

CÁLCULO DINÁMICO DE ESTRUCTURA 2D.

Vamos a ver a continuación todos los conceptos que hemos aprendido en el bloque 1 aplicado a una estructura en 2 dimensiones.

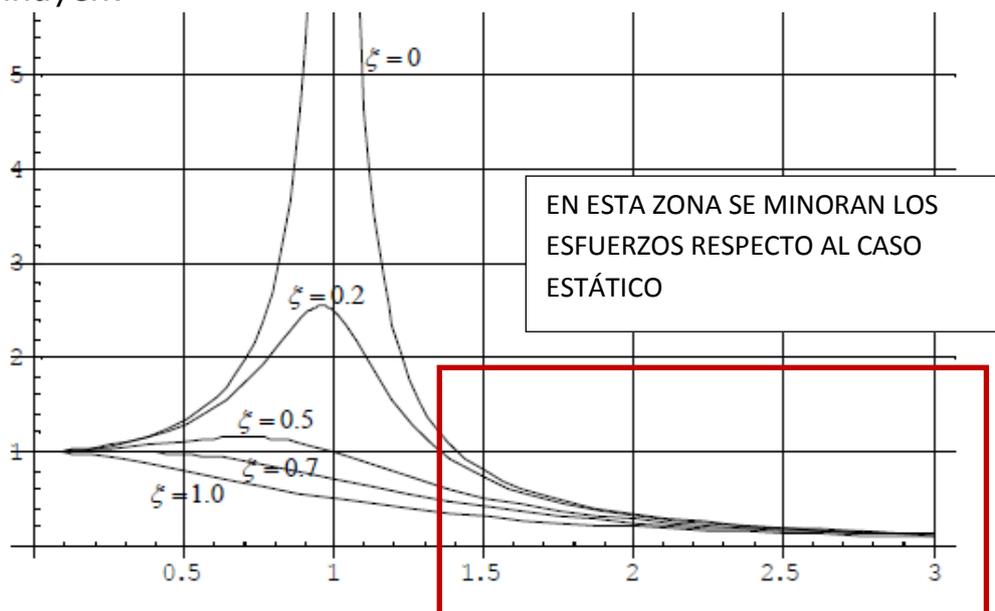
Vamos a simular una carga puntual de un equipo que vibra a una frecuencia próxima a una frecuencia natural de la estructura y también a una frecuencia alejada, para comprobar la amplificación que se produce en cada caso.

Esto lo vamos a comparar con los resultados del caso estático.

Haremos este cálculo también para carga distribuida sobre vigas simulando el viento.

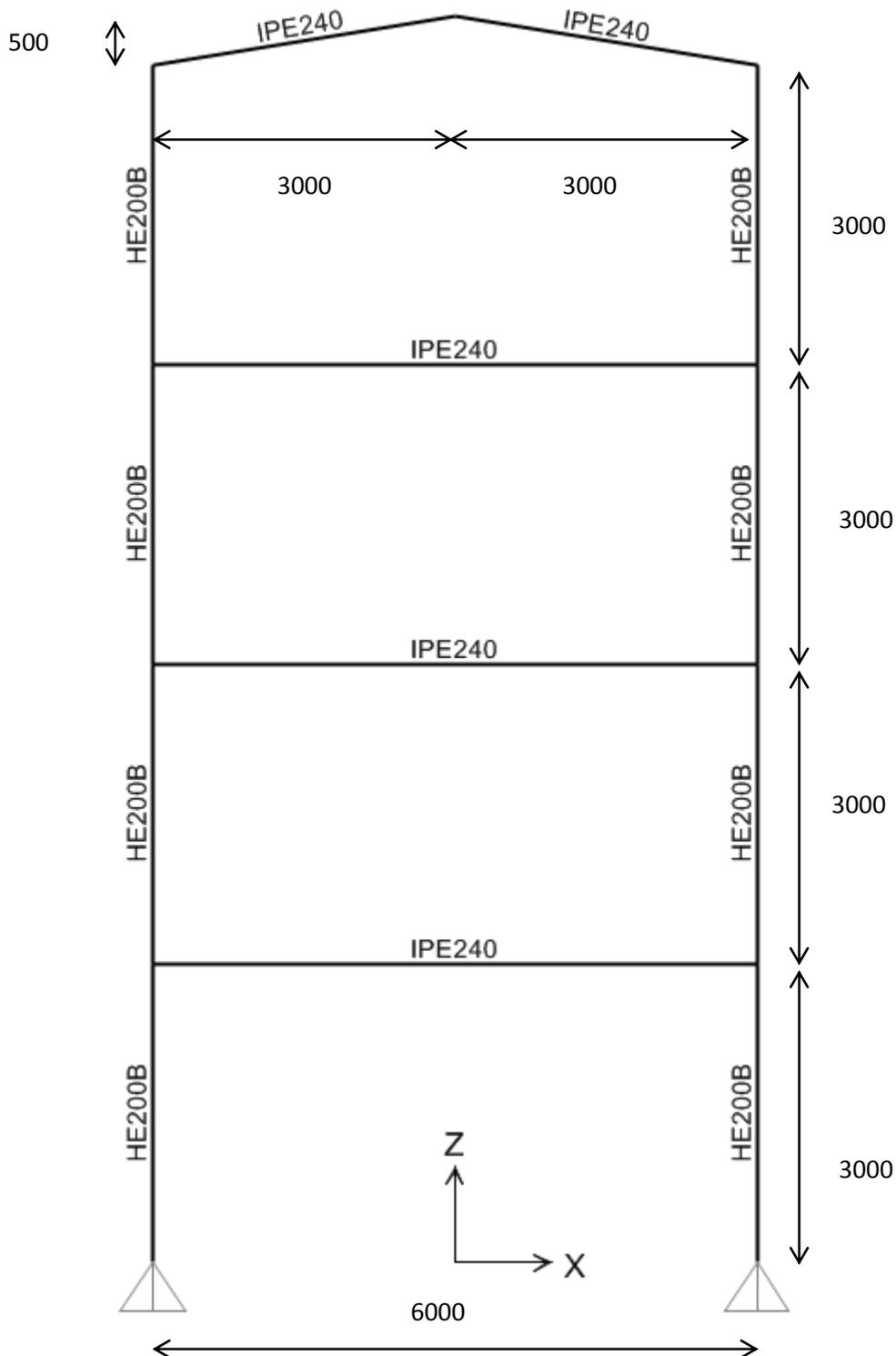
Con este problema vamos a aprender a hacer un cálculo dinámico en 2D fijándonos en:

- La discretización de la estructura, hemos de elegir aquella en la que converjan los resultados.
- Los modos de vibración que afectan a cada carga periódica, la frecuencia natural afectada no va a ser la misma para el viento que para el equipo
- Interpretaremos los resultados, veremos que si la frecuencia de la carga es mucho mayor que la frecuencia de la estructura, en lugar de amplificar esfuerzos respecto del caso estático, se disminuyen:



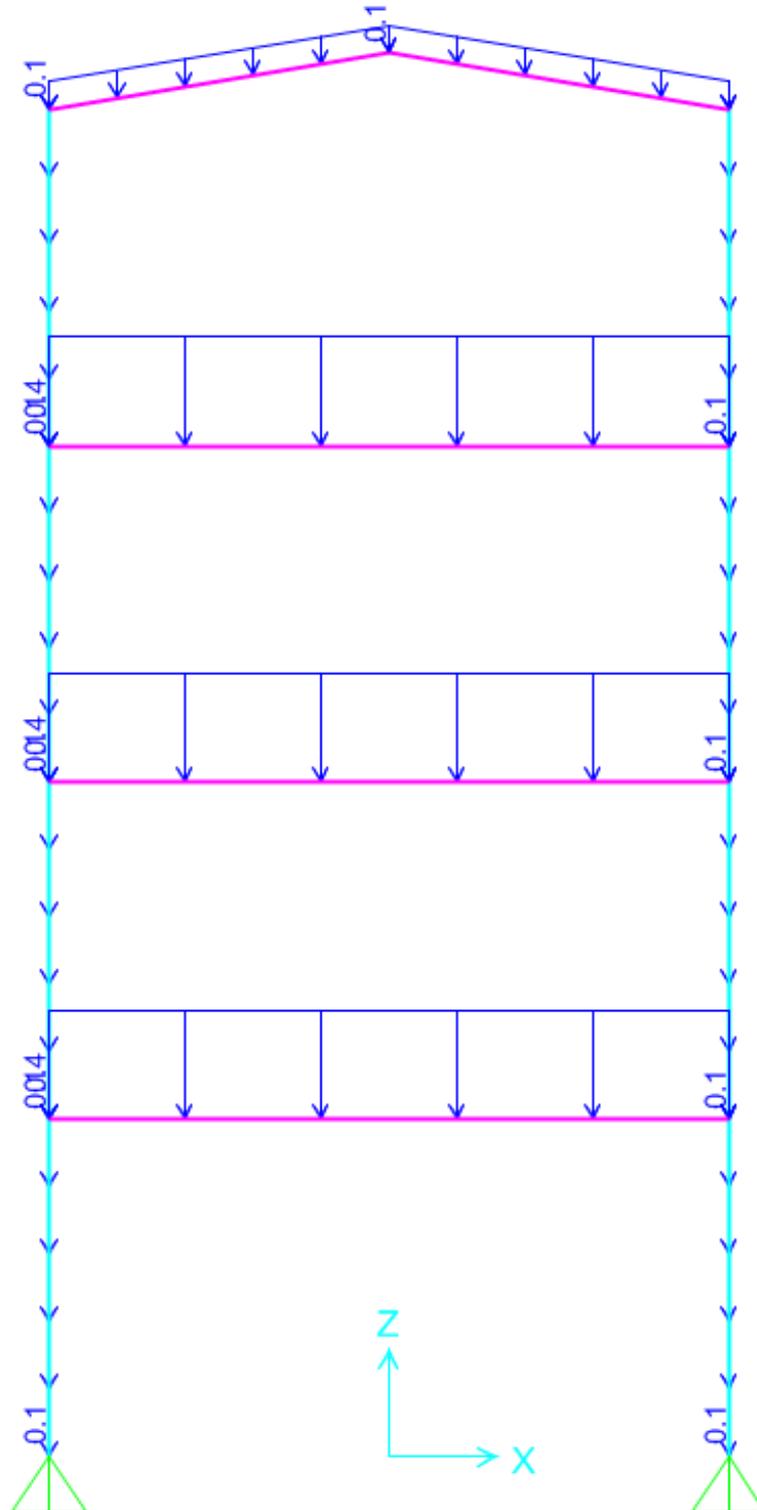
La interpretación de esto último es que la frecuencia de la carga es tan rápida que no da tiempo a que cargue sobre la estructura cuando ya está cambiando de signo, por lo que produce menos esfuerzo que la misma carga estática.

Vamos a plantear la sgte estructura en acero S275:

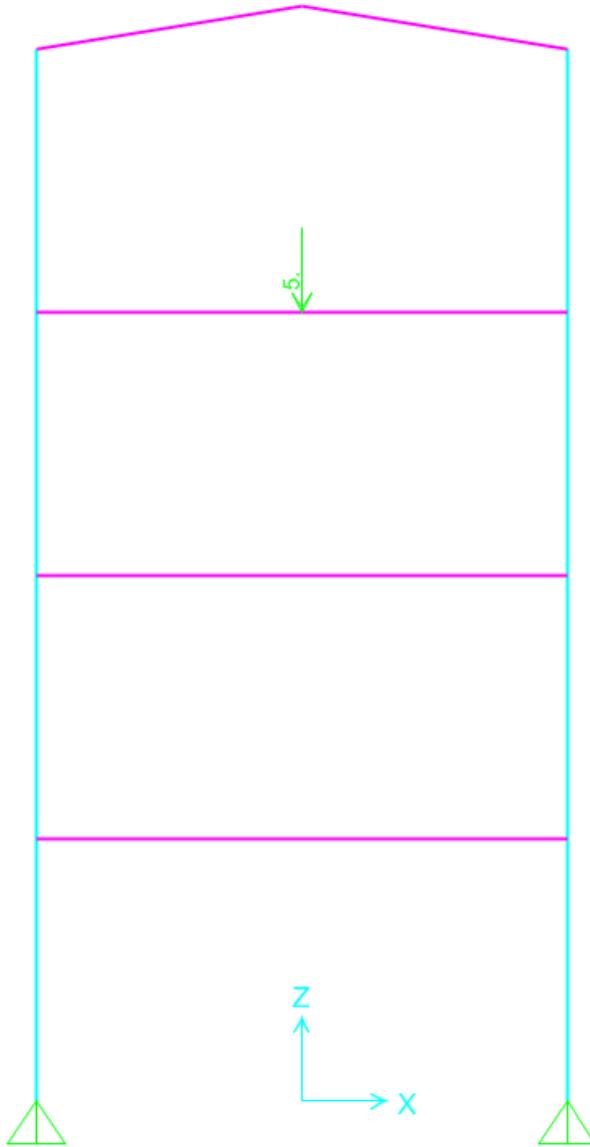


Vamos a considerar una carga muerta de de:

- 0,4 T/m en las plantas
- 0,1 T/m en la cubierta y fachadas:

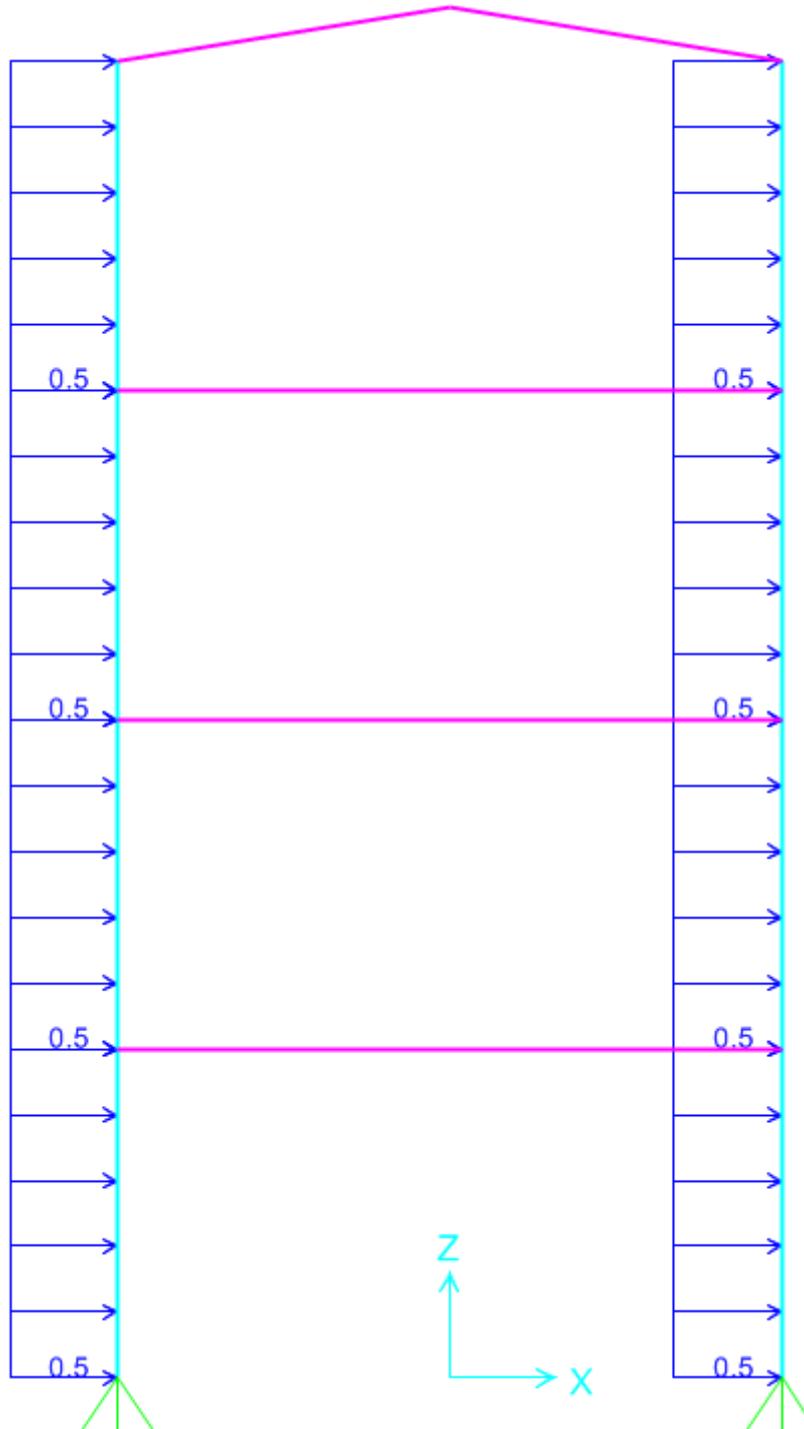


- Una carga puntual correspondiente al peso de un equipo vibrante de 5 Tns situado en el centro del vano de la última planta. La masa oscilatoria de este equipo va a ser de 1 Tn:



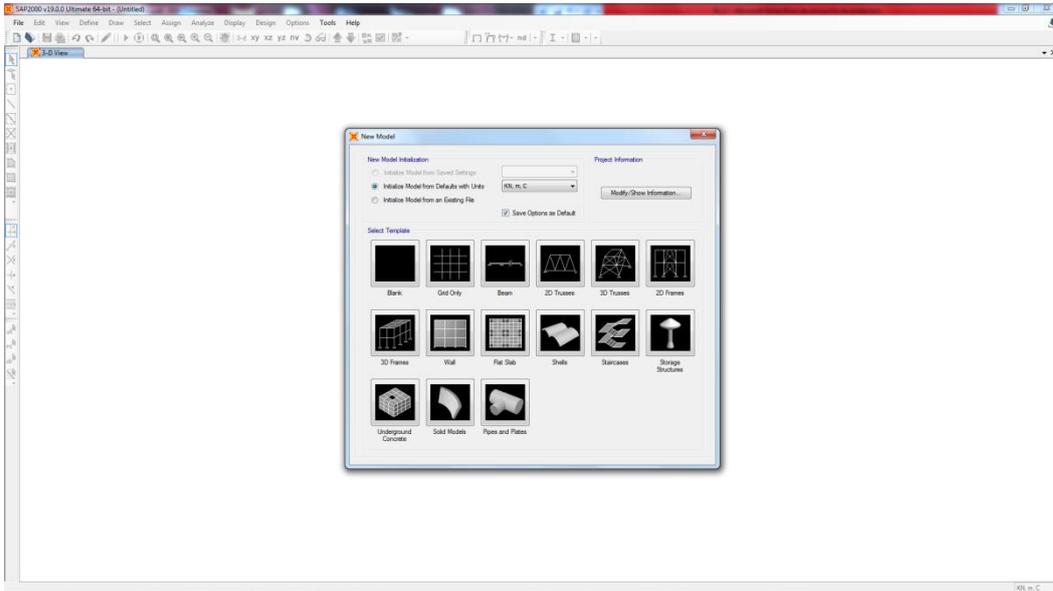
Con estos datos (rigideces y masas) ya vamos a poder calcular las frecuencias naturales de la estructura.

Vamos a suponer además, de forma simplificada un viento de 0,5 Tn/m en fachadas:

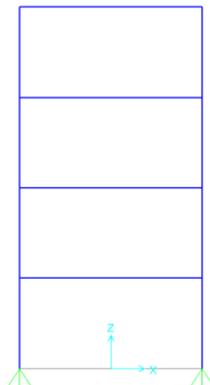
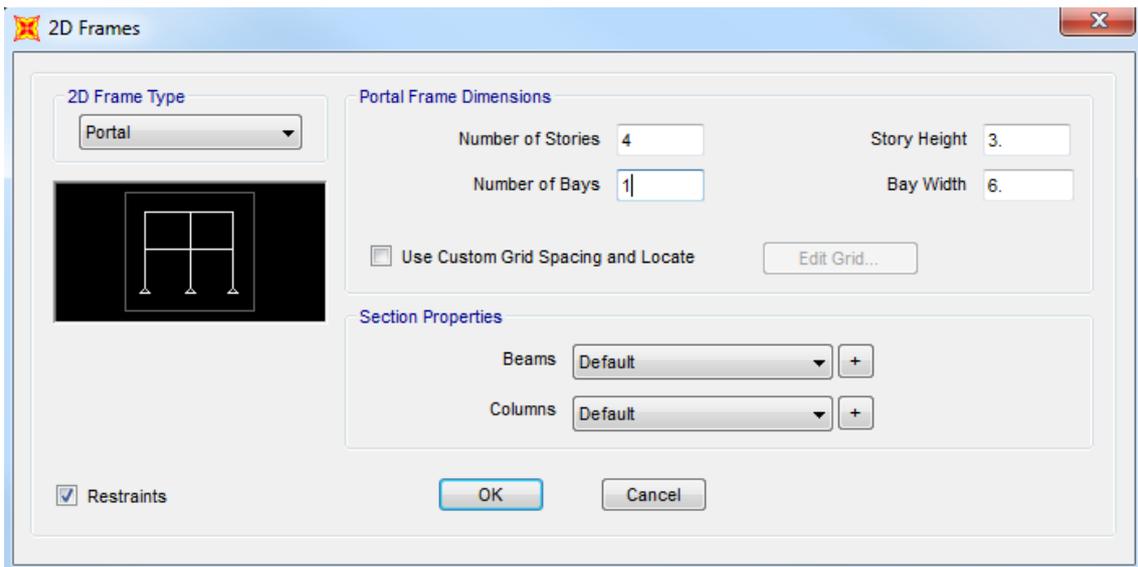


Vamos a empezar calculando las frecuencias naturales, posteriormente iremos definiendo las frecuencias de las cargas para ver e interpretar resultados.

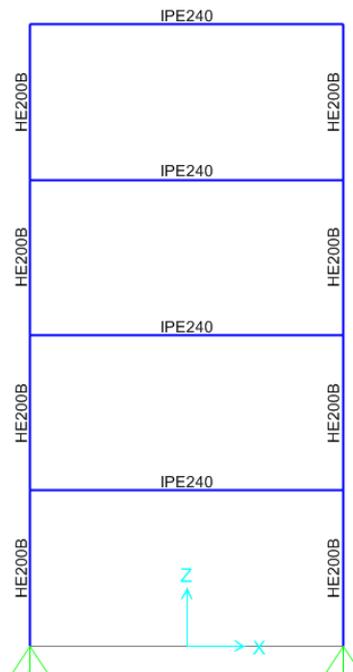
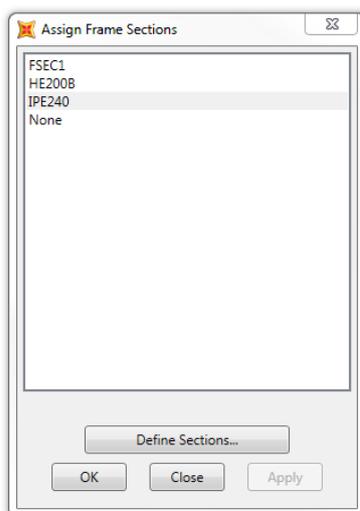
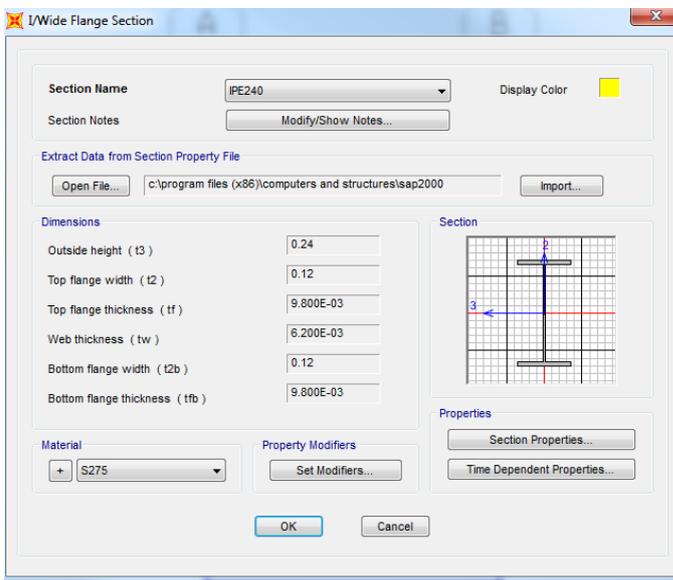
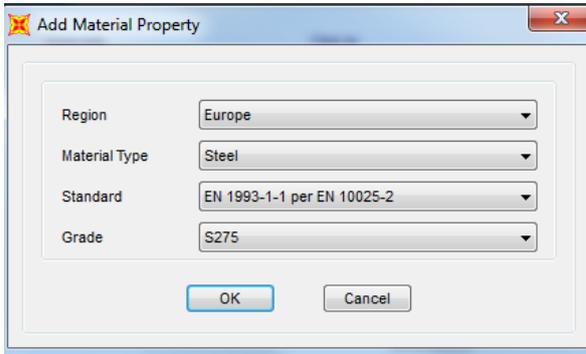
Abrimos un nuevo modelo:



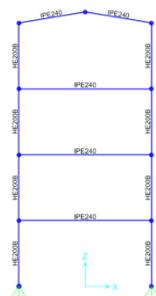
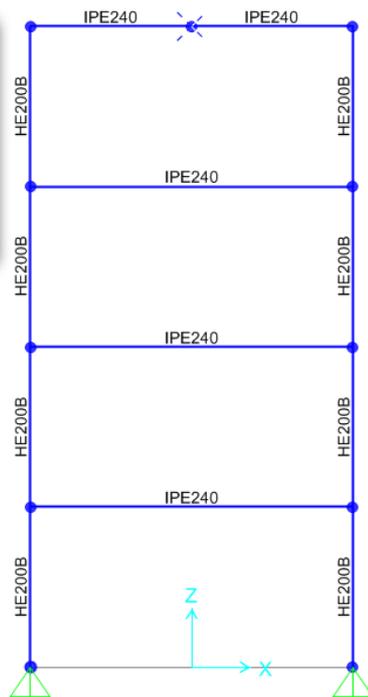
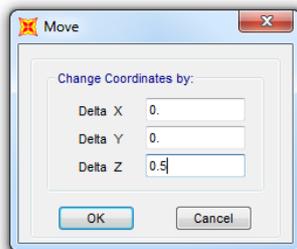
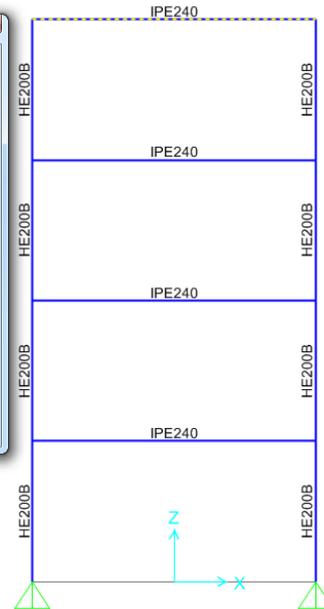
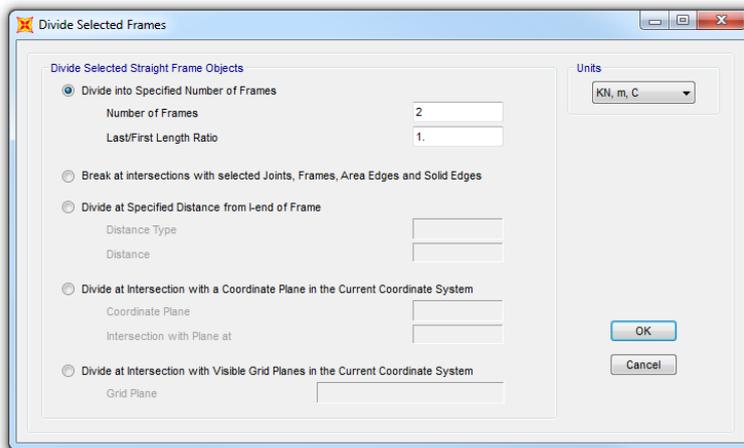
Elegimos un modelo 2D Frames con los sgtes datos:



Asignamos perfiles IPE240 a dinteles y HEB200 a pilares en acero S275:

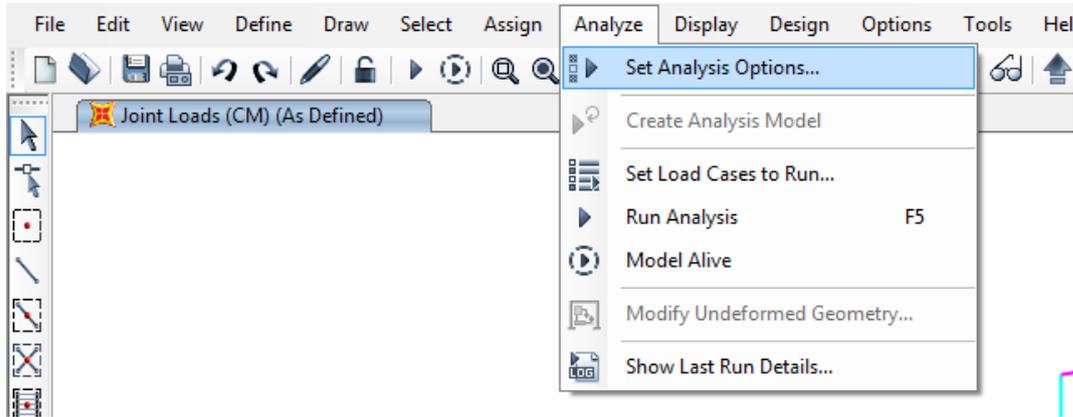


Para hacer el tejado, dividimos por 2 la viga superior y movemos el punto central 0.5 m en z:

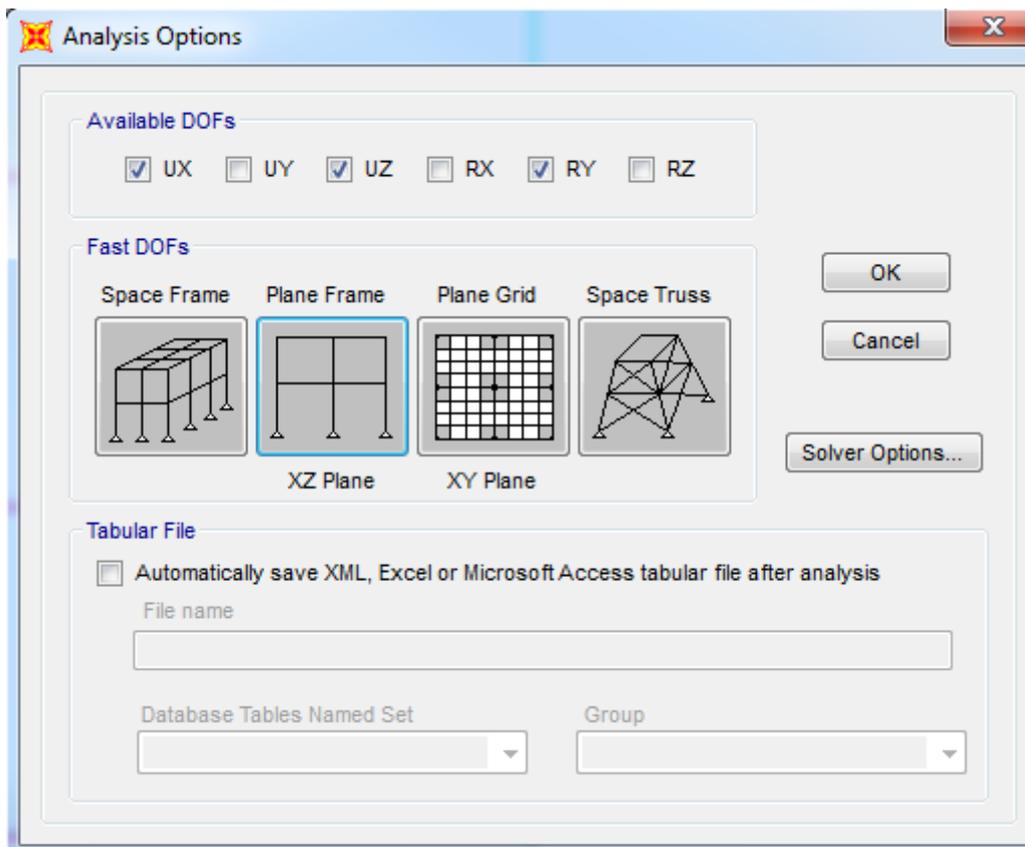


Vamos a establecer que nuestro cálculo es 2D, de esta forma no nos va a calcular modos de vibración fuera del plano del pórtico.

Vamos a Analyze – Set Analysis Options:



Seleccionamos XZ Plane:

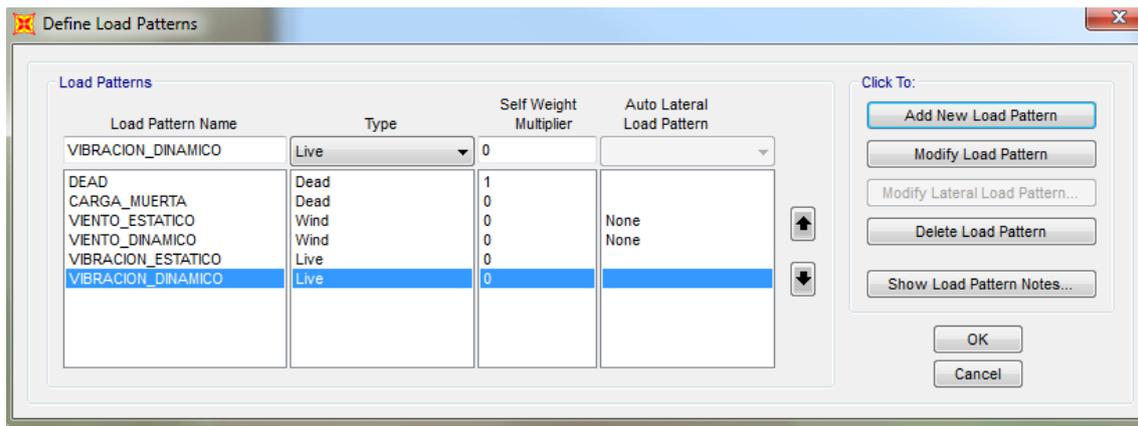


Vamos ahora a crear los casos de carga.

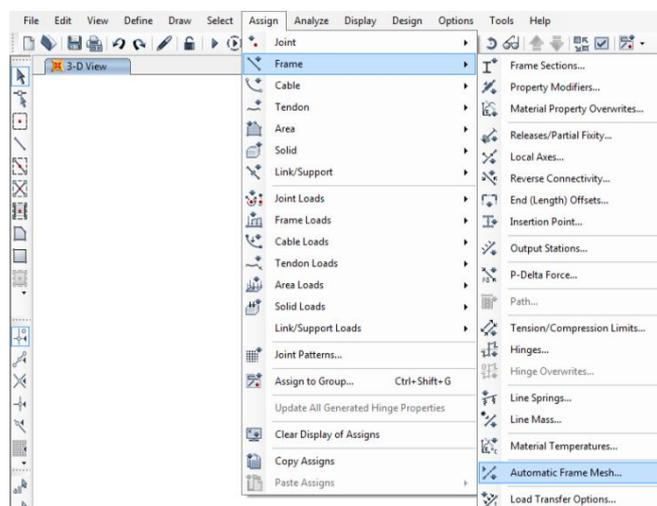
Creamos casos de carga para:

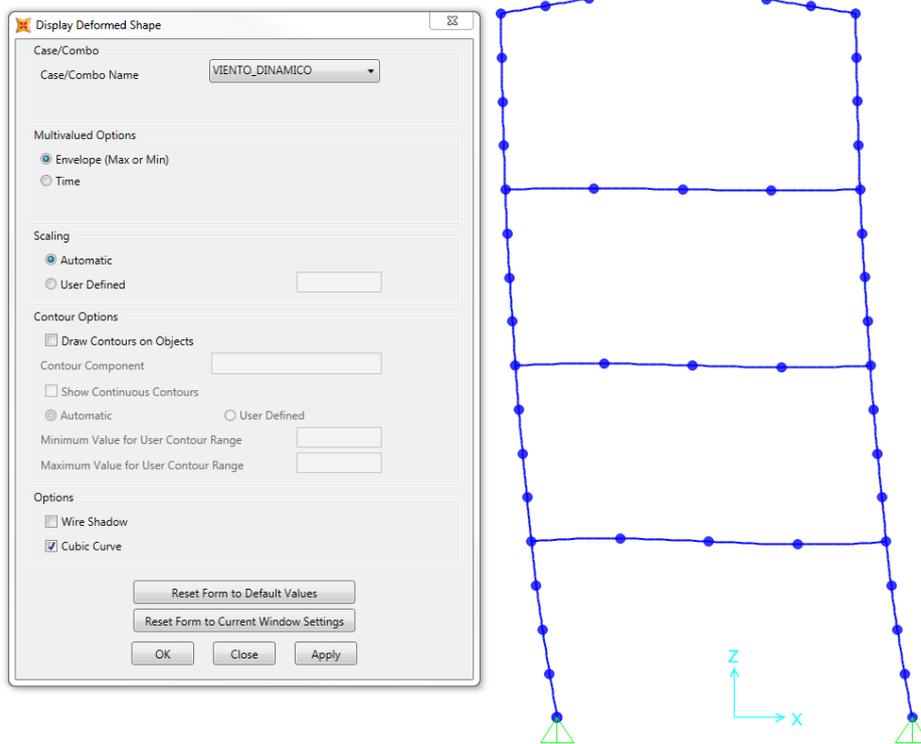
- CARGA_MUERTA: para meter las cargas muertas de dinteles, cubierta y fachada y el peso del equipo vibrante. Esta carga la definimos con SelfWeight=0 para no considerar posteriormente el peso de la estructura 2 veces en el Mass Source.
- VIENTO_ESTATICO: es el viento sin variación en el tiempo, para comparar los resultados con el caso dinámico y ver las amplificaciones.
- VIENTO_DINAMICO: es el viento con variación en el tiempo.
- VIBRACION_ESTATICO: es la carga asociada a las partes vibratorias del equipo sin variación en el tiempo, para comparar.
- VIBRACION_DINAMICO: es la carga asociada a las partes vibratorias del equipo con variación en el tiempo.

Vamos a Define – Load Patterns y las definimos:

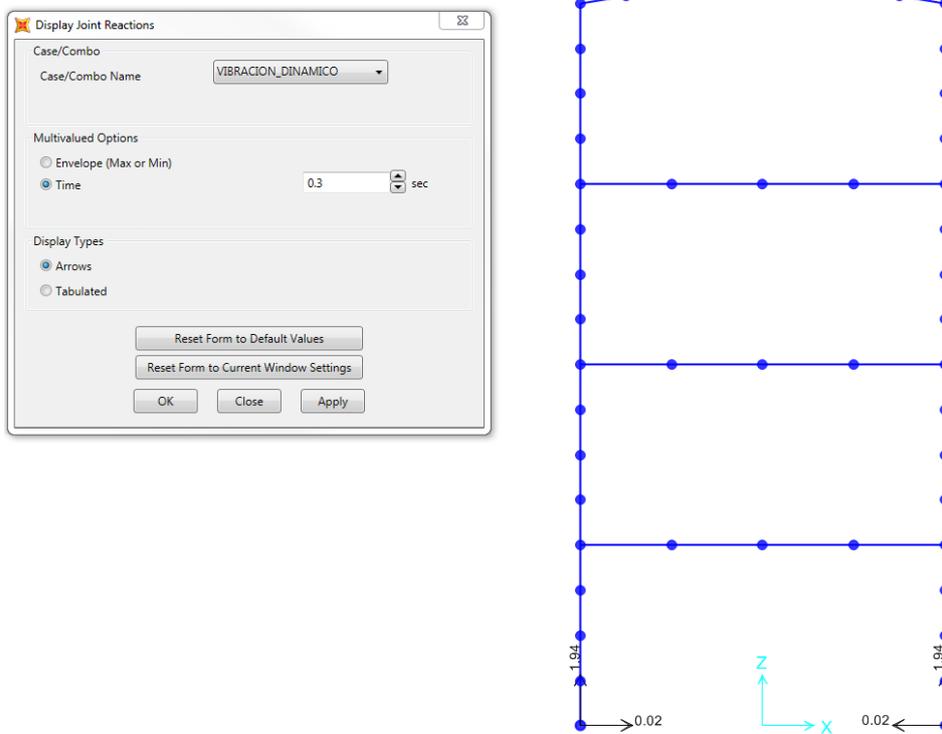


Vamos a discretizar las vigas por ejemplo en 4 tramos. Seleccionamos todo y vamos a Assign-Frame-Automatic Frame Mesh:

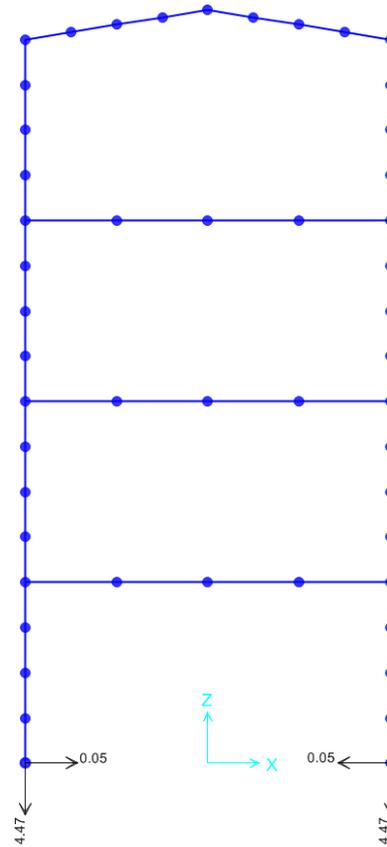
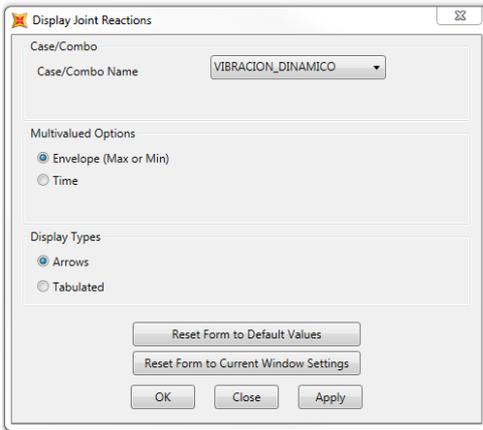




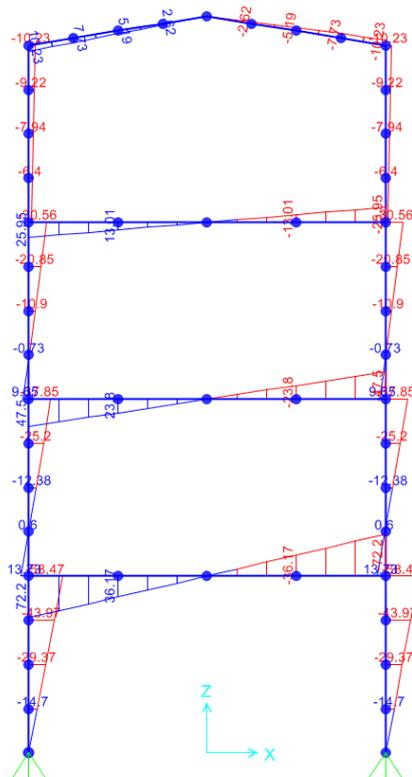
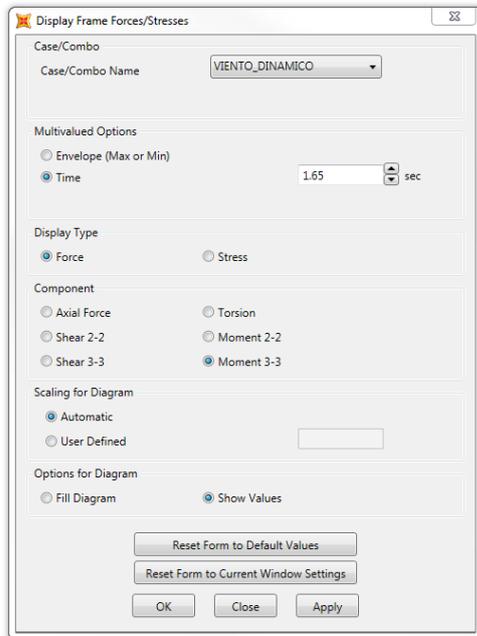
Las reacciones de VIBRACIÓN DINÁMICO para $t= 0.3$ sg:



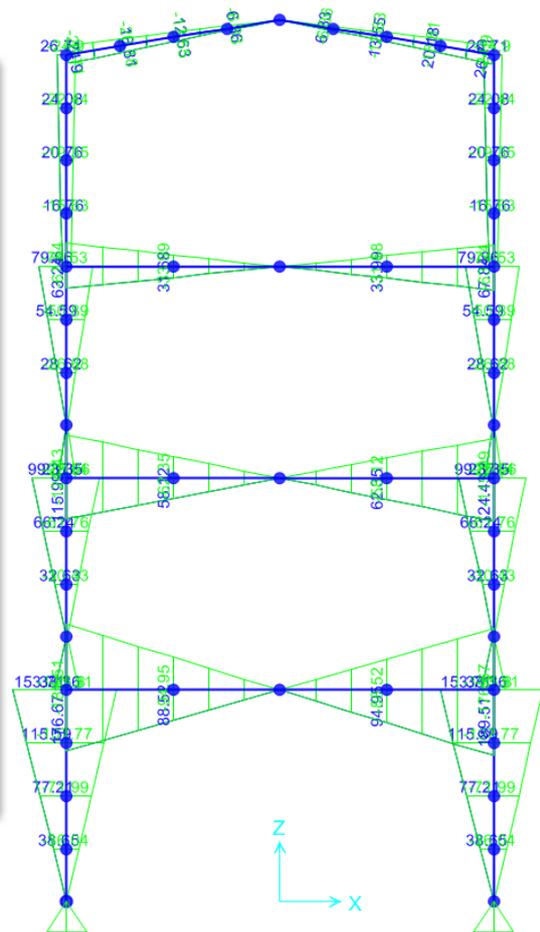
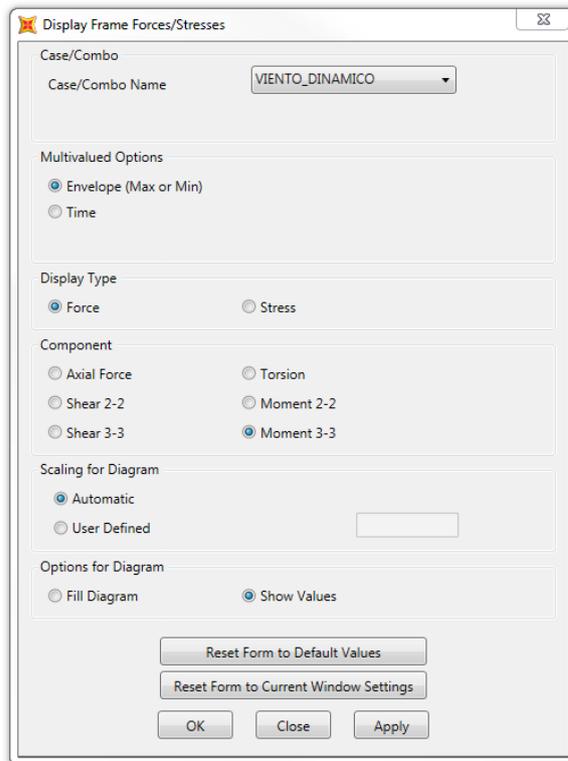
La envolvente de reacciones:



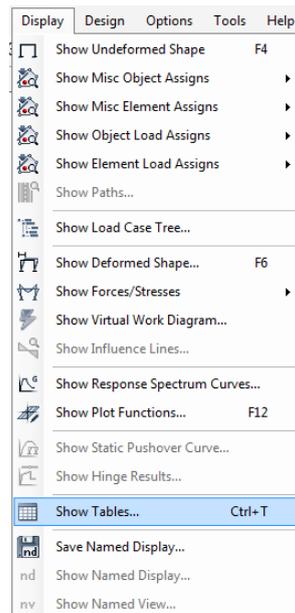
Esfuerzos flectores de VIENTO DINAMICO para t= 1.65 sg



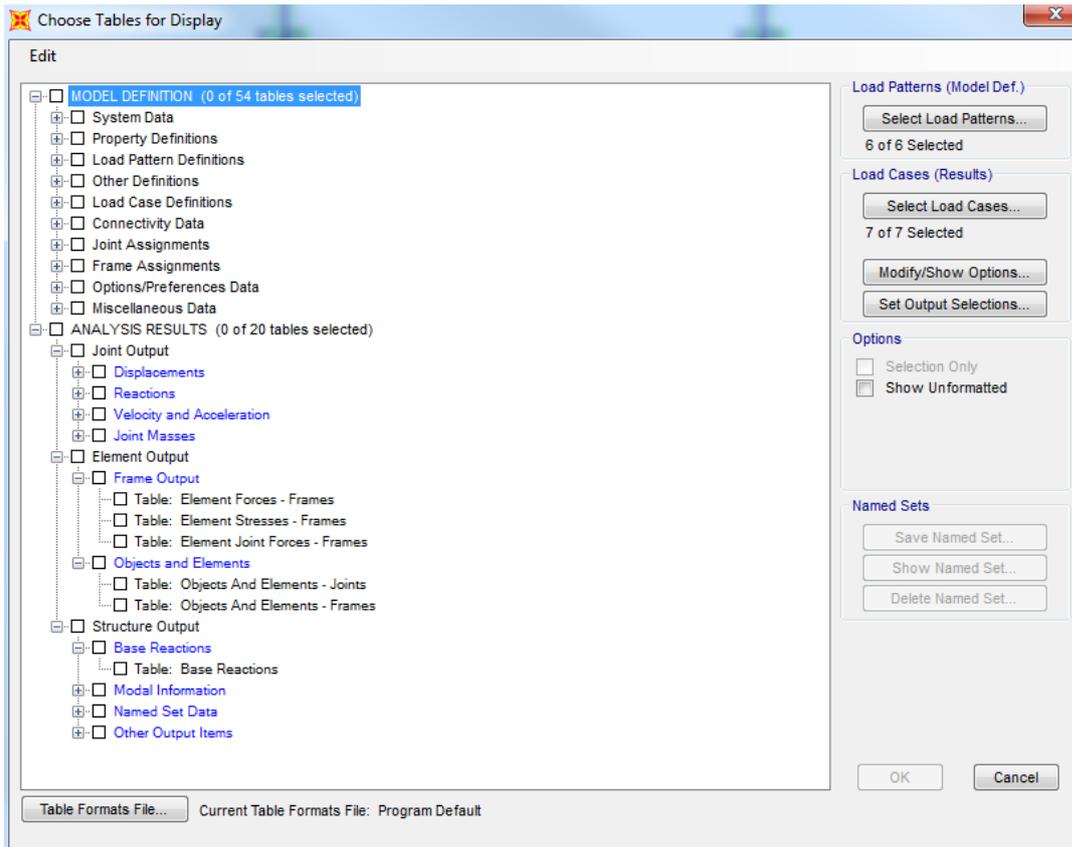
Esfuerzos flectores de VIENTO DINAMICO envolventes:



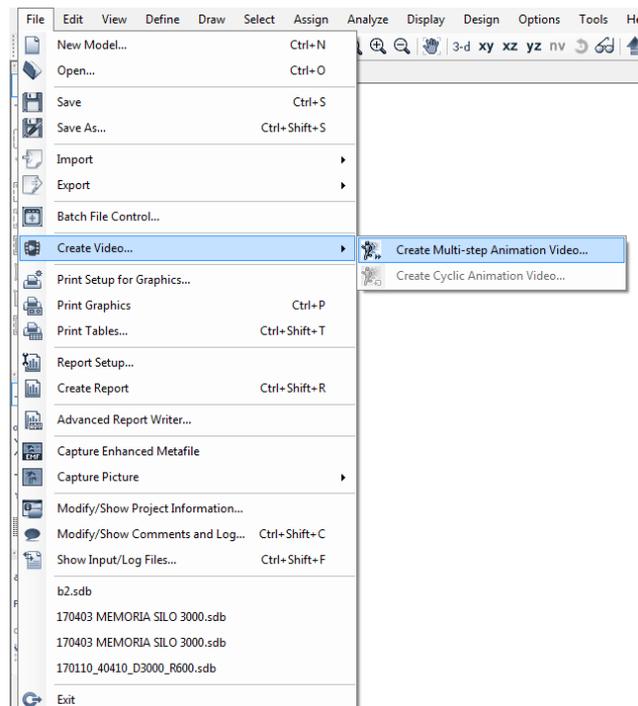
Toda esta información la tenemos en forma tabular desde Display – Show Tables:



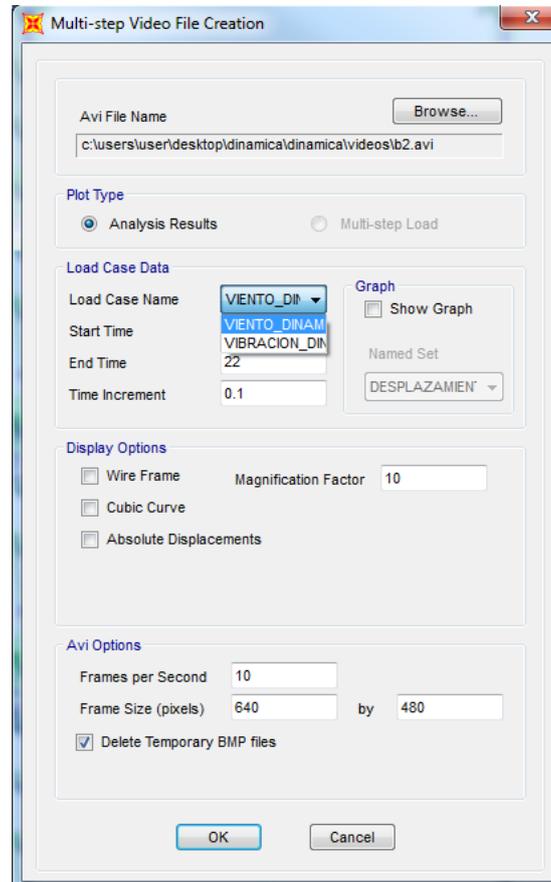
Veríamos la misma información:



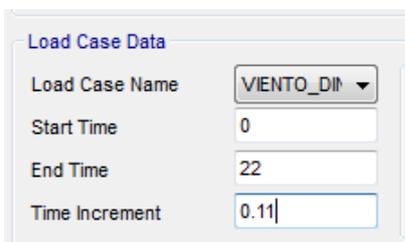
Vamos a ver ahora un vídeo de la actuación de las cargas dinámicas sobre la estructura, en File – Create Video - Create Multi-step Animation Video:



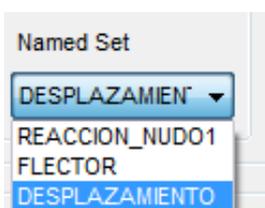
Guardamos el archivo y en Load Case Data elegimos el caso dinámico que queremos visualizar:



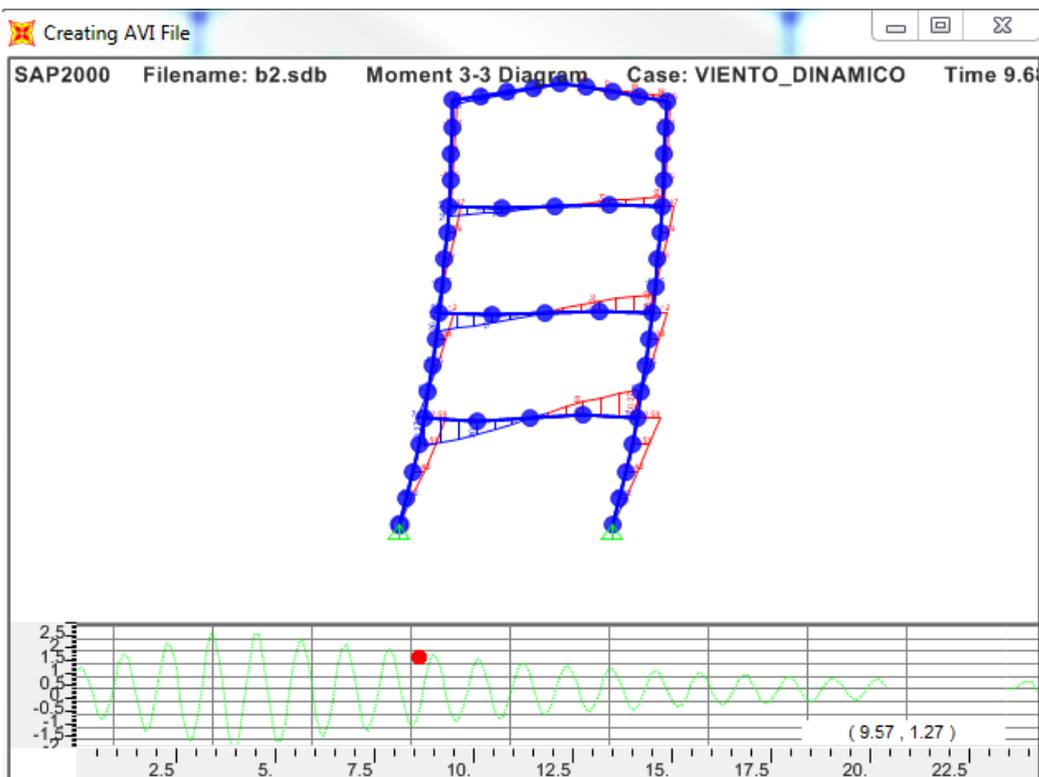
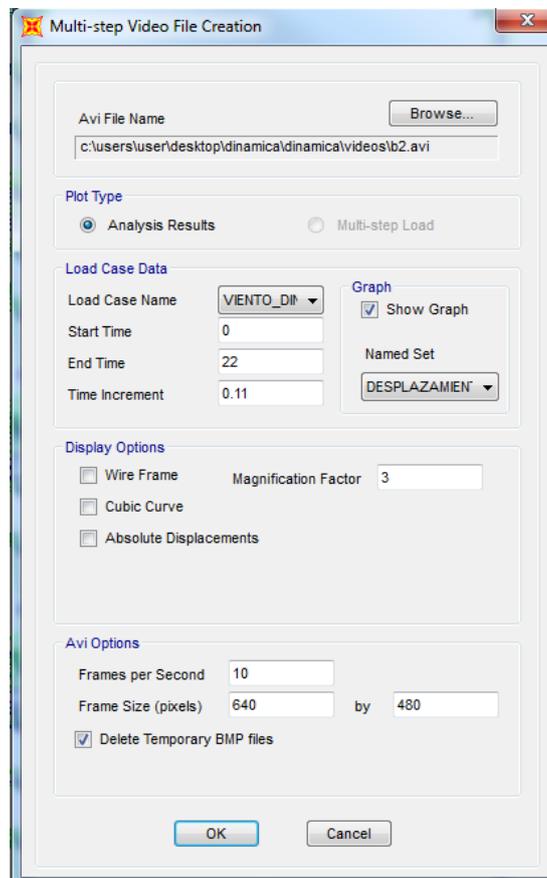
Empezamos por VIENTO DINÁMICO, ponemos Start Time 0 sg, End Time 22 sg que es la duración completa de la carga y en Time Increment ponemos 0.11sg que es el intervalo de tiempo entre 2 puntos de nuestra función:



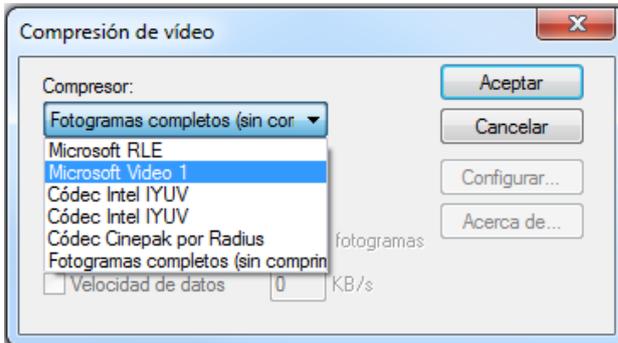
Marcamos ahora Show Graph para ver a la vez el gráfico que queremos entre los 3 que hemos guardado:



Dejamos Desplazamiento y damos OK, en Magnification Factor tenemos la escala, vamos a dejar por ejemplo 3:



Por último tenemos el formato:

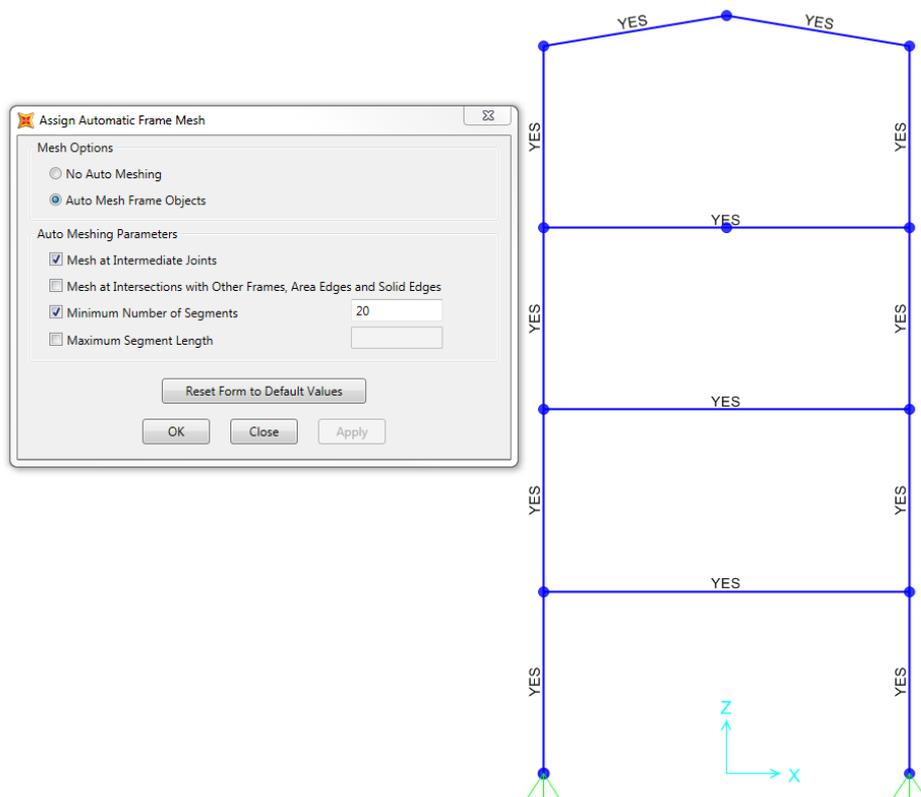


Si elegimos Microsoft Video 1 nos ocupa menos espacio que las otras alternativas.

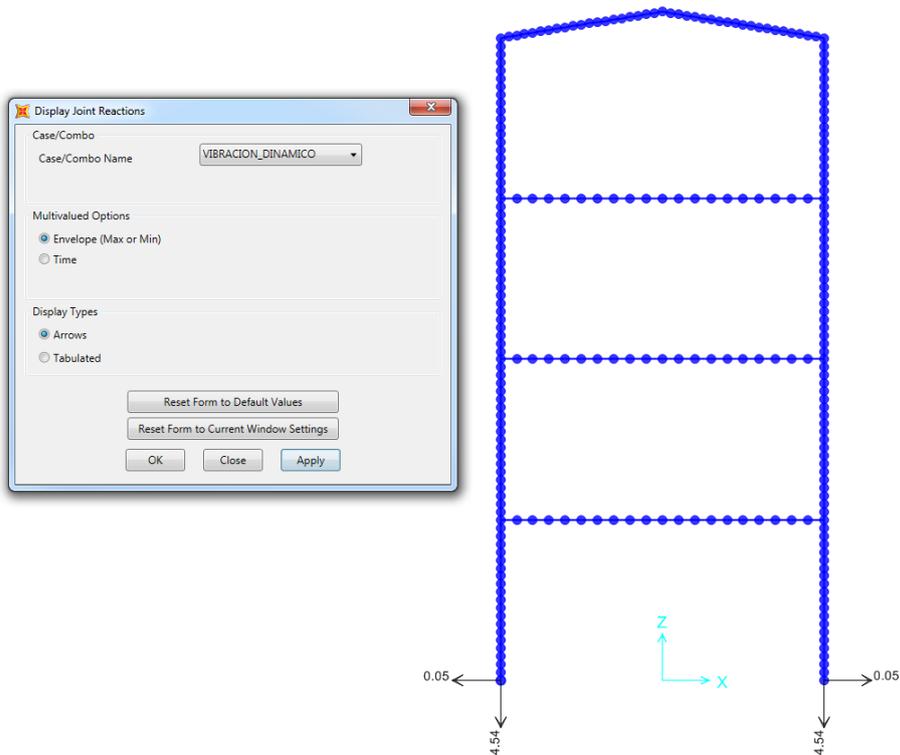
De esta forma ya tendríamos el análisis dinámico completo.

Hay que recordar que, en este caso es una estructura sencilla y no va a haber problemas con la discretización que hemos elegido de 4 elementos por viga, pero en general deberíamos comprobar que aumentando la discretización convergemos al resultado de esfuerzos, deformaciones, reacciones.....

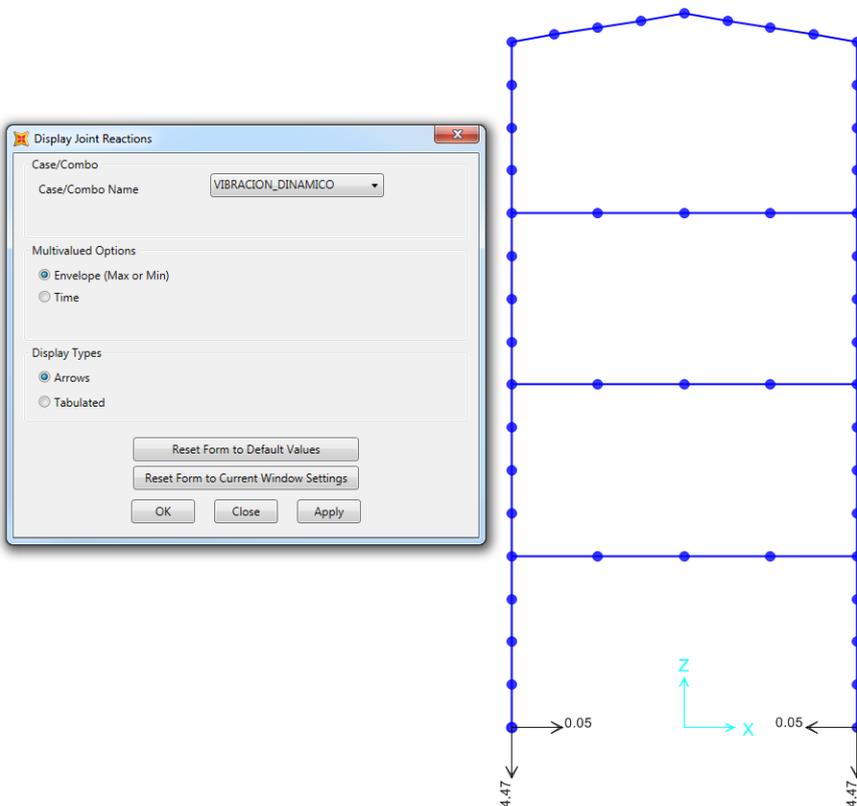
Por ejemplo si establecemos una discretización de 20 elementos por viga, muy superior a la que tenemos:



Vemos, por ejemplo las reacciones envolventes de VIBRACION_DINAMICO:

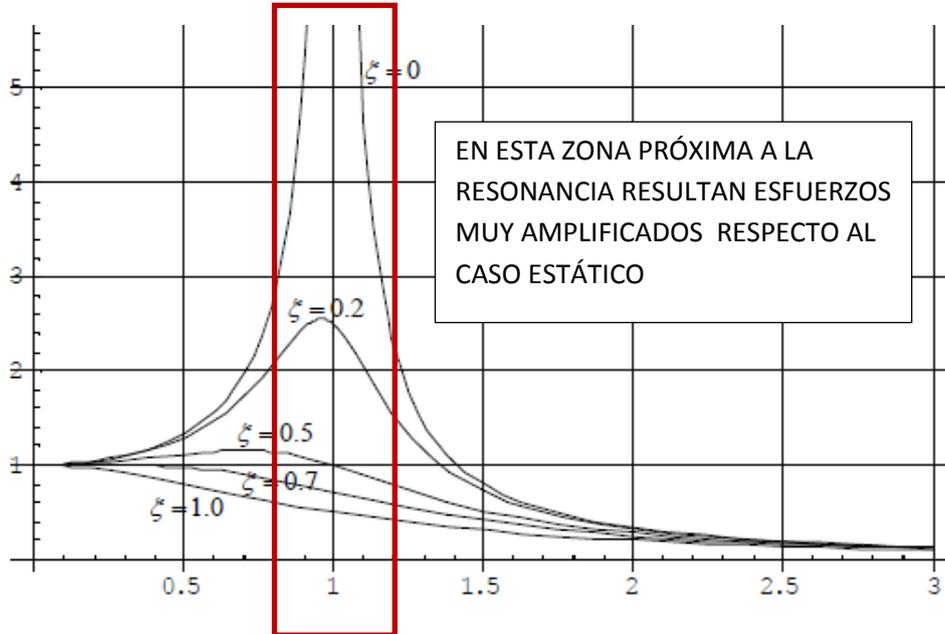


Coinciden sensiblemente con las que teníamos antes:

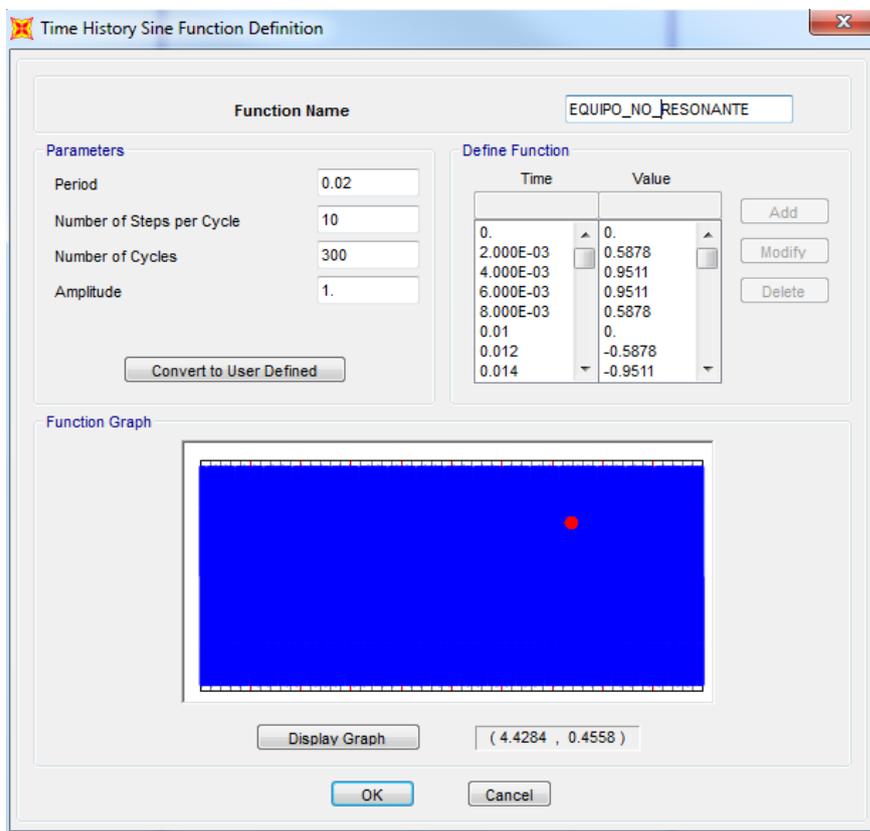


Por lo que en este caso no sería necesario aumentar la discretización.

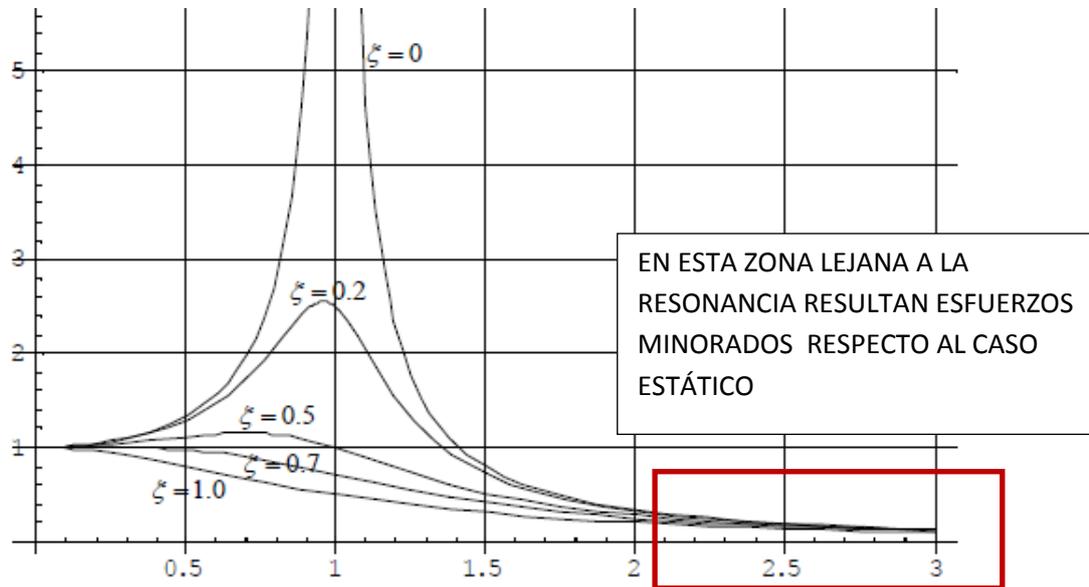
Estos ejemplos que hemos visto se corresponden con la zona próxima a la resonancia con gran amplificación como hemos comprobado:



Vamos a probar una función para el equipo lejos de la resonancia, la llamamos EQUIPO_NO_RESONANTE:



El periodo de la carga es mucho menor que el periodo de la estructura, estamos en la zona derecha de la gráfica:



Vamos a comprobarlo, vamos al caso de carga dinámica y para que se mantenga la duración aumentamos el número de steps e igualamos la duración de los mismos al paso entre puntos de la función $11000 \text{ steps} \times 0.002 \text{ sg/step} = 22 \text{ sg}$ de duración total:

Load Case Data - Linear Modal History

Load Case Name: VIBRACION_DINAMICO

Load Case Type: Time History

Initial Conditions: Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Modal Load Case: Use Modes from Case (MODAL)

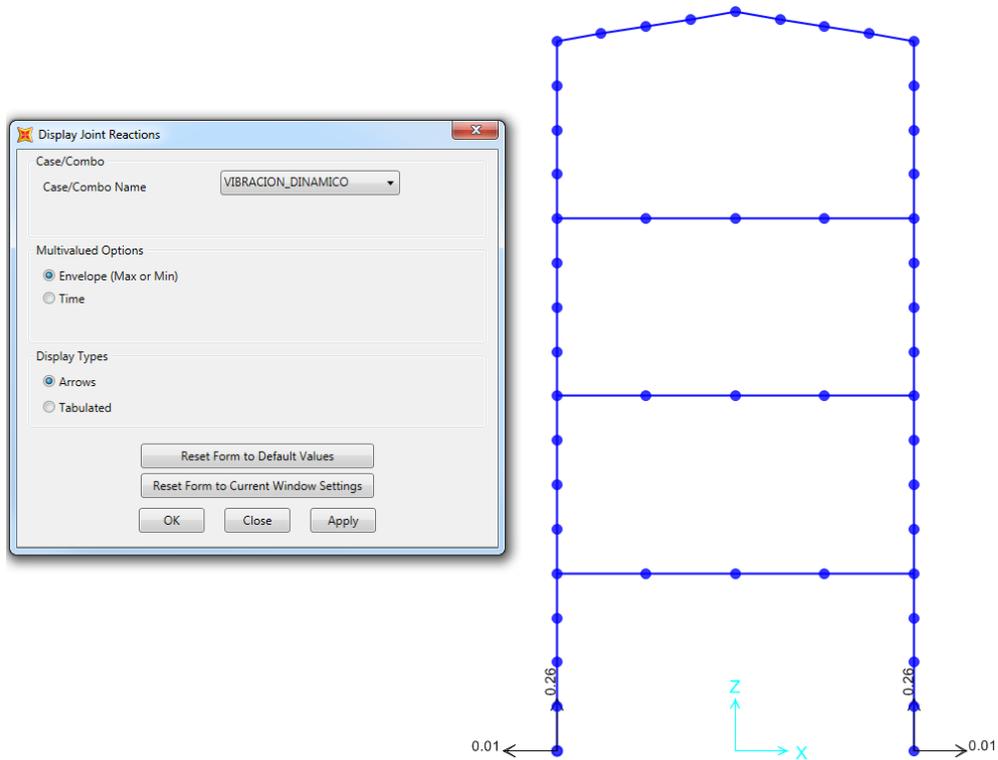
Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Load Pattern	VIBRACION_	EQUIPO_NO_	1.
Load Pattern	VIBRACION_DIN	EQUIPO_NO_RE	1.

Time Step Data: Number of Output Time Steps: 11000, Output Time Step Size: 0.002

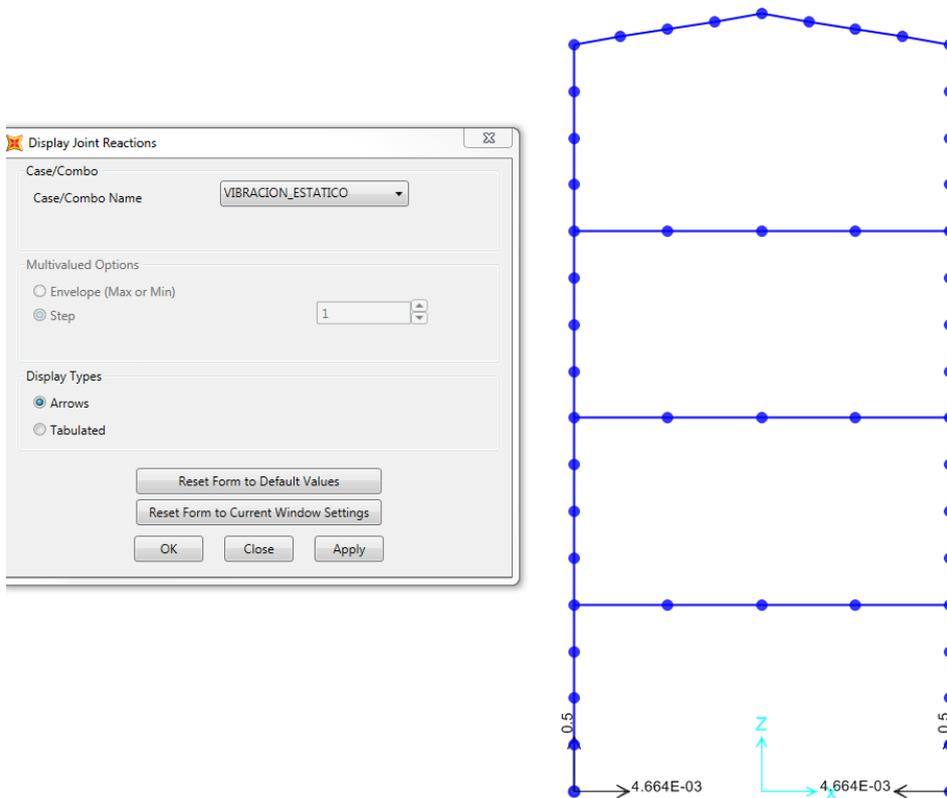
Other Parameters: Modal Damping: Constant at 0.02

Buttons: OK, Cancel

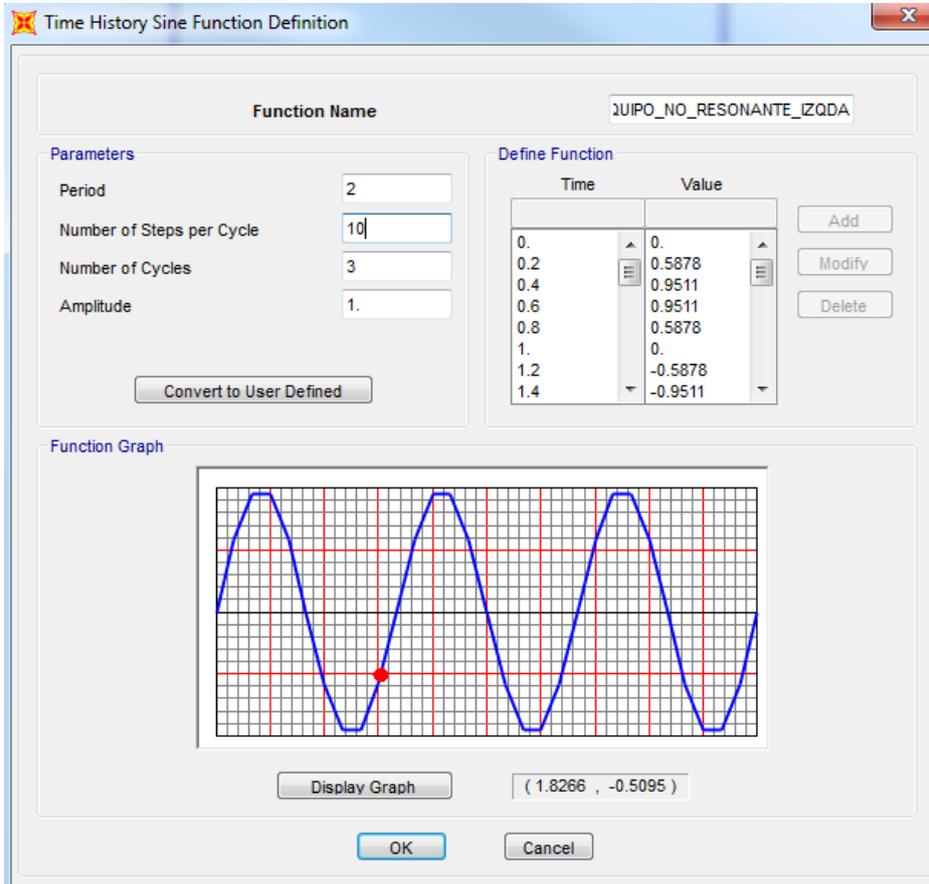
Corremos el programa y comprobamos las reacciones envolventes:



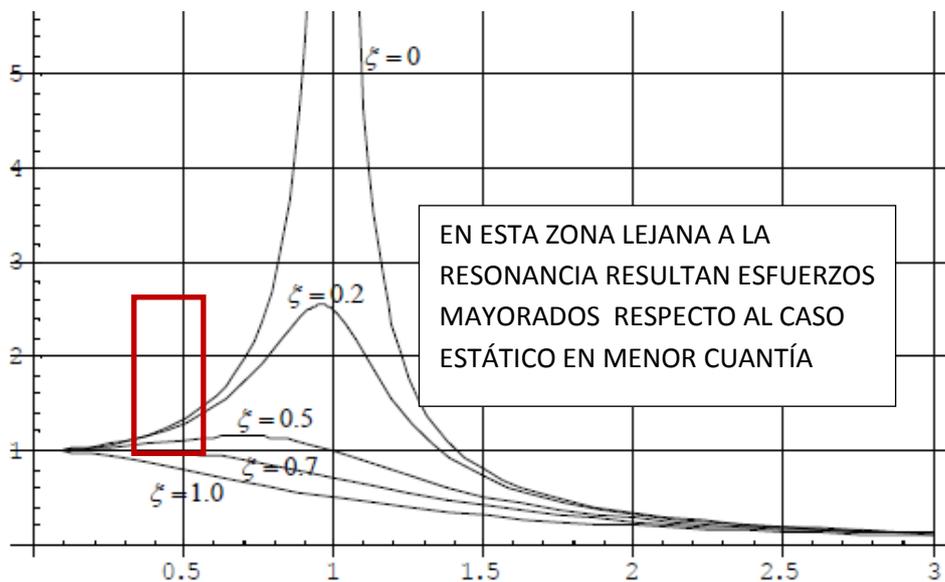
Vemos que han disminuido respecto del caso estático, del orden de la mitad:



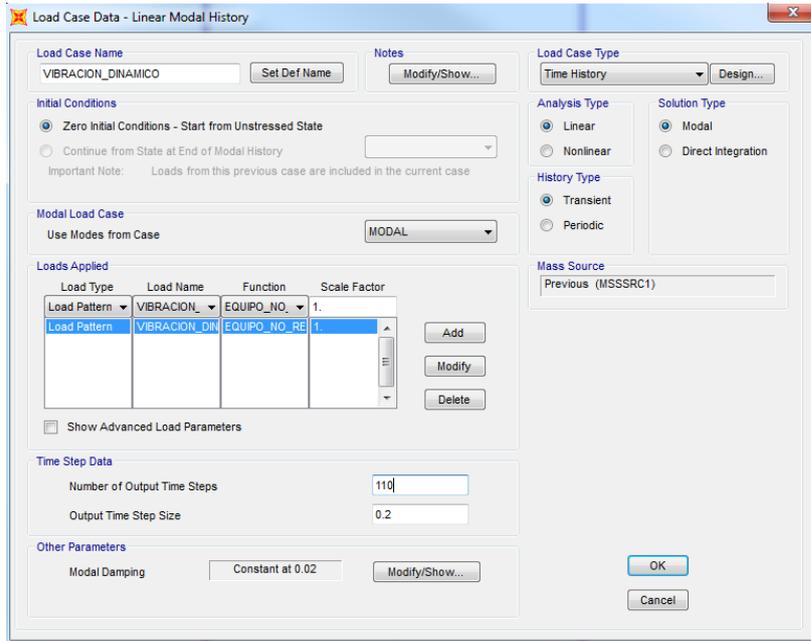
Vamos a probar ahora una función para el equipo lejos de la resonancia por la zona izquierda de la gráfica de 1 gdl, la llamamos EQUIPO_NO_RESONANTE_IZQDA:



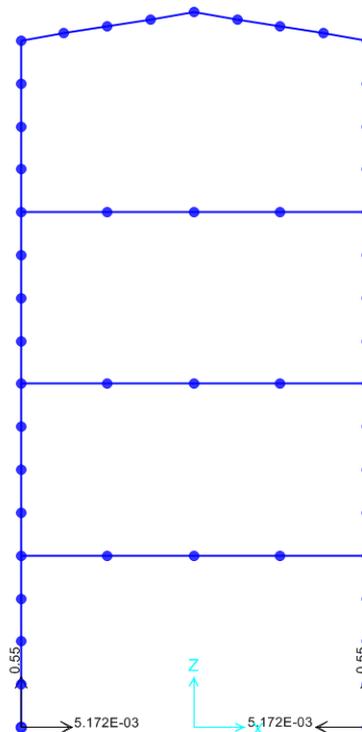
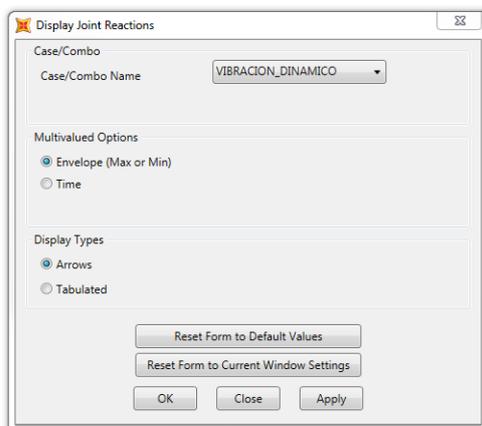
El periodo de la carga es mucho menor que el periodo de la estructura, estamos en la zona derecha de la gráfica:



Vamos a comprobarlo, vamos al caso de carga dinámico y para que se mantenga la duración disminuimos el número de steps e igualamos la duración de los mismos al paso entre puntos de la función $110 \text{ steps} \times 0.2 \text{ sg/step} = 22 \text{ sg}$ de duración total:



Corremos el programa y comprobamos las reacciones envolventes:



Vemos que han aumentado ligeramente respecto del caso estático, del orden del 10 %:

