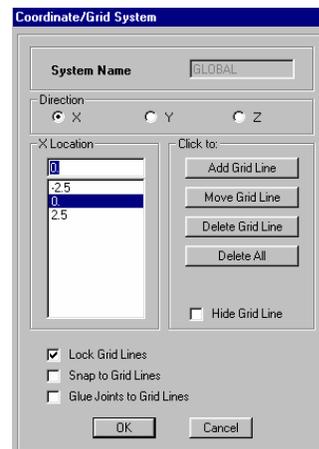
### Paso 7. Asignación de Constraints.

Para aplicar las cargas laterales por sismo se deben crear primero dos nudos, uno por cada nivel, ubicados en los centroides de las áreas en planta. Cada nudo creado recibirá la carga lateral y estará unido a los demás nudos de su respectiva planta por medio de un Constraint tipo Diafragma. En este paso estos nudos serán llamados Nudos Centroidales.

1. Hacer clic en la ventana derecha para activarla.
2. Hacer clic en el botón **xy 2D View** 
3. Desde el menú **Define** seleccionar **Coordinate Systems/Grids**. Esto mostrará el cuadro de diálogo **Coordinate/Grids Systems**.
4. Hacer clic en el botón **Modify/Show System**. Esto mostrará el cuadro de diálogo **Coordinate/Grids System**.

5. En este cuadro:

- Seleccionar la opción **X** en el área **Direction** .
- Típear **0** en el cuadro de edición **X Location**.
- Seleccionar la opción **Add Grid Line** .
- Seleccionar la opción **Y** en el área **Direction**
- Típear **0** en el cuadro de edición **Y Location**.
- Seleccionar la opción **Add Grid Line**.
- Hacer clic en **OK** para salir del cuadro de diálogo **Coordinate/Grids System**.
- Hacer clic en **OK** para salir del cuadro de diálogo **Coordinate/Grids Systems**.



6. Hacer clic sobre el botón **Draw Special Joint** en la Barra de Herramientas Lateral, o seleccionar **Draw Special Joint** en el menú **Draw**. El programa está ahora en el modo Draw.
7. Asegurarse de que el botón **Snap to Point and Grid Intersections**  esta presionado.
8. En la ventana **xy 2D View**, ubicarse en el nivel  $Z=3$ . Mover el puntero del mouse sobre la intersección de las líneas  $X=0$  ,  $Y=0$  y hacer clic en el botón izquierdo. Esto creará el nudo centroidal del primer nivel.
9. Hacer lo mismo para crear el nudo centroidal del segundo nivel.
10. Hacer clic sobre el botón **Set Select Mode**  para salir del modo Draw.

Asignación de restricciones a los nudos centroidales.

11. Hacer clic sobre la ventana **3d View** para activarla.
12. Seleccionar los nudos centroidales del primer y segundo nivel.

13. Hacer clic en el botón **Assign Joint Restraints**  o en el menú **Assign** escoger **Joints** y luego **Restraints** en el submenú, esto mostrará el cuadro de diálogo **Joints Restraints**.

14. En este cuadro:

- Hacer clic sobre el botón  en el área **Fast Restraints**.
- En el área **Restraints in Local Directions** seleccionar las casillas **Traslation 3**, **Rotation about 1** y **Rotation about 2**.
- Hacer clic en **OK**.

Se asignarán un Constraint tipo Diafragma a cada nivel del edificio para simular el comportamiento rígido de las losas.

15. Hacer clic en la ventana **X-Y Plane @ Z=6** para activarla.

16. Seleccionar todos los elementos del techo dibujando una ventana que los incluya, para esto arrastrar el mouse presionando el botón izquierdo.

17. En el menú **Assign** escoger **Joint** y luego **Constraints...** en el **submenú**. Esto mostrará el cuadro de diálogo **Assign/Define Constraints**.

18. En este cuadro:

- En la sección **Choose Constraint Type for Add** seleccionar **Diaphragm**. Y hacer clic en **Add New Constraint**. Esto mostrará el cuadro de diálogo **Diaphragm Constraint**.
- En este cuadro:
  - ✓ Tipear **Dia2** en el cuadro de edición **Constraint Name**.
  - ✓ Seleccionar en **Constraint Axis**, **Z Axis**
  - ✓ Hacer clic en **OK**.
- Hacer clic en el botón **OK** para salir del cuadro de diálogo **Assign/Define Constraint**, y asignar al segundo nivel el Constraint tipo Diafragma **Dia 2**

Nota : Los nudos cambian de color indicando la asignación de estos a un mismo Constraint.

19. Hacer lo mismo para el nivel **Z=3** pero tipear **Dia1** en el cuadro de edición **Constraint Name**.

20. En el menú **Assign** seleccionar **Clear Display of Assigns** para quitar la exhibición de los nudos constraints.

21. Hacer clic en el botón **Save Model**  para grabar el archivo.

Esto completa la asignación de Constraints.

## Paso 8. Definición de los Casos de Carga Estática.

1. En el menú **Define** seleccionar **Load Cases...**. Esto mostrará el cuadro de diálogo **Define Loads**.

2. En este cuadro :

- Típear **WD** en el cuadro **Load Name**.
- Seleccionar **Dead** en el cuadro de lista **Type**.
- Típear **1** en el cuadro de edición **Self Weight Multiplier**.
- Hacer clic en el botón **Modify Load**.

Nota: En este ejemplo el programa calcula automáticamente el peso propio de los elementos de la estructura. Si no se quisiera incluir el peso propio se debería típear **0** en el cuadro **Self Weight Multiplier** o se debería típear 0 en el cuadro **Weight Per Unit Volume** en el cuadro de diálogo **Define Material**.

- Típear **WL** en el cuadro **Load Name**.
- Seleccionar **Live** en el cuadro de lista **Type**.
- Típear **0** en el cuadro **Self Weight Multiplier**
- Hacer clic en **Add New Load**.
- Típear **SX** en el cuadro **Load**.
- Seleccionar **Quake** en el cuadro de lista **Type**.
- Típear **0** en el cuadro **Self Weight Multiplier**.
- Hacer clic en **Add New Load**.
- Hacer clic en el botón **OK**.

3. Hacer clic en el botón **Save Model**  para grabar el archivo.

Esto completa la definición de los Casos de Carga Estática.

## Paso 9. Asignación de cargas estáticas Frame

Se asignarán tres tipos de carga, carga muerta uniformemente distribuida, carga viva uniformemente distribuida, y cargas concentradas.

1. Hacer clic en la ventana izquierda para activarla y luego hacer clic en el botón  **3D View** en la Barra de Herramientas Principal.
2. Hacer clic sobre la ventana derecha para activarla y luego hacer clic en el botón **yz 2D View** en la Barra de Herramientas Principal. Notar que en la **Barra de Estado** (barra superior de la pantalla) el título de la ventana activada probablemente dice **YZ Plane @ X=2.5** si no es así hacer clic sobre el botón **Move Up In List** .
3. Para seleccionar las dos vigas en el pórtico mostrado:
  - Hacer clic en el botón **Set Select Mode**  en la Barra de Herramientas Lateral.
  - Hacer clic en el botón **Select Using Intersecting Line**  en la Barra de Herramientas Lateral.
  - Colocar el apuntador del mouse sobre la viga superior del pórtico.
  - Hacer clic y mantener presionado el botón izquierdo del mouse, luego arrastrarlo sobre las dos vigas para seleccionarlas.
4. Hacer clic en el botón **Move Down In List**  en la Barra de Herramientas Principal. Notar que el título de la ventana ahora dice **YZ Plane @ X=-2.5**.
5. Usar nuevamente el botón **Set Using Intersecting Line** para seleccionar las otras dos vigas del pórtico X=-2.5.
6. En el menú **Assign** seleccionar **Frame Loads...** y luego **Distributed...** en el submenú. Esto mostrará el cuadro de diálogo **Frame Distributed Loads**.
7. En este cuadro:

- Seleccionar **WD** en el cuadro **Load Case Name**.
- En el área **Load Type and Direction**, seleccionar la opción **Forces** y seleccionar **Global Z** en el cuadro de listas **Direction**.
- En el área **Options** seleccionar la opción **Add to Existing Loads**.
- En el área de **Uniform Load** tipear **-.75**.
- Hacer clic en el botón **OK** para aplicar la carga.



Nota : Como la carga se ingresa en la dirección global Z el signo menos indica que la carga está dirigida hacia abajo.

8. Hacer clic en el botón **Get Previous Selection**  en la Barra de Herramientas Lateral (o seleccionar **Get Previous Selection** en el menú **Select**). Esto restaurará las selecciones hechas a las cuatro vigas de los dos pórticos.
9. Hacer clic sobre el botón **Assign Frame Distributed Loads**  en la Barra de Herramientas Principal. Esto mostrará el cuadro de diálogo **Frame Distributed Loads**.
10. En este cuadro:
  - Seleccionar **WL** desde el cuadro **Load Case Name**.
  - En el área **Load Type and Direction**, seleccionar la opción **Forces** y seleccionar **Global Z** desde el cuadro **Direction**.
  - En el área **Options** seleccionar la opción **Add to Existing Loads**.
  - En el área de **Uniform Load** tipear **-.625**.
  - Hacer clic en el botón **OK** para aplicar la carga
11. Hacer clic en el botón **Get Previous Selection**  en la Barra de Herramientas Lateral.
12. Hacer clic sobre el botón **Assign Point Loads**  en la Barra de Herramientas Principal. Esto mostrará el cuadro de diálogo **Frame Point Loads**.
13. En este cuadro:
  - Seleccionar **WD** desde el cuadro **Load Case Name**.
  - En la sección **Options** seleccionar la opción **Add to Existing Loads**.
  - En la sección **Points Loads** se encuentran los cuadros **Distance** y **Load** etiquetadas del 1 al 4 .
  - En el área **Load Type and Direction**, seleccionar la opción **Forces** y seleccionar **Global Z** desde el cuadro **Direction**.
  - En el primer cuadro de **Distance** topear **0.5** y en el primer cuadro de **Load** tipear **-2** . Marcar la opción **Relative Distance from End I**.
  - En el cuadro **Uniform Load** tipear **0**.
  - Hacer clic en **OK** para aplicar la carga.
14. Hacer clic en el botón **Save Model**  para grabar el archivo.

Esto asigna las Cargas Estáticas Frame.

### **Paso 10. Asignación Cargas Estáticas en los nudos.**

1. Hacer clic en la ventana izquierda **3d View** para activarla.
2. Seleccionar el nudo centroidal del segundo nivel (o nivel  $Z=6$ ).
3. En el menú **Assign** seleccionar **Joints Loads...** y después **Forces...** en el submenú. Esto mostrará el cuadro de dialogo **Joints Forces**.
4. En este cuadro:
  - Seleccionar **SX** en el cuadro de lista **Load Case Name**
  - En la sección **Options**, seleccionar la opción **Add to Existing Loads**
  - Típear **6** en el cuadro de edición **Forces Global X**.
  - Hacer clic en **OK** para aplicar la carga.
5. Hacer clic sobre el nudo centroidal del primer nivel (o nivel  $Z=3$ ) para seleccionarlo.
6. Repetir los ítems 3 y 4 pero típear **4** en el cuadro de edición **Forces Global X**.
7. En el menú **Assign** seleccionar **Clear Display of Assigns** para quitar la exhibición de los nudos constraints.
8. Hacer clic en el botón **Save Model**  para grabar el archivo

Esto completa la asignación de Cargas Estáticas en los nudos.

### Paso 11. Definición de Combinaciones.

Previamente definiremos los casos de análisis (**Analysis Cases**).

1. Desde el menú **Define** seleccionar **Analysis Cases**. Esto mostrará el cuadro de diálogo **Analysis Cases**.
2. En este cuadro seleccionar **Dead** en **Case Name**. Luego clic en el botón **Modify/Show Case**. Esto mostrara el cuadro **Analysis Case Data-Linear Static**.
3. En este cuadro cambiar el nombre por defecto de **Dead** a **WD** en el cuadro **Analysis Case Name**. Finalmente OK para cambiar el nombre y OK para salir del cuadro **Analysis Cases**
4. Desde el menú **Define** seleccionar **Combinations**. Esto mostrará el cuadro de diálogo **Define Response Combinations**.
5. En este cuadro:
  - En la sección **Click to** seleccionar **Add New Combo**. Esto mostrará el cuadro de diálogo **Response Combination Data**.

Case Name	Case Type	Scale Factor
WD	Linear Static	1

- En este cuadro :
  - ✓ Tipear **COMB1** en el cuadro de edición **Response Combination Name**.
  - ✓ Seleccionar **Linear Add** en el cuadro **Combination Type**.
  - ✓ En la sección **Define Combination of Case Results**
    - En el cuadro **Case Name** elegir **WD**
    - Tipear **1.5** en el cuadro de edición **Scale Factor**.
    - Hacer clic en el botón **Add**.
    - En el cuadro **Case Name** elegir **WL**
    - Tipear **1.8** en el cuadro de edición **Scale Factor**.
    - Hacer clic en el botón **Add**.
    - Hacer clic en **OK**.
- Seleccionar **Add New Combo**. Esto mostrará el cuadro de diálogo **Response Combination Data**.

- En este cuadro:
  - ✓ En la sección **Define Combination of Case Results**
    - Seleccionar **WD** en **Case Name** y tipear **1.25** en el cuadro **Scale Factor**.
    - Hacer clic en el botón **Add**.
    - Seleccionar **WL** en **Case Name** y tipear **1.25** en el cuadro **Scale Factor**.
    - Hacer clic en el botón **Add**.
    - Seleccionar **SX** en **Case Name** y tipear **1.25** en el cuadro **Scale Factor**.
    - Hacer clic en el botón **Add**.
    - Hacer clic en **OK**.

- Repetir estos pasos para añadir la combinación:

Comb3 0.9WD +1.25SX.

Nota: Las combinaciones:

$$1.25WD + 1.25WL - 1.25SX \text{ y}$$

$$0.9WD - 1.25SX$$

en este ejemplo no se deben usar, los tabiques de albañilería se han modelado tomando en cuenta sólo el sentido positivo de la carga lateral SX.

- Seleccionar nuevamente **Add New Combo**. Esto mostrará el cuadro de diálogo **Response Combination Data**.
- En este cuadro:
  - ✓ Tipear **Comb4** en el cuadro de edición **Response Combination Name**.
  - ✓ Seleccionar **Envelope** en el cuadro de lista **Combination Type**.
  - ✓ En la sección **Define Combination of Case Results**:
    - Seleccionar **Comb1** y tipear **1** en el cuadro de edición **Scale Factor**.
    - Hacer clic en el botón **Add**.
    - Hacer lo mismo para añadir las combinaciones **Comb2** y **Comb3** con factor de escala **1**.
    - Hacer clic en **OK**.
- Hacer clic en **OK** para salir del cuadro **Define Response Combinations**.

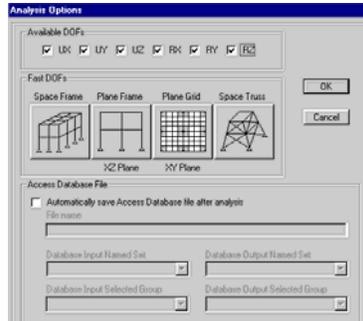
3. Hacer clic en el botón **Save Model**  para grabar el archivo

Esto completa la definición de Combinaciones.

## Paso 12. Análisis estático.

En este paso se verán las opciones para el análisis estático y como correr el programa.

1. Desde el menú **Analyze** seleccionar **Set Analysis Options...** .Esto mostrará el cuadro de diálogo **Analysis Options**.



2. En este cuadro:

- Hacer clic en el botón **Space Frame** en la sección **Fast DOFs**.
- Hacer clic en **OK** para salir del cuadro de diálogo **Analysis Options**.

3. Hacer clic en el botón **Run Analysis**  o seleccionar **Run Analysis** en el menú **Analyze**. Esto mostrara el cuadro de dialogo **Set Analysis Cases to Run**



4. En este cuadro:

- Seleccionar **MODAL** en **Case Name** y clic en el botón **Run/Do Not Run Case** para no realizar este análisis.
- Clic en **Run Now** para realizar el análisis.

5. Al momento de correr se abrirá una ventana en la cual varias fases de análisis serán progresivamente reportadas. Una vez completado el análisis se puede usar la barra de movimiento vertical ubicado a la derecha de la ventana para revisar los mensajes editados y poder chequear cualquier advertencia o error.

Nota: Todos los mensajes editados al momento de correr el análisis se pueden encontrar en el archivo de texto \*.LOG donde \* representa el nombre del archivo Sap2000 del usuario.

6. Hacer clic en **OK** la ventana de análisis. Notar que la ventana **3D View** ahora muestra el modelo deformado.

Esto completa el análisis estático.

### Paso 13. Revisión de la deformada y los desplazamientos de los nudos.

1. Notar que la estructura deformada aparece en la ventana izquierda con el primer caso de carga **WD**. Hacer clic en esta ventana para activarla.
2. Hacer clic en el botón **Star Animation**  localizado en la Barra de Estado en la parte inferior derecha de la pantalla.
3. Hacer clic en el botón **Right Arrow**,  localizado en la Barra de Estado, para ver la deformada de los otros casos de carga **WL** y **SX**.

#### Revisión de la deformada

4. Clic en el botón **Show Deformed Shape**  o seleccionar **Show Deformed Shape...** en el menú **Display**. Con esto aparecerá el cuadro de diálogo **Deformed Shape**.
5. En este cuadro:
  - Seleccionar el caso de carga **Comb1** Combo en el cuadro de lista **Load**
  - En la sección **Scaling** seleccionar la opción **Auto**.
  - Seleccionar las casillas **Wire Shadow** y **Cubic curve** en la sección **Options**.
  - Hacer clic en **OK** para mostrar la estructura deformada.
6. Hacer clic en el botón **Star Animation**  para animar la estructura.
7. Hacer clic en el botón **Right Arrow**  para ver las otras combinaciones **Comb2**, **Comb3** y **Comb4**.

#### Revisión de los desplazamientos de los nudos.

8. Hacer clic sobre el botón **Show Analysis Results Tables**  o en el menú **Display** seleccionar **Show Analysis Results Tables...** esto mostrará la caja de diálogo **Choose Analysis Results Tables**

Nota: En este cuadro se pueden seleccionar resultados en nudos (**Joint Ouput**), elementos (**Element Ouput**) o en toda la estructura (**Structure Ouput**). Se pueden seleccionar, los resultados, para el caso de análisis que se desea con la opción **Select Analysis Case**.

9. En este Cuadro seleccionar **Displacements** en **Joint Ouput**. Seleccionar el caso de carga **Comb4**, en **Select Analysis Case**. Finalmente **OK**. Esto mostrará el cuadro **Join Displacements**
  10. Por tratarse de una combinación tipo **ENVE** (envolvente) se muestran los valores máximos y mínimos.
  11. Es posible exportar los datos al **Excel**, desde la Opción **File**, submenu **Export Current Table, To Excel**
- Esto completa la revisión de la deformada y los desplazamientos de los nudos.

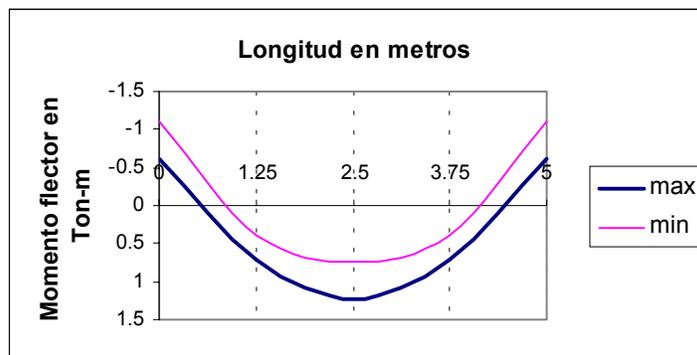
#### **Paso 14. Revisión de las Fuerzas en los elementos Frame.**

1. Después que el análisis ha sido corrido hacer clic sobre la ventana izquierda para activarla.
2. Hacer clic en el botón **Show Forces/Stresses**  , seleccionar **Frames/Cables**. Esto mostrará el cuadro de diálogo **Member Force Diagram for Frames**.
3. En este cuadro:
  - Seleccionar **Comb4** en el cuadro **Case/Combo Name**.
  - Seleccionar la opción **Moment 3-3** en la sección **Component**.
  - Seleccionar la opción **Auto** en la sección **Scaling**.
  - Seleccionar la casilla **Fill Diagram**.
  - Hacer clic en **OK**. Esto mostrará los diagramas momento con las formas rellenas.
4. Hacer clic derecho sobre cualquier elemento para mostrar un cuadro de diálogo que permite ver el valor del momento en cualquier punto a lo largo del elemento.
5. Hacer clic en el botón **Show Forces/Stresses**  , seleccionar **Frames/Cables**. Esto mostrará el cuadro de diálogo **Member Force Diagram for Frames**.
6. En este cuadro:
  - Quitar la selección de la casilla **Fill Diagram**.
  - Seleccionar la casilla **Show Values**.
  - Hacer clic en **OK** para exhibir los diagrama momento con los valores críticos mostrados.
7. Hacer clic derecho sobre cualquier elemento para mostrar un cuadro de diálogo que permite ver el valor del momento en cualquier punto a lo largo del elemento.

Esto completa la revisión de las Fuerzas en los elementos Frame. Esto también completa el ejemplo 1 de esta parte.

### Envolvente del Diagrama Momento Flector de la viga.

FRAME	LOAD		LOC	M3	M3 para la envolvente
20	COMB4	MAX	0.00	-0.61	-0.61
20	COMB4	MAX	1.25	0.63	0.72
20	COMB4	MAX	2.50	1.24	1.24
20	COMB4	MAX	3.75	0.72	0.72
20	COMB4	MAX	5.00	-0.61	-0.61
20	COMB4	MIN	0.00	-1.10	-1.10
20	COMB4	MIN	1.25	0.41	0.41
20	COMB4	MIN	2.50	0.74	0.74
20	COMB4	MIN	3.75	0.41	0.41
20	COMB4	MIN	5.00	-0.92	-1.10



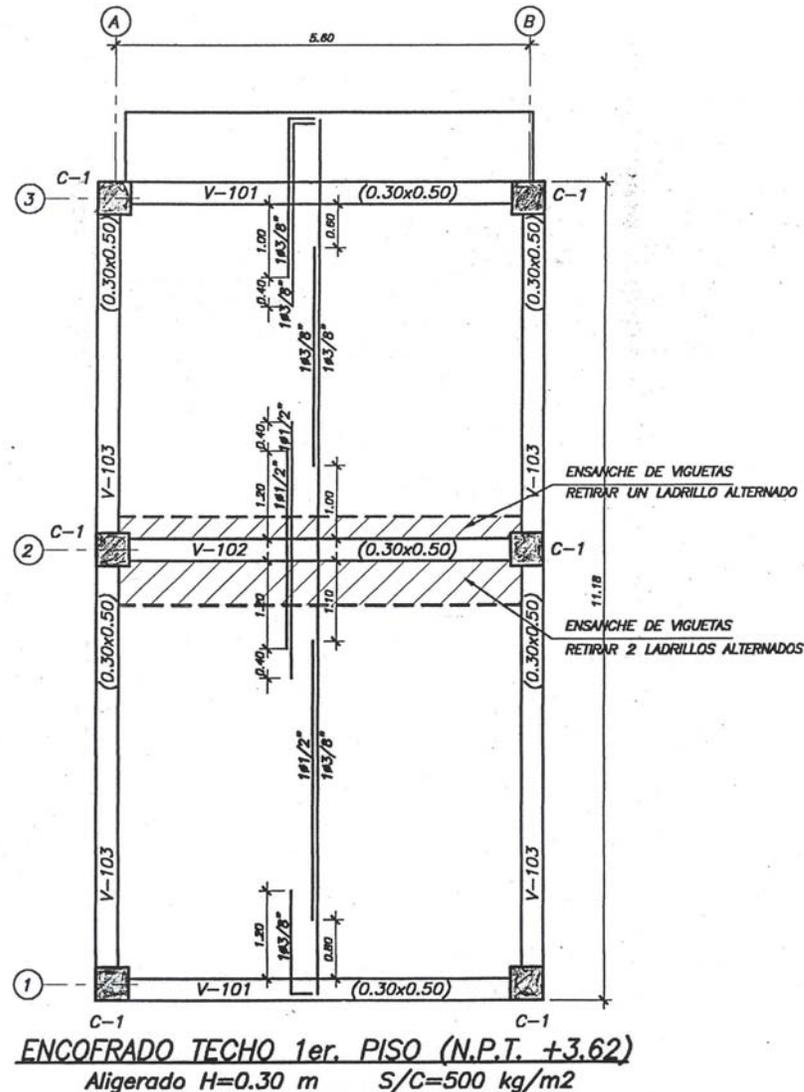
# Ejemplo 2. Análisis Dinámico de un edificio

## A. Descripción del modelo

El edificio es una estructura aporticada de concreto con un paño en un lado y dos en el otro y tres pisos de alto.

Después de armar el modelo, se harán análisis sísmicos estático y dinámico empleando combinaciones de cargas de acuerdo a la Norma Peruana de Concreto Armado E-0.60 para obtener la envolvente de cargas de la viga del segundo nivel del pórtico 2.

TECHO TIPICO. Medidas dadas en metros.



Secciones:

- Vigas de 0.30 x 0.50
- Columnas de 0.45 x 0.45.

Materiales:

- Concreto  $E=2E6 \text{ Ton/m}^2$   
 $\nu = 0.15$

MODELO:

### Cargas distribuidas verticales asumidas

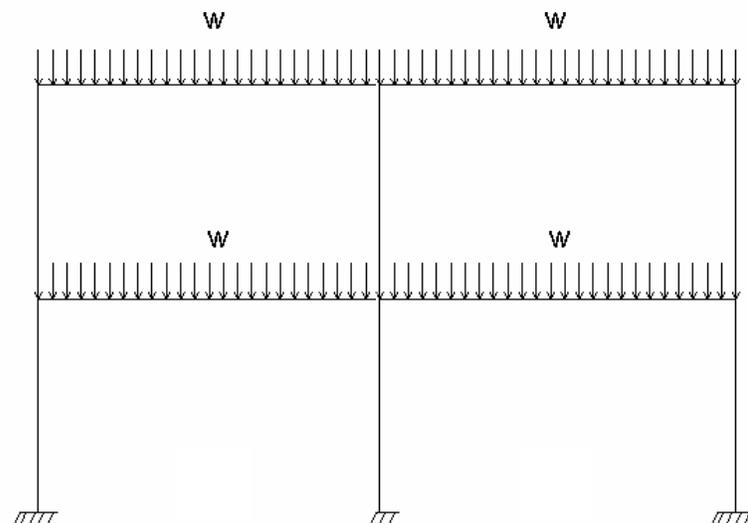
- La carga muerta distribuida se calculó sin incluir el peso propio de las vigas, esta carga en las vigas se debe al peso de la losa.

### Pórticos A y B:

Primer nivel: DL = 0.87 Ton/m.  
LL = 0.25 Ton/m.

Segundo nivel: DL = 0.87 Ton /m.  
LL = 0.13 Ton / m.

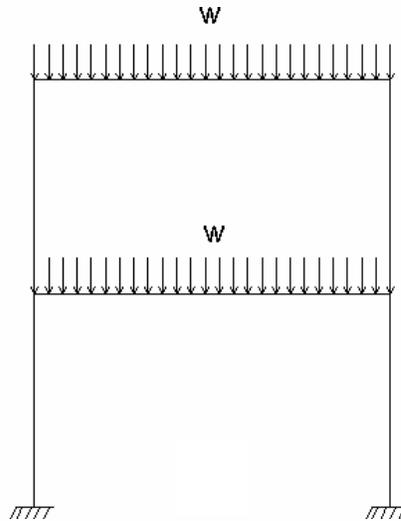
Tercer nivel: DL = 0.22 Ton /m.  
LL = 0.10 Ton / m.



**Pórticos A y B**

### **Pórtico 1:**

Primer nivel:	WD = 1.92 Ton/m. WL = 1.41 Ton/m.
Segundo nivel:	WD = 1.92 Ton /m. WL = 0.71 Ton / m.
Tercer nivel:	WD = 1.27 Ton /m. WL = 0.42 Ton / m.



### **Pórticos 1, 2 y 3**

#### **Pórtico 2:**

Primer nivel:	WD = 2.35 Ton/m. WL = 2.61 Ton/m.
Segundo nivel:	WD = 2.35 Ton /m. WL = 1.31 Ton / m.
Tercer nivel:	WD = 2.35 Ton /m. WL = 0.78 Ton / m.

#### **Pórtico 3:**

Primer nivel:	WD = 2.11 Ton/m. WL = 1.63 Ton/m.
Segundo nivel:	WD = 2.11 Ton /m. WL = 0.81 Ton / m.
Tercer nivel:	WD = 1.40 Ton /m. WL = 0.49 Ton / m.

## **Cargas laterales asumidas.**

Para este modelo las cargas laterales por sismo del análisis estático se suponen aplicadas en el centroide del área en planta para cada nivel y se dirigen en la dirección positiva X e Y.

Primer nivel	E1 = 3.8 ton.
Segundo nivel	E2 = 6.8 ton.
Tercer nivel	E2 = 9.7 ton.

No se considera la excentricidad ya que este ejemplo está desarrollado principalmente para mostrar las herramientas básicas del programa. Es por eso que la estructura es pequeña y sencilla.

Este análisis estático se realiza para confrontar los resultados del análisis dinámico.

## **B. Creación y análisis del modelo del edificio**

### **Paso 1. Elaboración de la geometría del modelo.**

La geometría del modelo se puede construir desde el Template (plantilla) o desde el Scratch (dibujo de mallas). Para ello se puede seguir el paso 1a o 1b del Ejemplo1.

### **Paso 2. Definición de las propiedades del material**

Similar al paso 2 del Ejemplo1.

### **Paso 3. Definición de las Secciones Frame**

Similar al paso 3 del Ejemplo1.

### **Paso 4. Asignación de grupos (Groups)**

Similar al paso 4 del Ejemplo1.

### **Paso 5. Asignación de secciones Frame**

Similar al paso 5 del Ejemplo1.

### **Paso 6. Asignación de End Releases Frame**

No es necesario en este ejemplo.

### **Paso 7. Asignación de Constraints.**

Similar al paso 7 del Ejemplo1.

### **Paso 8. Definición de los Casos de Carga Estática.**

Similar al paso 8 del Ejemplo1.

### **Paso 9. Asignación de cargas estáticas Frame**

Similar al paso 9 del Ejemplo1.

### **Paso 10. Asignación Cargas Estáticas en los nudos.**

Similar al paso 10 del Ejemplo1.

### Paso 11. Definición de Combinaciones.

Similar al paso 11 del Ejemplo1.

### Paso 12. Análisis estático.

Similar al paso 12 del Ejemplo1.

### Paso 13. Análisis dinámico.

#### Asignación de valores de inercia traslacional y rotacional por nivel

1. En el centroide de cada nivel ( $X=0$ ;  $Y=-0.425$ ) haciendo uso del botón **Draw Special Joint** de la Barra de Herramientas Lateral dibujar los nudos en los cuales se asignarán las propiedades de inercia. Previamente, mediante la opción **Edit Grid** del menú **Draw**, trazar líneas guía para  $Y=-0.425$  y  $Z=4, 7.05$  y  $10.05$ .

2. Para cada nudo que representa el centro de masa de cada nivel hacer:

- Desde el menú **Assign** seleccionar el submenú **Joint** y luego **Masses...** Esto mostrará el cuadro de diálogo **Joint Masses**.
- Completar este cuadro como se muestra:

The screenshot shows the 'Joint Masses' dialog box with the following settings:

- Mass Direction: Global
- Masses in Global Directions:
  - Direction X: 9
  - Direction Y: 9
  - Direction Z: 0
- Mom. of Inertia in Global Directions:
  - Rotation about X: 0
  - Rotation about Y: 0
  - Rotation about Z: 139
- Options:
  - Add to Existing Masses
  - Replace Existing Masses
  - Delete Existing Masses

#### Asignación de restricciones y Constraints

1. Restringir los apoyos de la base en los seis grados de libertad.
2. Para todos los nudos de cada nivel asignar Constraints tipo Diafragma (DIA1, DIA2 y DIA3).
3. En los nudos que representan el centro de masa de cada nivel asignar restricciones de desplazamiento en  $Z$  y de rotaciones en  $X$  e  $Y$  tal como se muestra a continuación:

The screenshot shows the 'Joint Restraints' dialog box with the following settings:

- Restraints in Local Directions:
  - Translation 1
  - Translation 2
  - Translation 3
  - Rotation about 1
  - Rotation about 2
  - Rotation about 3
- Fast Restraints:
  - Diaphragm
  - Roller
  - Support
  - Point

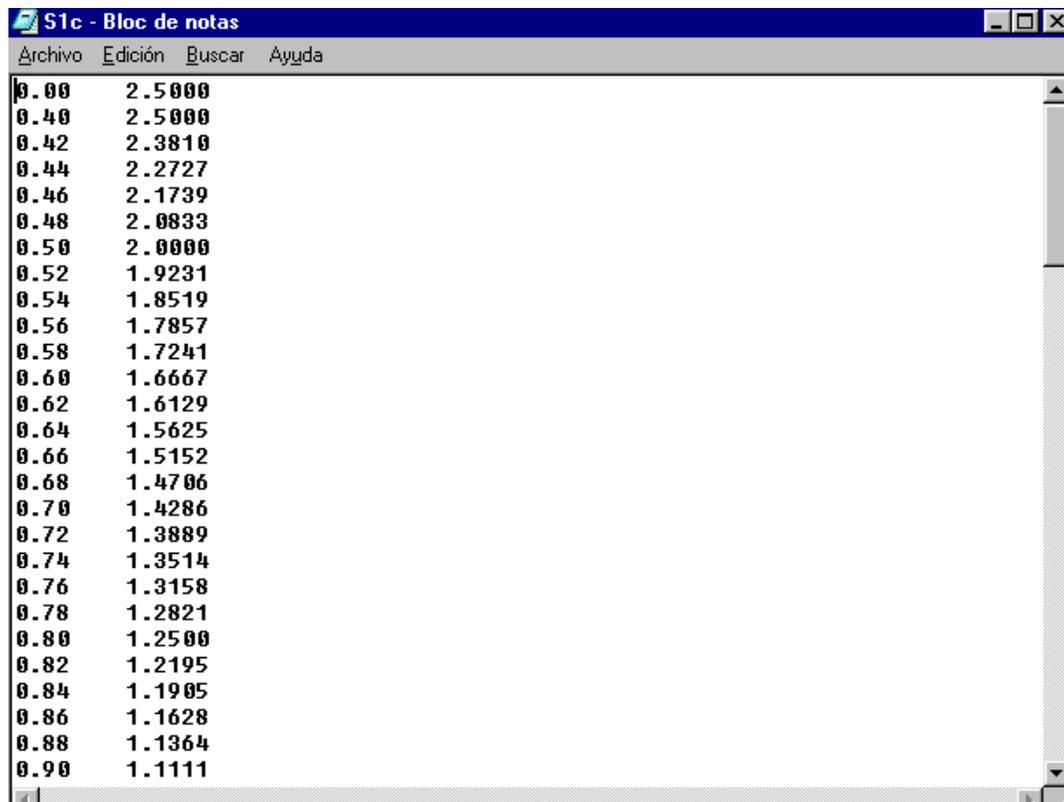
## Análisis de respuesta espectral

### Definición del espectro de aceleraciones.

Para definir el espectro de aceleraciones se consideran los parámetros propuestos por la Norma E.030. De la siguiente manera:

- Factor de zona  
Ubicación de la estructura: Lima  $Z=0.4$
- Parámetros de suelo  
Considerando suelo muy rígido tipo S1:  $T_p=0.4$  seg.  $S=1$
- Coeficiente de uso  
Edificación común: Categoría C,  $U=1$
- Factor de reducción  
Resistencia gobernada por pórticos de concreto armado:  $R=8$

Finalmente, mediante la fórmula  $S_a = (ZUCS/R)g$  se obtiene el Espectro de aceleraciones, el cual es procesado en una hoja de cálculo y convertida luego en un archivo de texto (Espbase.txt). Es recomendable en este paso solo considerar SC y calcular el resto de valores como un factor ( $f=ZUg/R$ ). El archivo de texto tiene el siguiente formato:



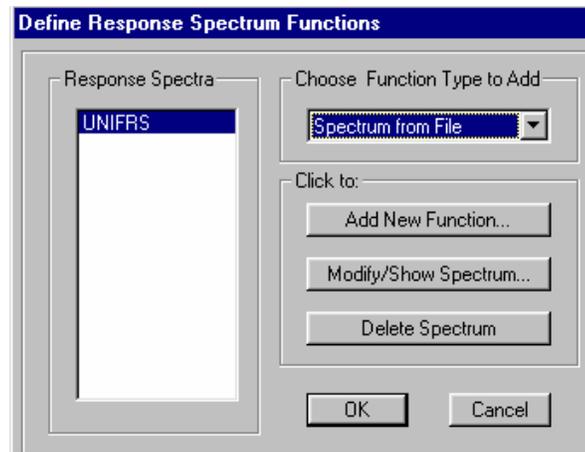
The screenshot shows a Notepad window titled "S1c - Bloc de notas" with a menu bar containing "Archivo", "Edición", "Buscar", and "Ayuda". The main text area contains a table of seismic acceleration values. The table has two columns: the first column lists periods (T) from 0.00 to 0.90 in increments of 0.02, and the second column lists the corresponding acceleration values (Sa) in g. The values decrease as the period increases.

0.00	2.5000
0.40	2.5000
0.42	2.3810
0.44	2.2727
0.46	2.1739
0.48	2.0833
0.50	2.0000
0.52	1.9231
0.54	1.8519
0.56	1.7857
0.58	1.7241
0.60	1.6667
0.62	1.6129
0.64	1.5625
0.66	1.5152
0.68	1.4706
0.70	1.4286
0.72	1.3889
0.74	1.3514
0.76	1.3158
0.78	1.2821
0.80	1.2500
0.82	1.2195
0.84	1.1905
0.86	1.1628
0.88	1.1364
0.90	1.1111

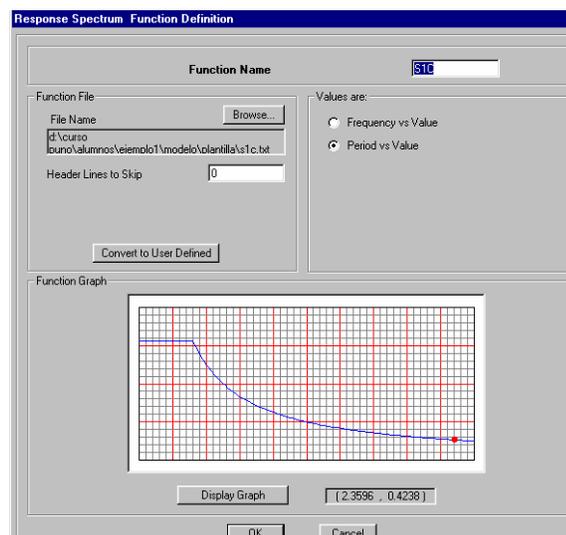
Nota: El Espectro de Aceleraciones se obtiene multiplicando SC por el factor, la cual es ingresada como un coeficiente al momento de definir el Caso de Respuesta Espectral.

### Definición de la función respuesta espectral

1. Mediante la opción **Response Spectrum** del submenú **Functions** del menú **Define** se selecciona **Spectrum From File** y luego **Add New Function**.



2. Se ubica la ruta del archivo que contiene el espectro previamente definido **S1C.txt**.
3. Se asigna un nombre a la función: **S1C**
4. Se define **Period vs Value**



Nota: Se puede convertir los datos leídos con la opción **Convert to User Defined**.  
Para no necesitar el archivo de texto con los datos de SC

5. Finalmente **OK**

## Definición del caso de análisis MODAL

1. Mediante la opción **Analysis Cases** del Menú **Define**, seleccionar **MODAL**. Luego **Modify/Show Case**
2. En la ventana de diálogo mostrada se definen los siguientes parámetros:
  - Se define 9 **Maximum Number of Modes**. (9 modos 3 por piso)
  - Se aceptan los otros valores por defecto.

**Analysis Case Data - Modal**

**Analysis Case Name** MODAL

**Analysis Case Type** Modal

**Stiffness to Use**

- Zero Initial Conditions - Unstressed State
- Stiffness at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

**Type of Modes**

- Eigen Vectors
- Ritz Vectors

**Number of Modes**

Maximum Number of Modes

Minimum Number of Modes

**Loads Applied**

Show Advanced Load Parameters

**Other Parameters**

Frequency Shift (Center)

Cutoff Frequency (Radius)

Convergence Tolerance

## Definición del caso de respuesta espectral

- Mediante la opción **Analysis Cases** del Menú **Define**, se selecciona **Add New Case**.
- En la ventana de diálogo mostrada se definen los siguientes parámetros:
  - Se define el **Response Spectrum** de **Analysis Case Type**.
  - Se define el nombre del Espectro de Respuesta (ESPECX).
  - Se escoge la Combinación Modal más apropiada (CQC).
  - Se define el amortiguamiento o Damping (0.05)
  - Se define la dirección de análisis (U1, para sismo en la dirección X), La función del Espectro de Respuesta (S1C) y el factor de escala (0.49), este último es el valor de ZUG/R.
  - Se aceptan los otros valores por defecto.
  - Se procede similarmente para el ESPECY en la dirección U2.

**Analysis Case Data - Response Spectrum**

Analysis Case Name:

Analysis Case Type:

Modal Combination:  CQC  SRSS  ABS  GMC  10 Pct  Dbl Sum

GMC f1:  GMC f2:

Directional Combination:  SRSS  ABS

ABS Scale Factor:

Modal Analysis Case: Use Modes from this Modal Analysis Case:

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	S1C	0.49
Accel	U1	S1C	0.49

Show Advanced Load Parameters

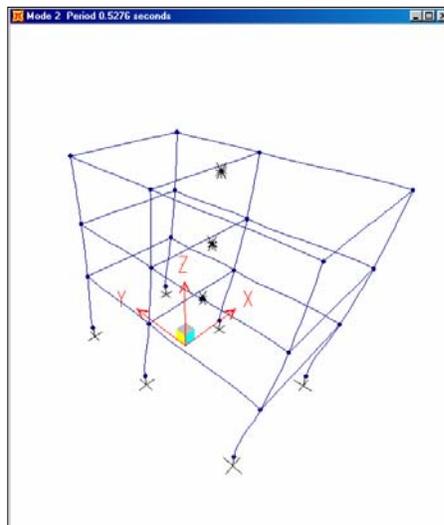
Other Parameters: Modal Damping:

Se corre el programa haciendo clic en el botón **Run Analysis**, similar al Ejemplo 1.

## Evaluación de resultados

Una vez corrido el programa, se cuenta con una serie de herramientas que permiten evaluar los resultados del análisis.

1. Modos y Periodos.- Clic en el botón **Show Deformed Shape**  o seleccionar **Show Deformed Shape...** en el menú **Display**. Con esto aparecerá el cuadro de diálogo **Deformed Shape**.
2. En este Cuadro
  - Seleccionar el caso de Modal en **Case/Combo Name**
  - En la sección **Scaling** seleccionar la opción **Auto**.
  - Seleccionar las casillas **Wire Shadow** y **Cubic curve** en la sección **Options**.
  - Hacer clic en **OK** para mostrar la estructura deformada.
3. Hacer clic en el botón **Star Animation**  para animar la estructura.
4. Hacer clic en el botón **Right Arrow**  para ver los otros modos



Revisión de resultados en tablas.

5. Hacer clic sobre el botón **Show Analysis Results Tables**  o en el menú **Display** seleccionar **Show Analysis Results Tables...** esto mostrará la caja de diálogo **Choose Analysis Results Tables**

Nota: En este cuadro se pueden seleccionar resultados en nudos (**Joint Output**), elementos (**Element Output**) o en toda la estructura (**Structure Output**). Se pueden seleccionar, los resultados, para el caso de análisis que se desea con la opción **Select Analysis Case**.

Con esta Herramienta se pueden revisar los resultados de interés, similar al ejemplo 1