Tutorial para manejar METALPLA_XE6

1. INTRODUCCIÓN

El presente tutorial complementa a la ayuda del propio programa y al Manual de Uso. Se elabora con el fin de facilitar el inicio a usuarios noveles dando una visión general de sus posibilidades.

En cualquier caso es imprescindible leer el manual oficial para conocer las numerosas posibilidades del programa y manejarlo correctamente.

2. INSTALACIÓN

El programa se puede bajar desde www.metalpla.com en el área de descargas. Una vez descargado el fichero “MetalplaXE_.exe” se debe crear una carpeta y copiarlo en ella. El fichero descargado se ejecuta directamente (no se trata de un fichero de instalación, si no de un ejecutable).

Durante el funcionamiento del programa se crean de forma automática ficheros auxiliares, por lo que no debe dejarse el programa en el Escritorio, para que no se llene la pantalla de ficheros no deseados.

3. INICIO

Buscamos la carpeta en la que hemos guardado el programa y lo ejecutamos.

Aparecerá la pantalla principal:

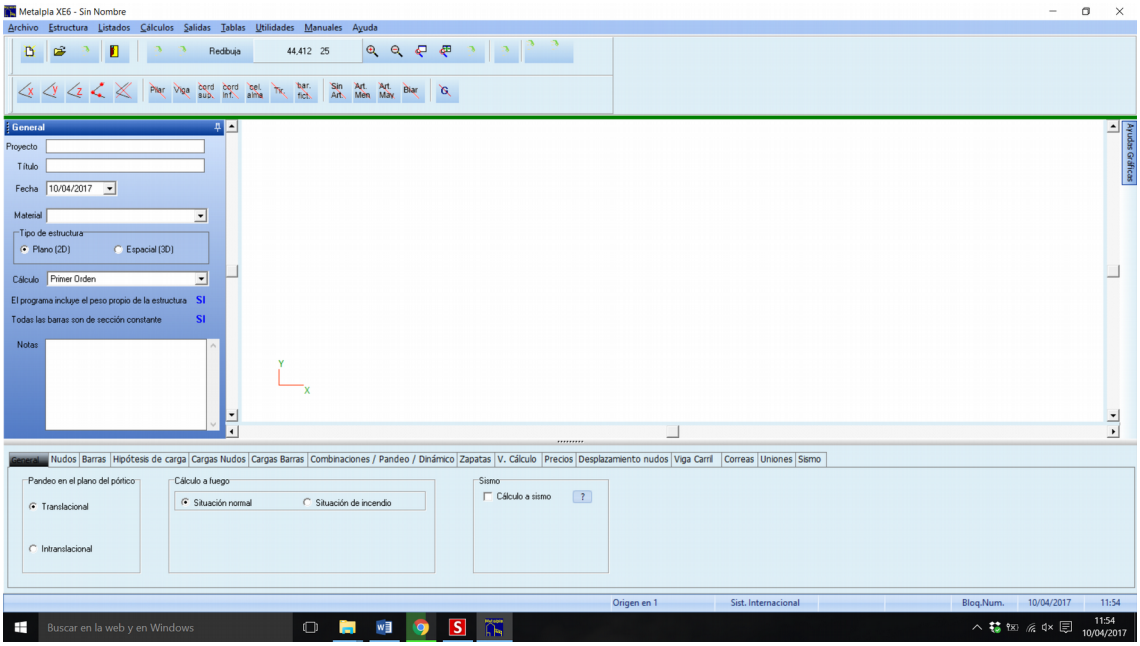


Ilustración 1: Pantalla Principal de Metalpla

La pantalla está dividida en varias áreas y la más destacable es la inferior donde encontramos una serie de pestañas: General, Nudos, Barras...

La forma de trabajar consiste en “dibujar” la estructura, y después iremos pestaña a pestaña hasta completar toda la información necesaria para que el programa calcule la estructura.

4. SELECCIONAR EL MÉTODO DE “CÁLCULO”

En la pantalla principal en el cuadro “General” pulsando “Cálculo” se presenta un desplegable que incluye dos opciones:

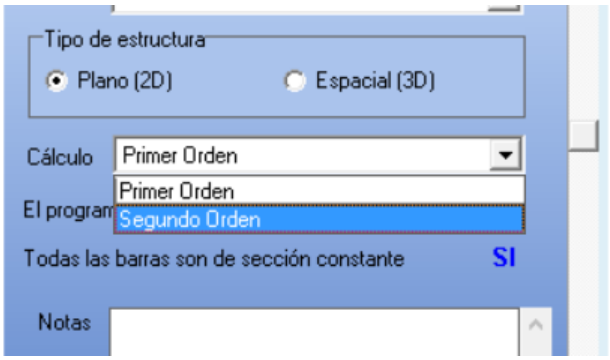


Ilustración 2: Selección del método y norma de cálculo.

4.1. Primer orden (C.T.E).

El DB SE_Acero selecciona, según las discrepancias que puedan existir entre los resultados de un análisis de primer orden (esfuerzos y deformaciones) y otro de segundo orden, el primer orden si estas discrepancias son pequeñas. La comprobación de las barras se realiza en base al DB SE_Acero. Los resultados del cálculo en cuanto a esfuerzos y deformaciones se obtienen a partir de las combinaciones de hipótesis con los valores de las cargas debidamente ponderados.

4.2. Segundo orden (C.T.E).

Se utiliza en general en pórticos considerados como traslacionales. Los resultados difieren, más o menos sustancialmente de los que se obtendrían en un análisis de primer orden, en función de la proximidad de las cargas de cálculo con las cargas de pandeo. En caso de duda, principalmente en el caso de pórticos traslacionales, se recomienda realizar el cálculo en Segundo orden.

5. “DIBUJAR” LA ESTRUCTURA.

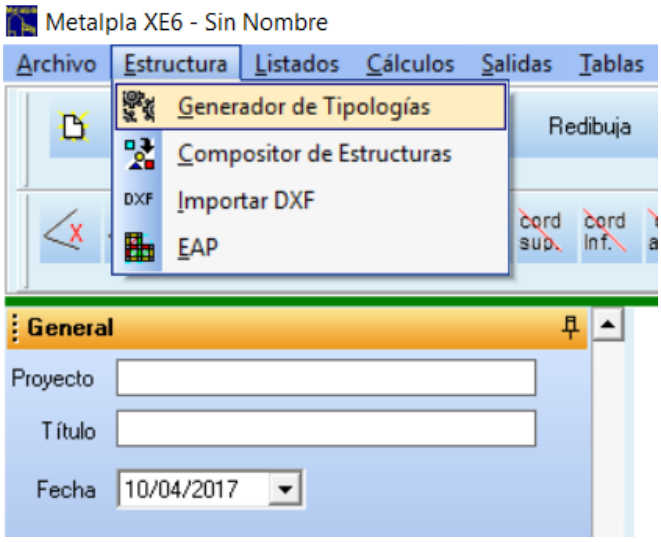


Ilustración 3: Algunos procedimientos para generar fácilmente la geometría de la estructura

Hay cuatro opciones:

5.1. Todo a mano

Desde la pantalla principal en la pestaña nudos se crean uno en uno; luego en la pestaña barras se crean estas; etc….

5.2. Importar una estructura previamente dibujada en Autocad

En el menú seleccionamos estructura e importar dxf

5.3. Generador de Tipologías

Dejar que el programa nos ayude y nos dibuje él mismo la estructura. En el menú seleccionamos Estructura y Generador de tipologías, Ilustración 3. El programa facilita el dibujo de los tipos de estructura más habituales.

Como ejemplo en la Ilustración 4: Generación por tipologías de una viga de celosía, se ha generado una viga de celosía de las características siguientes:

Tipo de triangulación de la celosía: Warren con montantes intercalados;

Número de módulos: 14

Longitud total de la viga: 27 m

Altura (entre ejes de cordones): 2,2 m

Tipo de perfil de cordones: Tubo cuadrado

Tipo de perfil de montantes: Tubo cuadrado

Tipo de perfil de diagonales: Tubo cuadrado

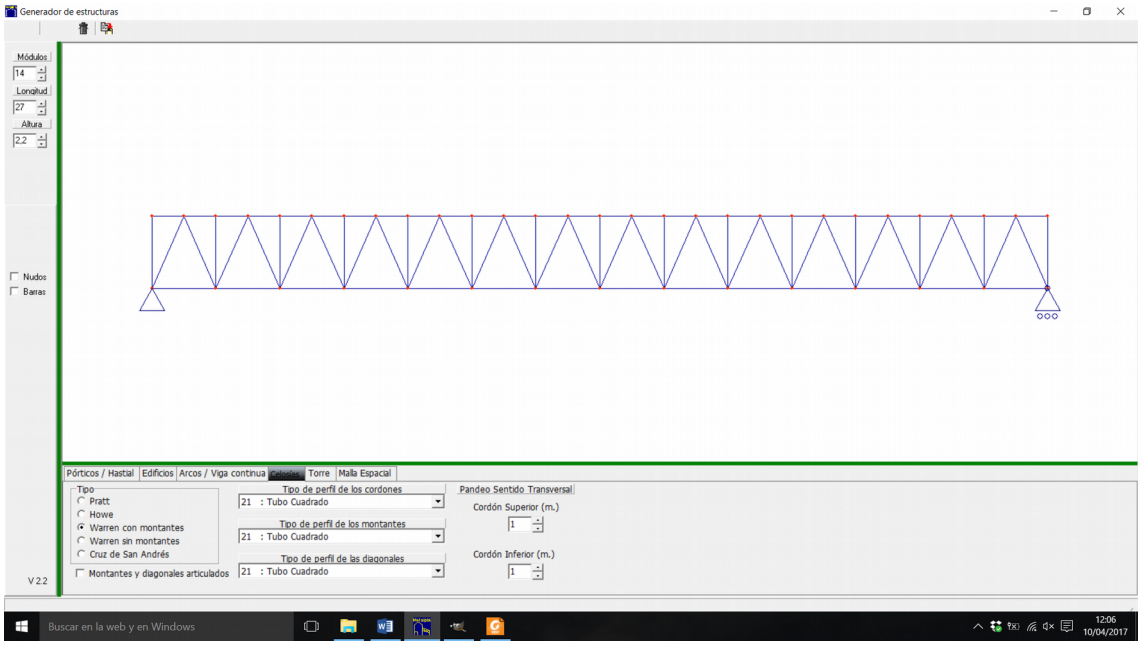


Ilustración 4: Generación por tipologías de una viga de celosía

En la Ilustración 5: Generación por tipologías de un pórtico a dos aguas, se representa la geometría del pórtico a dos aguas del que, mediante este tutorial, vamos a definir todos los datos necesarios para su cálculo.

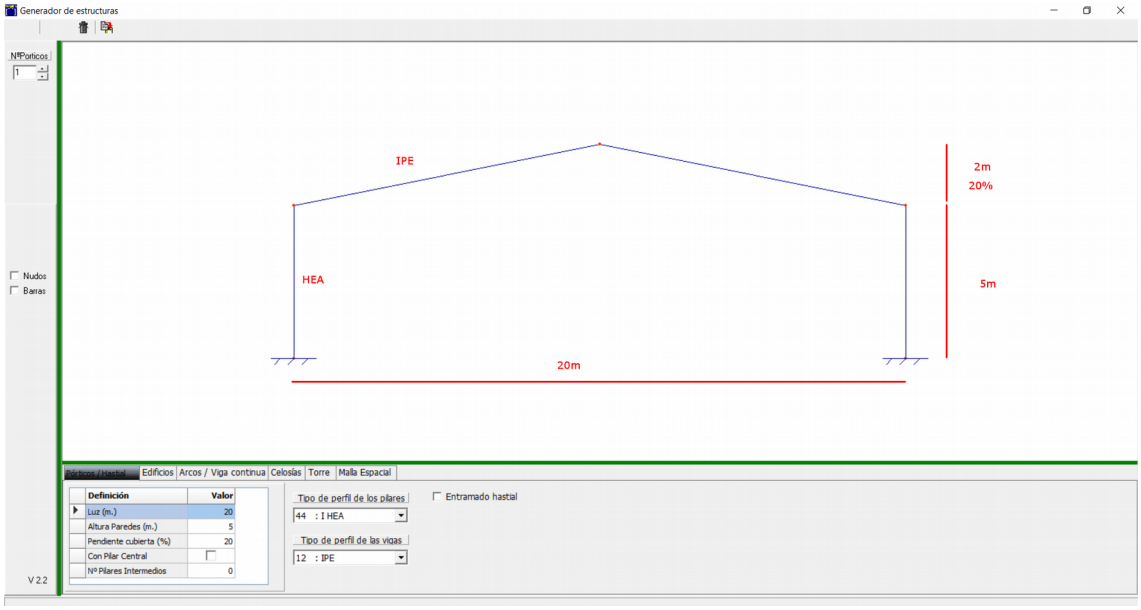


Ilustración 5: Generación por tipologías de un pórtico a dos aguas

5.4. Compositor estructuras

Es una opción muy potente una vez que se ha representado una parte de la estructura. Permite, partiendo de una parte de la estructura definida inicialmente, completar el resto si éste se puede generar por traslación o giro repetido de un módulo base plano de estructura. En el apartado 5.3.2 del manual de uso se explica su manejo.

5.5 Opción más recomendable

La opción más cómoda con diferencia es la segunda: Generador de tipologías. Si se utiliza esta opción además de la geometría del sistema estructural, se numeran automáticamente nudos y barras y se definen los tipos de perfiles de las barras.

Para transferir esta información al programa se pulsa el botón que hay en la parte superior de la pantalla junto a la papelera.

En las pantallas principales de nudos y barras hay que completar con datos como: tipos de apoyo (si se quieren modificar), imperfecciones generales de la estructura (si se realiza el cálculo en segundo orden del CTE), tipo de enlaces de barras si en algunas barras no son rígidos, tamaño de los perfiles, coeficientes β que definen las longitudes de pandeo en el plano (βz) y fuera del plano (βy), flechas admisibles de la barra (activa y total), modelo de barra (de sección constante, de sección variable), acartelamientos de los extremos de barra si existen, longitud del vuelco lateral, etc.

En la Ilustración 6: Cuadro de barras de un pórtico a dos aguas realizado por Generación por tipologías se indican los valores de las columnas del cuadro de barras que hay que revisar o modificar.

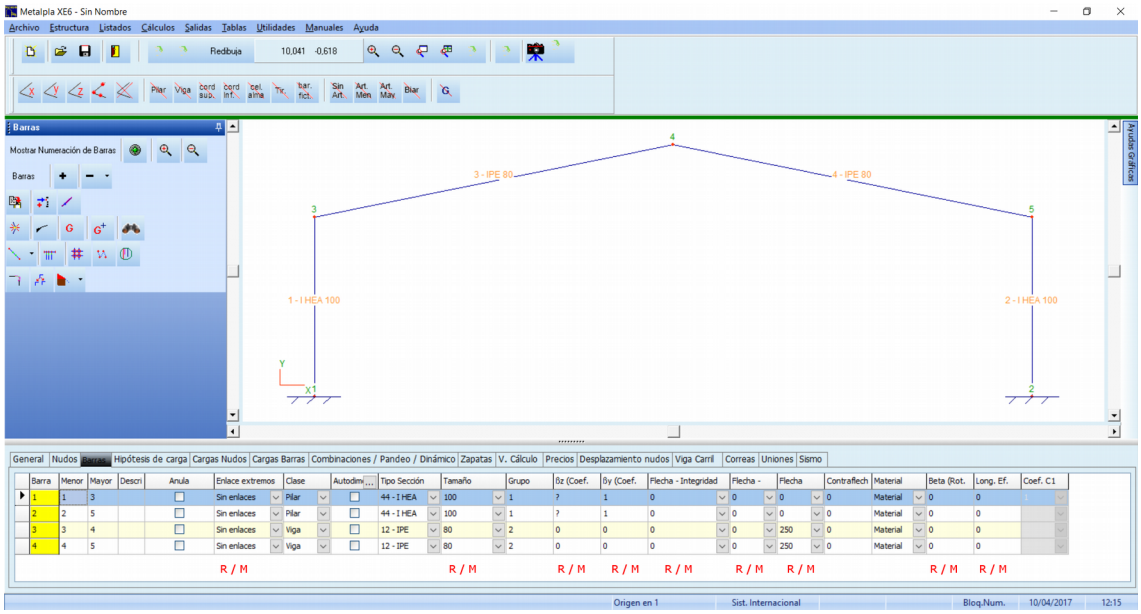


Ilustración 6: Cuadro de barras de un pórtico a dos aguas realizado por Generación por tipologías

El texto R/M corresponde a aquellos datos que el usuario debe revisar o modificar.

6. GUARDAR

Ahora debemos guardar la estructura utilizando el menú Archivo. Se puede utilizar el nombre que se desee. Se genera un fichero con extensión .fie

7. CÁLCULO

Dibujada la estructura mediante cualquiera de los procedimientos indicados anteriormente es preciso revisar todas las pantallas que oferta el menú principal para introducir toda la información que precisa el programa. En este tutorial se van a completar todos los datos de las pantallas del pórtico de nave representado en la Ilustración 5: Generación por tipologías de un pórtico a dos aguas .

Al mismo tiempo, revisando pestaña a pestaña, se comentarán aspectos fundamentales de la entrada de datos.

8. PESTAÑAS DE LA PANTALLA PRINCIPAL

A partir de aquí debemos confirmar o introducir todos los datos que utilizará el programa para calcular la estructura. Para ello en el tercio inferior de la pantalla hay una serie de pestañas que deberemos seleccionar una a una hasta completar toda la información. Comentaremos algunas de las alternativas principales a seleccionar en cada pestaña.

8.1. Pestaña General

Es imprescindible indicar la clase de acero, el procedimiento de cálculo y si se quiere que le programa incluya o no el peso propio de la estructura. La información restante es optativo incluirla (Proyecto, Título y Fecha).

En esta pantalla se define a efectos de cálculo si el pórtico es traslacional o intraslacional en el plano del pórtico. Esta información solamente es relevante cuando el propio programa, a instancias del usuario, elige internamente los coeficientes beta que definen las longitudes de pandeo de los pilares de los pórticos, véase apartado 5.2.4, pantalla 5.2.4.6-a del manual de uso. Véase también en la Ilustración 9 en la columna βz el símbolo ?.

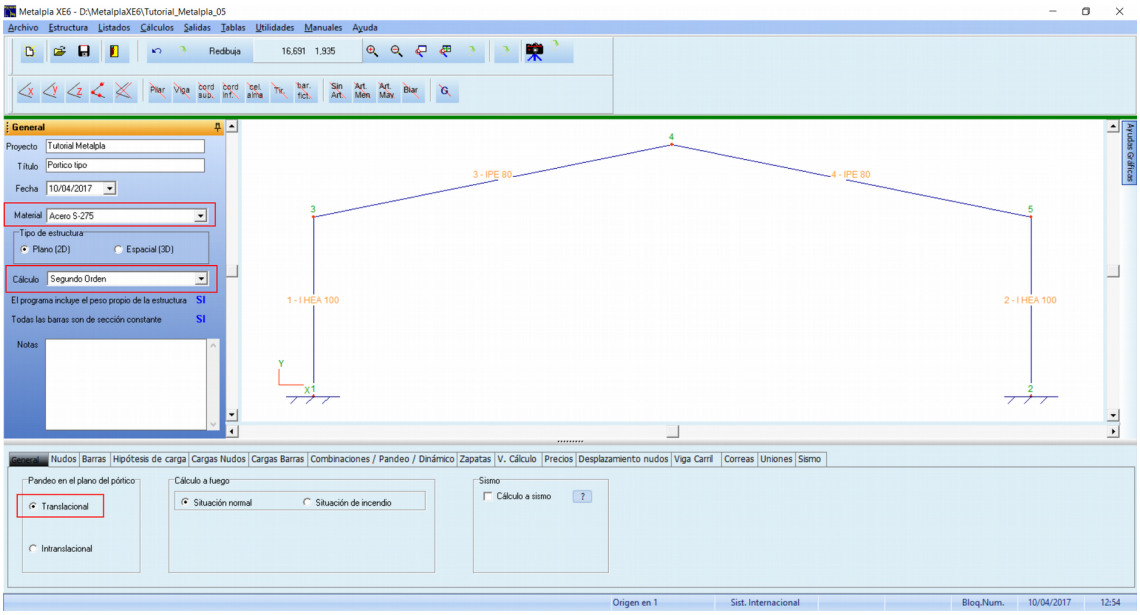


Ilustración 7: Selección de método de cálculo, clase de acero y traslacionalidad del pórtico

8.2. Pestaña Nudos

En esta pantalla se definen, tomando un origen cualesquiera (habitualmente se hacen coincidir las coordenadas 0,0 con el nudo 1) las coordenadas de los nudos (son los puntos de unión entre barras). En el caso de los apoyos se indica su tipo en 2D: deslizadera, articulación o empotramiento. En algunos casos estos apoyos pueden ser elásticos (es decir, no son totalmente fijos recibiendo un desplazamiento proporcional a la carga que recibe). En este caso es obligado definir el coeficiente de muelle (kN/m-desplazamientos según ejes X e Y-, o kNm/radian-giro-).

Obsérvese que para el pórtico a dos aguas de la Ilustración 8 el apoyo seleccionado, procedente del generador de tipologías, es un empotramiento. Si fuese una articulación habría que modificarlo utilizando el desplegable correspondiente.

Si se realiza la comprobación de la estructura según el CTE y se requiere un cálculo en segundo orden se deben definir las imperfecciones generales de los nudos (desplomes).

Cuidado con el tipo de apoyo seleccionado. En principiantes es un error común poner apoyos en puntos que no lo son. En general el apoyo corresponde a un nudo que toca el suelo o a un nudo que tiene coaccionado desde el exterior alguno o todos los desplazamientos con relación a los ejes generales X, Y y Giro. Definir de modo equivocado un nudo puede conducir a modelos estructurales absurdos.

Utilidades: son muy interesantes ya que permiten modificar rápida y fácilmente el cuadro general de nudos o corregir errores. Estas utilidades, explicadas en el manual de uso, son: igualar propiedades de nudos: rotar nudos; poner coacciones; desplazar nudos; escalar nudos; renumerar nudos: estirar nudos y generar imperfecciones generales de la estructura.

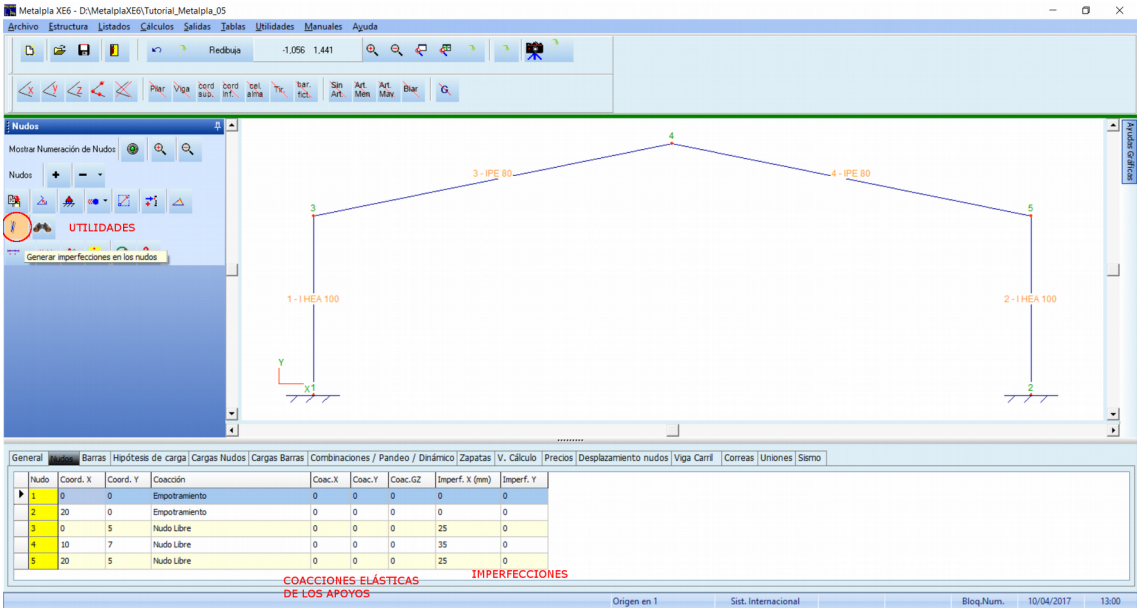


Ilustración 8: Cuadro de nudos

8.3. Pestaña Barras

8.3.1. PANTALLA

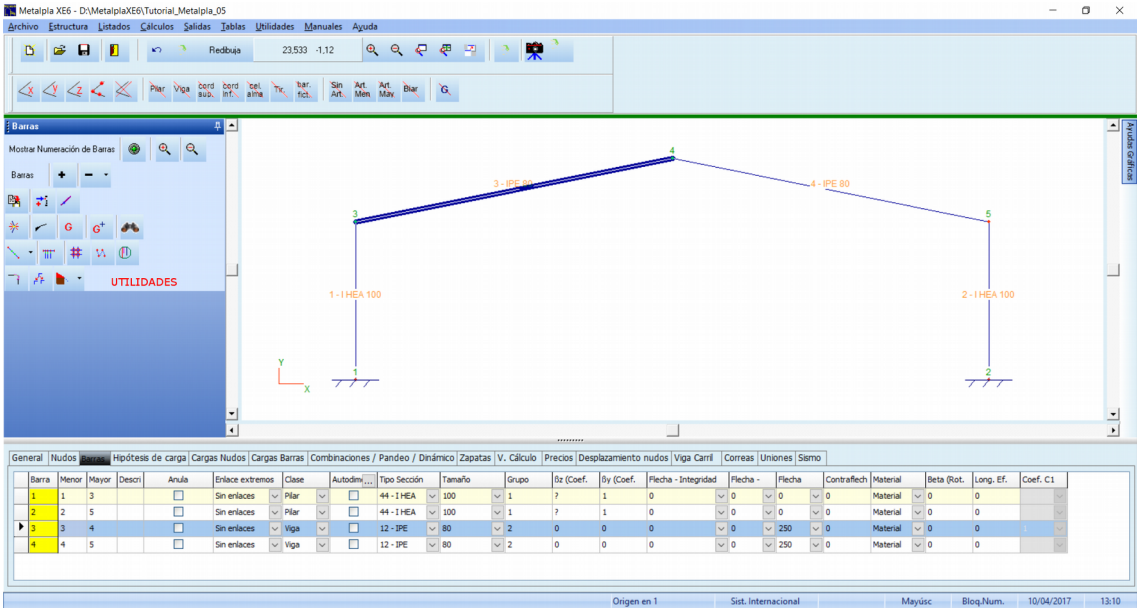


Ilustración 9: Cuadro de Barras

En esta pantalla se definen los datos de cada barra.

Tras indicar la numeración de los dos nudos (menor y mayor) que la incluyen se puede activar la pestaña de la columna “Anula” si esta barra fuese inexistente y solamente se hubiese generado con el fin de obtener una representación gráfica de la estructura de modo más rápido y sencillo.

Las barras 1 y 2 aparecen definidas como Clase “pilar” (y el programa realizará cálculos adecuados a esta función estructural).

Las barras 3 y 4 (dinteles) se definen como “viga” con los enlaces rígidos de sus dos extremos (sin articular) lo que significa que no hay que calcular a pandeo estas barras. El perfil propuesto por defecto es el más pequeño de la serie IPE-80. La barra es de sección constante sin extremos acartelados. El Grupo constructivo 2 significa que si autodimensionasemos la estructura todas las barras del grupo 2 serían elegidas por el programa con el mismo tamaño. Los coeficientes βz y βy que afectan las longitudes de pandeo por tratarse de una viga no se consideran. En este caso tampoco se consideran las flechas ya que por tratarse de un pórtico lo relevante es el desplazamiento de los nudos libres, véase la Ilustración 28: Limitaciones de desplazamientos de nudos libres. No obstante se introduce la limitación de l/250 para la flecha total de la barra respecto a sus nudos extremos.

¡Para principiantes¡: cuidado con el tipo de sección elegido y con los coeficientes seleccionados de pandeo, (βz en el plano de la estructura y βy en dirección perpendicular al plano de la estructura) que definen las longitudes de pandeo de las barras comprimidas. El coeficiente de longitud de pandeo beta en el plano del pórtico lo elige internamente el programa si el usuario lo solicita pulsando ? en el desplegable (βz). Si se realiza el cálculo en segundo orden el programa considera siempre el pórtico como intraslacional (lo hace internamente) como así lo demanda el C.T.E. No obstante si se pone un valor numérico el programa trabaja con este dato.

La columna “Beta (Rot” por defecto tiene ceros. Si alguna de las barras va girada se indica poniendo los grados de giro: por ejemplo en los pilares intermedios de los pórticos hastiales se pone 90.

Si se necesita reforzar alguna barra, por ejemplo en los nudos de esquina mediante cartelas, se deberá volver a la “pestaña General” e indicar que “las barras no tienen sección constante”. Aparecerán entonces en la “pestaña barras” nuevas columnas en las que definiremos, para cada barra, el tipo de refuerzo, en que nudo va y las dimensiones del refuerzo.

8.3.2. AUTODIMENSIONADO DE LA ESTRUCTURA

La columna autodimensión permite que en una estructura pueden combinarse barras definidas por su tamaño por el usuario con otras barras que el programa elige internamente. No obstante conviene advertir que el proceso de autodimensionado puede ser lento y que resulta conveniente la revisión y visto bueno de los resultados por parte del usuario. Para facilitar la activación del autodimensionado de todas las barras se pulsa el botón que está junto al texto.

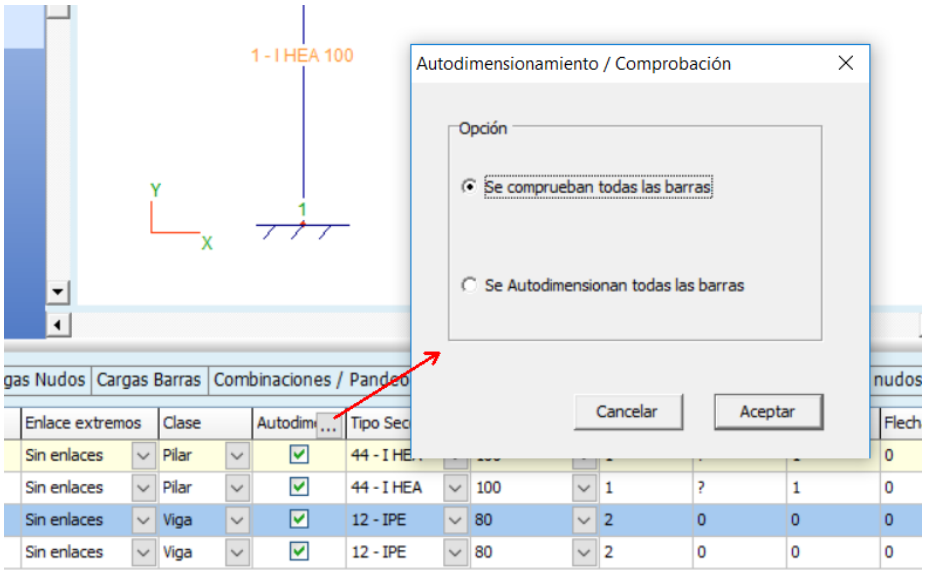


Ilustración 10: Autodimensionamiento automático

8.3.3. UTILIDADES

Dentro de las utilidades resulta especialmente potente el primer icono que corresponde a “igualar barras”. Esta orden permite atribuir todas o parte de las propiedades de una sola barra al resto de las barras seleccionadas con este propósito, véase la figura 10.

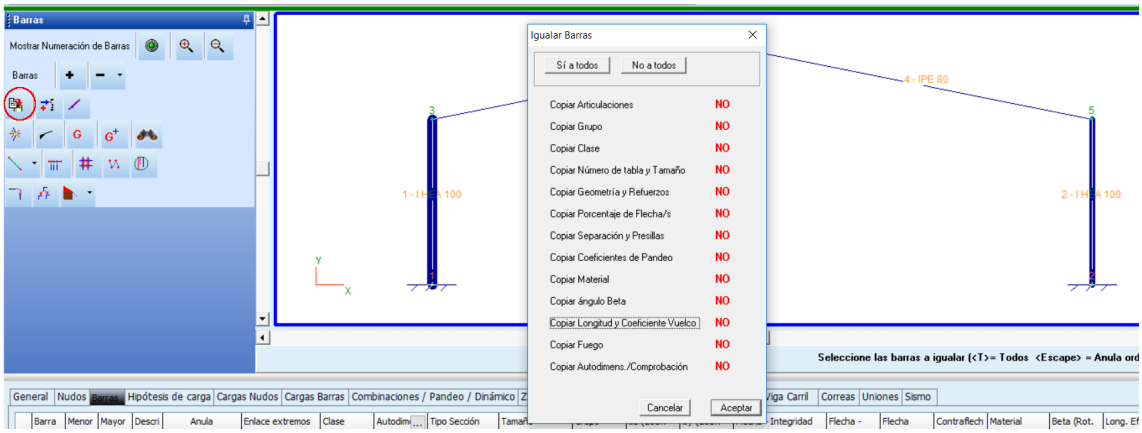


Ilustración 11: Propiedades de una barra que se pueden aplicar a otras barras

Otras utilidades son: renumerar barras; mostrar/ocultar refuerzos de barras; mostrar/ocultar grupos constructivos de barras. Y para aquellas estructuras que ya han sido calculadas: indicar barras fuera de norma.

8.4. Pestaña Hipótesis básicas de carga

En esta pestaña se indican los tipos de carga (acciones) que va a soportar la estructura de acuerdo con el C.T.E. Deberemos añadirlas pulsando el botón + e indicando posteriormente cada tipo de carga (hipótesis 1, hipótesis 2, etc...). Cuando estamos calculando una nave o una cubierta este cuadro lo rellena internamente el programa una vez que hayamos introducido los datos que sirven para generar internamente las cargas sobre la estructura, ver 8.6.2. Generación automática de acciones de acuerdo con DB-SE-AE. . En la figura se indican las hipótesis de carga que pueden intervenir en el caso de una nave. No obstante, pueden existir otras hipótesis básicas de cargas que habría que añadir manualmente como son: sobrecarga de uso, si existe una entreplanta con oficina, puente grúa, sismo etc.

General | Nudos | Barras | Hipótesis de carga | Cargas Nudos | Cargas Barras | Combinacio

Hipótesis	Descripción	Categoría
1	Permanente	Permanente
2	Mantenimiento	Categoría G: Cubiertas accesibles
3	Nieve	Nieve : Altitud < 1.000 m sobre el
4	Viento transversal A	Viento: Cargas en edificación
5	Viento transversal B	Viento: Cargas en edificación
6	Viento longitudinal	Viento: Cargas en edificación

Ilustración 12: Definición de las hipótesis básicas de carga de una nave

Consejo: En el caso de naves se seleccionan los 6 primeros tipos de carga tal y como se indican en la Ilustración 12. Después se podrán añadir los restantes si los hubiere. Para rodar el programa es imprescindible rellenar esta pestaña antes de definir el cuadro de combinaciones de hipótesis.

8.5. Pestaña Cargas en nudos

Si hubiera algún nudo con una carga puntual esta será la pantalla donde indicarlo. Las cargas de nudos se definen para el nudo seleccionado por sus tres componentes según los ejes generales (X, Y y Momento) pudiéndose definir en el Sistema Técnico o en el Sistema Internacional. Además hay que incorporar el número de la hipótesis básica de carga. Por ejemplo en la Ilustración 13: Definición de las cargas en nudos se indican para los nudos 3 y 5 cargas verticales de 30 kN en la hipótesis 1ª.

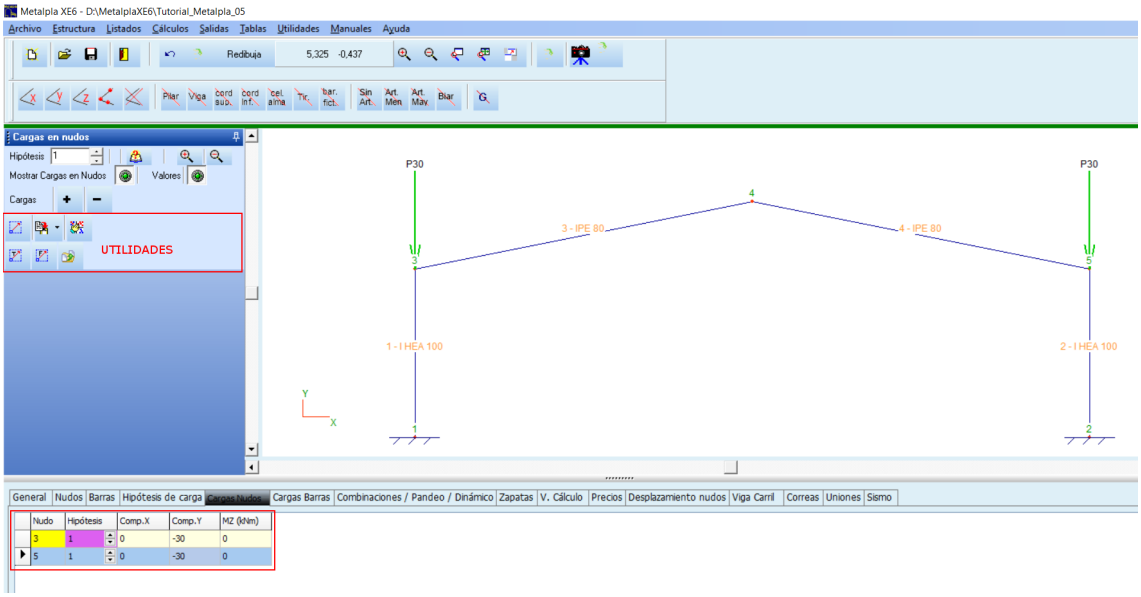


Ilustración 13: Definición de las cargas en nudos

Como en el resto de los cuadros se pueden emplear utilidades muy potentes como son: escalar cargas (multiplicar todas las cargas de una determinada hipótesis de carga por un coeficiente); igualar cargas a una dada; ordenar cargas (por hipótesis básicas de carga y numeración de nudos); escalar todas las cargas en nudos.

8.6. Pestaña Cargas en barras

8.6.1. MANEJO DE LA PANTALLA

Se definen indicando sobre la barra en la que actúan la información siguiente: el tipo de carga (uniformemente repartida, parcial y uniformemente repartida, puntual etc), los datos que se necesitan para definir la carga (intensidad; ángulo que forma la carga con los ejes generales o con los ejes locales de barra; longitud de aplicación de la carga; distancia del inicio de la carga al nudo de menor numeración) y el número de la hipótesis básica de carga a la que corresponde. Las cargas se pueden referir a los ejes locales de barra o a los ejes generales. Se aconseja elegir los ejes locales para las cargas de viento (siempre son normales a la dirección de barra) y los generales para el resto de las cargas.

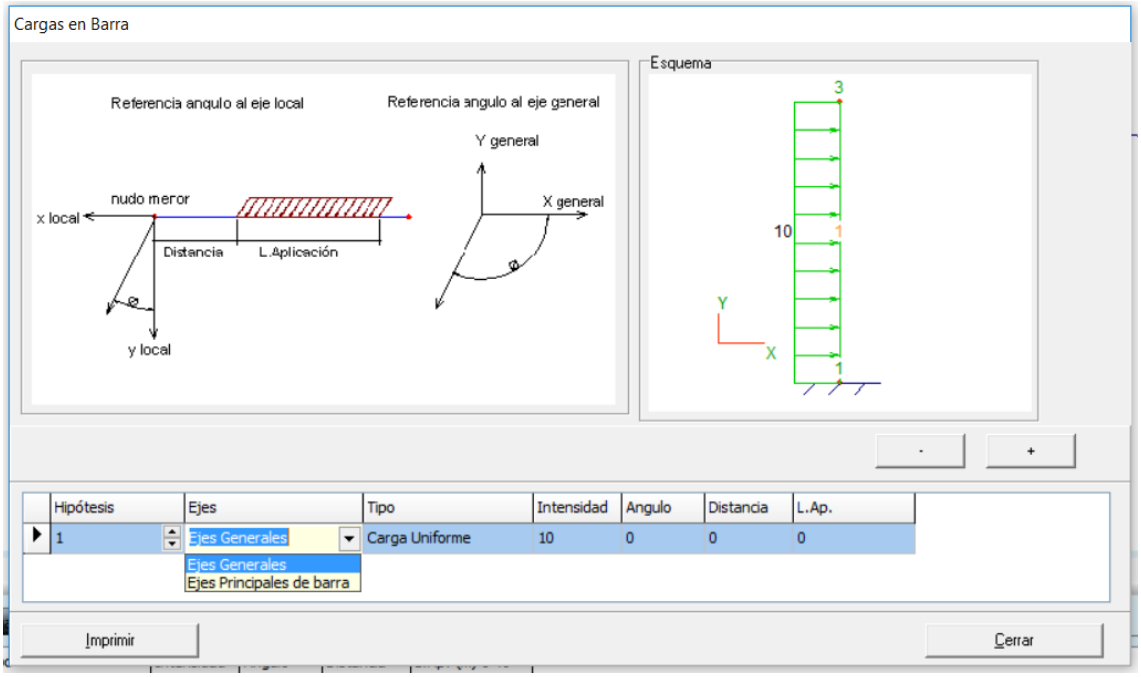


Ilustración 14: Editor de cargas de barra

Para introducir rápidamente estas cargas el programa incorpora las utilidades siguientes:

Escalar cargas en barras: Permite modificar proporcionalmente los valores, de una o de un grupo de cargas, definiendo el coeficiente de proporcionalidad por los procedimientos habituales.

Igualar Cargas en barra: Iguala cargas en barras. Aplica una carga que se elige como modelo, a otra carga o un grupo de cargas seleccionadas por los procedimientos habituales.

Ordenar cargas de barra: Ordena las cargas que figuran en el cuadro primero por hipótesis y, a continuación, por numeración de barras.

Temperatura: Pulsando se definen la variación uniforme de temperatura y el número de la hipótesis de carga que se le asigna.

Se escalan todas las cargas en barras: permite modificar proporcionalmente los valores, definiendo el coeficiente de proporcionalidad por los procedimientos habituales.

8.6.2. GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE ACCIONES DE ACUERDO CON DB-SE-AE.

Una de las opciones más interesantes del programa es, en el cálculo de cubiertas y naves, la generación automática de cargas según el DB-SE-AE. Para ello hay que hacer doble clic en el botón “Generar cargas de norma”.

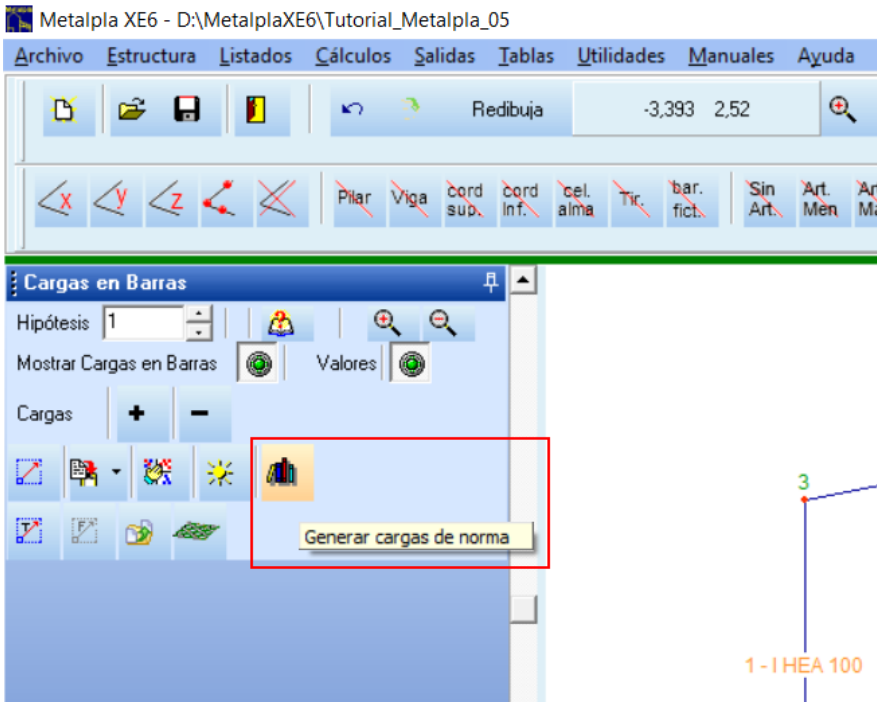


Ilustración 15: Aclaración del icono: Generar cargas de Barra

A continuación se rellenan los datos que se precisan para generar internamente las cargas de barra del pórtico que estamos estudiando procedentes: de la carga permanente, de la carga de mantenimiento, de la carga de nieve y de las cargas de viento (viento transversal A, viento transversal B y viento longitudinal), véase la Ilustración 16: Geometría de la nave y datos de emplazamiento para el cálculo de cargas de nieve y viento.

El botón “Generar datos geometría” permite introducir automáticamente longitud del pórtico, altura del pilar y pendiente del faldón. La luz del vano y la longitud total del edificio son datos que deberá introducir el usuario.

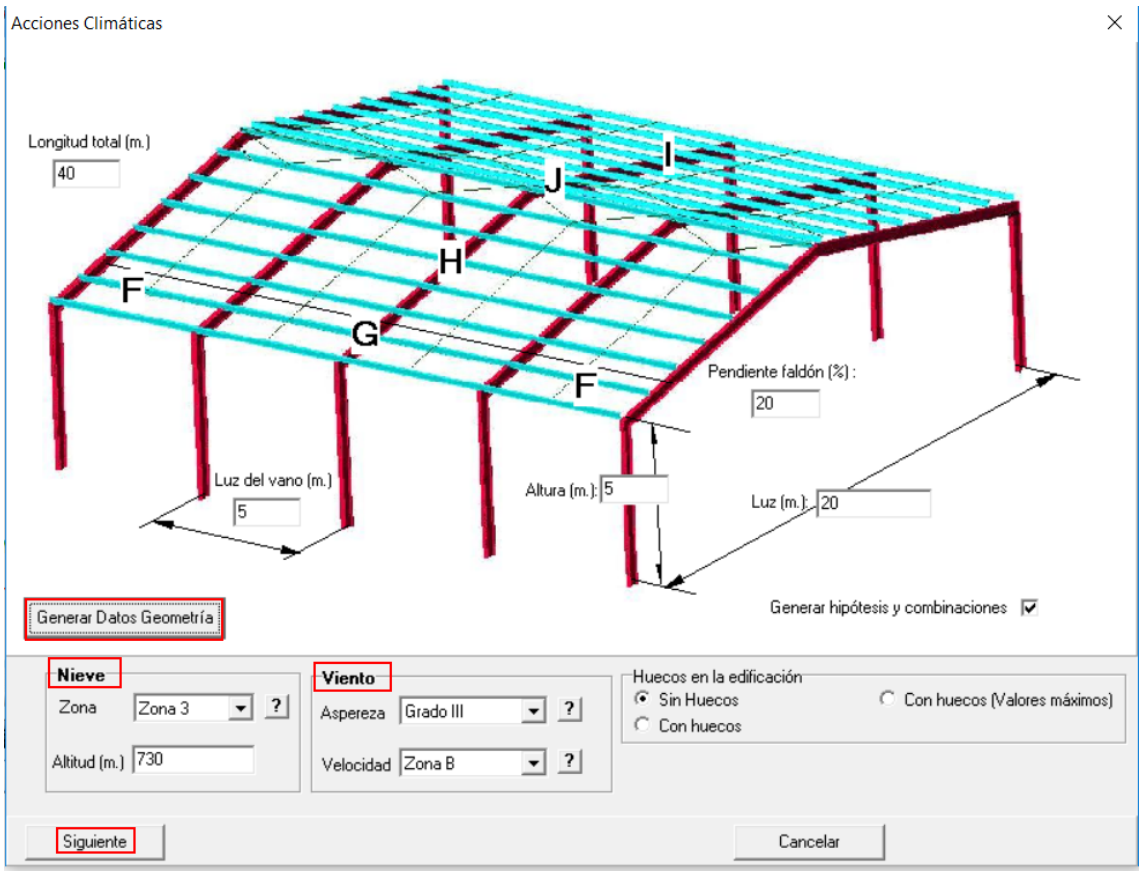


Ilustración 16: Geometría de la nave y datos de emplazamiento para el cálculo de cargas de nieve y viento

Tras pulsar "Siguiente" se presenta una nueva pantalla en la que se definen: el material de las correas, su tipo de sección, las flechas admisibles para las correas (activa y total), el peso de la carga permanente de la cubierta (se puede teclear cualquier valor), la posición del pórtico que estamos calculando (intermedio-tipo o extremo-hastial) y el número de vanos continuos que tiene la correa.

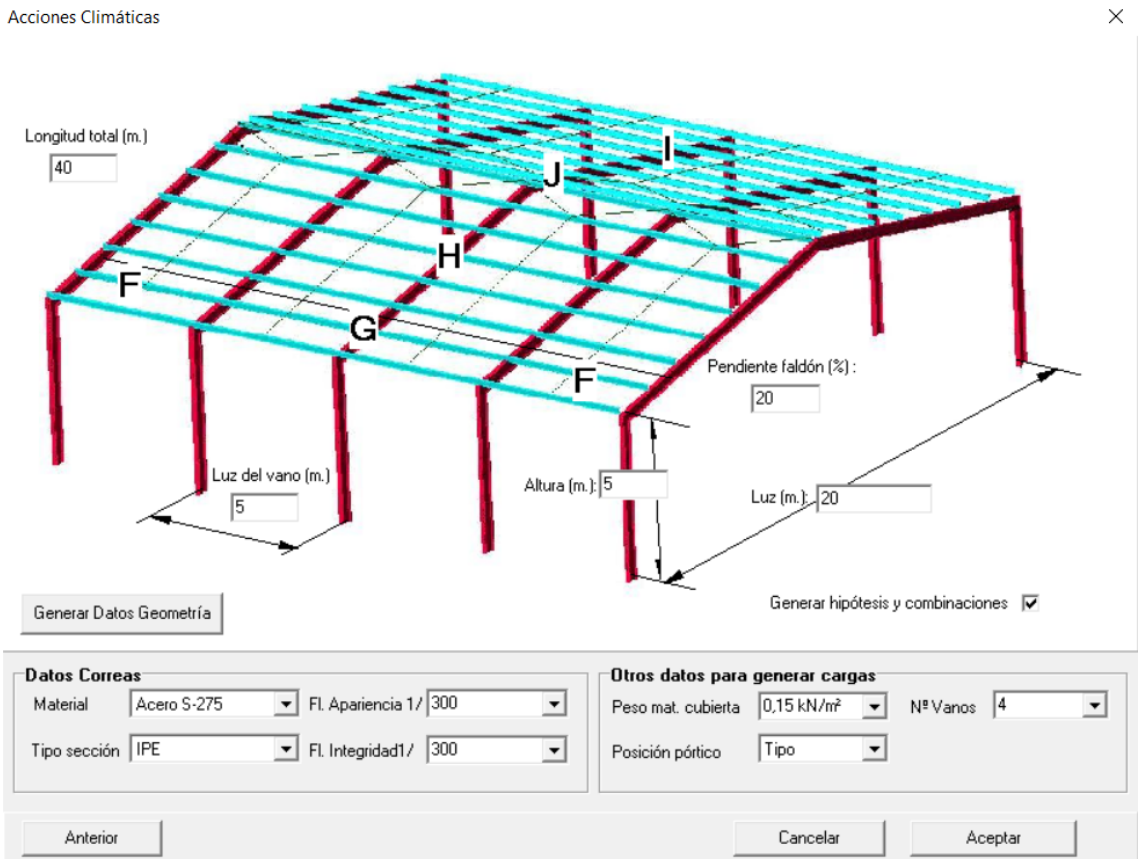


Ilustración 17: Pantalla para definir datos para cálculo de correas y generación de cargas

A partir de esta información y pulsando el botón “Aceptar” se presenta un cuadro interactivo para el cálculo de las correas, en el que aparecen las diferentes cargas sobre la superficie de la cubierta que ha generado el programa, por m de superficie de cubierta.

Estas cargas se pueden aceptar (o rectificar manualmente por el usuario).

Ahora se definen manualmente los datos de cálculo de la correa: separación entre correas, su posición (normal o vertical) y el número de tirantillas por vano, ver Ilustración 18: Pantalla en la que figura información y resultados del cálculo de las correas.

Con la última columna hay dos opciones:

1) La correa la correa es elegida por el programa pulsando en “Tamaño”

2) La correa la elige el usuario y el programa la comprueba.

A la derecha del cuadro debajo de “tamaño” se presentan los “resultados de cálculo” en cuanto a tensiones (indicando su índice de agotamiento) y flechas.

Ilustración 18: Pantalla en la que figura información y resultados del cálculo de las correas

Pulsando el botón “Generar cargas” se calculan internamente las cargas de barras del pórtico, en función de la separación entre pórticos y del número de vanos continuos de la correa transfiriéndose en este momento los resultados al cuadro de cargas de barras.

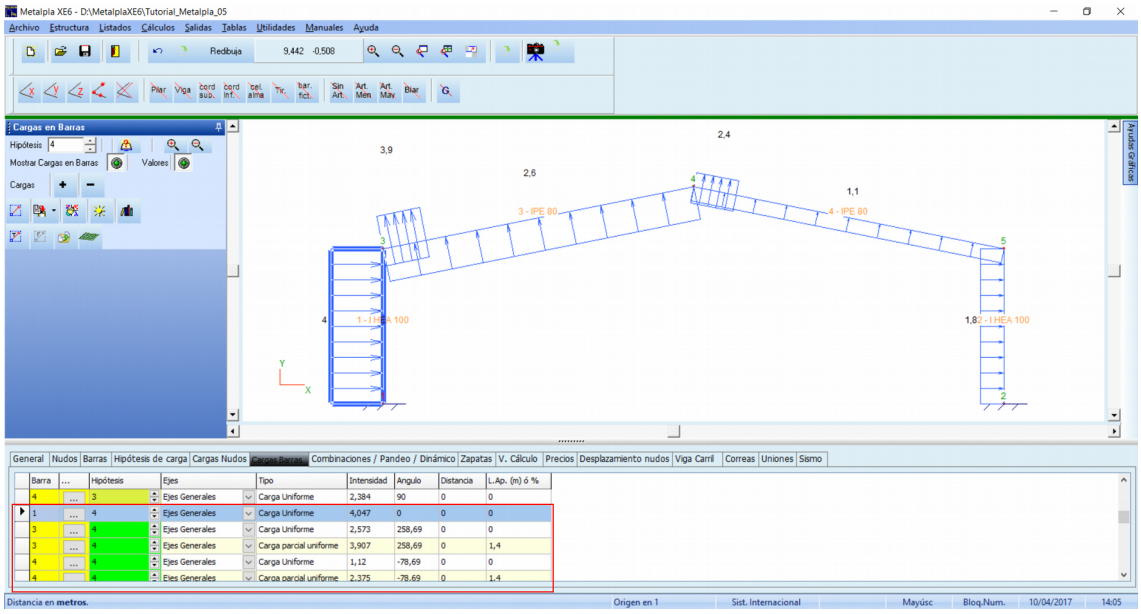


Ilustración 19: Cargas de barra generadas internamente por el programa

En cualquier caso siempre hay que revisar los valores calculados para comprobar si son correctos, y a veces tendremos cargas que añadir a mano (nuevas hipótesis de carga), por ejemplo: la sobrecarga de uso si la hubiere, la variación de temperatura si tiene trascendencia, cargas del puente grúa etc.

8.6.3. ESFUERZOS TRANSVERSALES

Todas las cargas calculadas hasta ahora por el programa están en el plano principal del pórtico. En el caso de los pórticos hastiales se necesita añadir las cargas ejercidas por el viento en dirección longitudinal al eje principal del edificio. Dado que tenemos definida la estructura como una estructura plana (2D) no podemos añadir estas fuerzas. Para poder hacerlo debemos convertir la estructura a espacial (3D) en la "pestaña General", Ilustración 20. Este cambio no es reversible, por lo que si hacemos el cambio deberemos seguir como si de una estructura espacial se tratara.

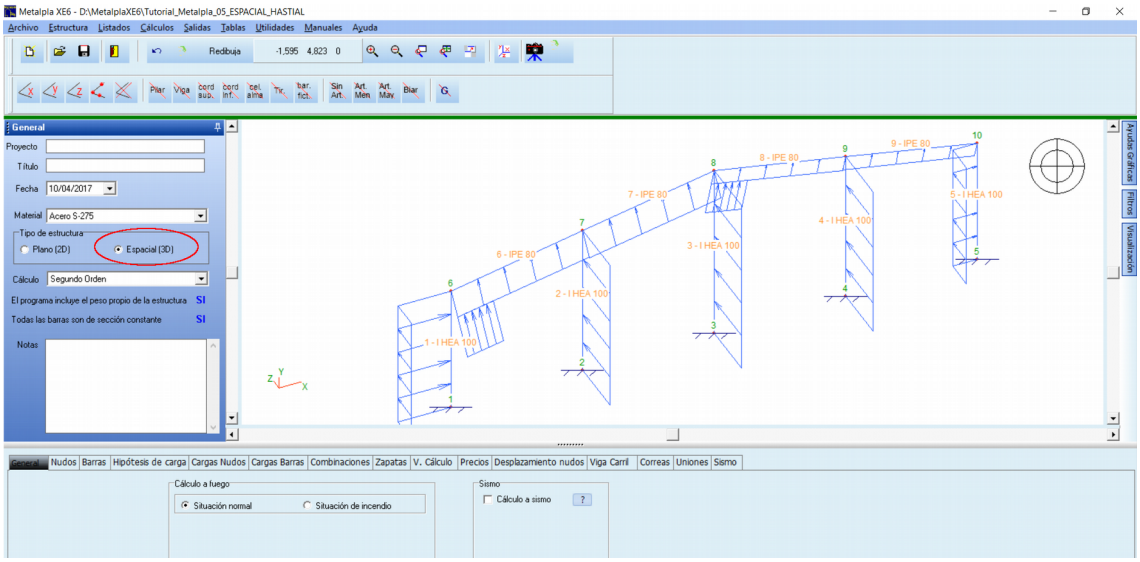


Ilustración 20: Conversión a estructura espacial (3D) de un pórtico hastial

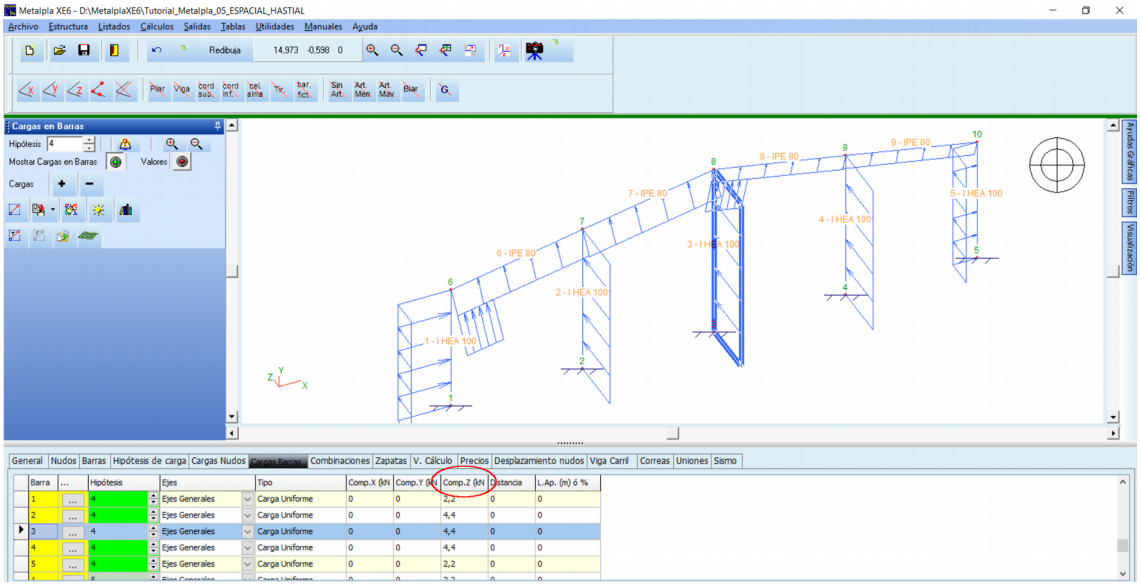


Ilustración 21: Cuadro de datos 3D para añadir esfuerzos transversales

En el caso de los pórticos tipo (que es lo que estamos siguiendo en este tutorial) no haremos la conversión a Espacial.

8.7. Pestaña Combinaciones de hipótesis básicas

Esta es una de las pestañas más importantes. En esta pantalla se definen, en función de las indicaciones del C.T.E. las diferentes combinaciones de cálculo con los coeficientes parciales de seguridad correspondientes (DB-SE apartado 4.2).

Haciendo un doble clic en el botón correspondiente a “Generar automáticamente las combinaciones de hipótesis” el programa genera internamente las combinaciones y sus coeficientes respectivos en base a la información que le ha sido suministrada. No obstante es obligado que el usuario revise detenidamente este cuadro, modificando, si es preciso, los coeficientes, o incorporando nuevas combinaciones.

General | Nudos | Barras | Hipótesis de carga | Cargas Nudos | Cargas Barras | Combinaciones / Pandeo / Dinámico | Zap

Combinación	Permanente	Mantenimien	Nieve	Viento	Viento	Viento	Pandeo	Dinámico
1	1,35	0	0	0	0	0	☐	☐
2	1,35	1,5	0	0	0	0	☐	☐
3	1,35	0	1,5	0	0	0	☐	☐
4	1,35	0	0	1,5	0	0	☐	☐
5	1,35	0	0	0	1,5	0	☐	☐
6	1,35	0	1,5	0,9	0	0	☐	☐
7	1,35	0	1,5	0	0,9	0	☐	☐
8	1,35	0	1,5	0	0	0,9	☐	☐
9	1,35	0	0,75	1,5	0	0	☐	☐
10	1,35	0	0,75	0	1,5	0	☐	☐

Ilustración 22: Cuadro de combinaciones de hipótesis básicas de cargas

Es imprescindible rellenar esta pestaña con al menos una combinación, para que el programa haga los cálculos.

En la parte derecha vemos las columnas Pandeo y Dinámico.

Nos permiten:

1) Calcular las longitudes de Pandeo de los pilares de la estructura en aquellos casos que el usuario no sea capaz de determinarlos, por ejemplo: barras de sección variable enlazadas a otras barras.

2) La columna Dinámico permite determinar las primeras frecuencias naturales de vibración y sus desplazamientos modales.

En el manual de uso puede consultarse su manejo.

8.8. Pestaña Valores de cálculo (para el cálculo de la cimentación)

Aquí proporcionamos al programa la información que necesita para calcular las basas de pilares y las zapatas: resistencia característica del hormigón, límite elástico del acero de las armaduras, resistencia del terreno, coeficientes de seguridad al deslizamiento y al vuelco etc…

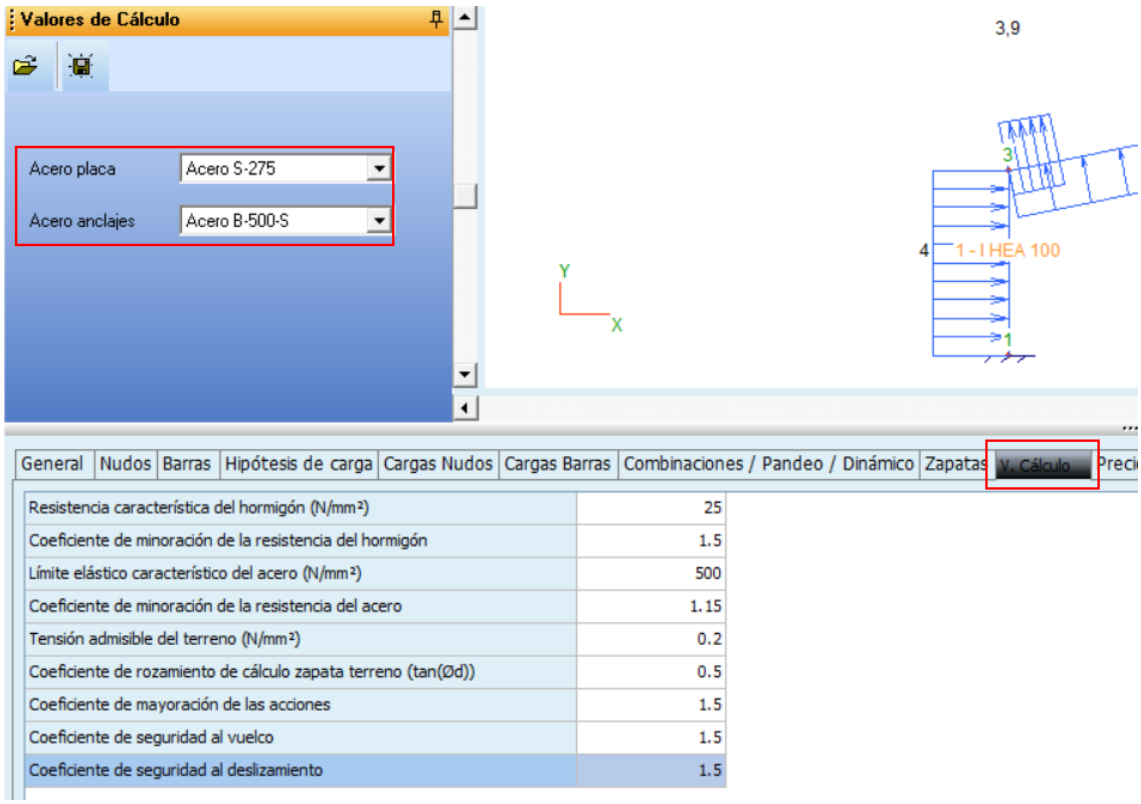


Ilustración 23: Cuadro de valores de cálculo

Sin esta información NO SE PUEDE hacer el cálculo de basas y zapatas.

8.9. Pestaña Precios

Para optimizar placa de anclaje y zapata en precio y estimar posteriormente su valor, lo que puede resultar útil para comparar alternativas, se deben definir los precios siguientes:

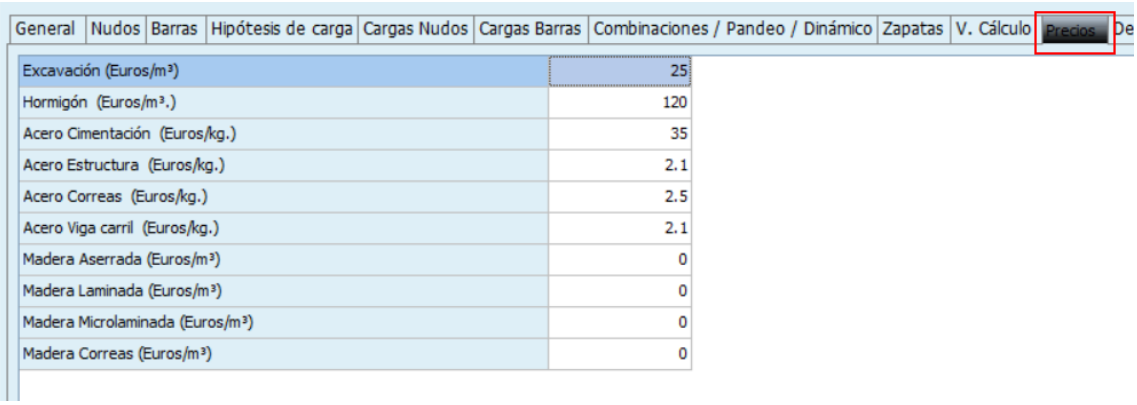


Ilustración 24: Cuadro de precios

Sin esta información de precios el programa no calcula la cimentación.

8.10. Pestaña Zapatas (y Placas de anclaje)

Para el cálculo de la cimentación el usuario puede utilizar dos opciones:

1) Comprobar la basa y zapata de acuerdo con los datos introducidos por el usuario desde el editor de basas y placas de anclaje. A este editor se accede activando la pestaña zapatas, véase la Ilustración 25: Editor de basas y zapatas .

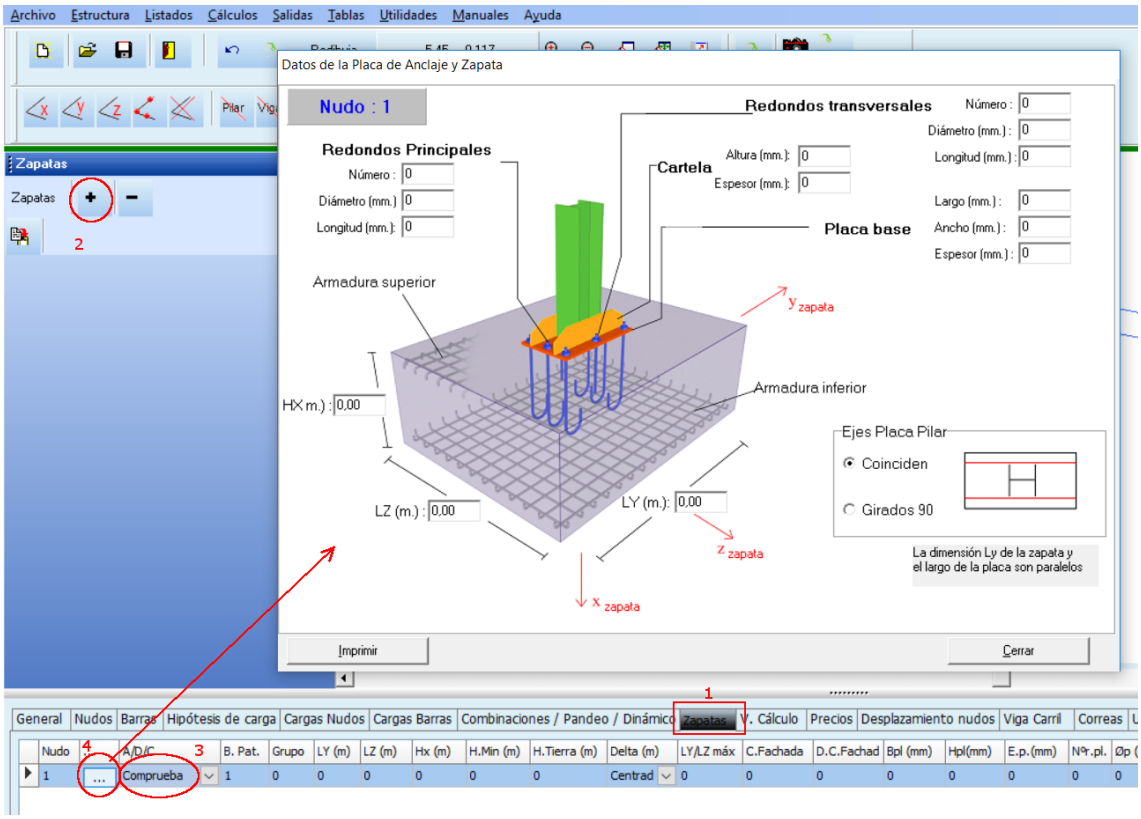


Ilustración 25: Editor de basas y zapatas

La información de esta pantalla se completa activando la pestaña “Zapatas” con algunos otros datos: altura mínima de la zapata, altura de las tierras sobre la zapata, desplazamiento del pilar respecto al eje de la zapata (centrada, valor desplazamiento y medianería), carga de fachada y desplazamiento de la carga de fachada respecto al eje del pilar, véase la Ilustración 26: Cuadro de basas y zapatas en la opción de comprobar placas de anclaje y zapatas.

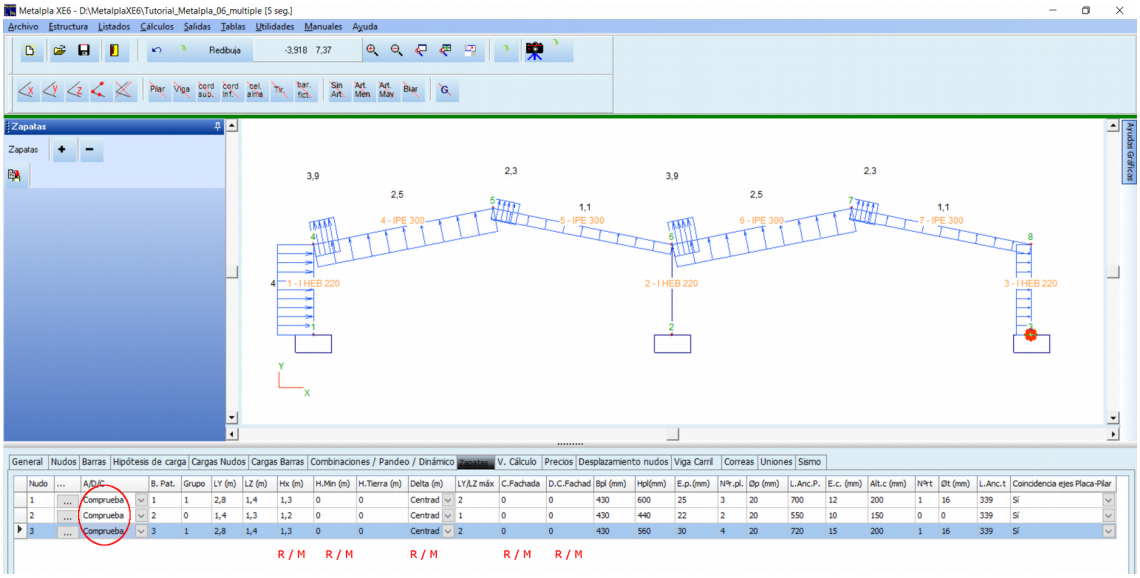


Ilustración 26: Cuadro de basas y zapatas en la opción de comprobar placas de anclaje y zapatas

2) La segunda opción es la de autodimensionar. En este caso en el cuadro de zapatas y placas deberemos elegir en la columna correspondiente (A/D/C): autodimensionar y rellenar solamente los datos que se indican. La opción de "Grupo" solo se utiliza para autodimensinar y sirve para que dos o más zapatas que pertenecen al mismo grupo resulten iguales aunque reciban cargas diferentes. Obsérvese dada la simetría de la nave como las zapatas de los nudos 1 y 3 son del mismo grupo (grupo 1) y como a la zapata central nudo 2 no se le asigna grupo (grupo 0) ya que no hay otra zapata de iguales características, véase la Ilustración 26.

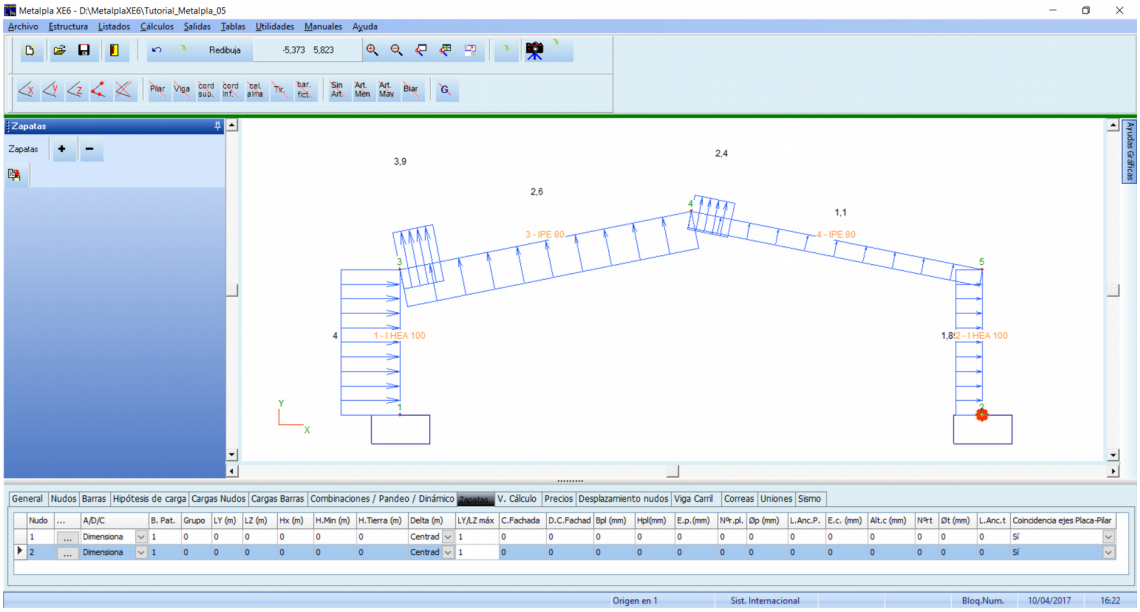


Ilustración 27: Cuadro de basas y zapatas en la opción de autodimensionar placas de anclaje y zapata

Es imprescindible rellenar la relación LY/LZ (relación máxima largo zapata/ancho zapata) para que el programa tantee diferentes soluciones hasta encontrar la más económica (con el valor 1 se elegirán zapatas cuadradas).

8.11. Pestaña Desplazamiento nudos

Esta pestaña debemos activarla cuando queramos comprobar los desplazamientos según las distintas combinaciones a Estados Límite de Servicio de los nudos libres (DB-SE, apartado 4.3). Por ejemplo los desplazamientos horizontales de los nudos de esquina (3 y 5) y los desplazamientos totales del nudo de cumbrera (4) del pórtico a dos aguas que vamos a calcular. Para el ejemplo que estamos desarrollando limitamos la flecha vertical del nudo de cumbrera y la horizontal de los nudos de esquina. La información sobre el cumplimiento de estas limitaciones se puede consultar en los listados de texto de Desplazamiento de nudos.

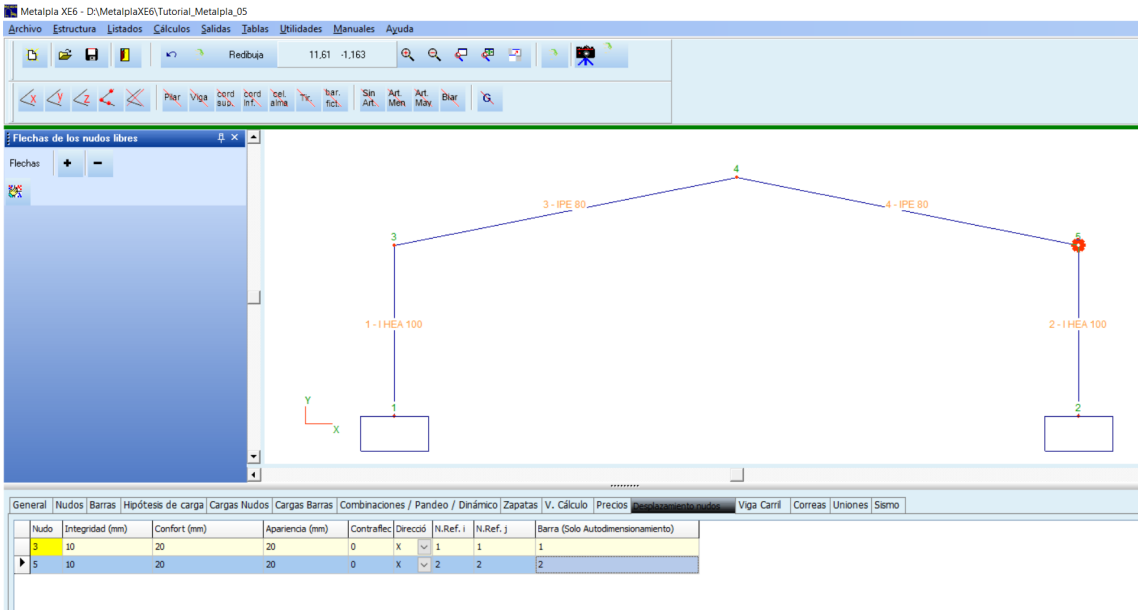


Ilustración 28: Limitaciones de desplazamientos de nudos libres

8.12. Pestaña Correas

Esta pestaña está concebida para calcular directamente las correas sin necesidad de definir todos los datos de la nave. En el manual de uso puede consultarse su manejo.

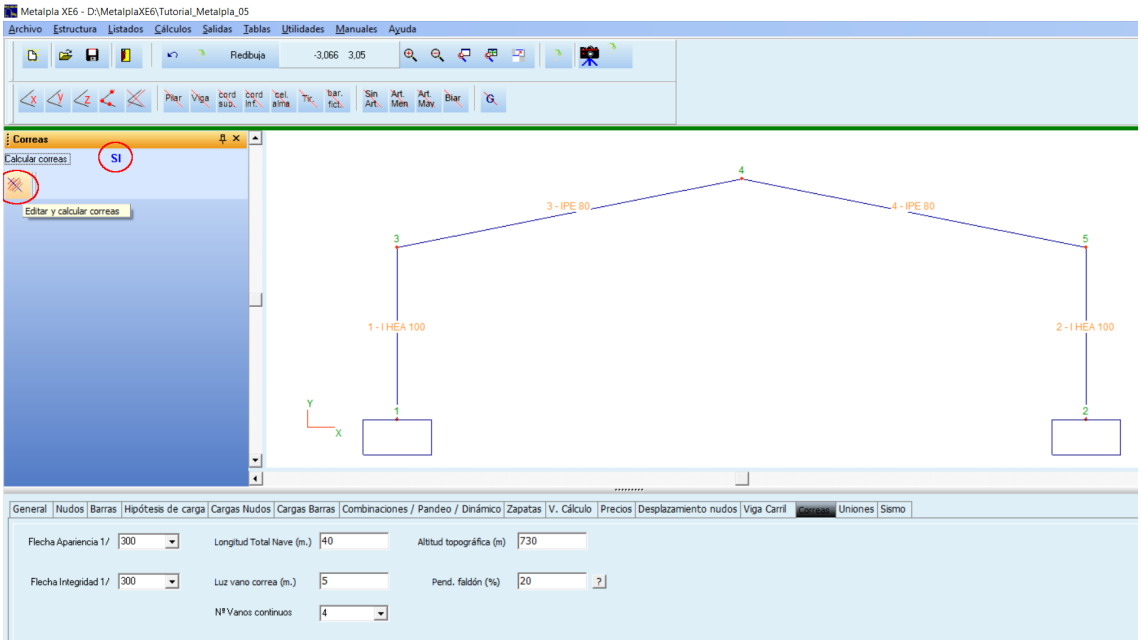


Ilustración 29: Pestaña correas

Por defecto “Calcular correa” aparece como NO por lo que hay que activarlo para que aparezcan las correas en los listados.

9. CÁLCULOS

9.1 Selección de listados

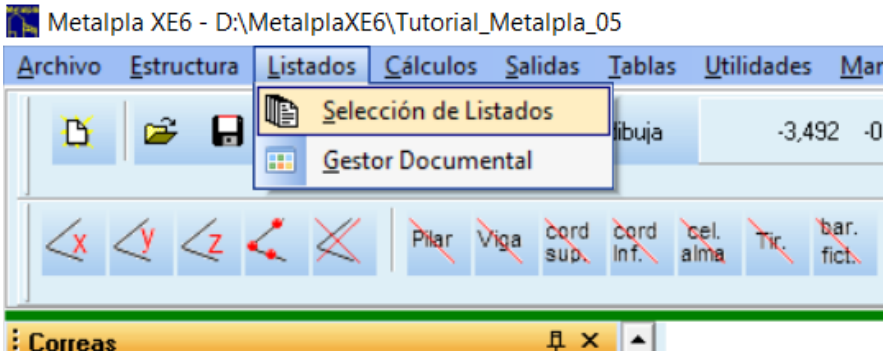


Ilustración 30: Elección de selección de listados

Se seleccionan los listados que queremos obtener, primero para revisar los cálculos y finalmente para incluir en el Proyecto como Anejo de cálculo. Al mismo tiempo estamos seleccionando los cálculos que hará el programa.

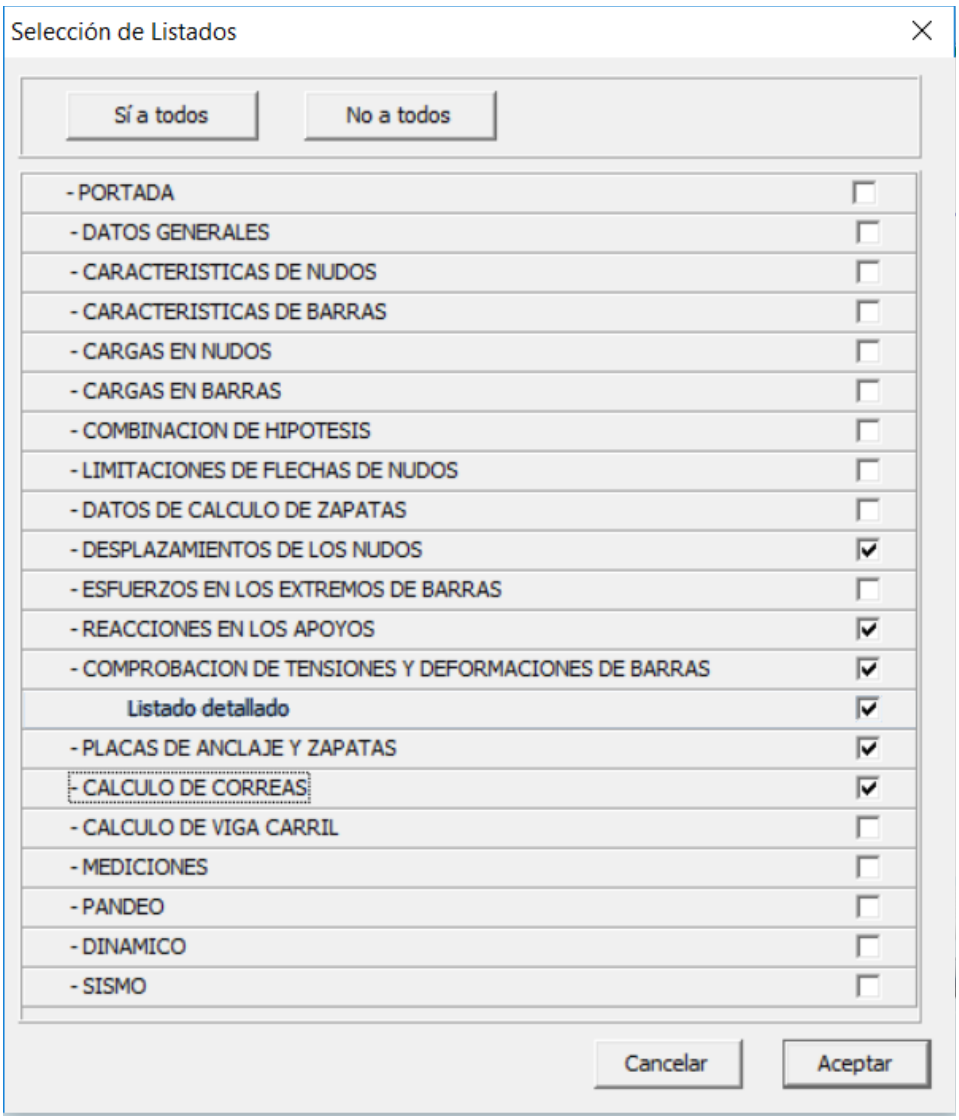


Ilustración 31: Se eligen los listados que interesan

Por ejemplo, si no seleccionamos PLACAS DE ANCLAJE Y ZAPATAS el programa no las calculará y por tanto no las incluirá en los listados.

Si pedimos al programa que incluya todo aumentan bastante las posibilidades de que aparezcan errores por falta de datos para hacer los cálculos, por eso es mejor pedir sólo lo necesario en cada momento.

9.2 Validación de datos

En general no es necesario pulsar cálculos/validación de datos pues el programa lo hace de todas formas cuando se le pide que haga los cálculos. Si el programa detecta alguna falta de información nos lo hará saber.

9.3 Calcular

Con esta instrucción el programa realiza los cálculos. Mientras lo hace, en la parte inferior izquierda aparecen indicaciones del proceso.

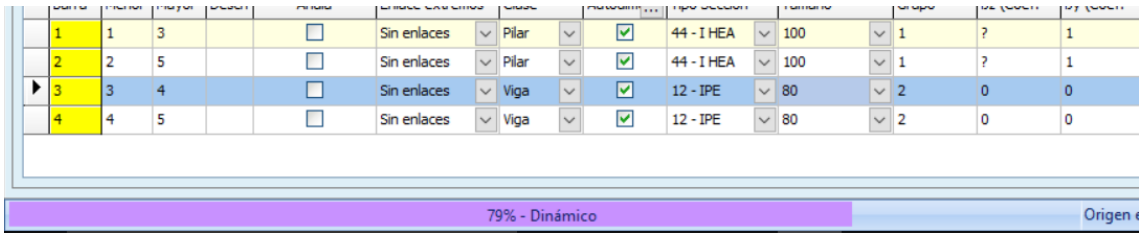


Ilustración 32: Mientras se rueda el programa se emiten mensajes que orientan sobre el cálculo

10. SALIDAS DE RESULTADOS

Pulsando “Salidas” es posible seleccionar posibles varias salidas de resultados. Las de más interés son:

10.1 Visualización gráfica

Se selecciona la salida resaltada: Visualización de Deformadas, etc....

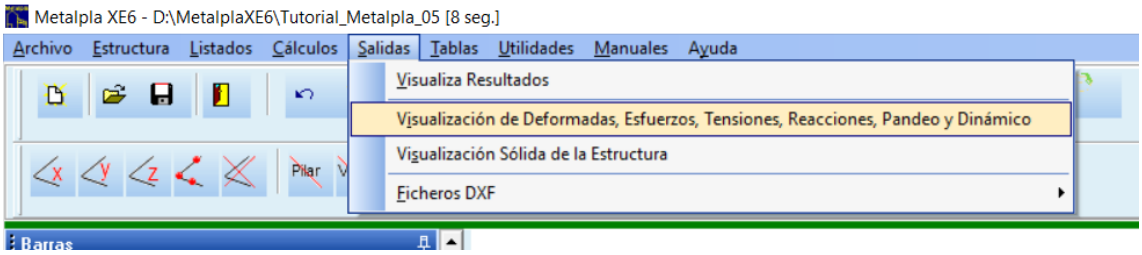


Ilustración 33: Salidas de Resultados

Incluye las salidas gráficas siguientes:

10.1.1. Índices de agotamiento por plastificación e inestabilidad:

Es la salida gráfica más interesante. Permite, analizando visualmente la pantalla, ver si toda la estructura cumple desde un punto vista resistente o que partes incumplen. Para ello los índices de agotamiento de todas las secciones deben ser inferiores al 100%. Una escala de colores representa estos índices, de modo que si no aparece el color rojo todas las secciones cumplen y no cumplirán aquellas partes de la estructura asociadas al color rojo. Desplazando el ratón por la estructura y pulsando el botón izquierdo se presenta una galleta amarilla en la que se informa del índice mayor de agotamiento en el tramo i/20 de la barra (cada barra se divide en 20 tramos) y la combinación de hipótesis para la que se produce.

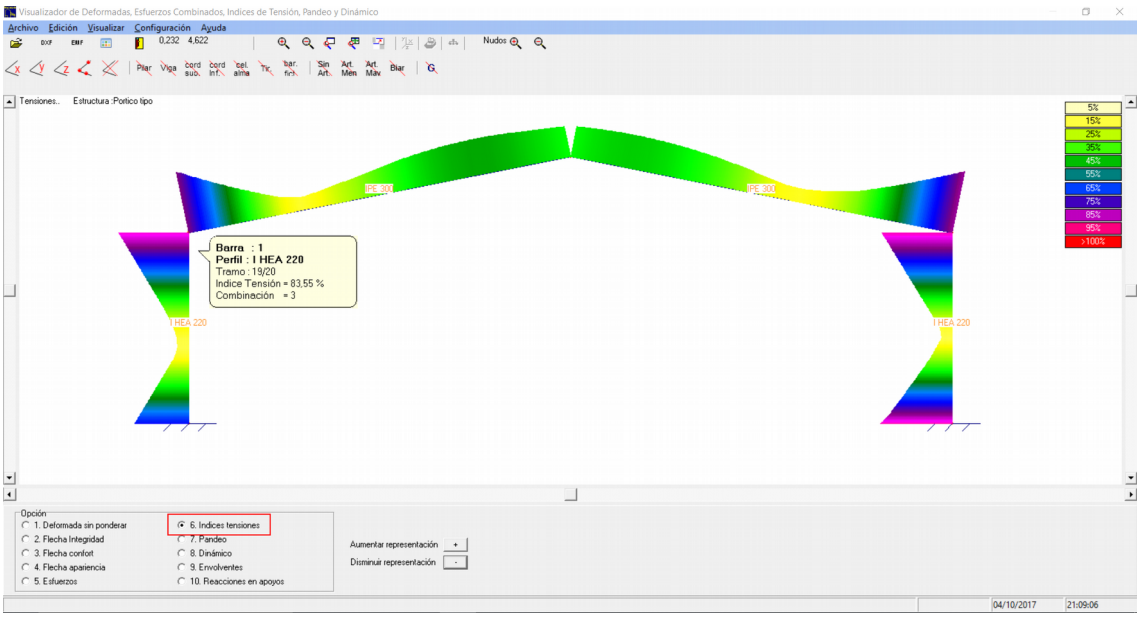


Ilustración 34: Pantalla de índices de agotamiento

10.1.2. Esfuerzos combinados.

Proporciona información de los esfuerzos de barra (axil, cortante o flector) en cualquier sección de la barra, para una determinada combinación de hipótesis. Para ello se debe colocar el puntero del ratón sobre la sección elegida haciendo clic con la parte izquierda, presentándose en un recuadro amarillo el número de la barra, el tramo de la barra (entre 0 y 20) y el esfuerzo de barra seleccionado (axil, cortante o momento). En la figura 37 se indica que en el tramo 19 de la barra 1 en la combinación de hipótesis 3 el momento flector es 115,91 kNm

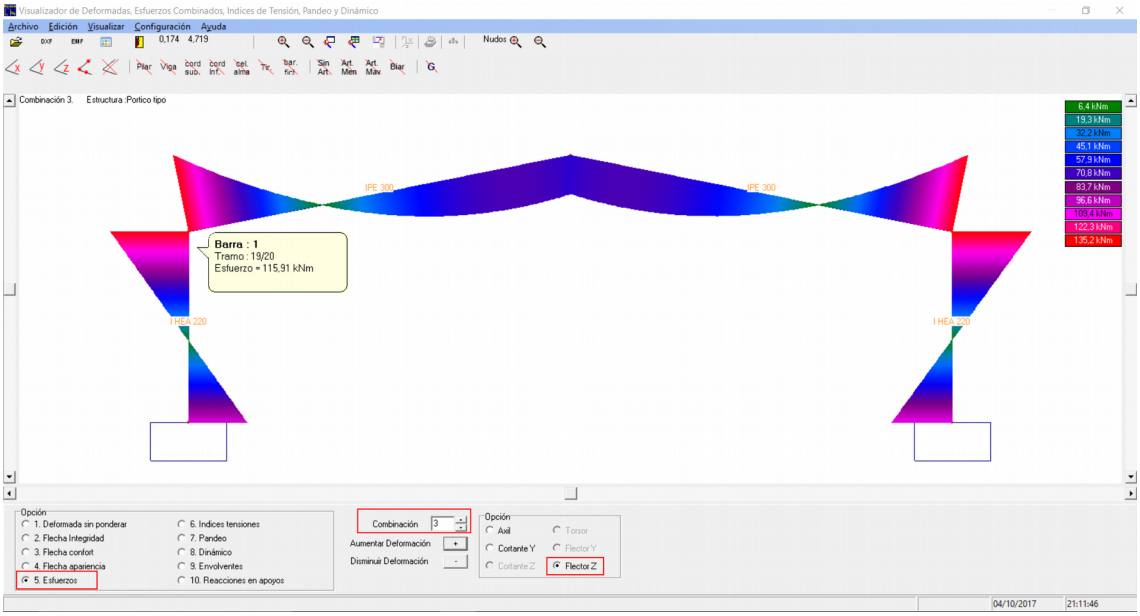


Ilustración 35: Pantalla de representación gráfica momentos en combinación de hipótesis 4ª

10.1.3. Flecha en la combinación característica:

En la pantalla se proporciona información de esta flecha en cualquier sección de la barra, para una determinada combinación característica. Para ello se debe colocar el puntero del ratón sobre la sección elegida haciendo clic con la parte izquierda. La información suministrada corresponde al desplazamiento según los ejes generales (X e Y) del nudo de mayor numeración de la barra y del desplazamiento de la sección (entre 0 y 20) respecto a los nudos extremos de la barra. En el ejemplo de la figura 38 para la combinación 5ª el desplazamiento en Y del nudo 3 es de 26,51 mm y el horizontal -0,36 mm. Con relación a los nudos 1 y 3 la sección 17 /20 de la barra se desplaza 1,79 mm.

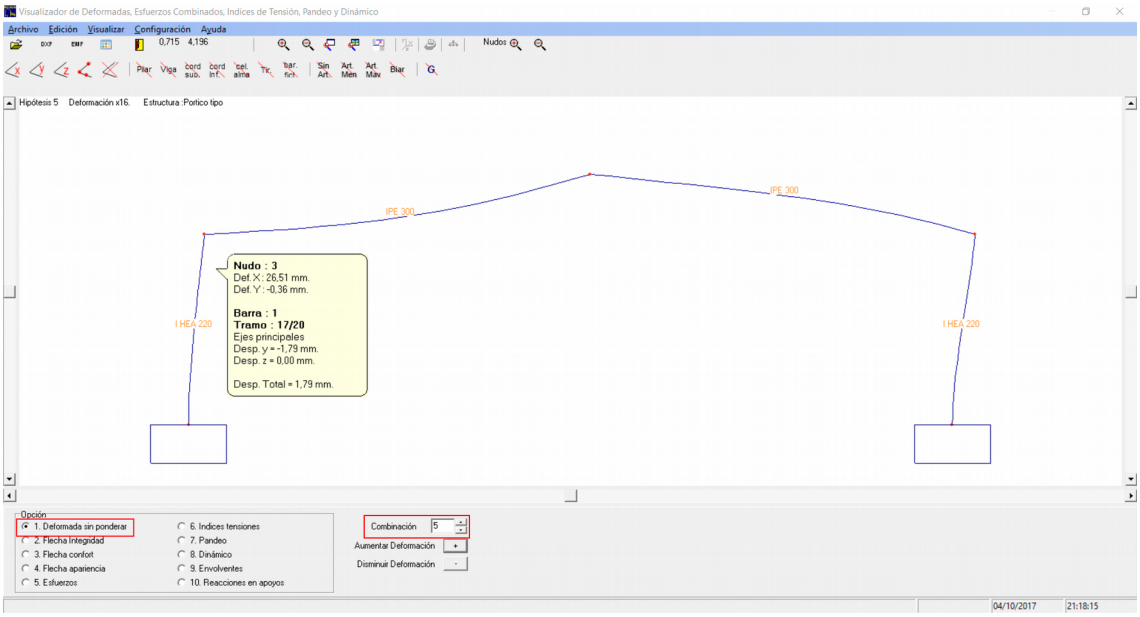


Ilustración 36: Pantalla de flechas activas en la combinación de hipótesis 1ª

10.1.4. Pandeo

Para que el programa suministre información en los listados y pantallas de los resultados en una o más combinaciones de hipótesis sobre el pandeo (carga crítica de pandeo y longitudes de pandeo de las barras) y sobre el cálculo dinámico (periodo de vibración y desplazamientos modales de la estructura) es obligado indicarlo en la selección de listados y también en el cuadro de combinaciones hipótesis, figuras 39 y 40.

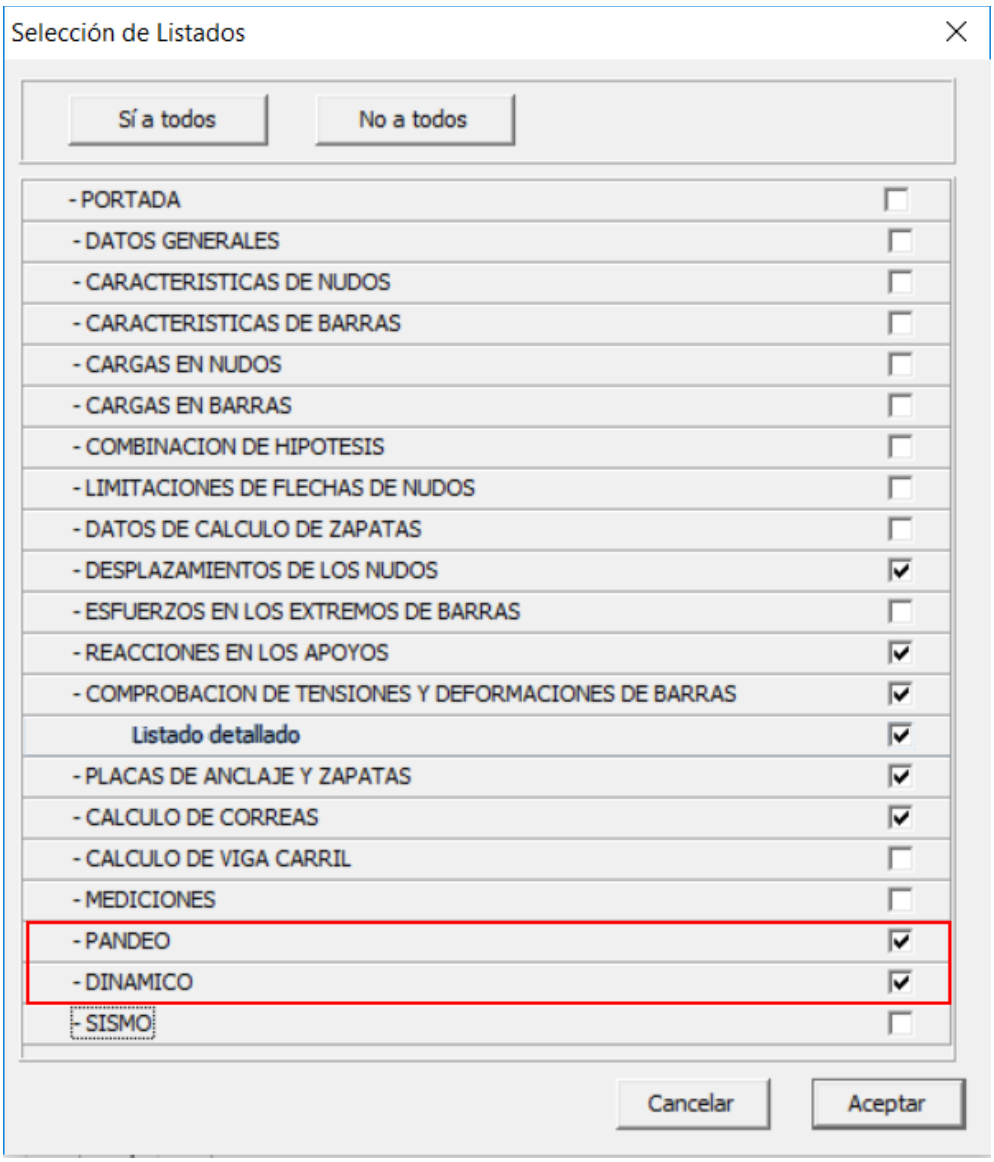


Ilustración 37: Activar "Pandeo" y "Dinámico" en Selección de Listados

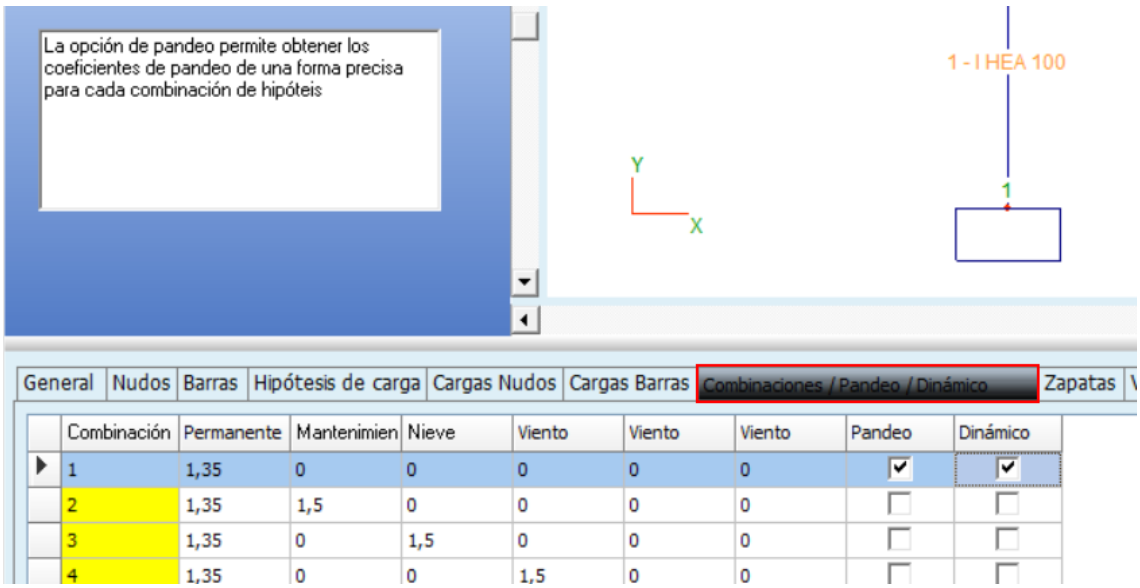


Ilustración 38: Activación de las columnas "Pandeo" y "Dinámico"

Activar en las columnas "Pandeo" y "Dinámico" las combinaciones en las que se desea obtener información de estos temas.

En este caso sólo se ha activado la combinación 1ª. Además, en la pantalla de visualización correspondiente a "Pandeo", se informa del coeficiente crítico de pandeo global y de los desplazamientos modales. Y en la información en texto, de las longitudes de pandeo en el plano de la estructura. En la figura 41 se indica para el nudo 3 su desplazamiento modal en la combinación 1ª. El coeficiente crítico de pandeo en esta combinación es 36,53 lo que significa que el pandeo de la estructura se producirá cuando las cargas en valor característico se multiplican por este valor. En el Manual, en el anexo "Pandeo y Dinámico" puede encontrarse información detallada de este tema. Esta información figura, también, en los listados.

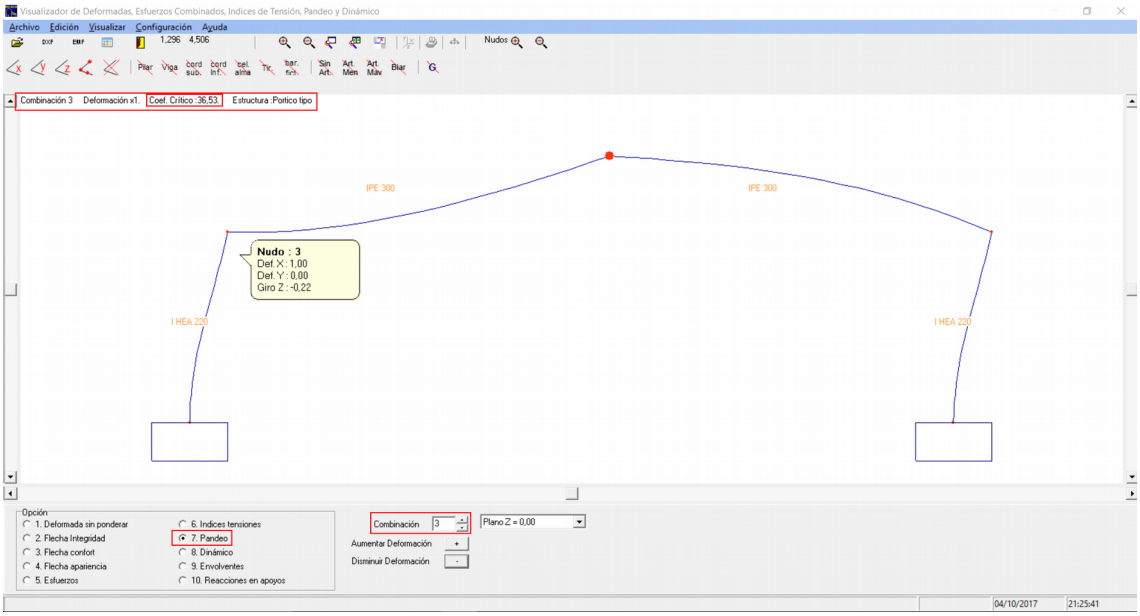


Ilustración 39: Pantalla Pandeo para la combinación seleccionada por el usuario

10.1.5. Dinámico

Debe realizarse una selección previa similar a la de pandeo. En la pantalla de visualización correspondiente a “Dinámico” se informa del periodo de vibración y de los desplazamientos modales para la combinación de hipótesis seleccionada. En el anexo “Pandeo y Dinámico” puede encontrarse información detallada sobre este tema

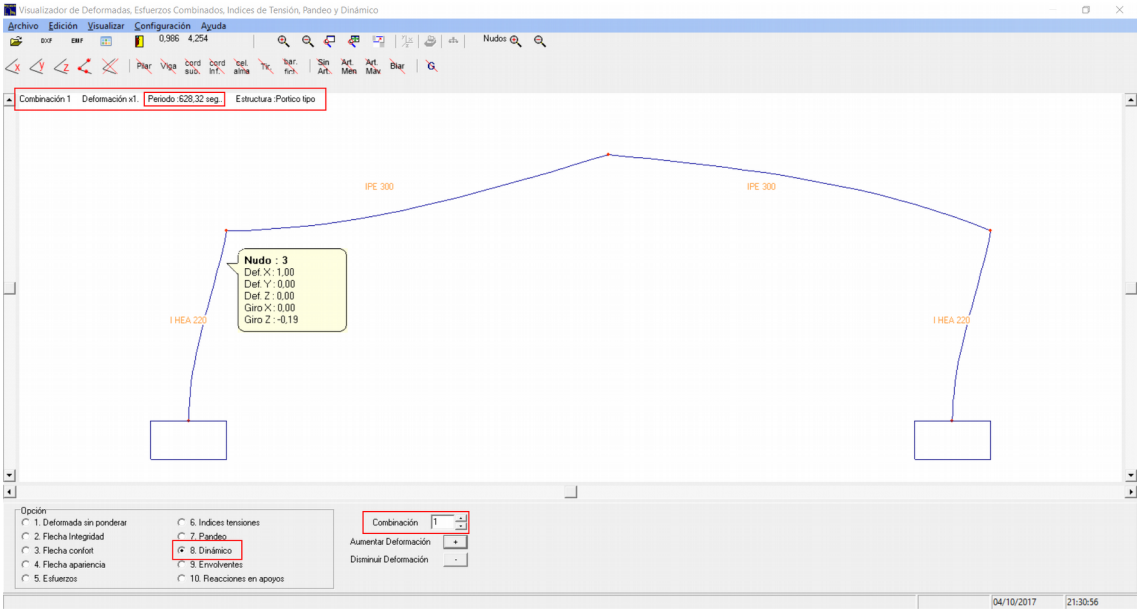


Ilustración 40: Pantalla de cálculo dinámico para la combinación seleccionada (1ª)

10.2 Listados de Resultados

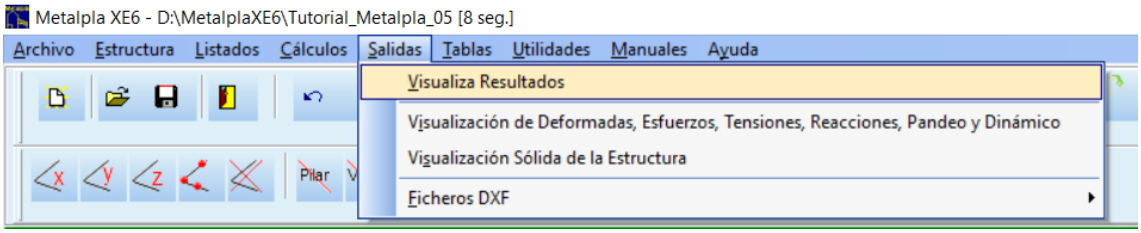


Ilustración 41: Listados de texto

Tras seleccionar en el menú “Salidas” el texto “Visualiza resultados”, Ilustración 41, se presentan en modo texto los resultados de cálculo, con información sobre tensiones y flechas de todas las barras de la estructura, y en qué combinación de hipótesis.

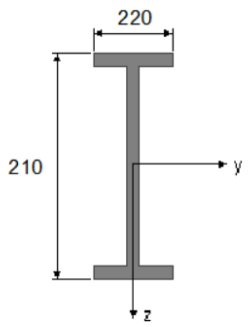
Estos listados se pueden presentar como Anejo de cálculo en el Proyecto.

Los cálculos de tensiones se realizan siempre, y los de deformaciones solo en aquellos casos que se han solicitado (flechas de barras en la pestaña de barras) y desplazamientos de nudos libres en la barra, si la barra ha sido seleccionada en el cuadro de la Ilustración 28: Limitaciones de desplazamientos de nudos libres.

En estos listados se indican los motivos y el incumplimiento de alguna condición que debe cumplir la barra cuando es necesario.

I HEA 220

Material : Acero S-275



Características mecánicas		(cm², cm³,cm⁴.)
Area	**W_y**	**W_z**
64,3	515	178

I_y	I_z	I_{tor}
5410	1955	28

Módulos de elasticidad / Resistencias		N/mm²	
E	**G**	**f_y**	**f_u**
210000	80769,2	275	410

Pandeo						
Eje	**l_k**	**λ**	**$λ_E$**	**$λ_{rel}$**	**Φ**	**X**
z-z	5	90,68	86,81	1,04	1,25	0,51
y-y	7,35	80,18	86,81	0,92	1,05	0,65

Fórmulas empleadas

$i = N_{Ed} / (A^* * f_y / \gamma_M) + M^*_y / (W_y * f_y / \gamma_M) + M^*_z / (W_z * f_y / \gamma_M)$ Agotamiento por plastificación

$i = N_{Ed} / \{X_y * (A^* * f_y / \gamma_M)\} + k_{yy} * M^*_y / (W_y * f_y / \gamma_M) + k_{yz} * M^*_z / (W_z * f_y / \gamma_M)$ Comprobación pandeo eje y-y

$i = N_{Ed} / \{X_z * (A^* * f_y / \gamma_M)\} + k_{zy} * M^*_y / (W_y * f_y / \gamma_M) + k_{zz} * M^*_z / (W_z * f_y / \gamma_M)$ Comprobación pandeo eje z-z

Si $N_d > 0$ (barra traccionada), los coeficientes X_y y X_z valen 1

$M^*_y = M_{y,Ed} + e_{N,y} * N_{Ed}$ $M^*_z = M_{z,Ed} + e_{N,z} * N_{Ed}$ $A^* = A_{eff}$

Agotamiento por plastificación Ec. 6.11 DB-SE-A

i(3) = 94,559 x 1e3 / (64,3 x 27500 / 1,05) + 127,075 / 148,762 = 0,91

Sección : 20 / 20 Clasificación : Z=1 Y=1

Comprobación Pandeo eje z-z $λ_{admz}(3)$ =0,94; $λ_z(3)$ =82; $β_z(3)$ =1,49; $α_{Crit}(3)$ = 20,37 Ec. 6.51 DB-SE-A

i(3) = 98,068 / (0,635 x 1684,048) + 0,711x127,075 / 148,762 = 0,70

Sección : 20 / 20 Clasificación : Z=1 Y=1

Comprobación Pandeo eje y-y $λ_{admy}(7)$ =1,04; $λ_y(7)$ =91; $β_y(7)$ =1,00 Ec. 6.52/6.53 DB-SE-A

i(7) = 161,661 / (0,515 x 1684,048) + 0,437x111,662 / 148,762 = 0,51

Sección : 20 / 20 Clasificación : Z=1 Y=1

Comprobación cortante para el eje principal 'y-y' de la barra

Esfuerzo cortante máximo :50,459 kN Tensión cortante máxima :24 N/mm²

i(14) = 24,46 / 151,21 = 0,16

Sección : 20 / 20

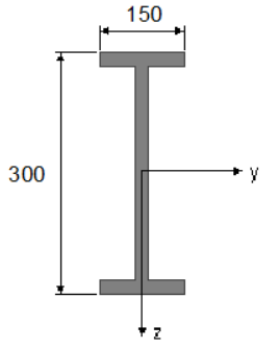
Aprovechamiento correspondiente al mayor índice de la barra : 92 %

Ilustración 42: Selección de parte del texto de comprobación de tensiones en un pilar

Barra : 3

IPE 300

Material : Acero S-275



Características mecánicas		(cm², cm³,cm⁴.)
Area	**W_y**	**W_z**
53,8	557	80,5

I_y	**I_z**	**I_{tor}**
8360	604	20,1

Módulos de elasticidad / Resistencias			N/mm²
E	**G**	**f_y**	**f_u**
210000	80769,2	275	410

Fórmulas empleadas

$i = N_{Ed} / (A^* * f_y / \gamma_M) + M^*_y / (W_y * f_y / \gamma_M) + M^*_z / (W_z * f_y / \gamma_M)$ Agotamiento por plastificación

$i = N_{Ed} / \{X_y * (A^* * f_y / \gamma_M)\} + k_{yy} * M^*_y / (W_y * f_y / \gamma_M) + k_{yz} * M^*_z / (W_z * f_y / \gamma_M)$ Comprobación pandeo eje y-y

$i = N_{Ed} / \{X_z * (A^* * f_y / \gamma_M)\} + k_{zy} * M^*_y / (W_y * f_y / \gamma_M) + k_{zz} * M^*_z / (W_z * f_y / \gamma_M)$ Comprobación pandeo eje z-z

Si $N_d > 0$ (barra traccionada), los coeficientes X_y y X_z valen 1

$M^*_y = M_{y,Ed} + e_{N,y} * N_{Ed}$ $M^*_z = M_{z,Ed} + e_{N,z} * N_{Ed}$ $A^* = A_{eff}$

Agotamiento por plastificación Ec. 6.11 DB-SE-A

i(3) = 53,814 x 1e3 / (53,8 x 27500 / 1,05) + 127,078 / 164,476 = 0,81

Sección : 0 / 20 Clasificación : Z=1 Y=1

Comprobación cortante para el eje principal 'y-y' de la barra

Esfuerzo cortante máximo :46,628 kN Tensión cortante máxima :18 N/mm²

i(7) = 18,16 / 151,21 = 0,12

Sección : 0 / 20

Flecha vano

Flecha vano asociada a la apariencia en combinación casi permanente (1): 5,3 mm adm.=l/250 = 40,7 mm.

Aprovechamiento correspondiente al mayor índice de la barra : 82 %

Aprovechamiento por flecha de la barra : 13 %

Ilustración 43: Selección de parte del texto de comprobación de tensiones en una viga

Proyecto : Tutorial Metalpla
Estructura : Portico tipo
ZAPATAS.

Nudo : 1

DIMENSIONES Y TENSIONES DE CALCULO DEL HORMIGON (AUTODIMENSIONADO)

Zapata rígida de hormigón en masa

LY (m.)	LZ (m.)	HX (m.)	Lepy(m.)	Lepz(m.)	DepY(m.)
2,00	2,00	1,00	0,33	0,33	0,00

fctd(N/mm²)	fcv(N/mm²)
1,20	0,13

COMBINACION :3
Combinación más desfavorable para : Arm. inferior + Arm. superior + vuelco + tension max. terreno

Componentes de la resultante en c.d.g de la base de la zapata
Se incluye la carga de fachada :0 kN y su descentramiento :0 m

RXz(kN.)	RYz(kN.)	RZz(kN.)	MZz(kNm.)	MYz(kNm.)
165,94	30,41	0,00	94,93	0,00

Ilustración 44: Selección de parte del texto del dimensionamiento de las zapatas

En los casos en los que el programa no calcule ninguna armadura para la zapata deberá disponerse la cuantía mínima (ver EHE 08, Tabla 42.3.5. Cuantías geométricas mínimas, en tanto por 1000, referidas a la sección total de hormigón).

10.3 Otras salidas

El programa proporciona también salidas gráficas en forma de ficheros dxf perfectamente utilizables como base para el inicio del dibujo de los planos. Ver en menú: Salidas/Ficheros dxf

Los ficheros generados aparecerán en la misma carpeta donde está el fichero fie.

El programa tiene muchas más opciones. En este tutorial solo se ofrece una guía rápida de utilización. Para conocer a fondo este programa se recomienda consultar el Manual de uso.

Ramón Argüelles Álvarez
Profesor Emérito de la U. Politécnica de Madrid
Académico de la Real Academia de Ingeniería

Enrique Relea Gangas
Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal
E. T. S. de Ingenierías Agrarias de Palencia
Universidad de Valladolid