

ANEXO D

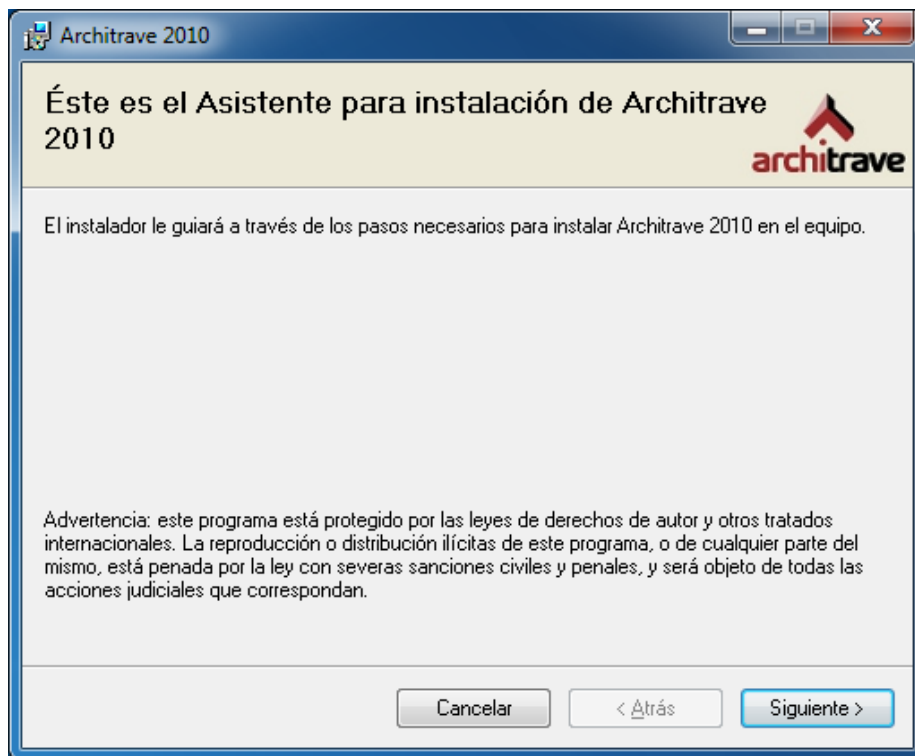
Ejemplos de aplicación

1	Instalación de Architrave®	1.3
2	Cargado de Architrave® Diseño.....	2.4
2.1	Creación de un botón de acceso directo en AutoCAD	2.5
3	Modelización en Architrave® Diseño (I): Estructura plana mediante prototipos	3.6
3.1	Selección de tipo de estructura	3.7
3.2	Inserción de pórtico plano.....	3.9
3.3	Asignación de secciones y giros	3.17
3.4	Capas y navegador.....	3.26
3.5	Modificación de geometría.....	3.35
3.6	Materiales.....	3.39
3.7	Criterio de generación de nudos.....	3.41
3.8	Extremos de barra	3.42
3.9	Hipótesis de carga	3.48
3.10	Inserción de acciones	3.50
3.11	Inserción de apoyos	3.61
3.12	Inserción de viga continua	3.65
3.13	Generación de secciones de usuario	3.68
3.14	Inserción de cerchas	3.71
3.15	Criterio de superposición de barras	3.74
3.16	Exportación a XML	3.75

4 Modelización en Architrave® Diseño (II): Estructura tridimensional de barras mediante prototipos	4.77
4.1 Selección de tipo de estructura	4.77
4.2 Inserción de pórtico espacial.....	4.79
4.3 Inserción de áreas de reparto y cargas superficiales.....	4.81
4.4 Inserción de apoyos teóricos	4.89
4.5 Inserción de cimentaciones	4.91
5 Modelización en Architrave® Diseño (III): Estructura tridimensional de muros y losas	5.97
5.1 Tipo de estructura y líneas base.....	5.97
5.2 Pilares y muros	5.99
5.3 Modelizado de losas mediante mallado complejo	5.105
5.4 Modelización de losas mediante mallado simple.....	5.114
5.5 Losa de cimentación	5.116
5.6 Cargas sobre EF.....	5.117
6 Análisis de estructura con Architrave® Cálculo.....	6.123
6.0 Introducción.....	6.123
6.1 Gestión de ficheros	6.124
6.2 Consulta del modelo	6.128
6.3 Edición del modelo	6.139
6.4 Cálculo de la estructura.....	6.140
6.5 Resultados de análisis.....	6.144
6.6 Dimensionado de las barras	6.168
6.7 Peritación	6.172
6.8 Resultados	6.201

1 Instalación de Architrave®

Para instalar Architrave® solo hay que seguir los pasos del asistente de instalación que se proporciona.



Si usa Windows XP y no tiene instalado el framework .net en su versión 2.0 o superior, el asistente intentará descargarlo e instalarlo.

Nota: Si no dispone de conexión a Internet, el asistente fallará y deberá obtenerlo por su cuenta e instalarlo antes de iniciar de nuevo el asistente (puede encontrarlo en <http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?displaylang=es&FamilyID=0856eacb-4362-4b0d-8edd-aab15c5e04f5>).

El asistente instalará también OpenDCL.

Al terminar el asistente, podrá acceder a las herramientas de Architrave® Diseño en AutoCAD tal como se explica en el apartado "2 Cargado de Architrave® Diseño", y a la aplicación de Architrave® Cálculo desde los accesos directos que se crean en el Escritorio y en el grupo de programas del menú Inicio de Windows.

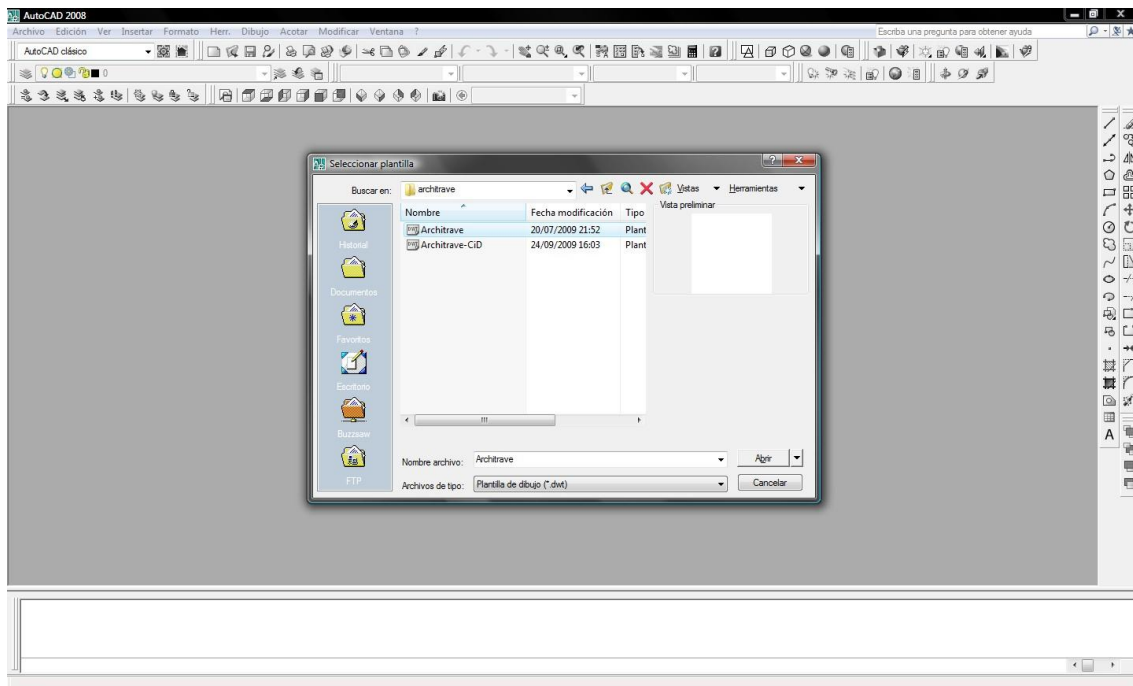
2 Cargado de Architrave® Diseño

Comenzamos abriendo una nueva plantilla *Architrave.dwt*, ubicada preferiblemente en la carpeta predeterminada donde AutoCAD acude a buscar por defecto

Nota: La plantilla *architrave.dwt* originalmente se encuentra en el subdirectorio "cad" del directorio de instalación de Architrave que por defecto es:

"C:\Archivos de programa\Architrave\Architrave 2011\cad\"

Se recomienda copiar la plantilla al directorio de plantillas de AutoCAD.



Una vez abierta la plantilla, cargaremos la caja de herramientas propia de Architrave. Pero previamente, y solo la primera vez, hay que realizar un ajuste en las opciones de AutoCAD para que los prototipos predefinidos se dibujen bien. Se seguirán los siguientes pasos:

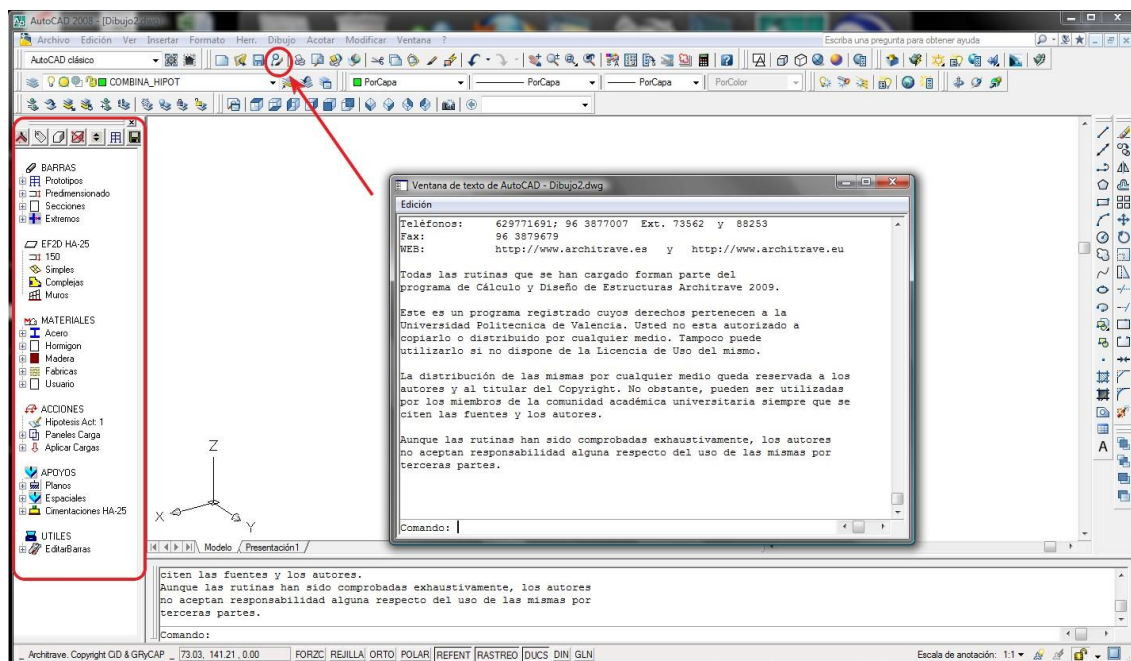
1. Acceda al menú *Herramientas* --> *Opciones*.
2. En la pestaña "Preferencias de usuario" debemos establecer la "Prioridad de entrada de datos de coordenadas" en la opción "Entrada de teclado".

Para mostrar la caja de herramientas hay que cargar la aplicación *Architrave.fas*, accediendo al menú *Herramientas* → *Cargar aplicación* (es recomendable crear un botón para ejecutar esta acción tal como se explica en el apartado "2.1 Creación de un botón de acceso directo en AutoCAD").

Nota: El fichero *Architrave.fas* se encuentra en el subdirectorio "cad" del directorio de instalación de Architrave que por defecto es:

"C:\Archivos de programa\Architrave\Architrave 2011\cad\"

El fichero Architrave.fas no se debe copiar ni mover pues no funcionaría correctamente.



Automáticamente se carga el árbol de Architrave en uno de los lados de la pantalla, y se abre la ventana de texto de AutoCAD mostrando la leyenda de la imagen.

2.1 Creación de un botón de acceso directo en AutoCAD

Para facilitar la operación de cargar la caja de herramientas de Architrave® Diseño en AutoCAD se recomienda crear un botón de acceso directo. Para ello siga los siguientes pasos:

3. Acceda al menú Herramientas --> Personalizar --> Interfaz.
4. Dentro de la ventana (mitad inferior, izquierda), pulse el botón de "crear un comando nuevo".
5. Se ha añadido a la lista de comandos uno que se llama "Comando1". Lo Seleccionamos.
6. A la derecha, elegimos un icono cualquiera.
7. Derecha abajo, en "propiedades", dentro del cuadro de "macro", hay que escribir:

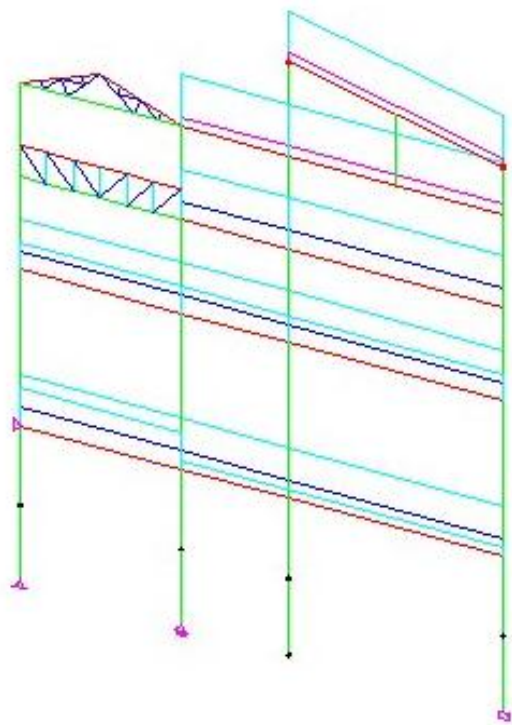
`^C^C(load"C:/Archivos de programa/Architrave/Architrave 2011/cad/Architrave.fas")`

Nota: dentro del entrecomillado hay que escribir la ruta del fichero *Architrave.fas*, que se encuentra en el subdirectorio "cad" dentro del directorio de instalación de Architrave (arriba se supone la ruta de instalación por defecto).

8. Arrastrar el icono desde la lista hasta una barra de herramientas.
9. Aplicar y aceptar.

3 Modelización en Architrave® Diseño (I): Estructura plana mediante prototipos

En este ejemplo se modeliza un pórtico plano a partir de prototipos, para posteriormente adecuarlos al modelo deseado. En este caso se trata de un pórtico de 3 vanos y 4 alturas, con un ático, un puente grúa en la planta baja y dos plantas con cerchas:

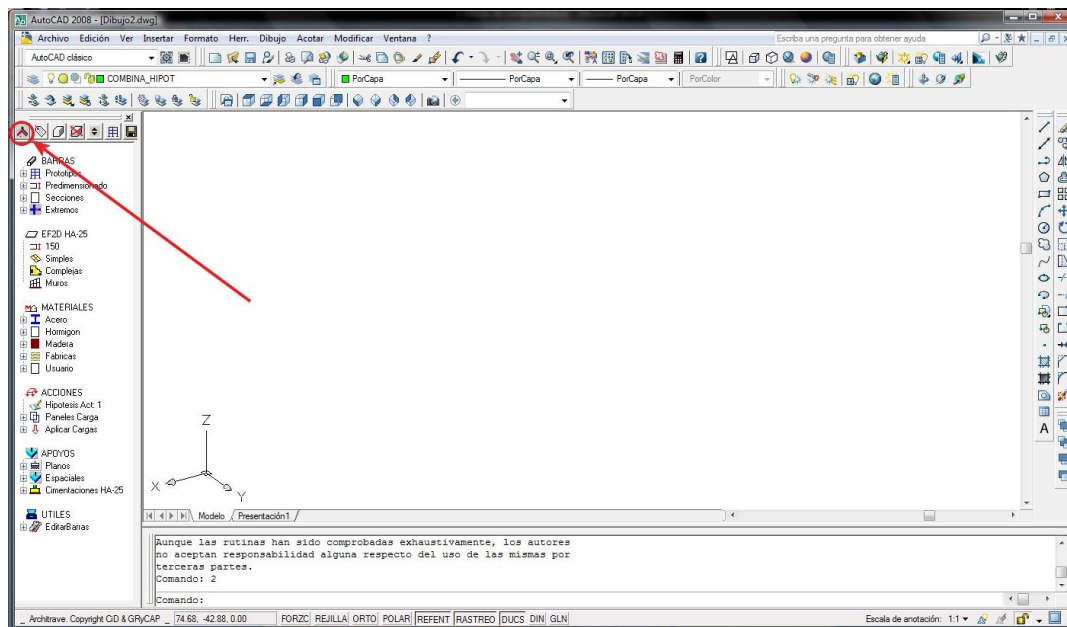


Vamos a dividir la modelización en las siguientes partes:

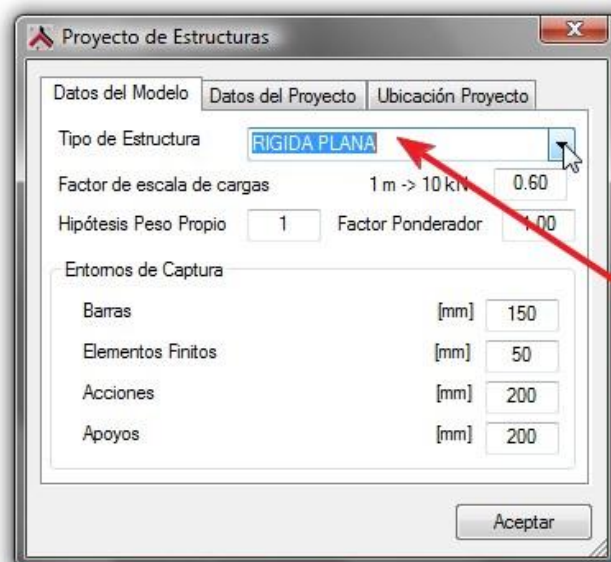
1. Selección de tipo de estructura
2. Inserción de pórtico plano
3. Asignación de secciones y giros
4. Capas y navegador
5. Modificación de geometría
6. Materiales
7. Criterio de generación de nudos
8. Extremos de barra
9. Hipótesis de carga
10. Inserción de acciones
11. Inserción de apoyos
12. Inserción de viga continua
13. Generación de secciones de usuario
14. Inserción de cerchas
15. Criterio de superposición de barras
16. Exportación a XML

3.1 Selección de tipo de estructura

Lo primero que se debe hacer es definir las características previas de la estructura, para lo cual pinchamos en el primer icono del encabezamiento del árbol: *CargaEFCiD*

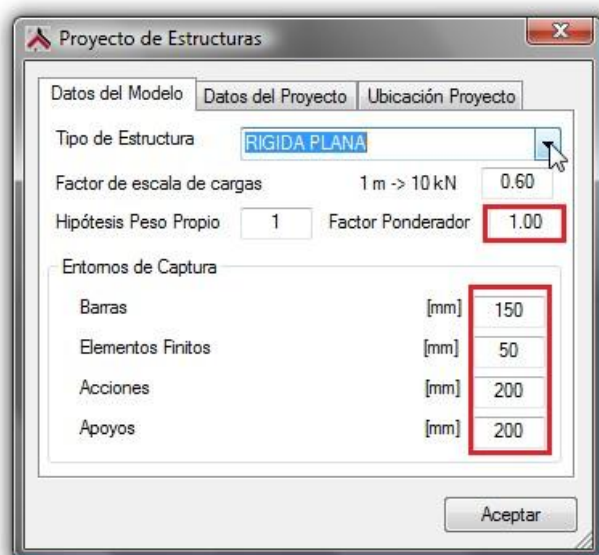


Esta ventana contiene información general de la estructura. Debemos elegir entre 5 tipos estructurales, según sea: estructura plana / espacial, o de nudos rígidos / articulados. En nuestro caso elegimos *Rígida plana*



En la misma pestaña, podemos regular parámetros como el factor multiplicador de peso propio (por si no deseamos tenerlo en cuenta), o el entorno de captura de los elementos

que componen el modelo, de tal manera que permitimos una cierta “holgura” en el dibujo de la estructura, pues todos los elementos que disten menos de las distancias adoptadas serán tenidos en cuenta como concurrentes.

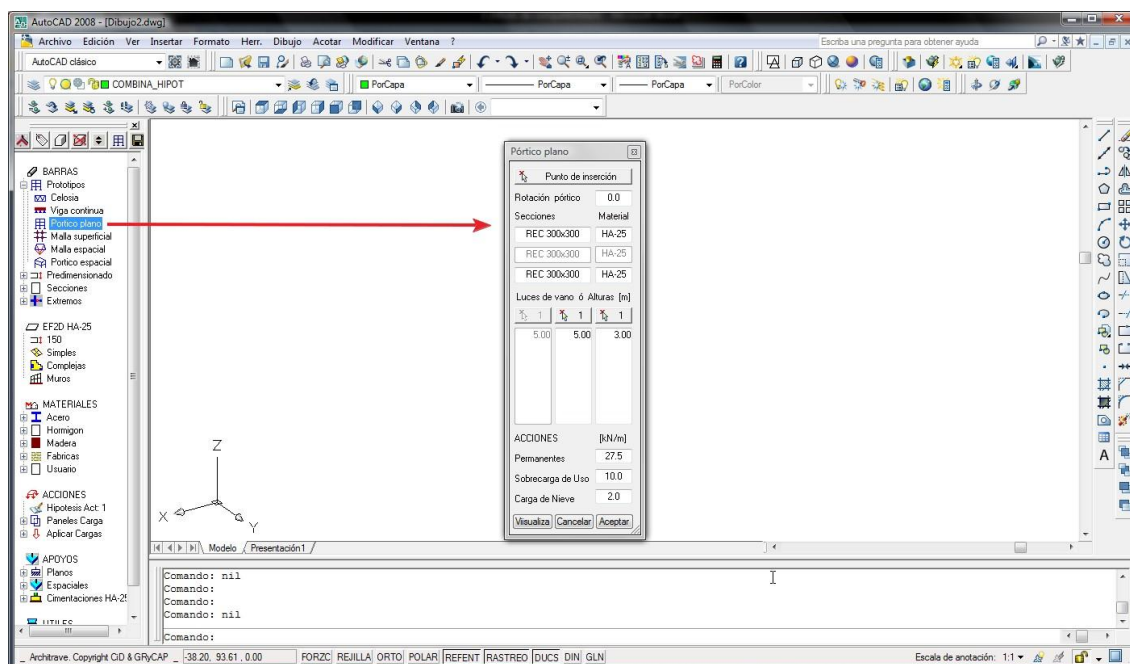


Proyecto de Estructuras		
Datos del Proyecto		
Tipo de Estructura	RIGIDA PLANA	
Factor de escala de cargas	1 m -> 10 kN	0.60
Hipótesis Peso Propio	1	Factor Ponderador 1.00
Entornos de Captura		
Barras	[mm]	150
Elementos Finitos	[mm]	50
Acciones	[mm]	200
Apoyos	[mm]	200
Aceptar		

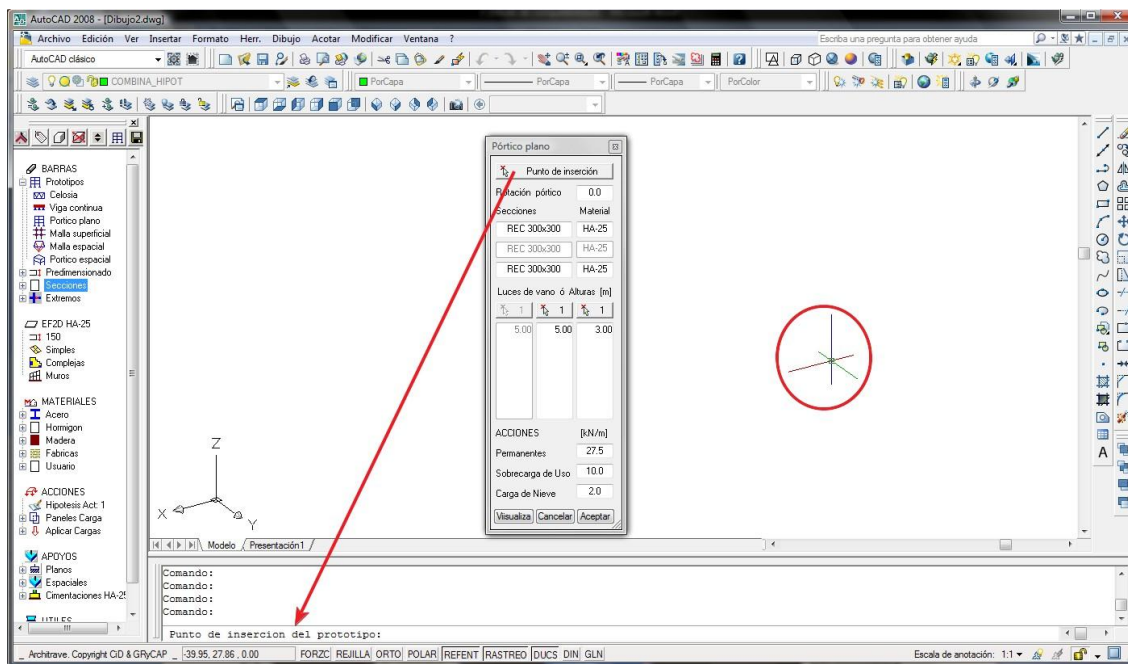
En las otras dos pestañas podemos aportar datos de proyecto para una mejor descripción del mismo, así como la ubicación del archivo dentro del directorio correspondiente

3.2 Inserción de pórtico plano

Comenzamos la modelización insertando un *Pórtico plano*, clickando con doble click sobre el nombre correspondiente dentro del árbol. Se abre así la ventana de diseño de este prototipo, que incluye información sobre: posición, dimensiones, secciones, materiales y cargas

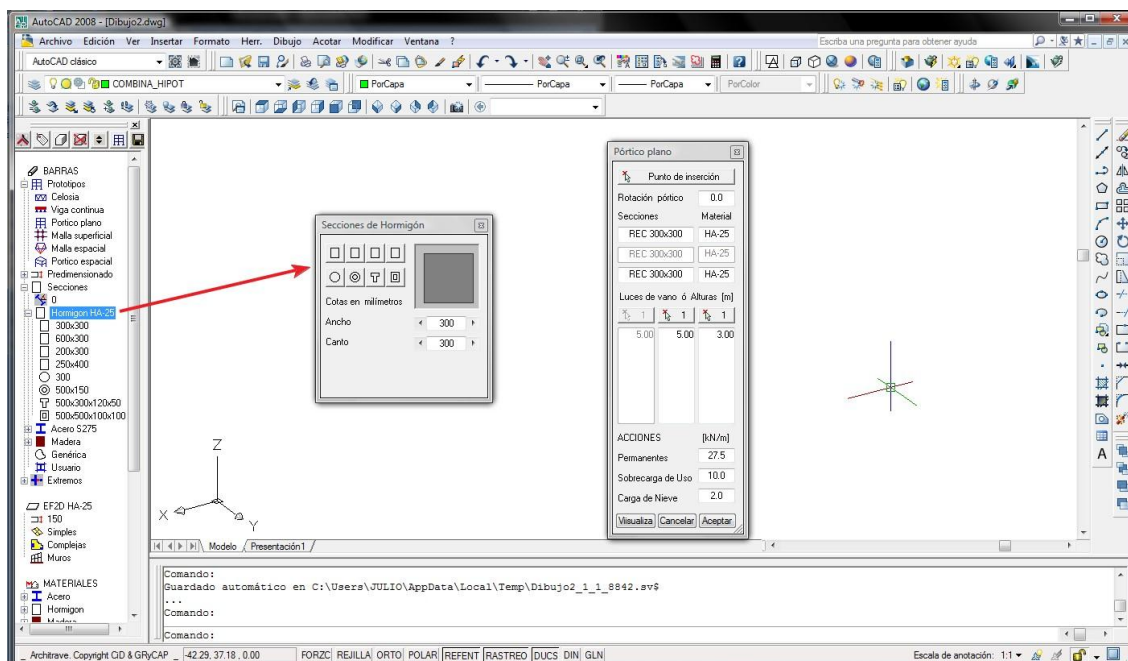


Podemos introducir el punto de inserción clickando en el espacio modelo en el punto deseado o escribiendo las coordenadas espaciales de dicho punto. En ese lugar se colocará la base del pilar izquierdo del pórtico, incluido siempre en un plano paralelo al YZ global, a menos que aportemos información sobre la *rotación* del pórtico (ángulo del plano del pórtico respecto al YZ global).

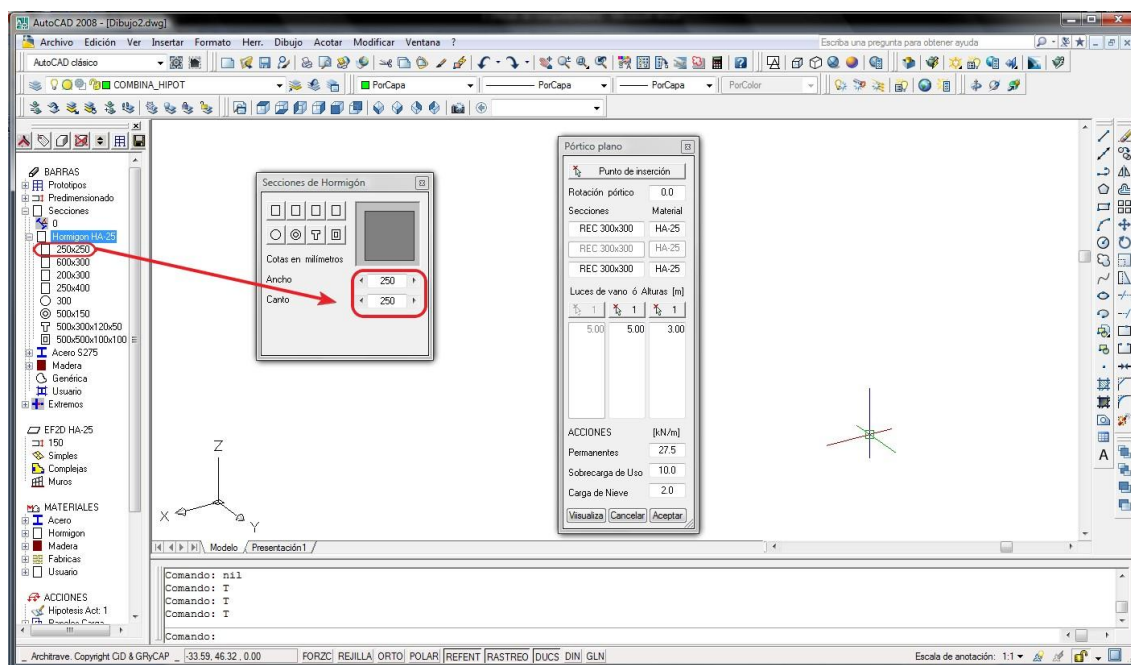


Lo siguiente que encontramos para definir son las secciones de vigas y pilares, en este orden. Por defecto aparecen asignadas secciones de hormigón HA-25 de 30x30 cm.

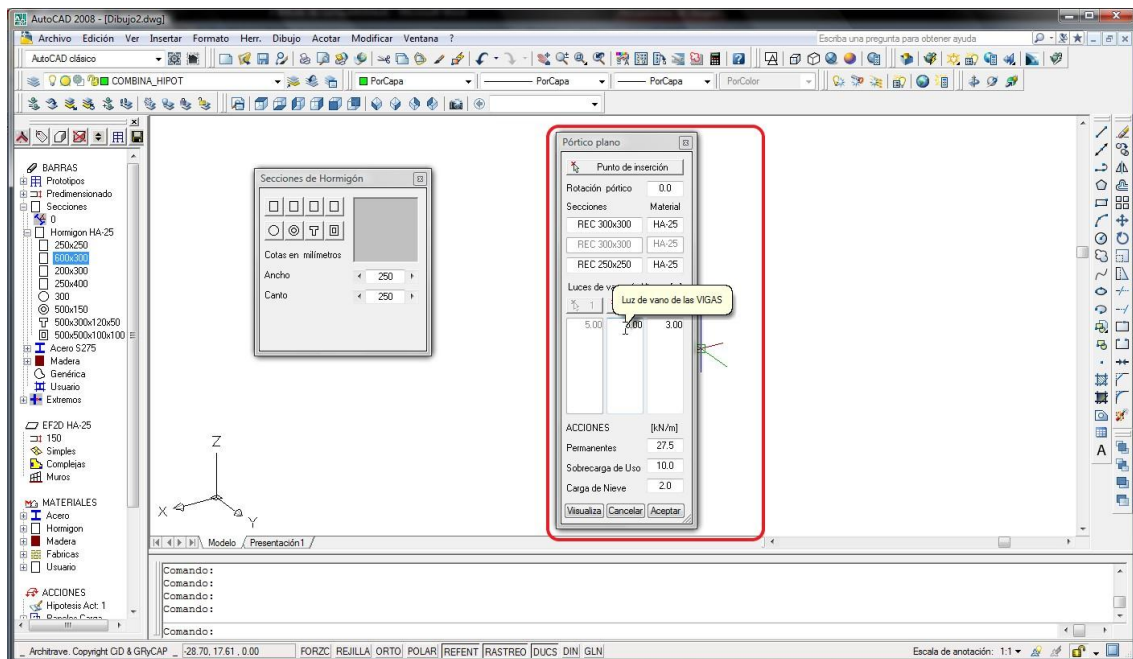
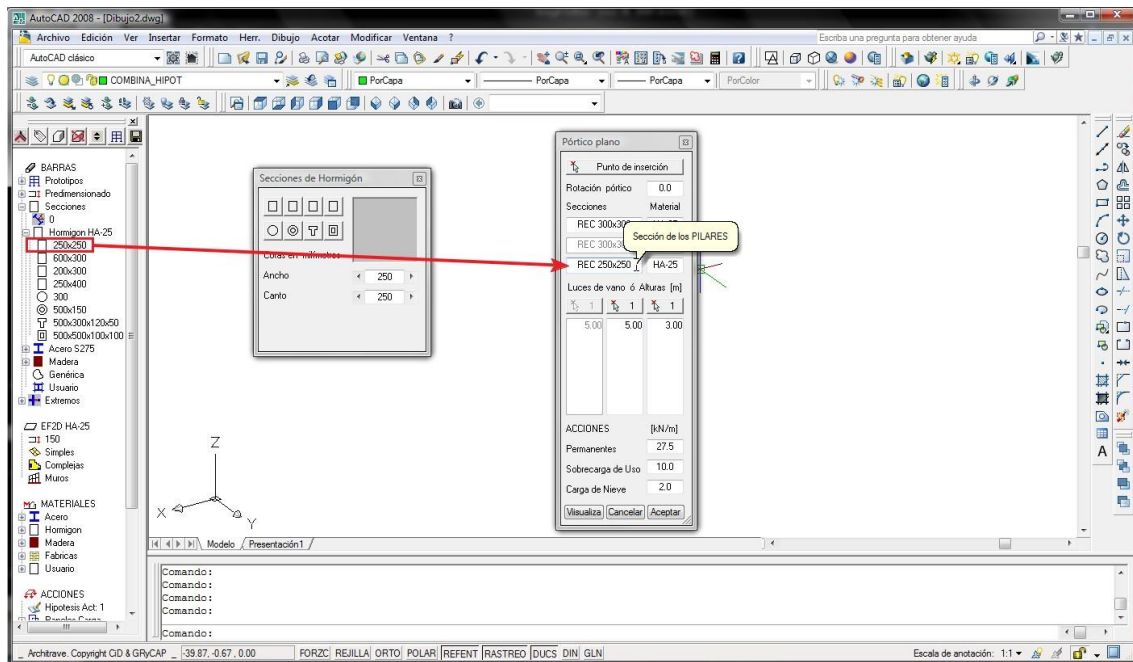
En nuestro modelo deseamos colocar pilares de 25x25 y vigas de 60x30, de tal manera que tenemos que modificar dichas secciones predeterminadas. Esto lo hacemos desde el árbol, clickando con botón derecho sobre *Hormigón HA-25* (dentro de secciones). Aparece así una nueva ventana de diseño de secciones, donde encontramos 4 secciones rectangulares con ciertos tamaños predefinidos (equiparable a pilares, vigas planas, zunchos y vigas de canto), y otras secciones menos usuales (circular, circular hueca, T o rectangular hueca)



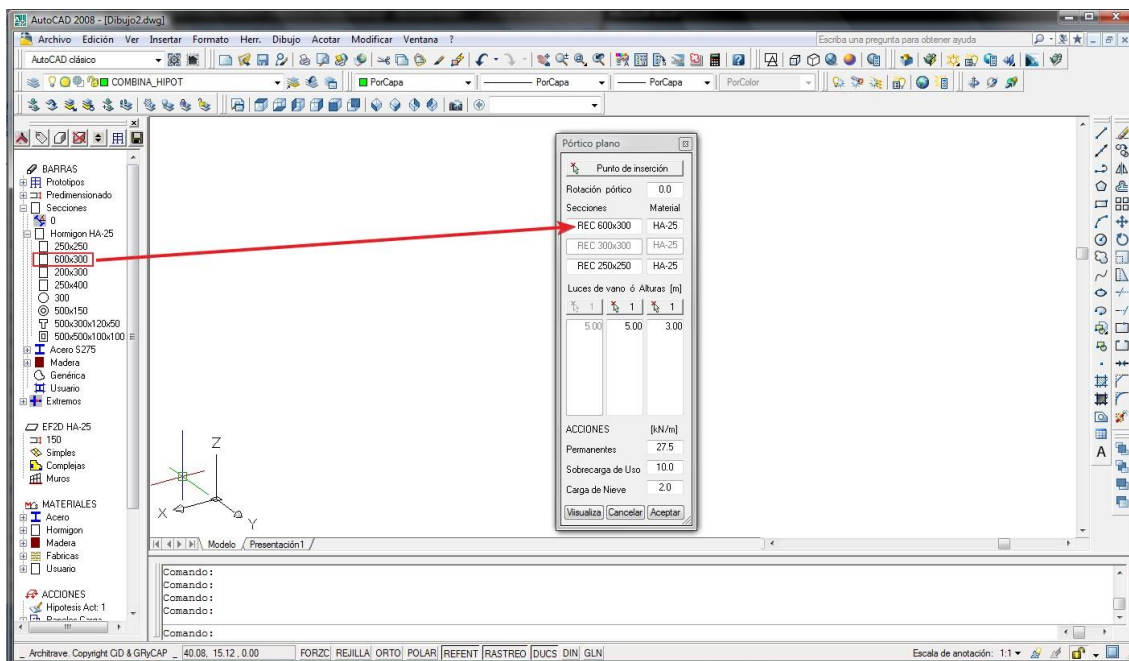
Para modificar cualquiera de esas 8 secciones, basta con cambiar los parámetros propios de cada una de ellas y automáticamente queda modificado en el lugar correspondiente dentro del árbol, de tal manera que quedan preparadas para asignar a elementos del dibujo o para ser arrastradas hasta otros menús. Para nuestro modelo, modificamos las dimensiones de la primera sección rectangular a 250x250 mm



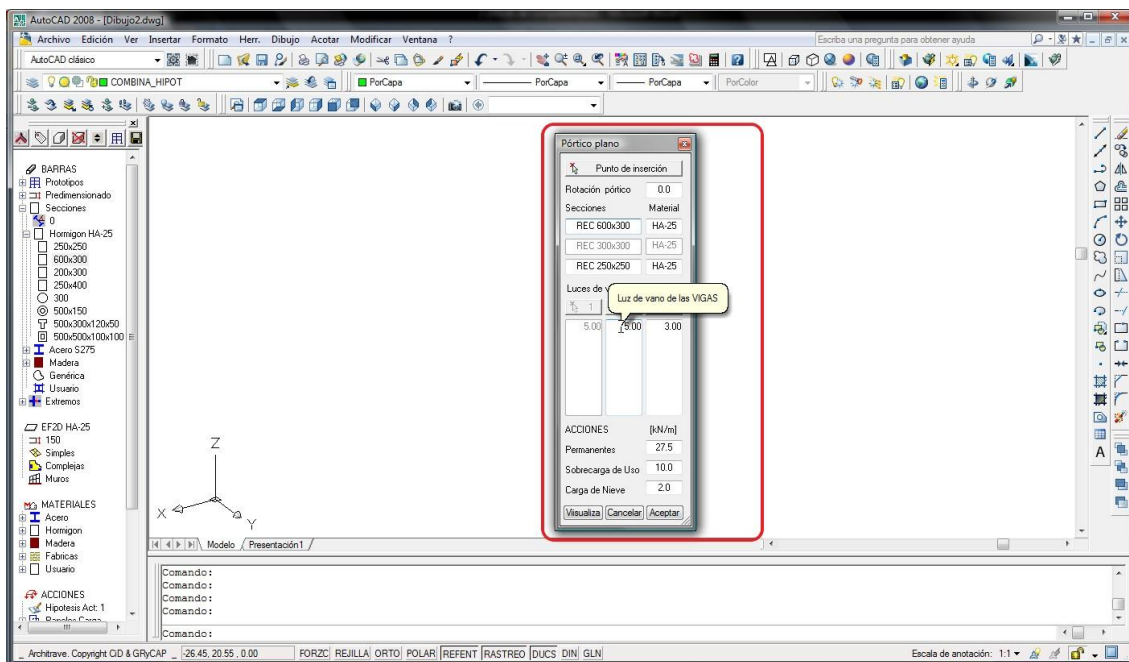
Y seguidamente la arrastramos desde el árbol hasta el lugar correspondiente dentro de la ventana de diseño del pórtico. Siempre que se mantenga unos segundos el ratón sobre algún cuadro editable, aparece un "tooltip" o "bocadillo" con la información correspondiente. Análogamente, si quisiéramos colocar para los pilares un hormigón distinto (HA-30, por ejemplo) u otro material cualquiera, podríamos arrastrar desde su lugar en el árbol hasta nuestra ventana.



Para las vigas, aprovechamos la segunda sección rectangular predeterminada (600x300 mm), y arrastramos hasta la ventana



Ahora debemos definir la anchura de vanos y las alturas del pórtico. Por defecto aparece un vano de 5 m y una altura de 3m



Análogamente al punto de inserción, estas distancias pueden introducirse numéricamente o pinchando con el ratón sobre el dibujo (en general, esto último siempre va relacionado con el icono de la flecha sobre aspa). En nuestro caso, al no tener ninguna línea guía previamente dibujada, optamos por introducirlo numéricamente en el cuadro. Basta con introducir números separados por "Enter"

Pórtico plano

Punto de inserción

Rotación pórtico: 0.00

Secciones	Material
REC 600x300	HA-25
REC 300x300	HA-25
REC 250x250	HA-25

Luces de vano ó Alturas [m]

1	3	1
5.00	6 4 8	3.00

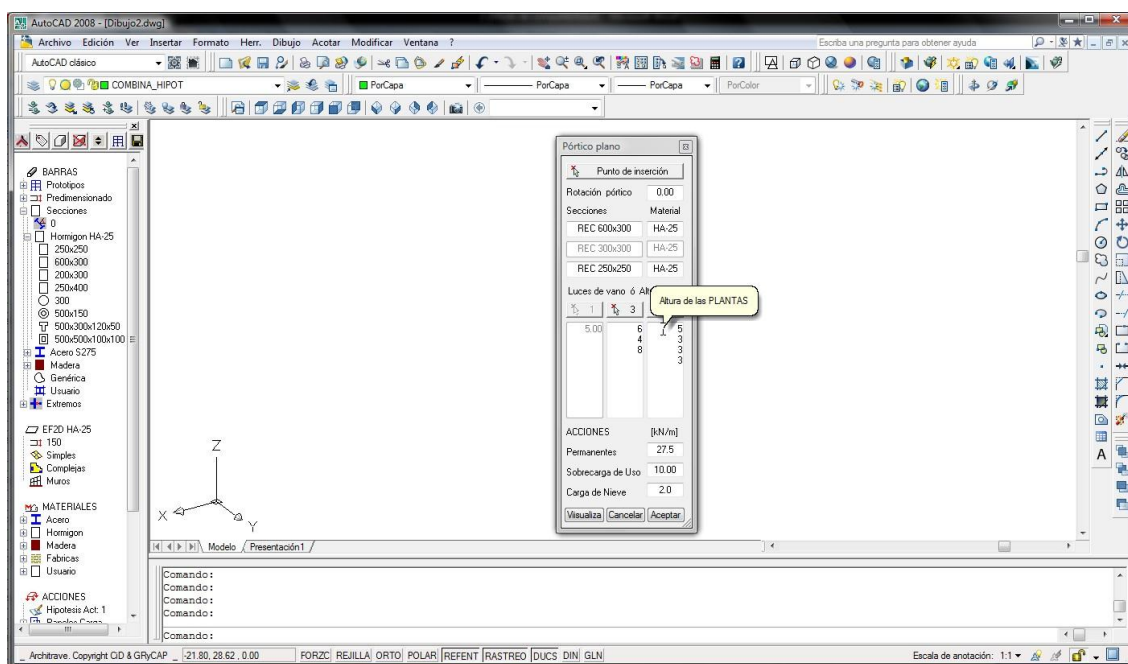
ACCIONES [kN/m]

Permanentes: 27.5

Sobrecarga de Uso: 10.00

Carga de Nieve: 2.0

Visualiza Cancelar Aceptar





Pórtico plano

Punto de inserción

Rotación pórtico: 0.00

Secciones: REC 600x300, REC 300x300, REC 250x250

Material: HA-25

Luces de vano ó Alturas [m]

1	3	4
5.00	6	5
	4	3
	8	3
		3

ACCIONES [kN/m]

Permanentes: 27.5

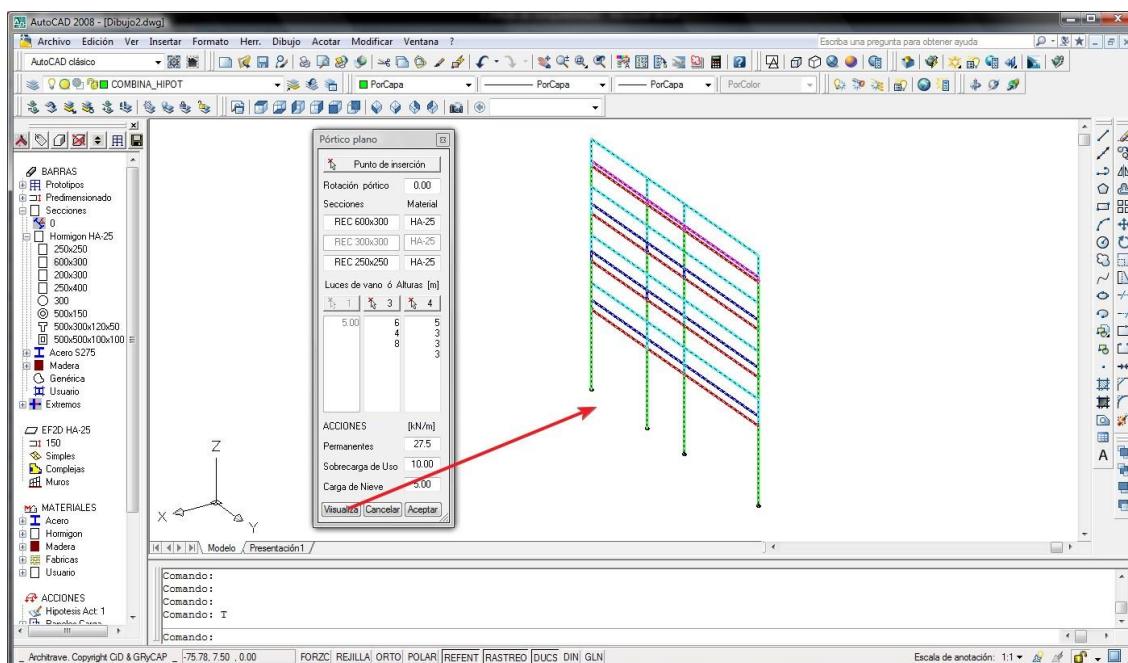
Sobrecarga de Uso: 10.00

Carga de Nieve: 5.00

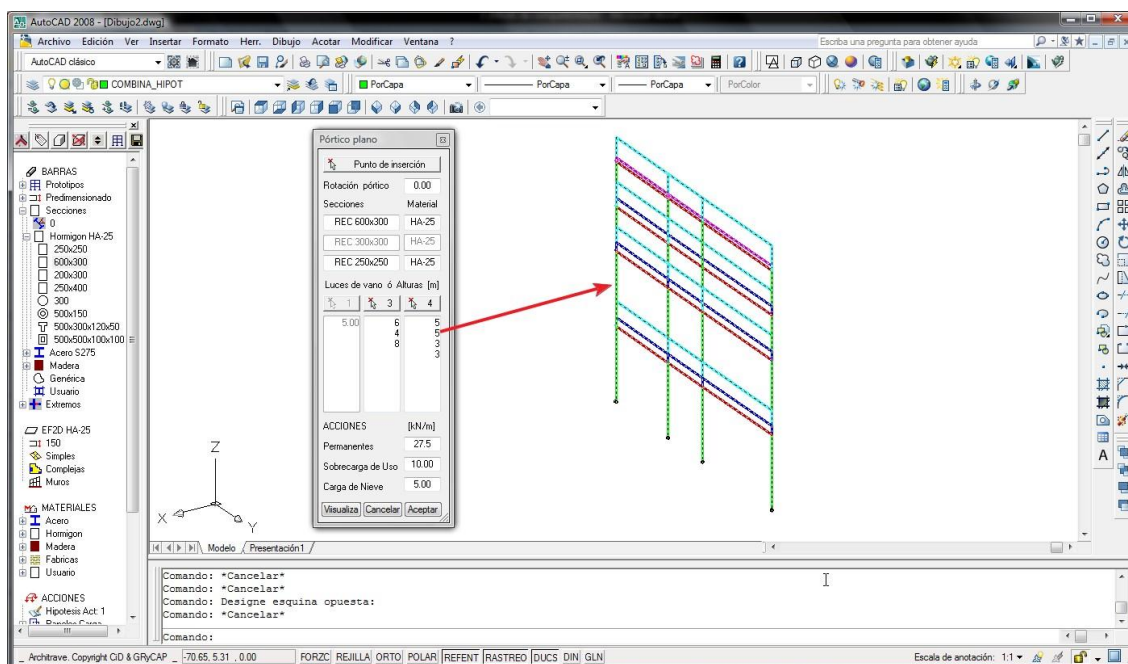
Visualiza Cancelar Aceptar

Por último, hay que definir las cargas sobre el pórtico. De manera predeterminada, Architrave establece unas cargas usuales (correspondientes a un ámbito de pórtico de 5 m y a unas cargas permanentes, sobrecarga y nieve de 5,5, 2 y 0,4 kN/m², respectivamente). Sólo necesitamos modificar la carga de nieve, que prevemos que sea de 1 kN/m², luego hay que introducir el valor 5 kN/m

Una vez finalizada la entrada de datos, podemos previsualizar el pórtico, dándole a al botón de visualizar.

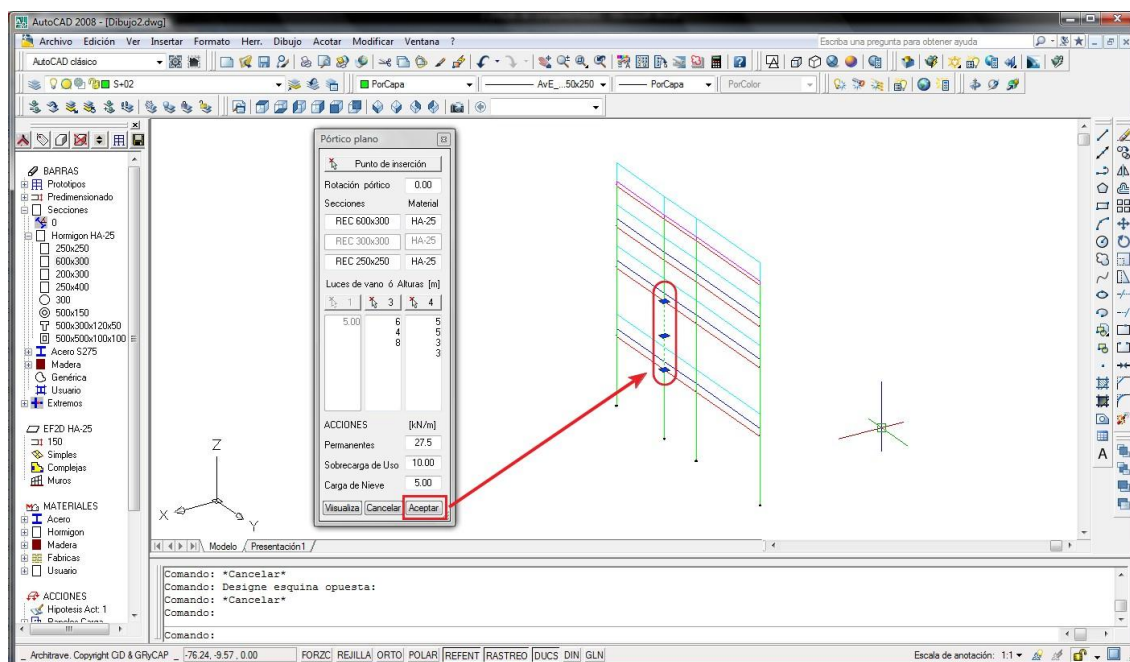


Hasta que no pinchemos en *Aceptar*, el pórtico es una entidad completa (si la seleccionamos queda como en la imagen, seleccionada toda de una vez) y podemos modificar sus características cambiando los valores introducidos. Para nuestro caso, decidimos modificar la altura de la 1ª planta de 3 a 5 m



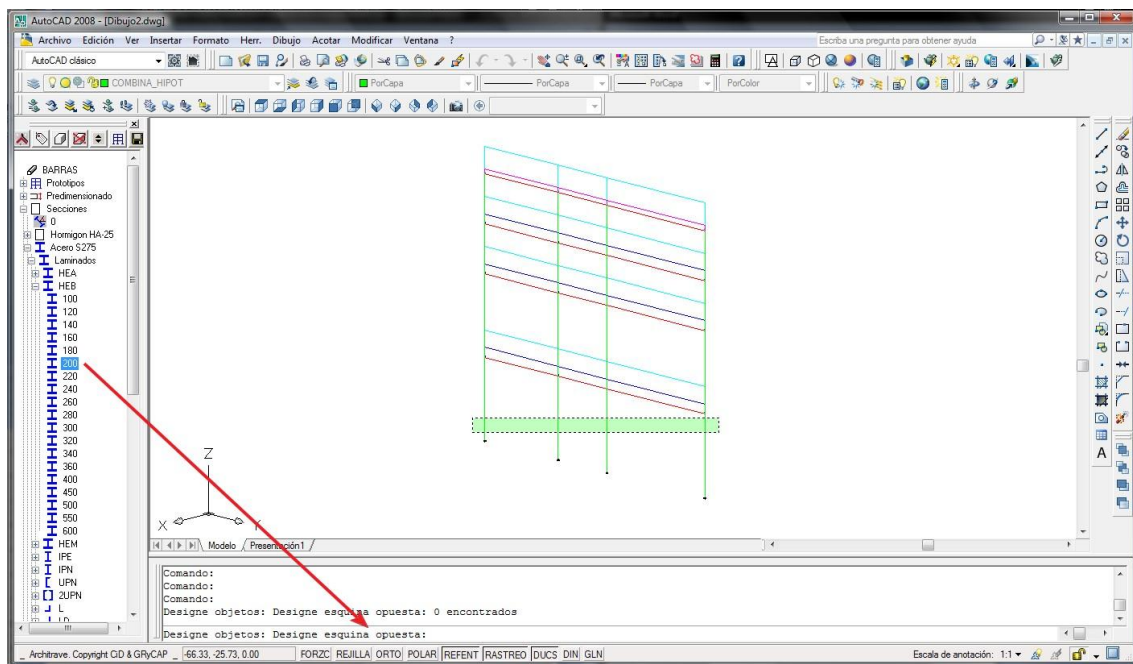
Una vez que damos por válido el diseño del pórtico, pinchamos en *Aceptar* y el conjunto pasa a estar compuesto de elemento separados. Es muy importante asegurarse de que se ha pulsado el botón *Aceptar*; de lo contrario, cuando deseemos introducir un nuevo pórtico desaparecerá el primero, y en cualquier caso estaremos trabajando con un ente completo, lo cual dará lugar a errores indeseados. Es recomendable comprobar estas

acciones pinchando sobre un elemento y verificando que se selecciona aislado de los demás



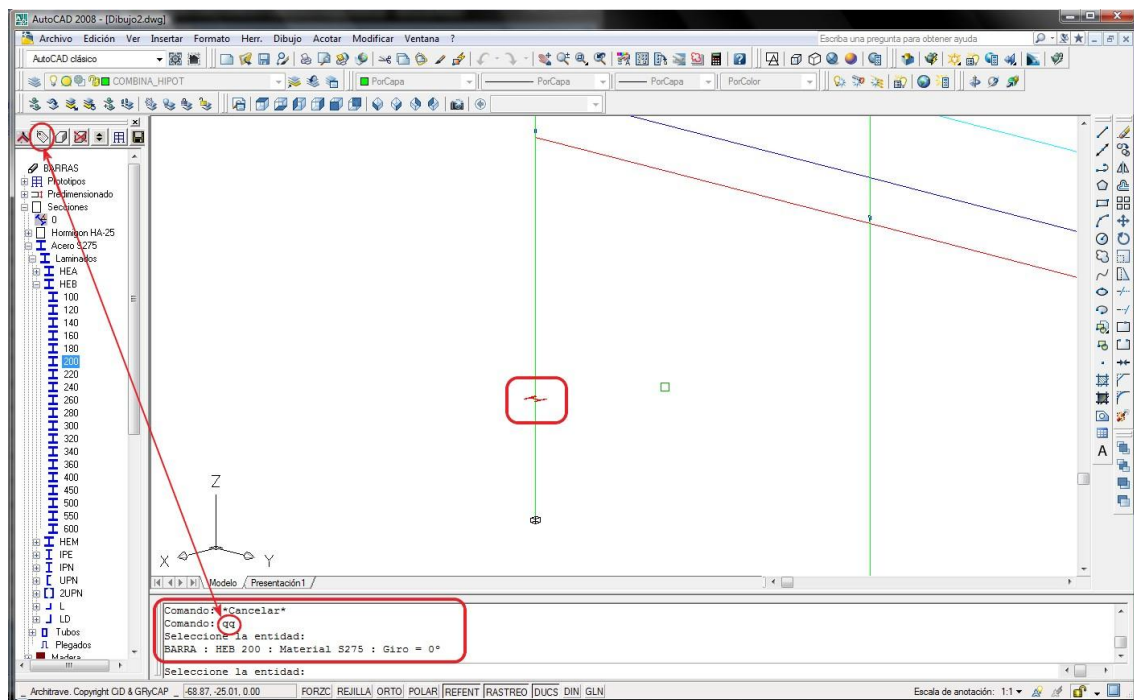
3.3 Asignación de secciones y giros

En este momento todas las barras tienen sección y material asignado por igual, pero puede darse la necesidad de aplicar secciones diferentes a ciertas barras del modelo. Decidimos, por ejemplo, cambiar los pilares de la planta baja por HEB 200 de acero S275. Acudimos al lugar correspondiente del árbol (ver imagen) y hacemos doble clic sobre este perfil. En la línea de comandos aparece "Diseñe objetos". Seleccionamos de la manera usual en AutoCAD (uno a uno o con ventana), y quedarán aplicadas las secciones deseadas en esas barras.

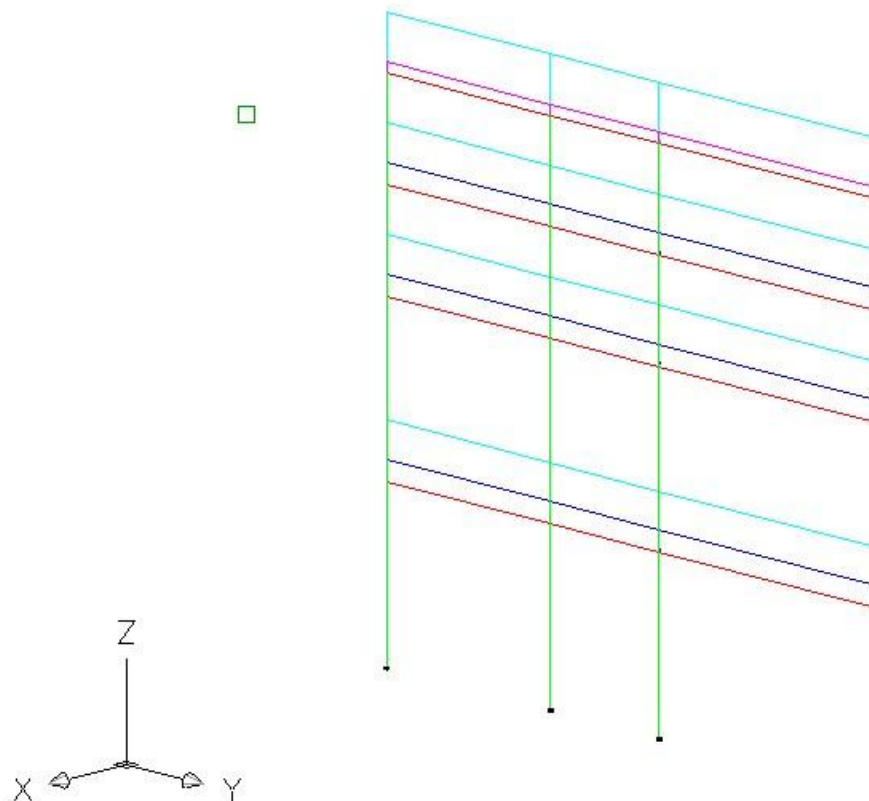


Para comprobar que se han aplicado adecuadamente, podemos usar la orden de consulta de elementos pinchando sobre el segundo botón del encabezamiento del árbol (*Consultar*) o bien escribiendo “qq” en la línea de comandos. Tras pinchar individualmente sobre el elemento, en la línea de comandos aparecerá la información solicitada: tipo de sección, material y giro; mientras que en el dibujo, en el punto de la barra donde haya pinchado, aparecerá sobreimpresionado un contorno de la sección a escala real.

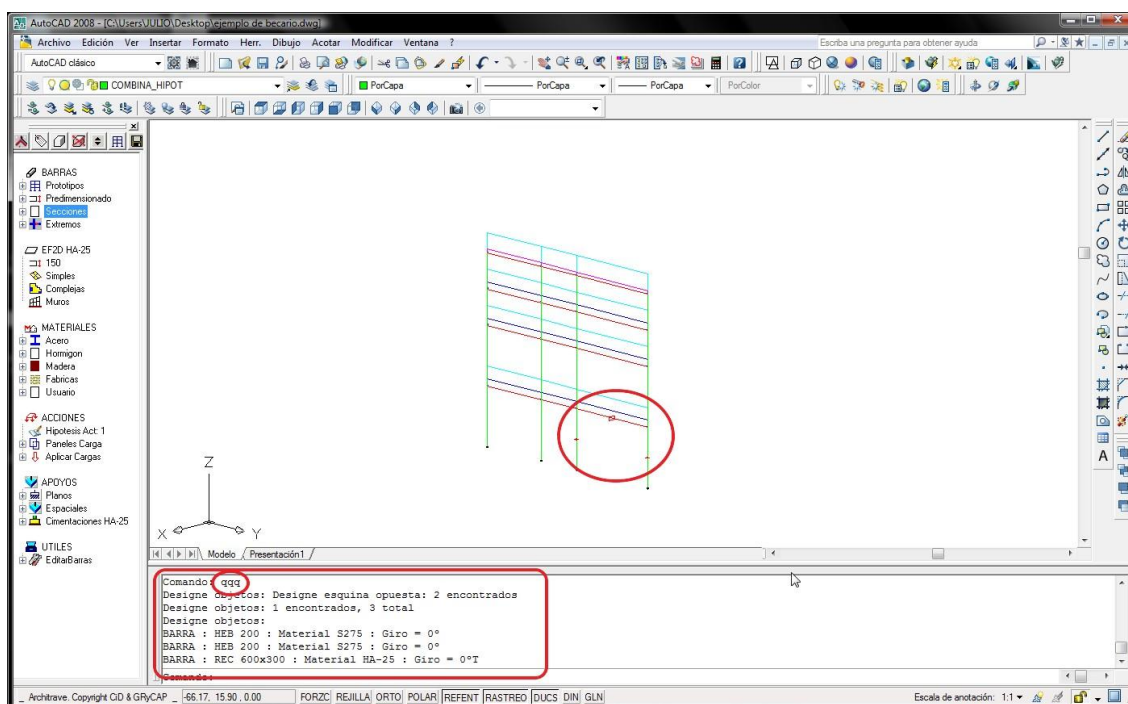
Por defecto trabajamos con el SCP predeterminado de autocad, con las Z hacia arriba, pero a la hora de elegir un perfil distinto, como el que acabamos de insertar a los pilares de planta baja, cualquier otra orientación del SCP no afecta a la asignación de barra, ni a los giros.



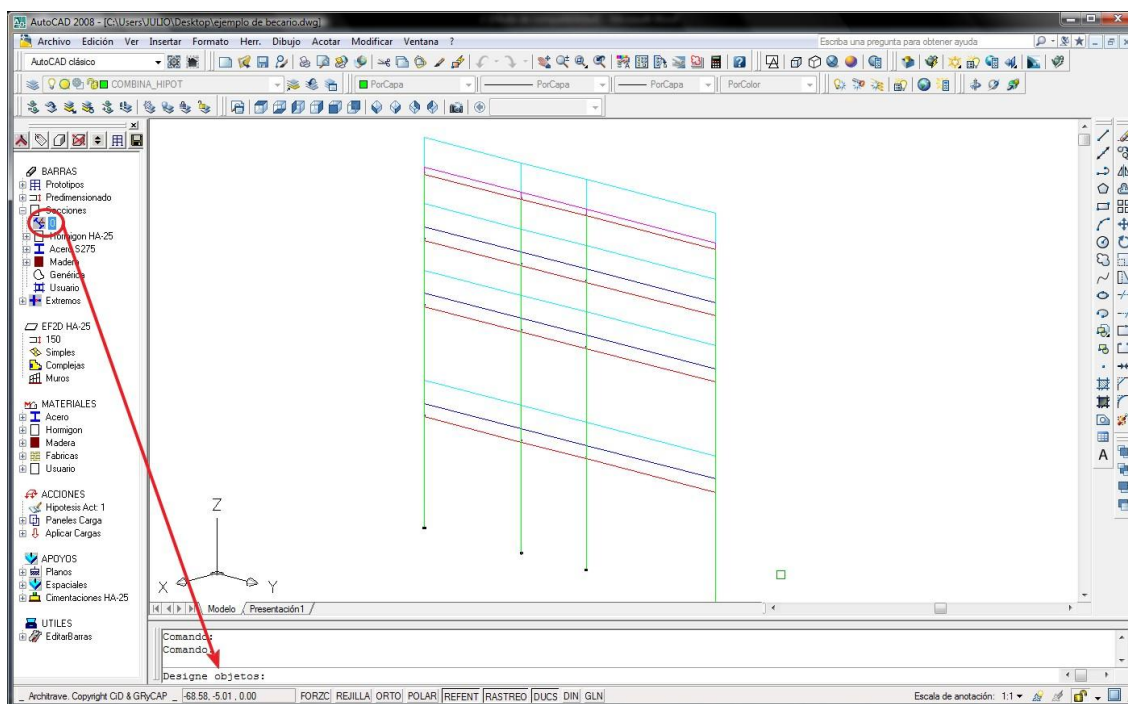
En cuanto cambiemos el zoom del dibujo, esta sección sobreimpresionada desaparece automáticamente



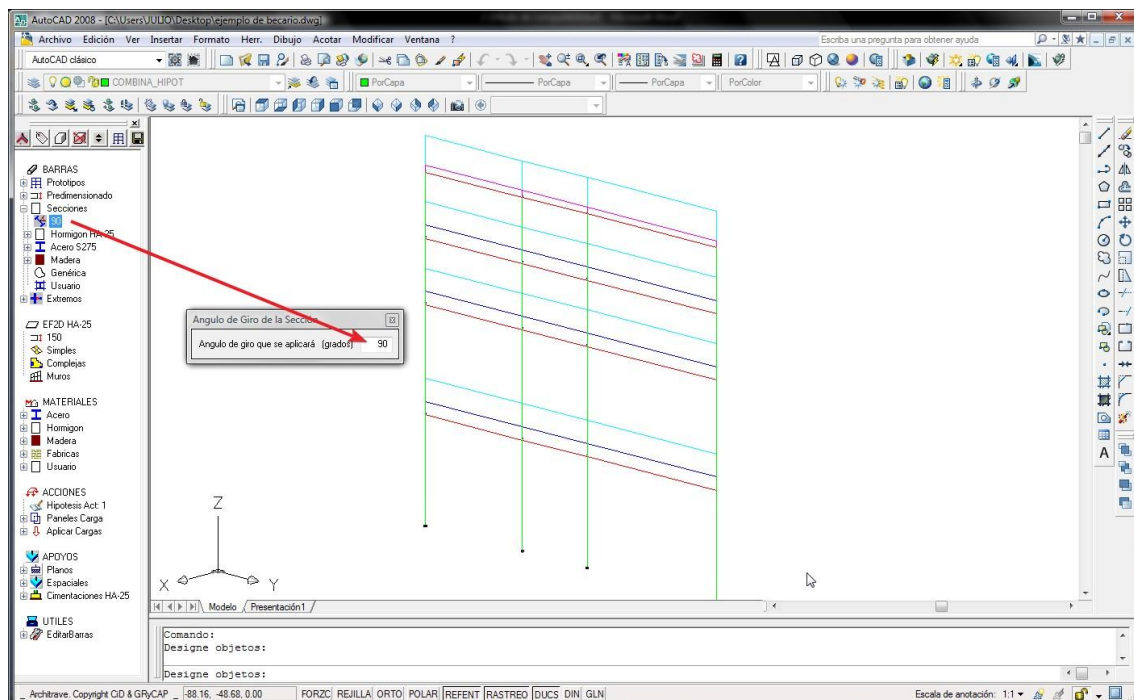
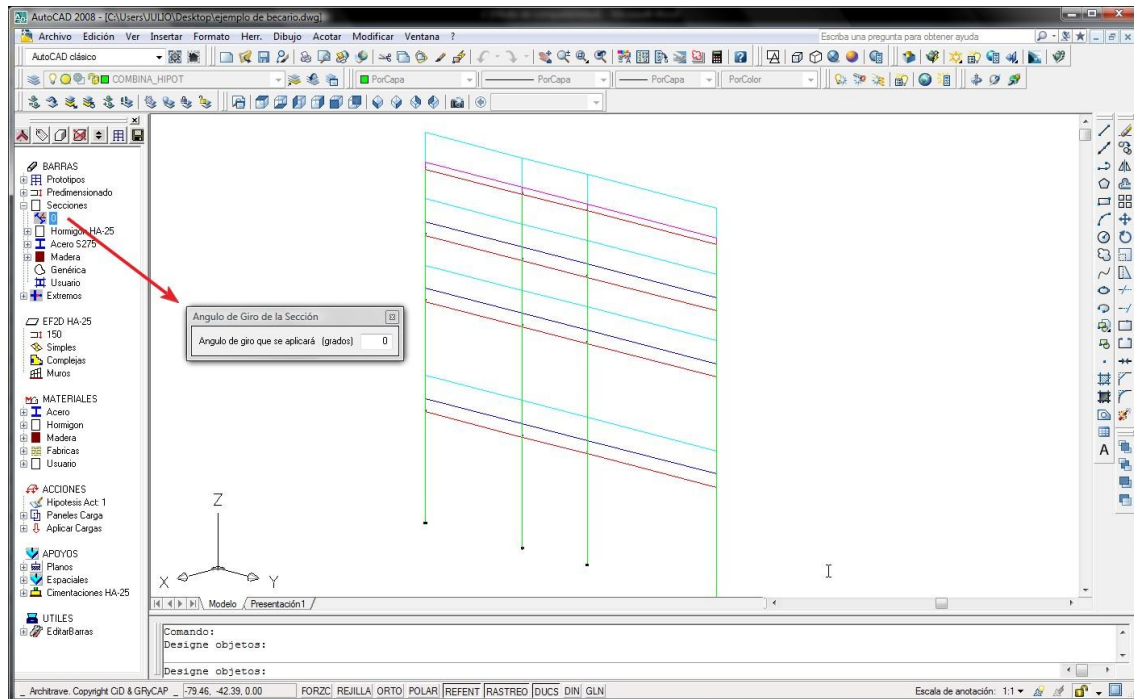
A continuación usaremos el comando “qqq” (visualización múltiple de secciones), que tiene un funcionamiento análogo al comando “qq” pero para múltiples barras.



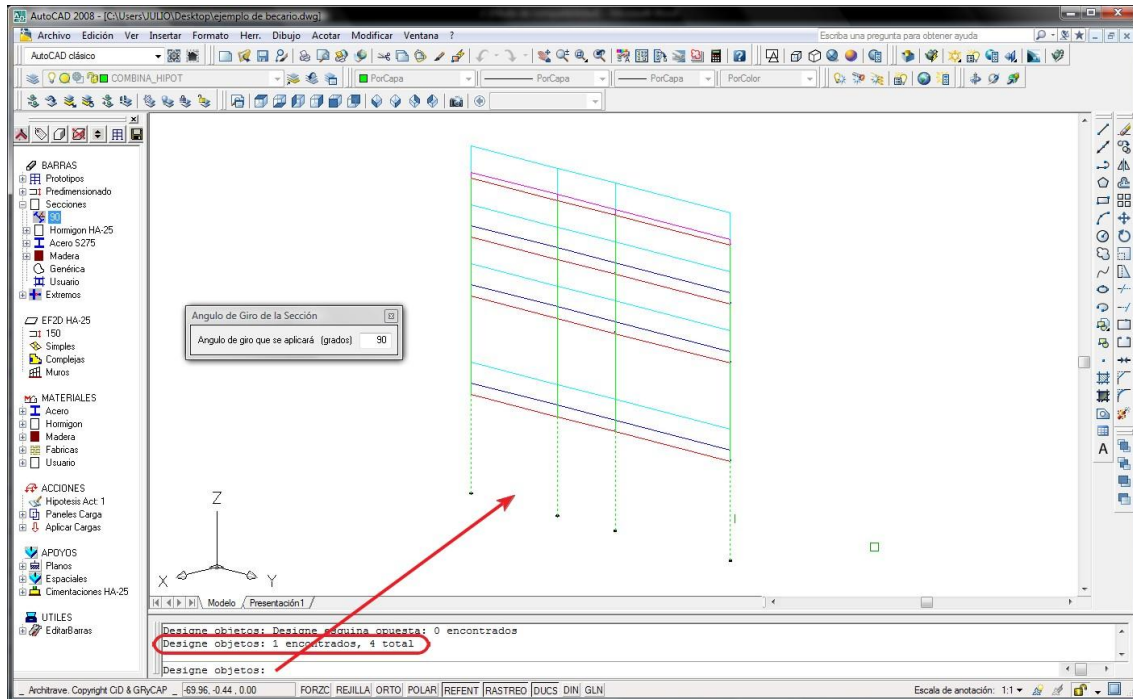
Si se desea orientar la sección según un ángulo distinto al predeterminado, se debe clicar con doble clic sobre el icono de la imagen. Con un solo clic derecho, el programa entiende que deseamos aplicar el ángulo que aparece en el árbol sobre ciertos elementos del dibujo.



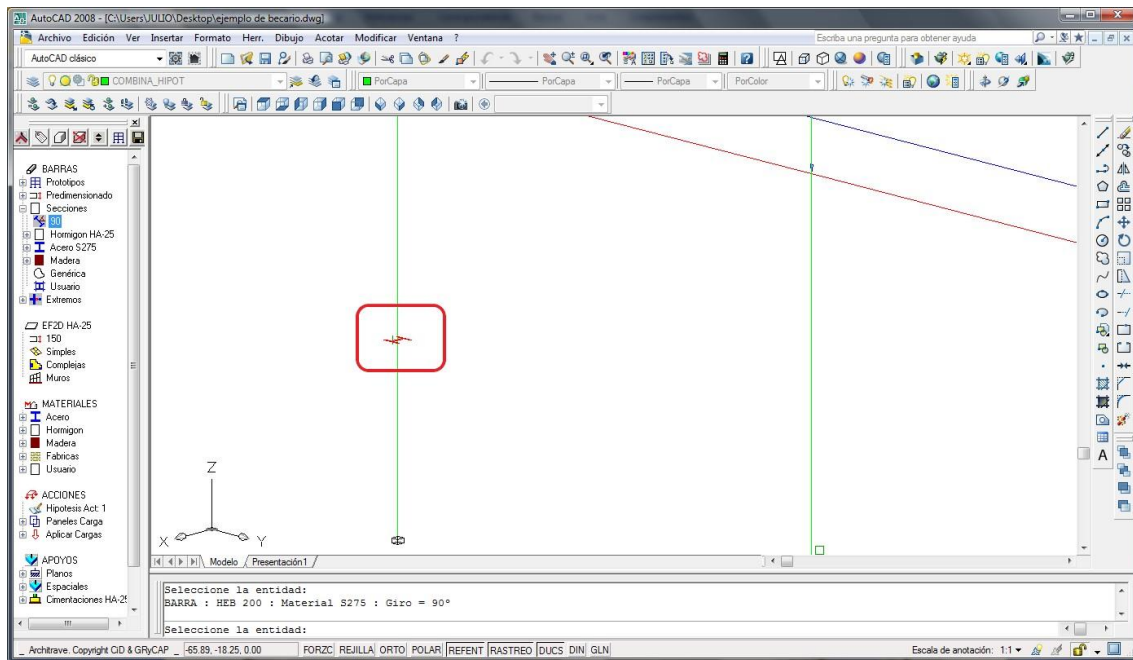
En nuestro caso, queremos que los HEB de planta baja estén girados 90°, es decir, en posición previsiblemente desfavorable. Para modificar el ángulo de aplicación sobre los objetos, debemos clicar nuevamente con botón derecho sobre el área de dibujo, y aparecerá una ventana donde podemos escribir el nuevo ángulo.



En este momento ya podemos designar los objetos a los que se desea aplicar el nuevo ángulo de la sección

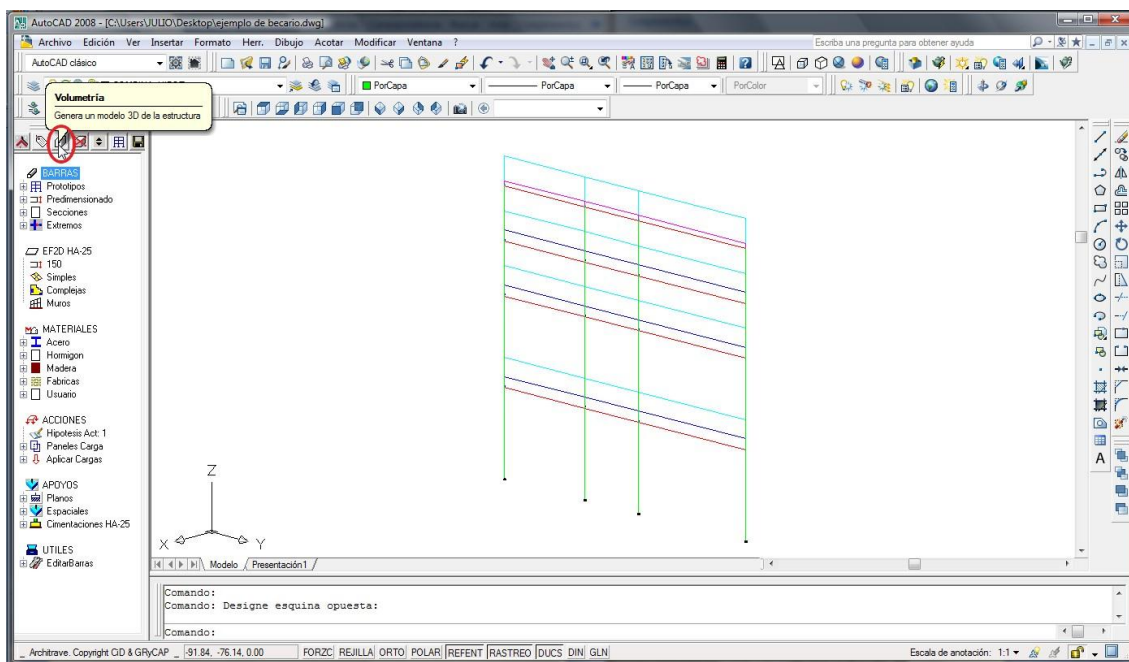


Nuevamente, es aconsejable comprobar que la operación se ha efectuado bien mediante una consulta ("qq") sobre la barra.

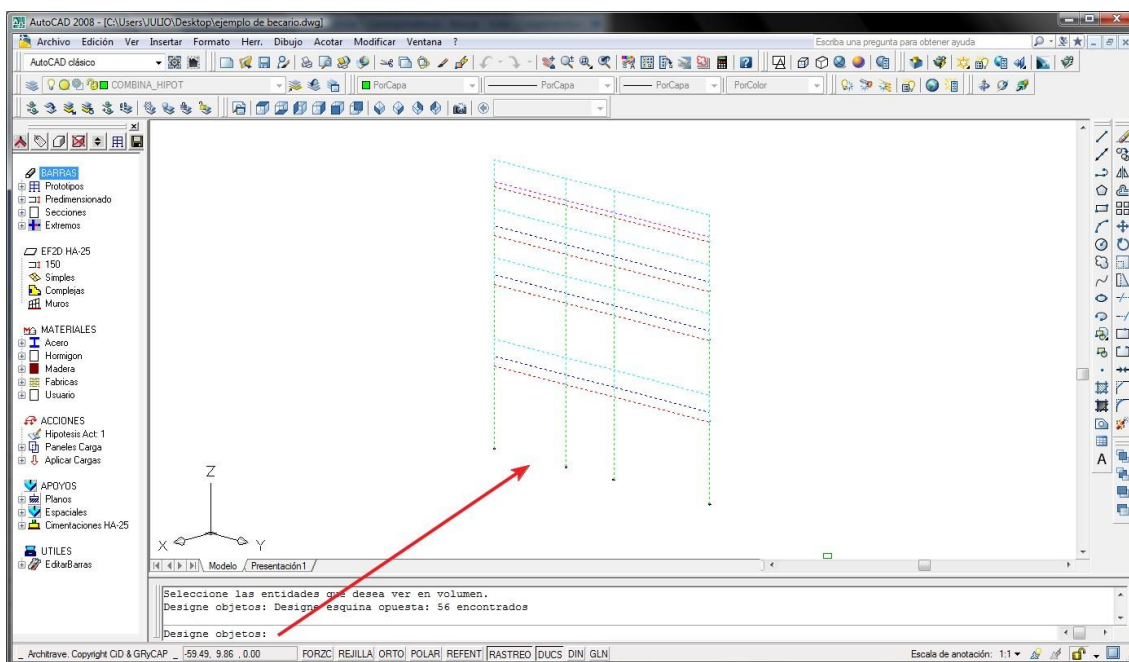


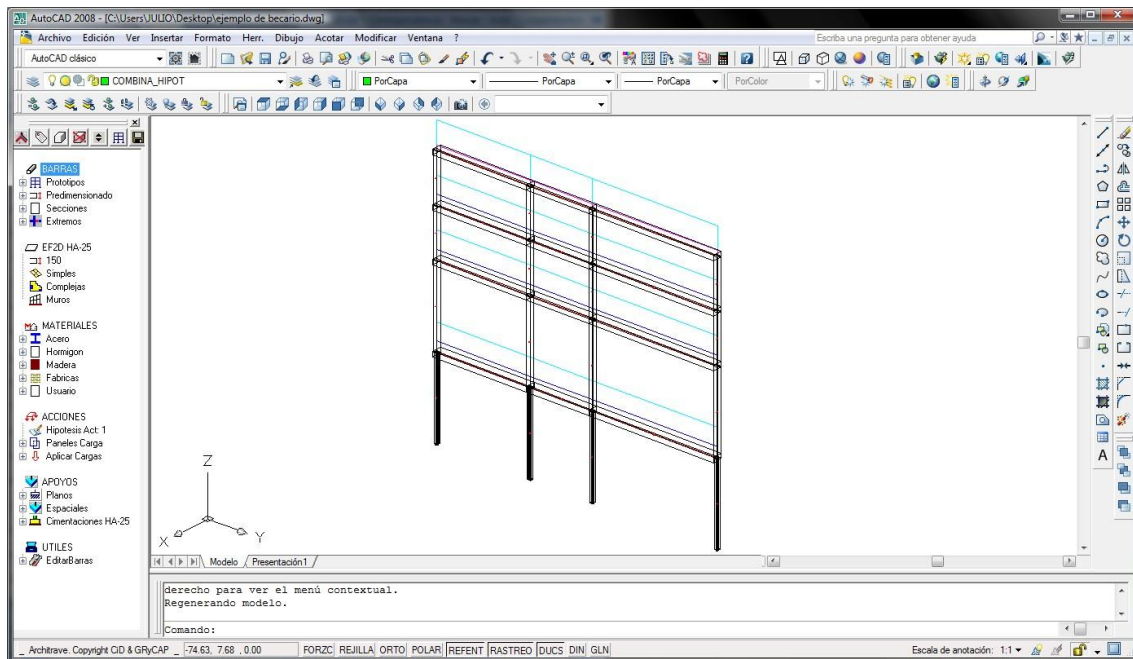
Es extremadamente importante tener en cuenta que, cuando se cambia el ángulo en el árbol, todas las sucesivas aplicaciones de secciones desde el árbol al dibujo se efectuarán con dicho giro. Si no se tiene previsto cambiar el giro a más barras, es recomendable retornar el giro establecido en el árbol a su valor 0°.

Para asegurarse de que todas las secciones se han aplicado adecuadamente, existe una orden que representa la volumetría de los elementos: *Volumetría*, el tercer botón del encabezamiento del árbol.

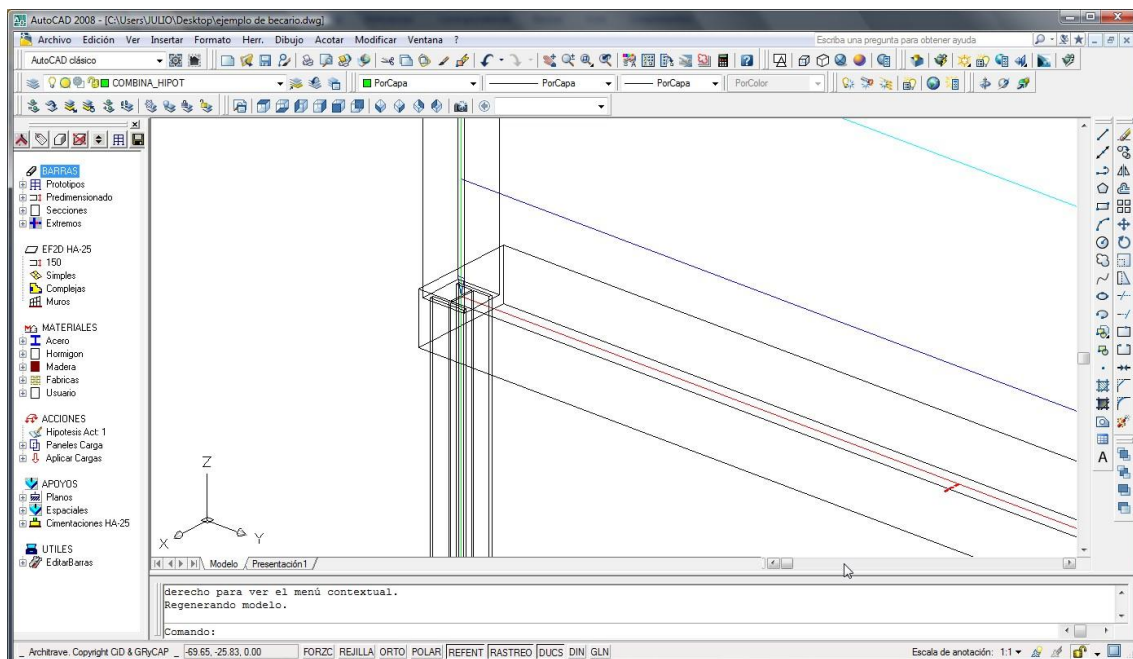


Como es usual, representa en volumen las barras que seleccionemos



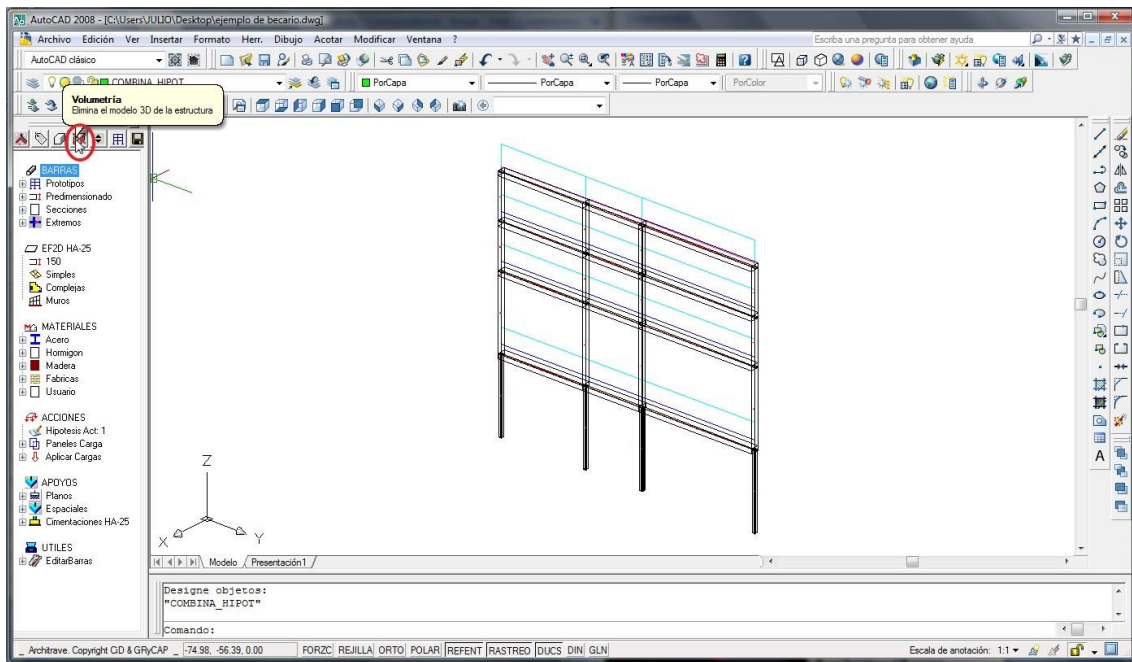


Además, queda sobreimpresionado el nombre de la sección



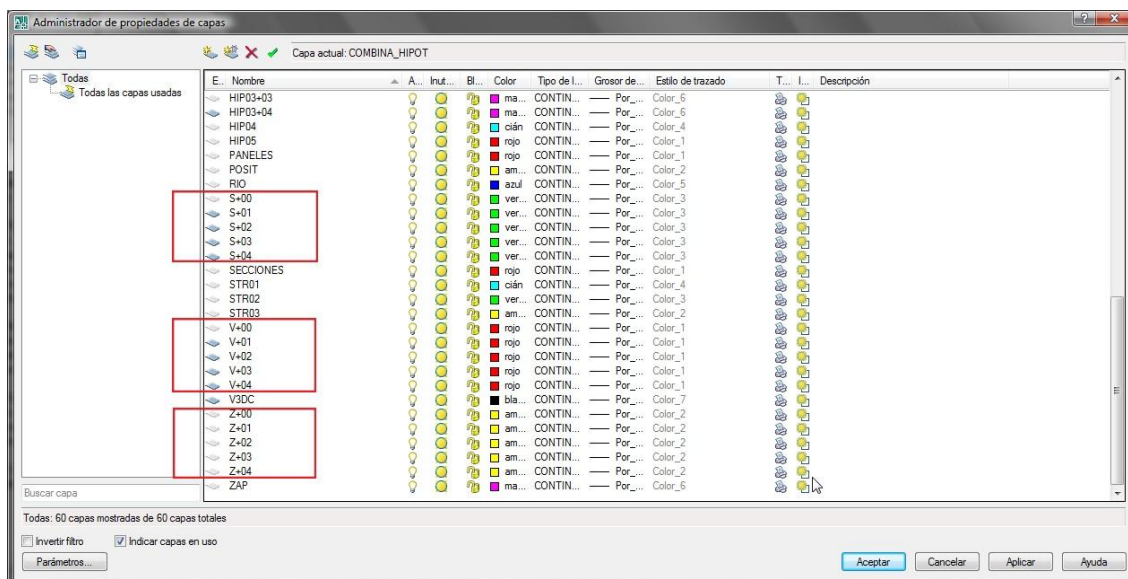
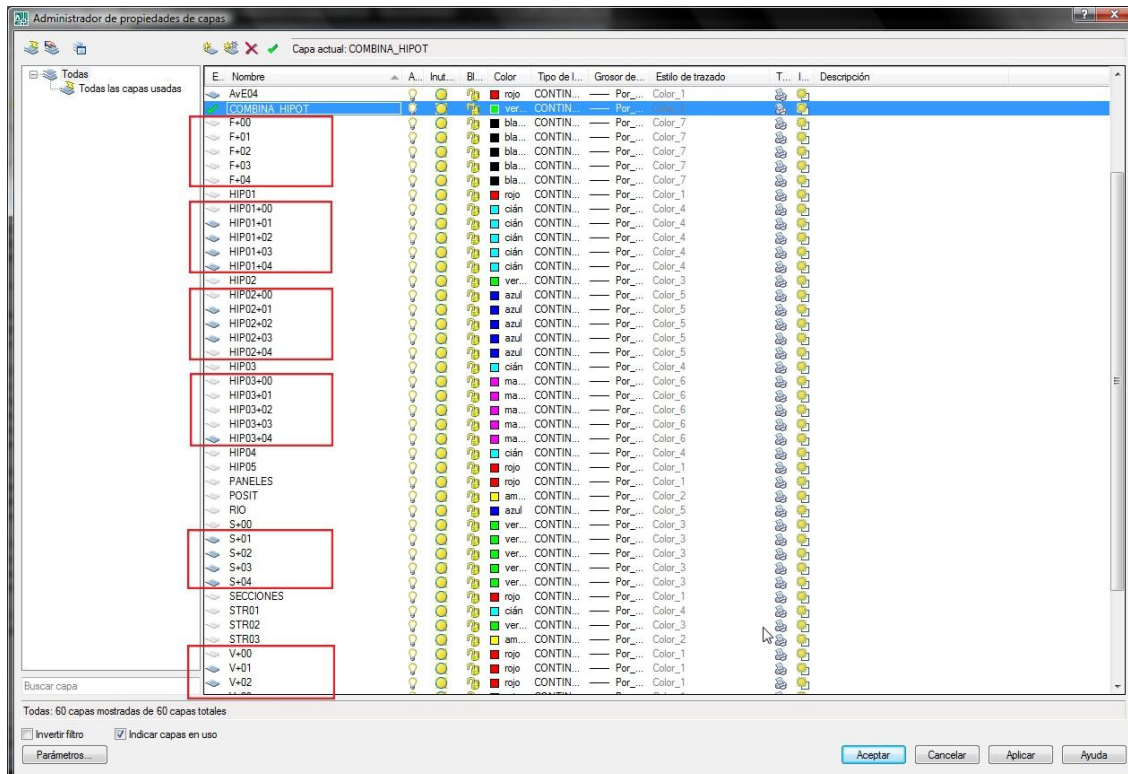
Para volver a ver el pórtico en estructura alambrica, presionamos el siguiente botón, o bien, podemos escribir “vv” en la línea de comandos y seleccionar cualquier objeto de las capas de volumen y nomenclatura.

Sería conveniente que los pilares estuviesen centrados, es decir, que no haya excentricidades, y los ejes de los pilares coincidan en el eje vertical.

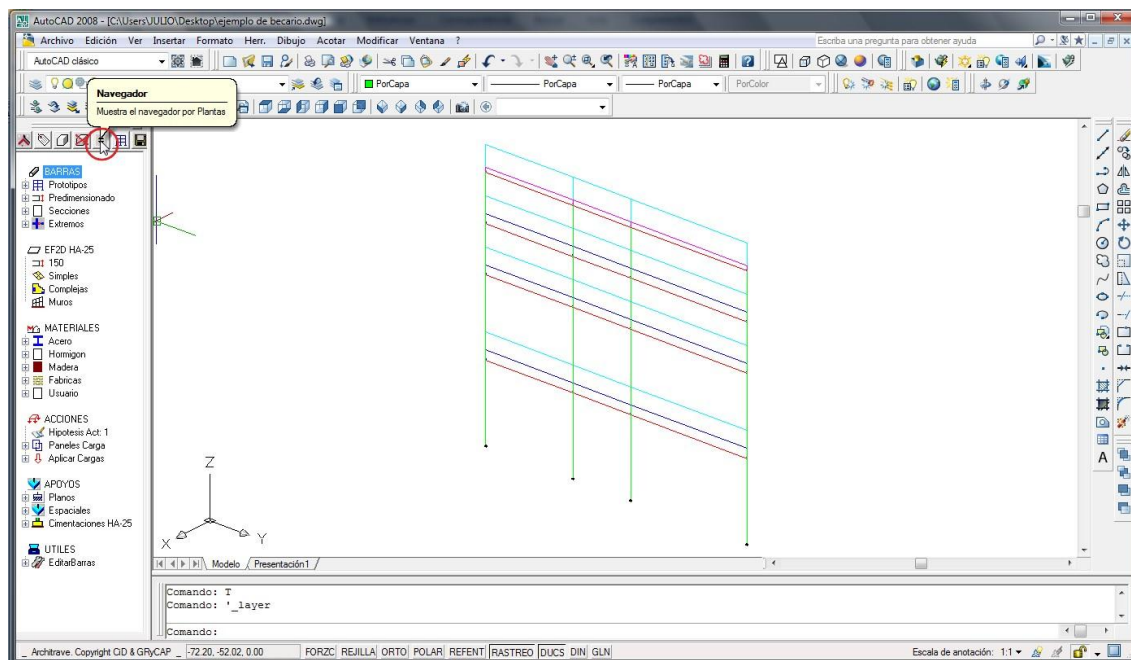


3.4 Capas y navegador

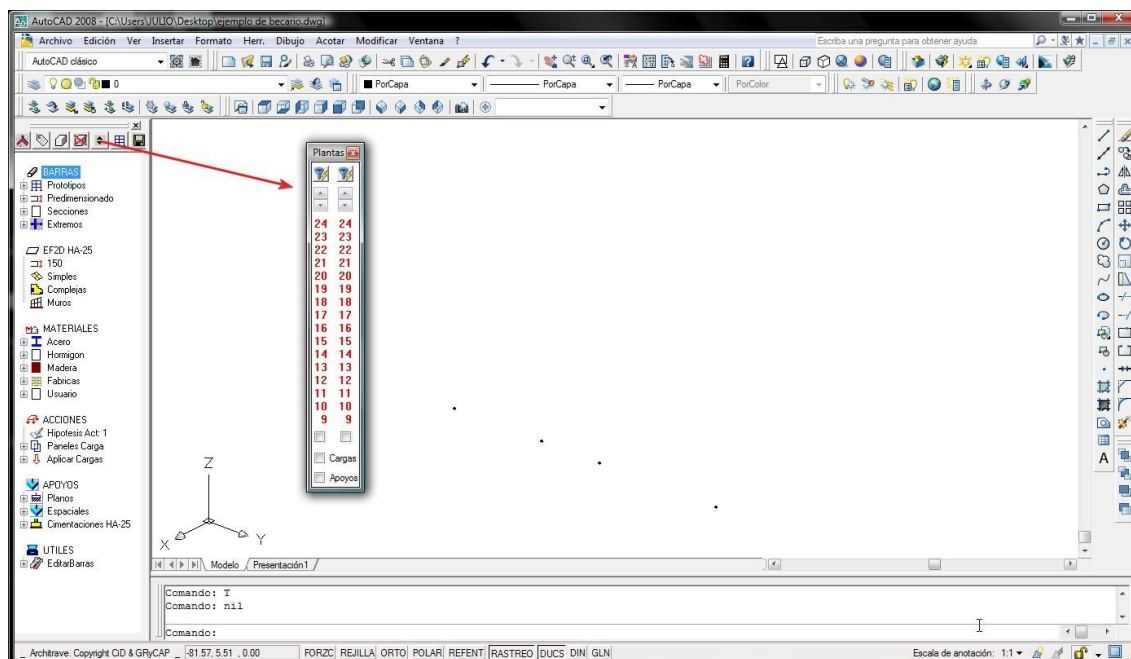
Cuando se introduce un prototipo cualquiera, automáticamente se generan una serie de capas nuevas que contienen por separado a elementos de plantas distintas: hipótesis de carga, forjados, soportes, vigas y zunchos



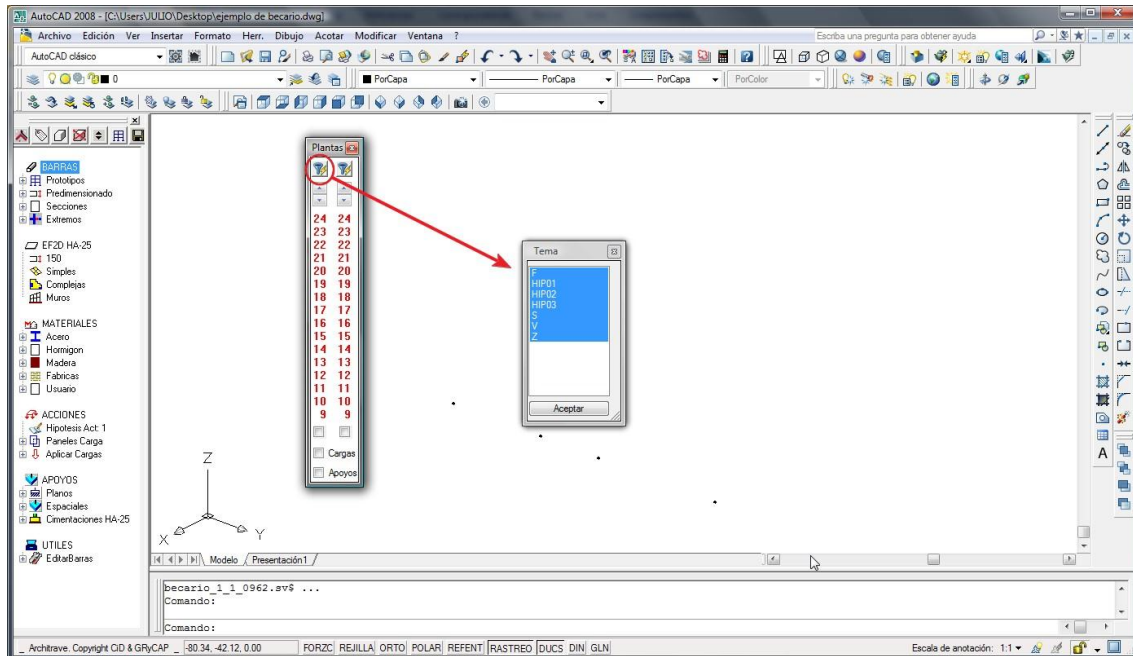
Esta separación por plantas permite una visualización selectiva, por plantas, haciendo uso del Navegador (cuarto icono del encabezamiento del árbol)



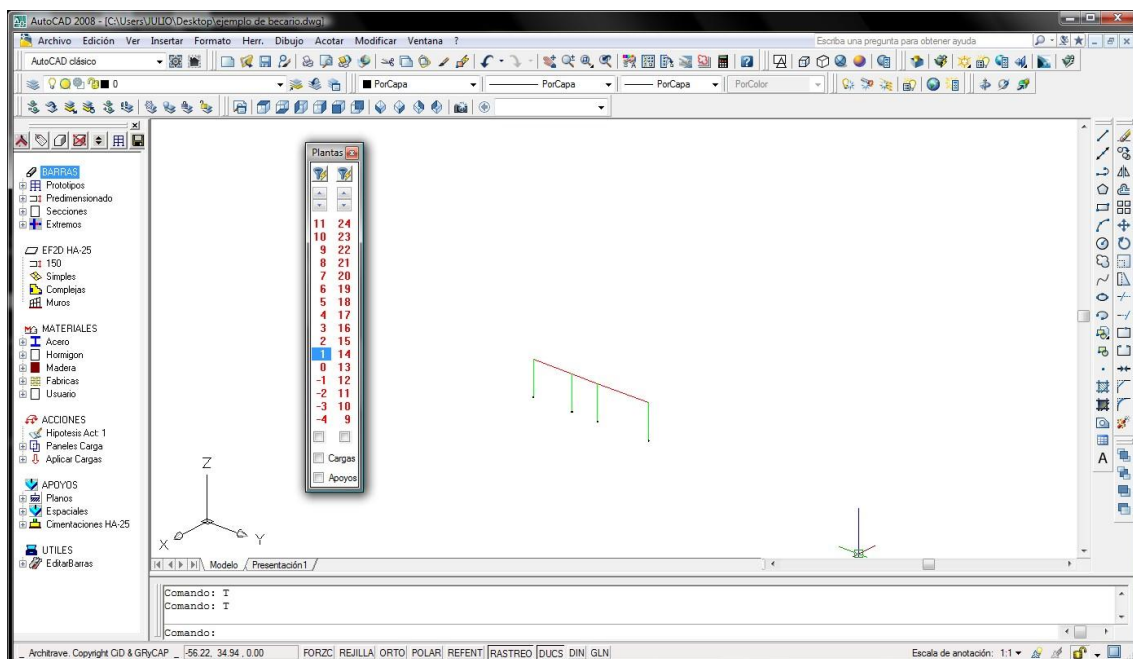
Tras pinchar en dicho icono, aparece una ventana con dos columnas que contienen, por orden descendente, un botón para asignar el tipo de objeto que se desea visualizar, unos botones para subir y bajar de planta, la numeración de plantas, y finalmente un cuadro que selecciona todas las plantas. Por defecto no hay nada seleccionado, por lo que se visualizan sólo los apoyos, y en general todos los elementos del modelo que no se adscriban a las capas por plantas anteriormente enumeradas.

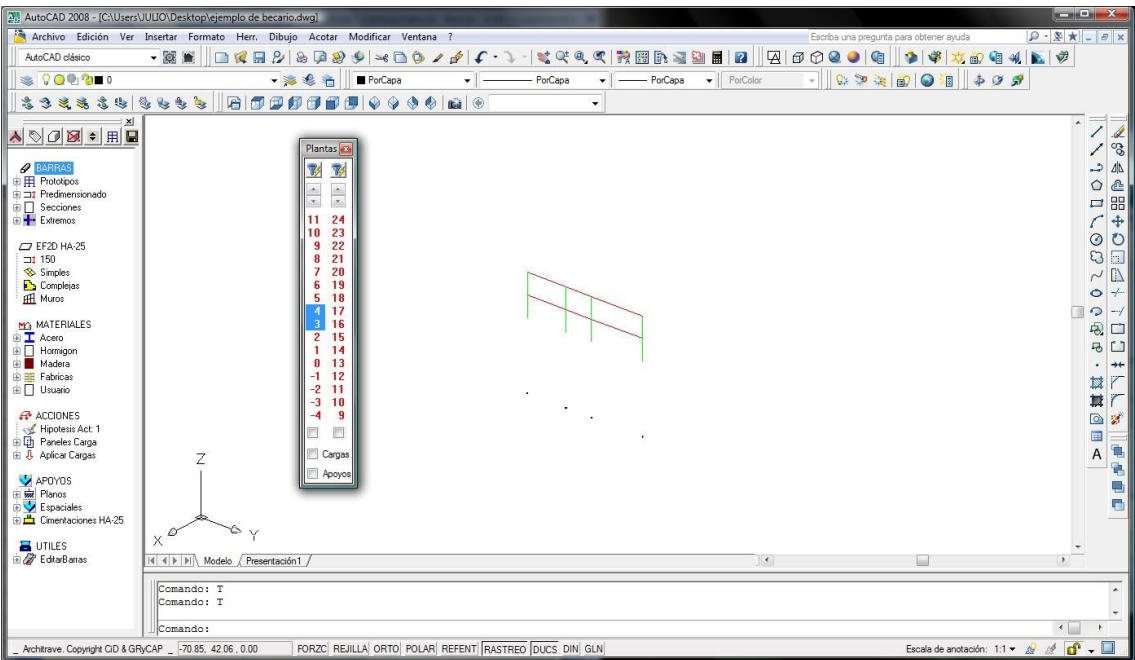
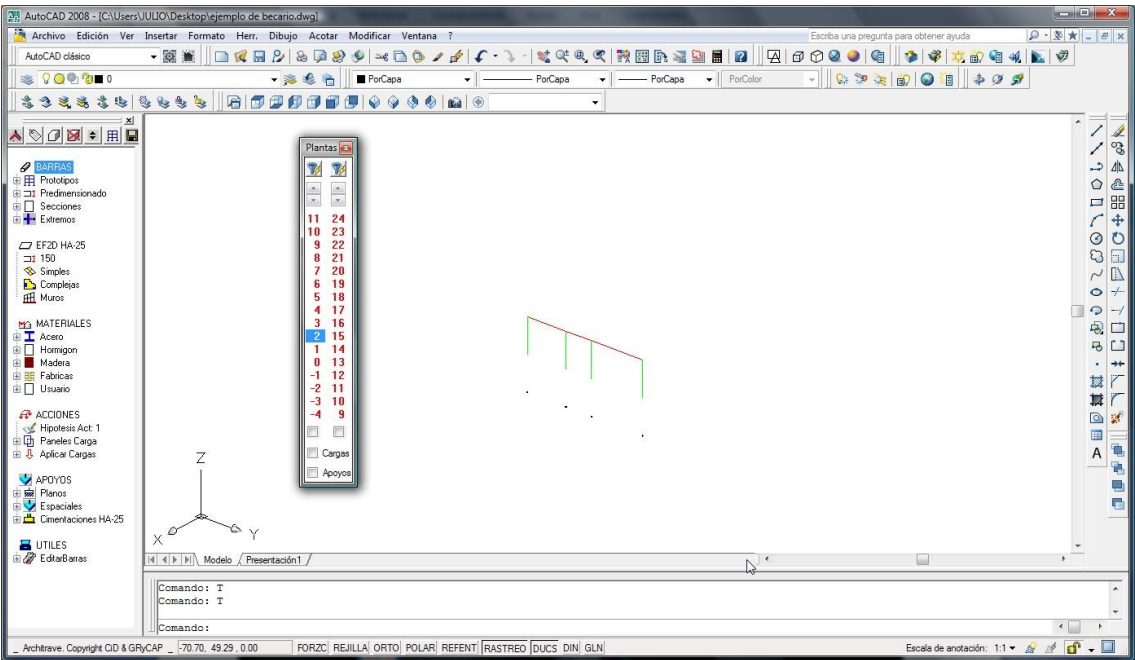


Si pinchamos sobre el botón del encabezamiento, podemos elegir qué elementos visualizar: forjados (F), cargas (HIP 01-02-03), soportes (S), vigas (V) o zunchos (Z)

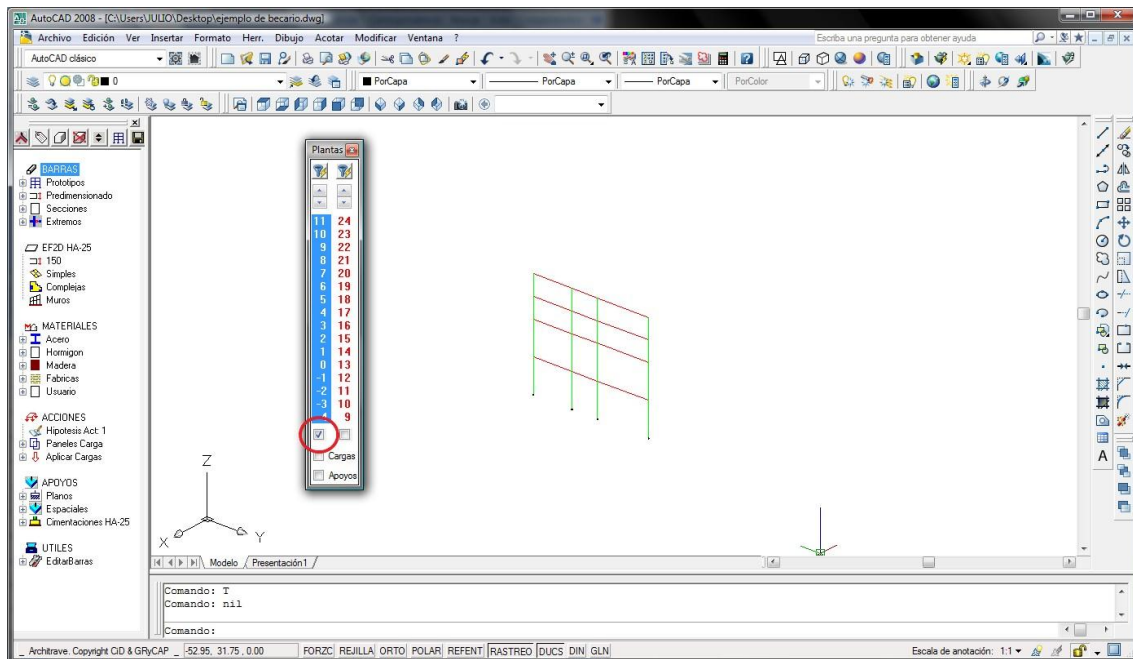


Si deseamos visualizar todos los elementos, pinchamos en Aceptar y podemos movernos por las sucesivas plantas, individualmente o simultaneando algunas de ellas.

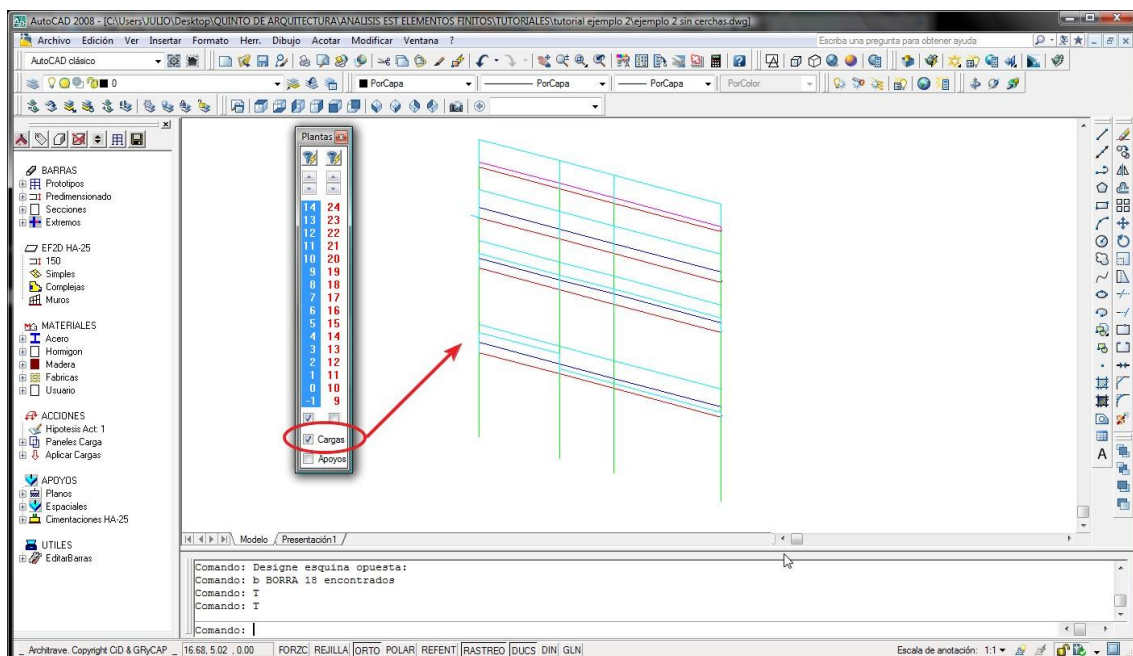


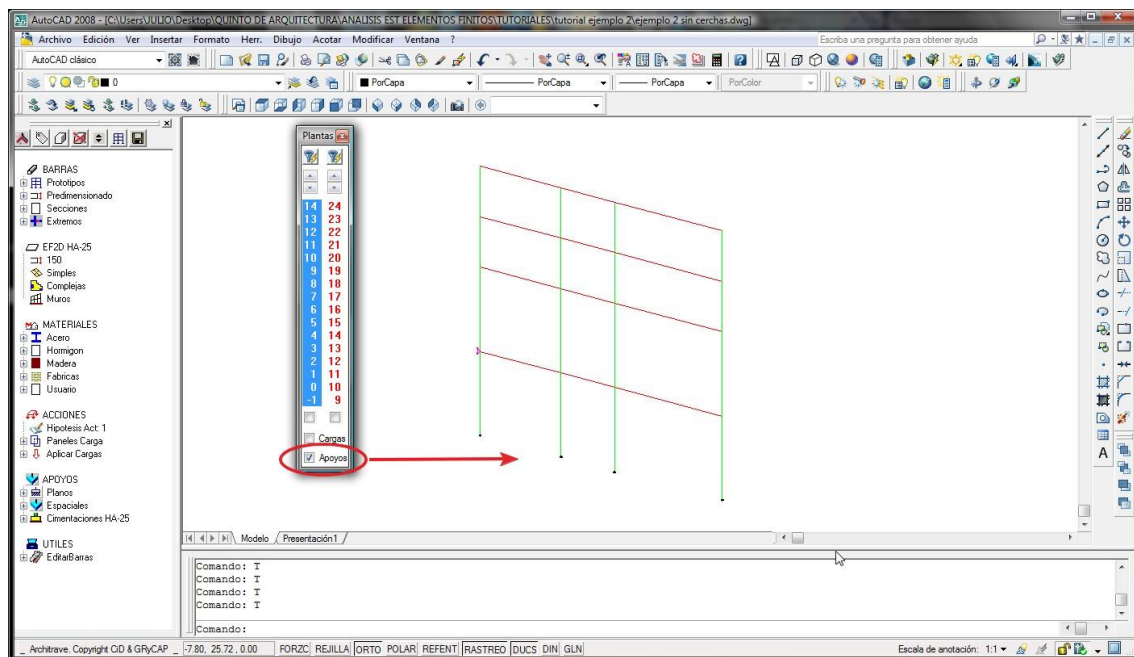


Si pinchamos en el cuadrado de abajo, quedan todas las plantas activadas

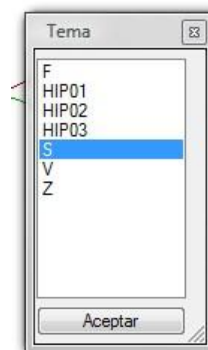


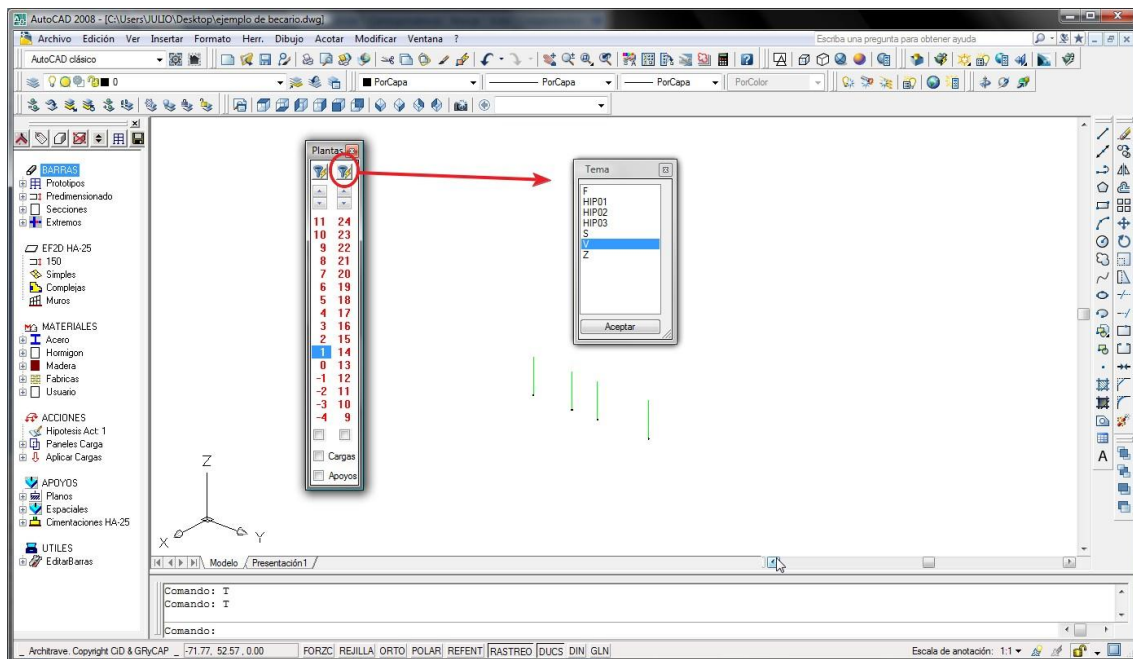
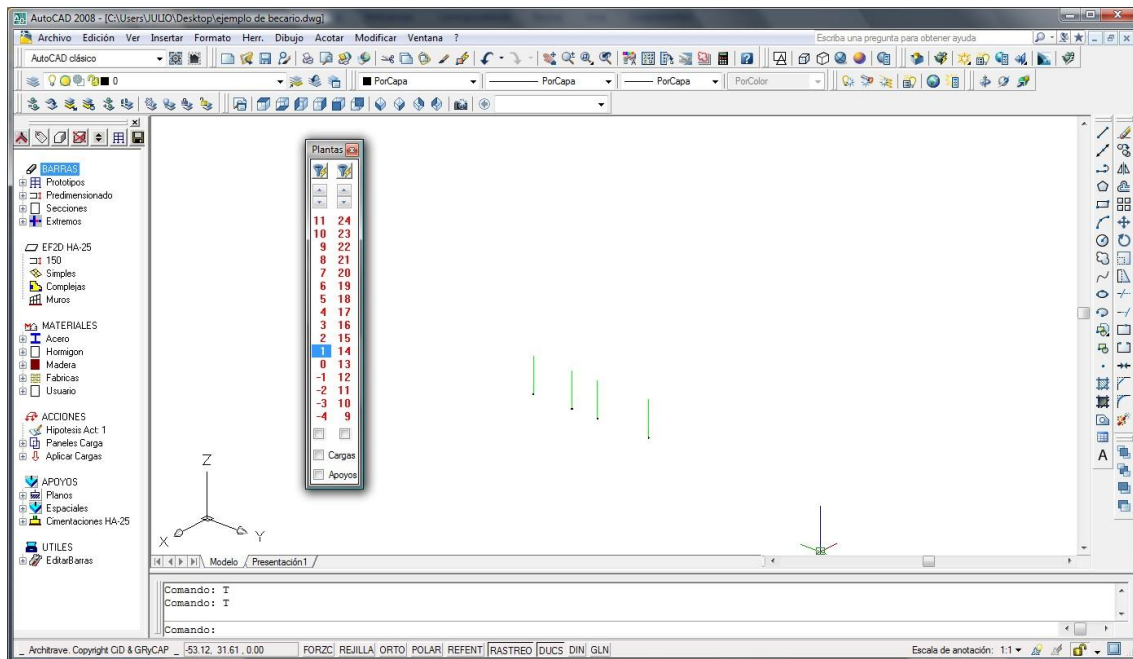
Al igual que al activar el cuadradito de abajo, para ver todas las plantas simultáneamente, si pulsamos los 2 cuadrados de más abajo, también podemos ver las cargas de todas las plantas y los apoyos que tenemos definidos.

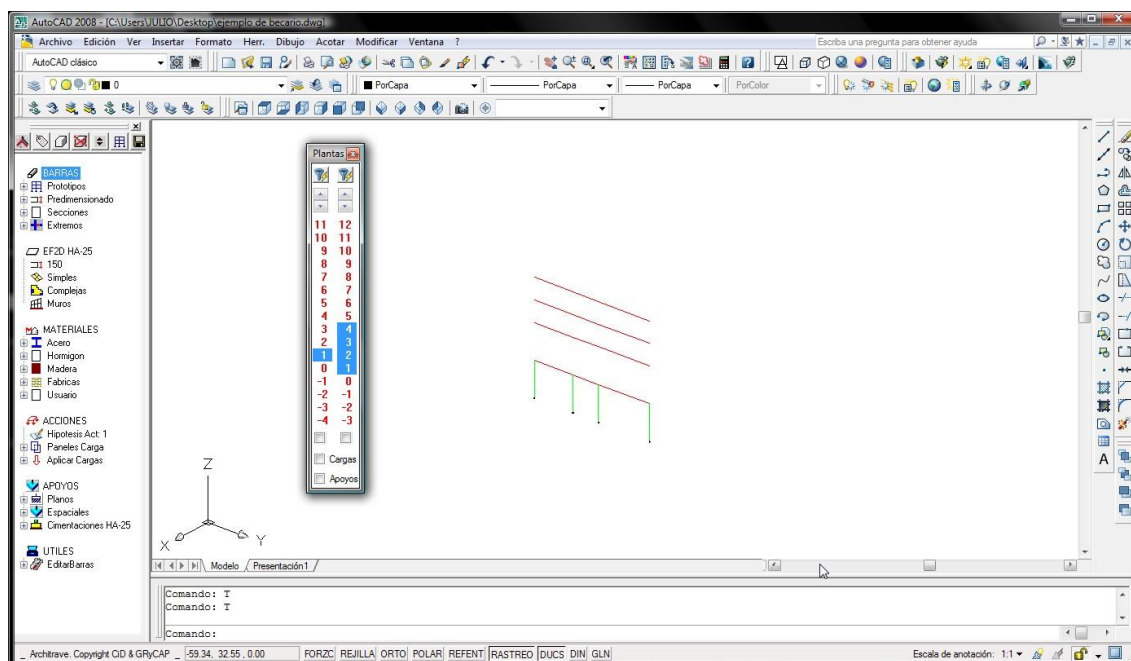




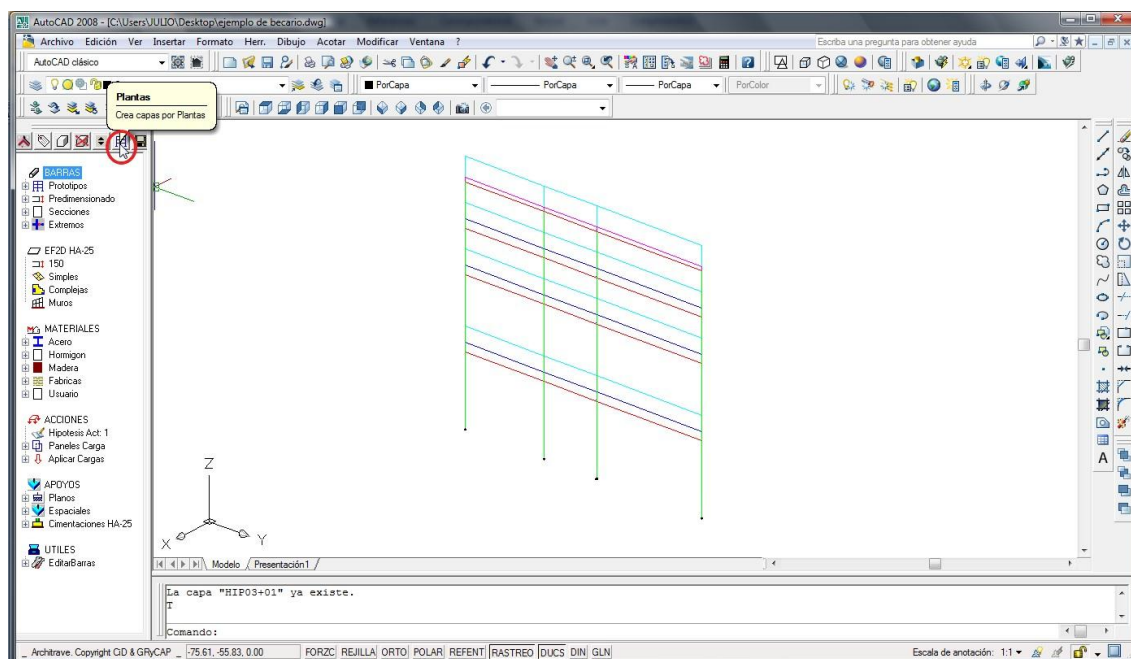
Si deseamos ver por separado vigas y pilares, por ejemplo, debemos seleccionar en uno de los filtros los pilares y en el otro las vigas, y ya podremos movernos de forma juxtapuesta subiendo o bajando plantas.







Si necesitáramos añadir plantas a las que definimos al insertar el pórtico, debemos crear las capas correspondientes utilizando el botón *Plantas* (5º botón del encabezamiento del árbol).

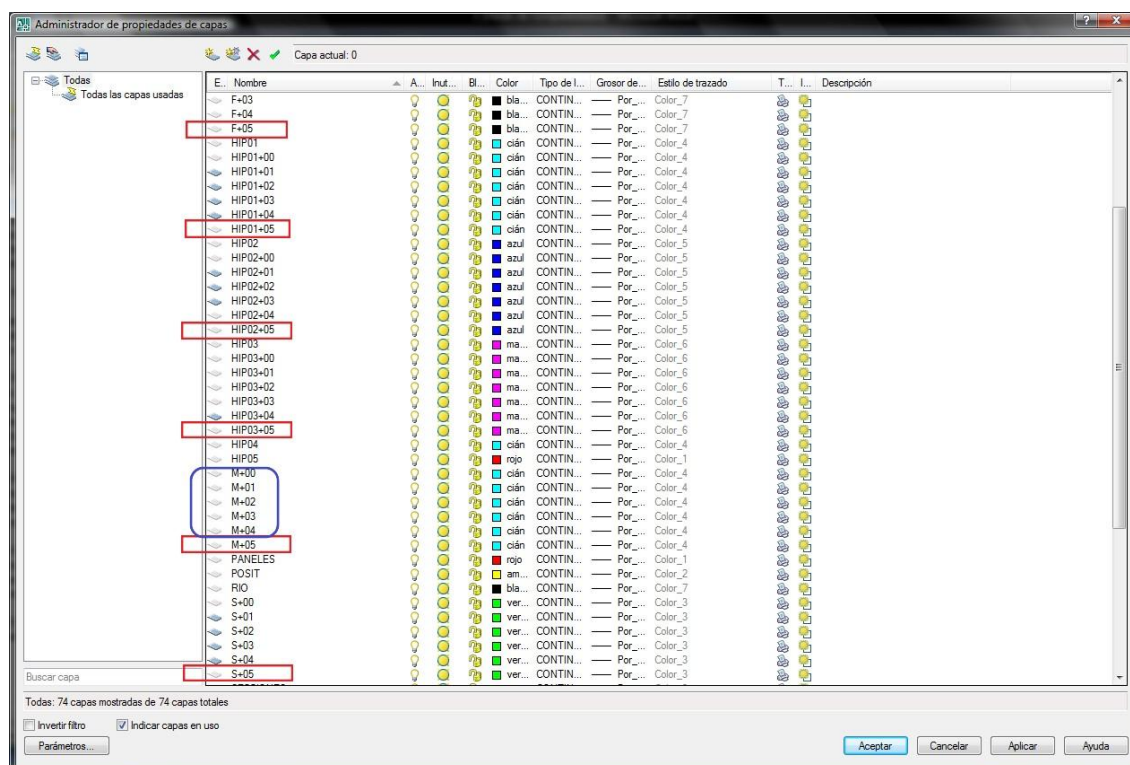


Al pinchar sobre este botón aparece una ventana donde se debe especificar cuántas plantas totales tiene el edificio resultante (no cuántas hay que añadir). Nuestro pórtico original tenía 4 plantas y necesitamos añadir un ático, luego el nuevo tendrá 5 plantas. En el caso de tener sótanos, habrá que introducir el número de forjados bajo cota 0.

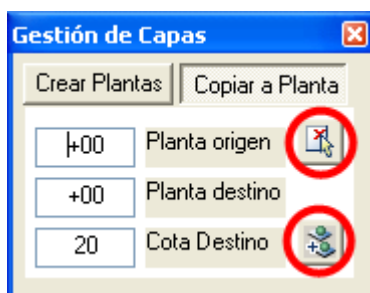
Además, automáticamente se crea una capa de cota 0, para un eventual forjado sanitario



Se añaden a raíz de esta acción unas capas que llevan incluido el sufijo +05. Además, se incluyen grupos completos de capas que antes no estaban, como las capas de muros (en azul en la imagen). Esto se debe a que el prototipo insertado no tenía esos elementos.



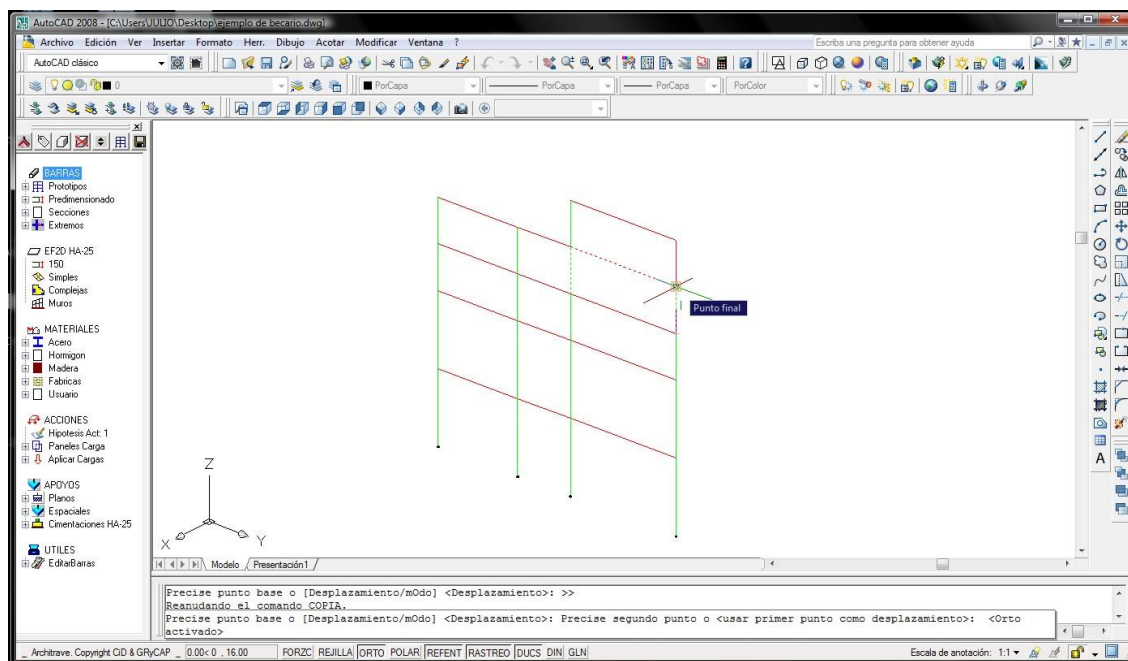
En esta misma ventana ("Gestión de Capas") podemos seleccionar la otra pestaña ("Copiar a planta"), que sirve para copiar elementos de una planta a otra, guardándose los nuevos elementos en las capas correspondientes a la planta de destino. Se especifican los niveles origen y destino (que coinciden con el sufijo de las capas), la cota de forjado a la que se llevarán los nuevos elementos, se seleccionan elementos con el botón superior y se aplica la acción con el botón inferior



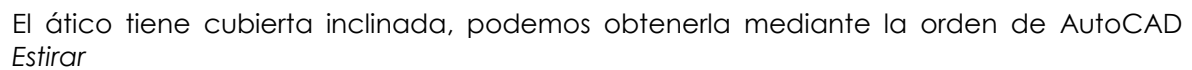
3.5 Modificación de geometría

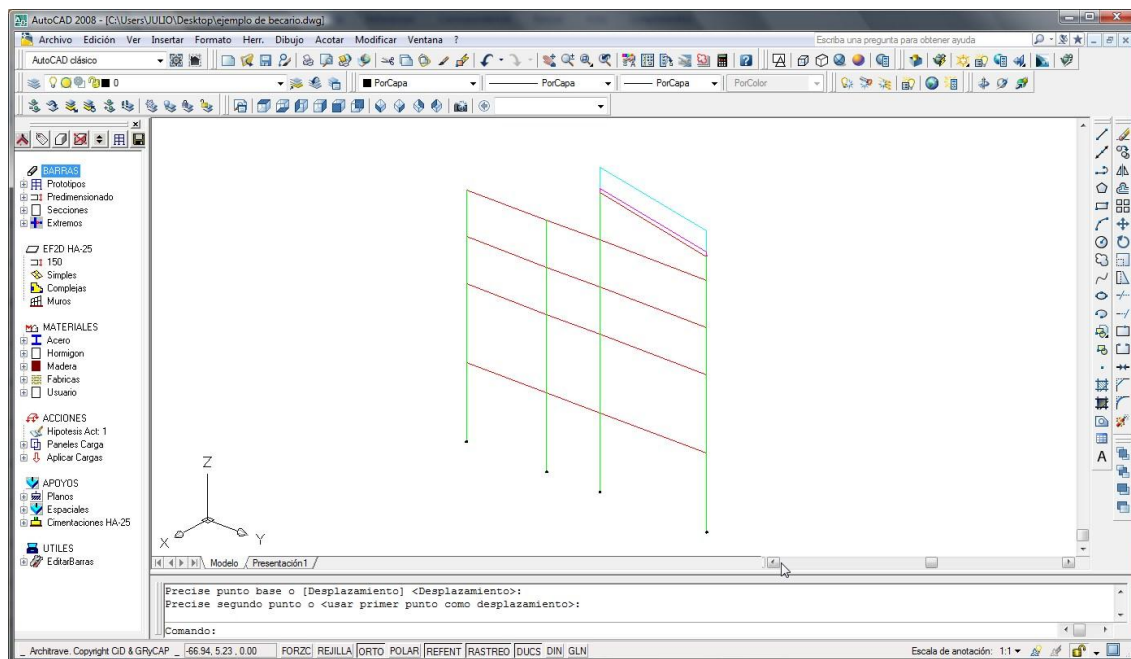
Todos los elementos del modelo son entidades de AutoCAD (líneas, polilíneas, caras 3D, bloques, etc.), y como tales puede usarse sobre ellas todas las herramientas de modificación al uso: desplazar, copiar, estirar, escala, matriz...

Para nuestro caso concreto, podemos obtener el ático mediante una copia del vano derecho de la 4ª planta

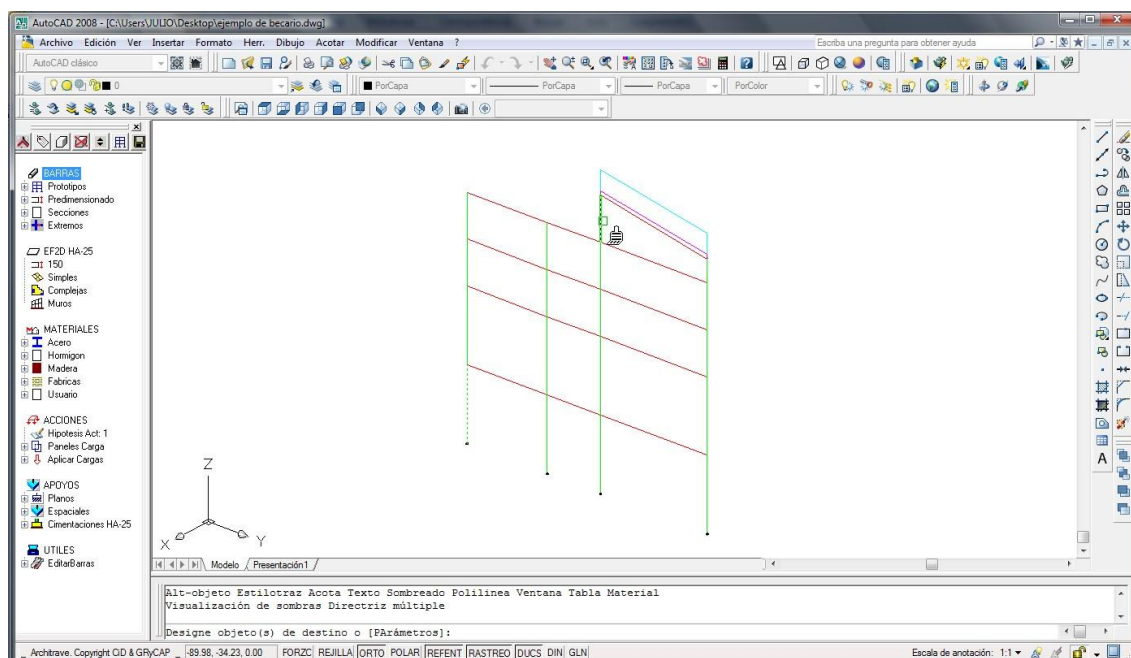


Para poder usar eficazmente el navegador de plantas, debemos cambiar los nuevos elementos a sus capas correspondientes (+05)

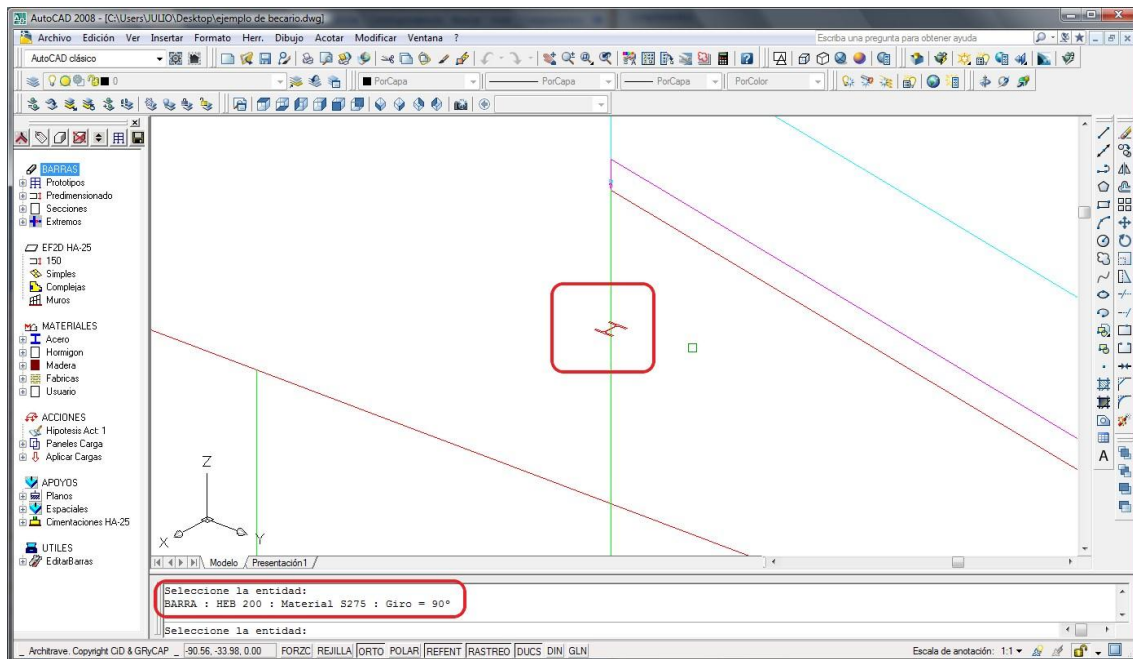




Si deseamos que los pilares del ático también sean HEB 200, podemos usar la orden de AutoCAD *Igualar propiedades* para clonarlos desde la planta baja (cambiándolos posteriormente de capa)

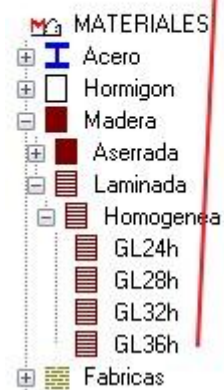


Comprobamos que la orden se ha ejecutado bien con un Consultar ("qq")

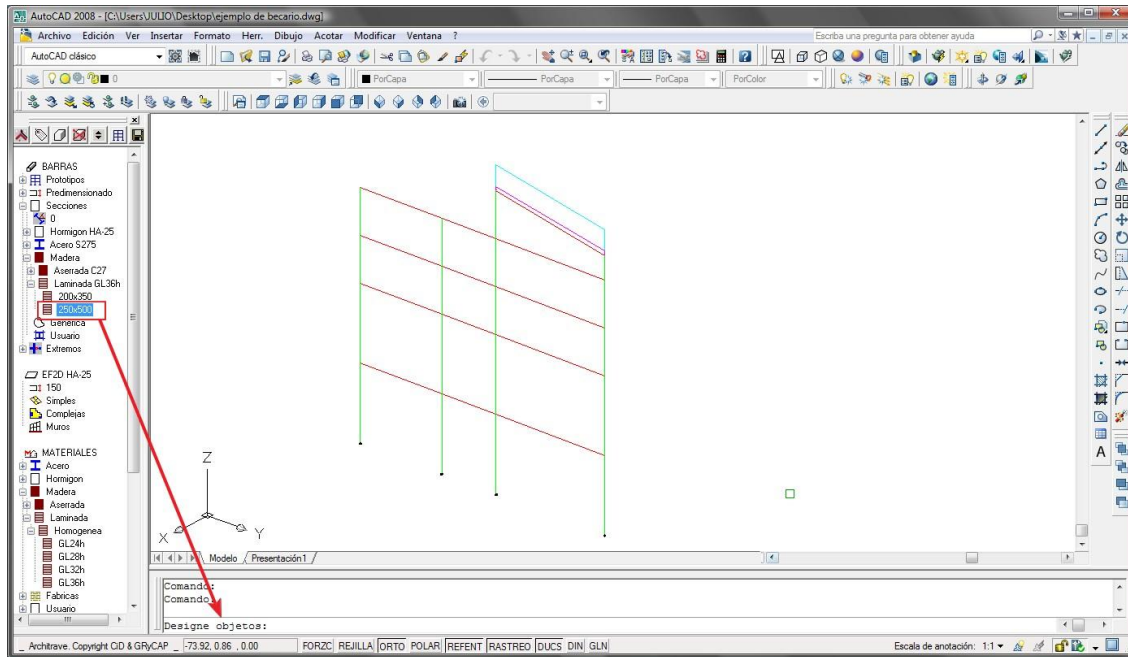


3.6 Materiales

Si la viga de cubierta del ático decidimos que sea de una madera laminada distinta a la que aparece por defecto en la parte de Secciones del árbol, (la laminada GL28h), debemos buscar la nueva madera (GL36h) en su lugar correspondiente dentro de *Materiales* y arrastrarla hasta el lugar donde se encontraba la sección dentro del árbol



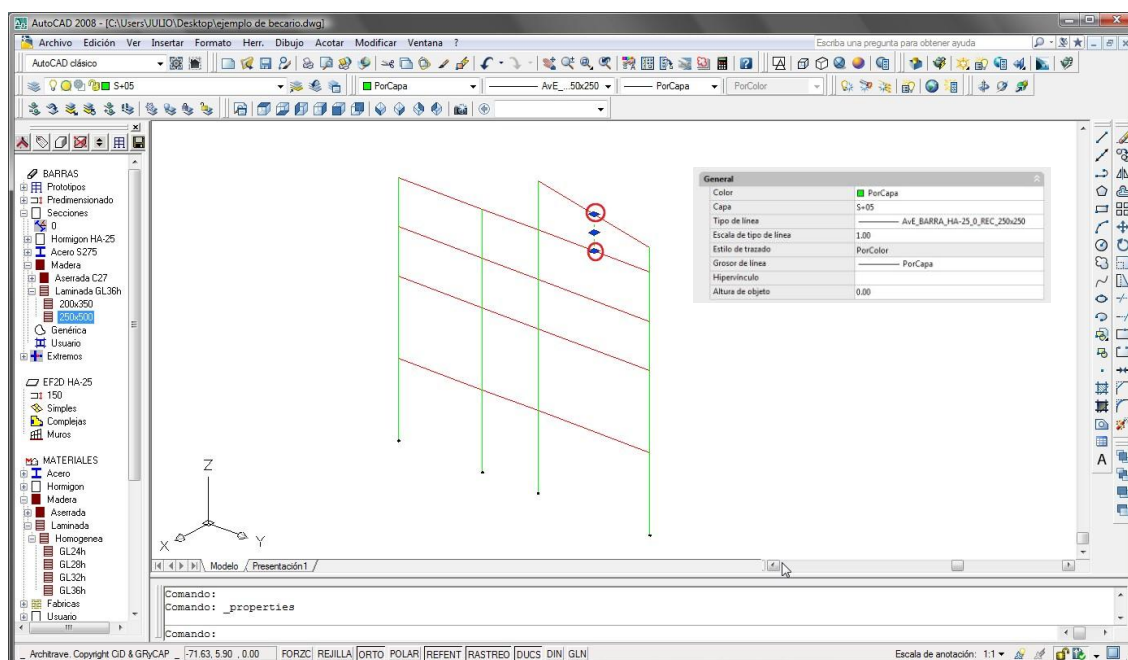
Para aplicar la nueva sección sobre la viga del ático, hacemos doble clic sobre su lugar en el árbol y seleccionamos dicha barra



3.7 Criterio de generación de nudos

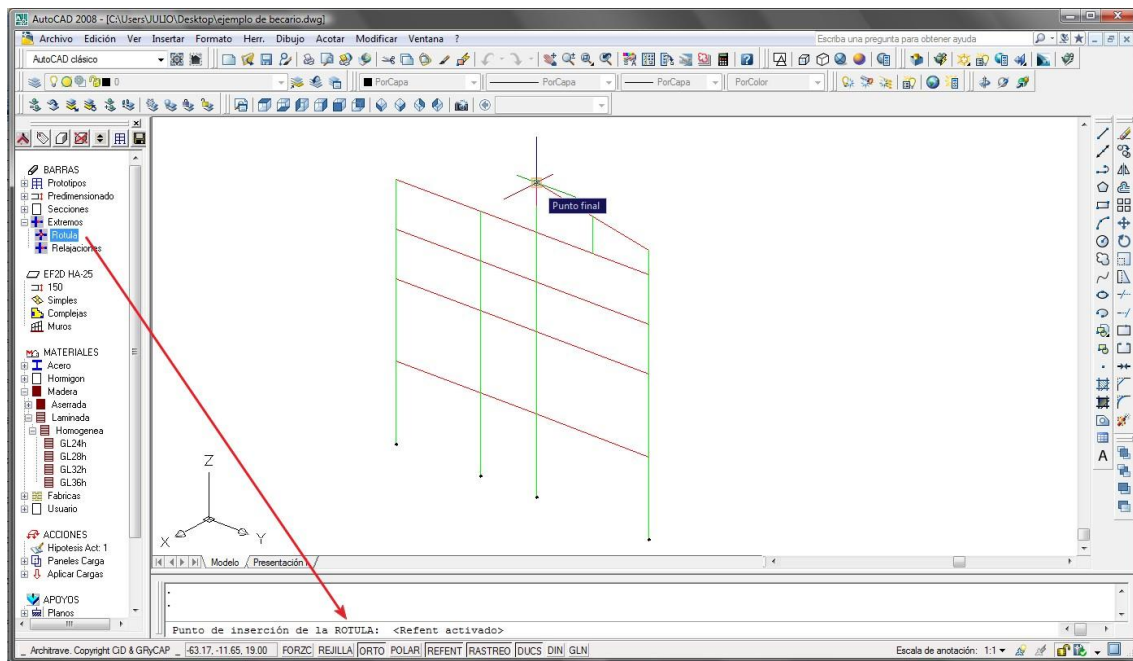
Si deseamos colocar un pilar intermedio en el ático, se dará el caso de que tanto su base como la coronación irán a parar al centro de las vigas inferior y superior, respectivamente. Para un correcto funcionamiento del módulo de cálculo de Architrave, se necesita que, siempre que haya un encuentro de barras que se desee que sea un nudo, todas las líneas concurrentes sean líneas separadas. Sin embargo, el módulo de cálculo está preparado para que "parta" barras como las vigas de nuestro pórtico: identifica como nudos aquellos puntos de una barra donde hay puntos finales de otras barras, como en los puntos medios de nuestras vigas

De esta manera, para colocar el pilar intermedio y que realmente esté apoyando en sus extremos en las vigas, no hay que preocuparse por partir las vigas manualmente. Copiamos el pilar y lo reducimos de longitud para que ateste bien contra las vigas

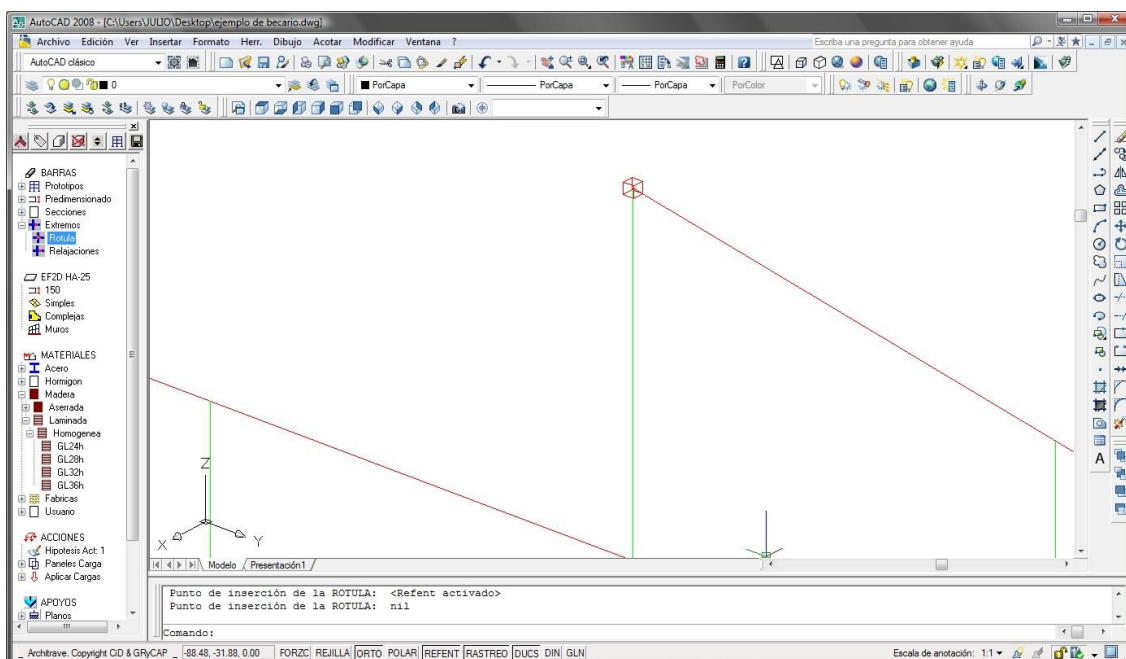


3.8 Extremos de barra

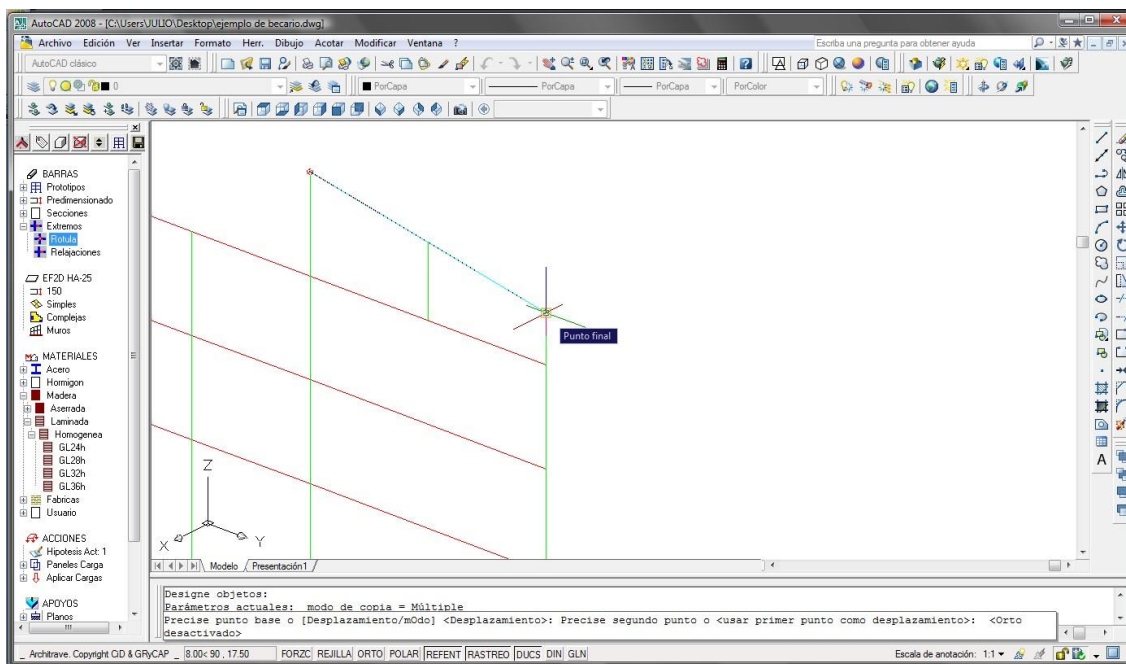
Mientras no especifiquemos algo distinto, todos los nudos se consideran rígidos. Si deseamos, en nuestro caso, articular la viga del ático en su apoyo sobre los pilares, debemos insertar una *rótula* desde el árbol, siguiendo las instrucciones de la línea de comandos



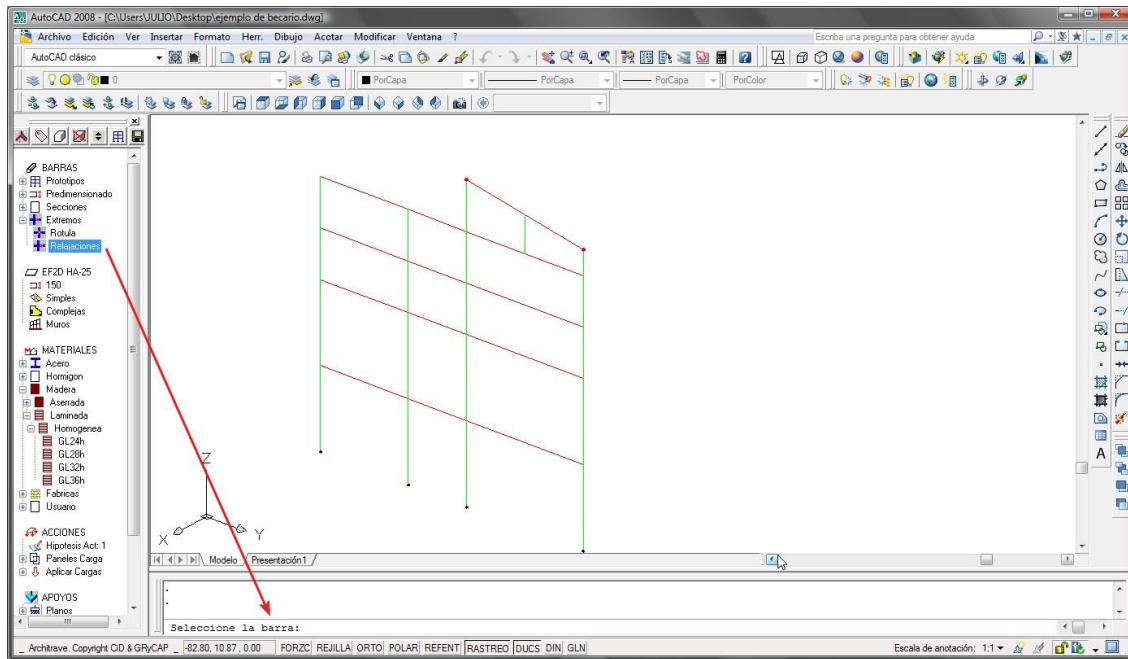
Queda insertada una entidad tipo "bloque" de AutoCAD, representada mediante un cubo, y que desligará los giros de ambas barras (de una de ellas respecto del nudo)



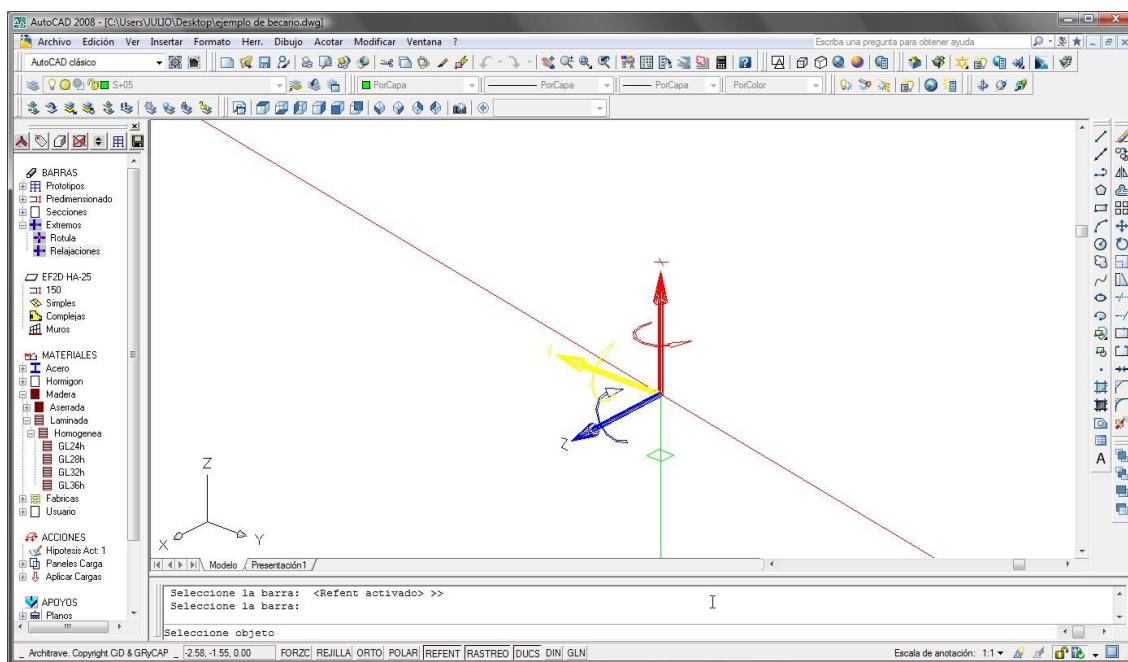
Para colocar la rótula en el pilar opuesto, podemos simplemente copiar este bloque



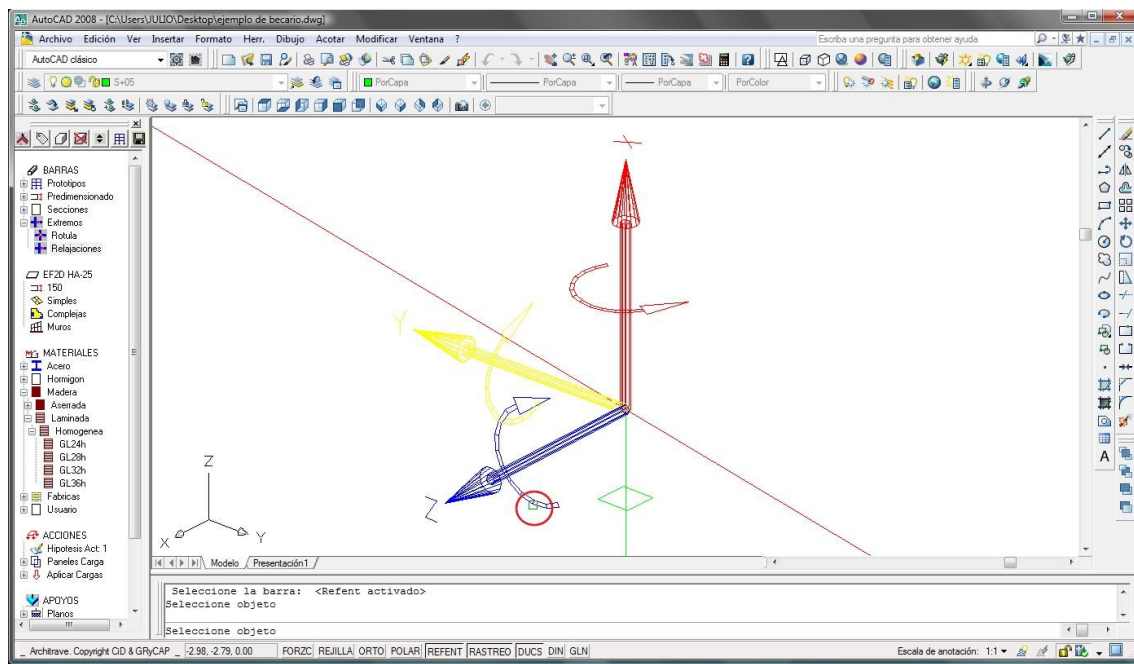
Si pretendemos que la viga sea “pasante” sobre el pilar intermedio, es decir, que su giro esté desligado, no podemos colocar una rótula (pues convertiríamos la viga continua en dos tramos articulados). En este caso la modelización correcta sería desvincular el giro del pilar respecto del nudo rígido que une ambos tramos de viga. Esto se consigue mediante la inserción de *relajaciones* de extremos de barra (ver imagen). Se debe seleccionar la barra del lado del extremo que queremos relajar



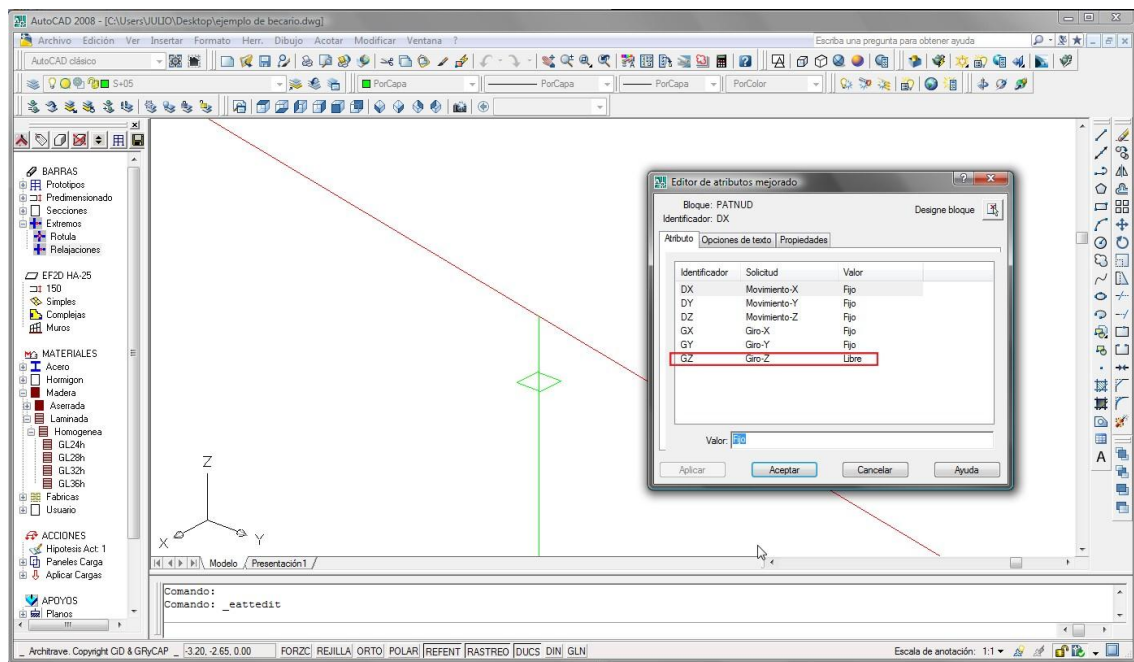
Automáticamente aparecerá un bloque sobre el nudo que representa los tres desplazamientos y tres giros susceptibles de ser relajados



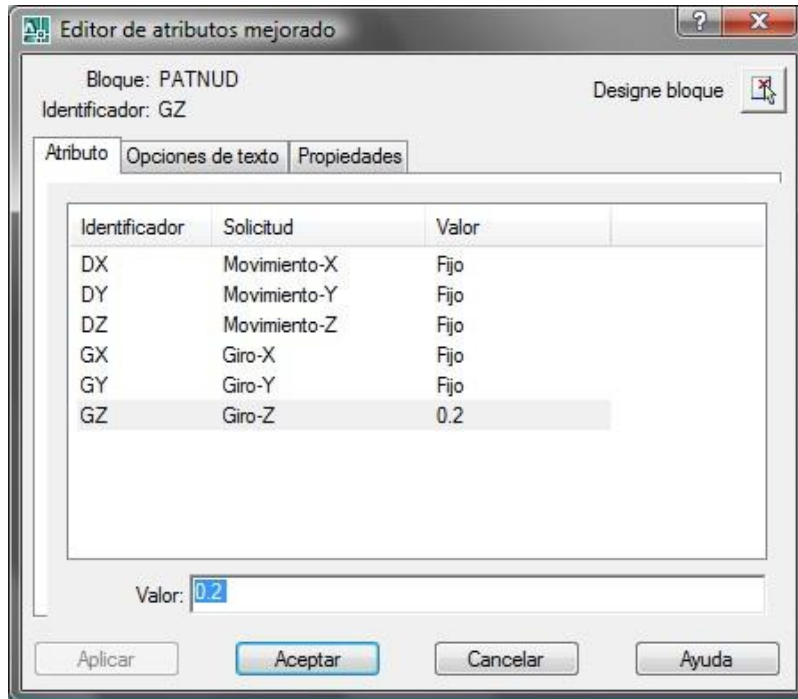
En nuestro caso deseamos relajar el giro en Z, luego hemos de seleccionar la flecha curva correspondiente. En cuanto situemos el cursor encima, se sobrepone el bloque completo con los 6 elementos, no sólo el correspondiente; no obstante, sólo quedará "relajado" el que hayamos pinchado.



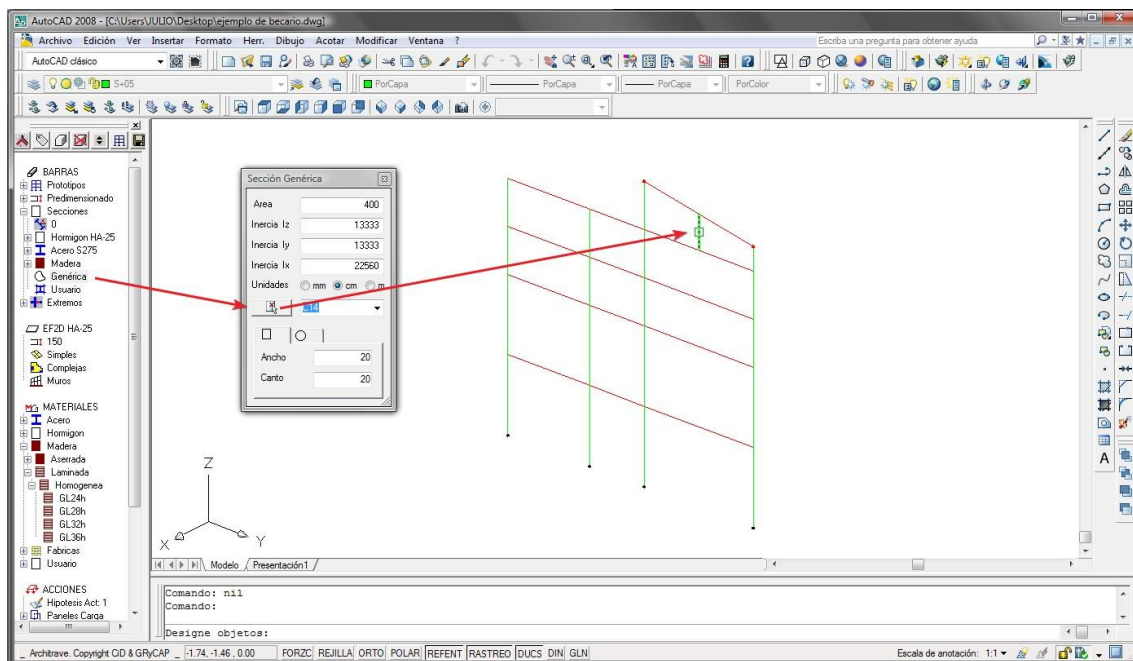
Para asegurarnos de que hemos efectuado bien la acción, consultamos el bloque remanente (un cuadrado perpendicular a la directriz de la barra) y efectivamente contemplamos que el único que aparece como “libre” es el giro en Z



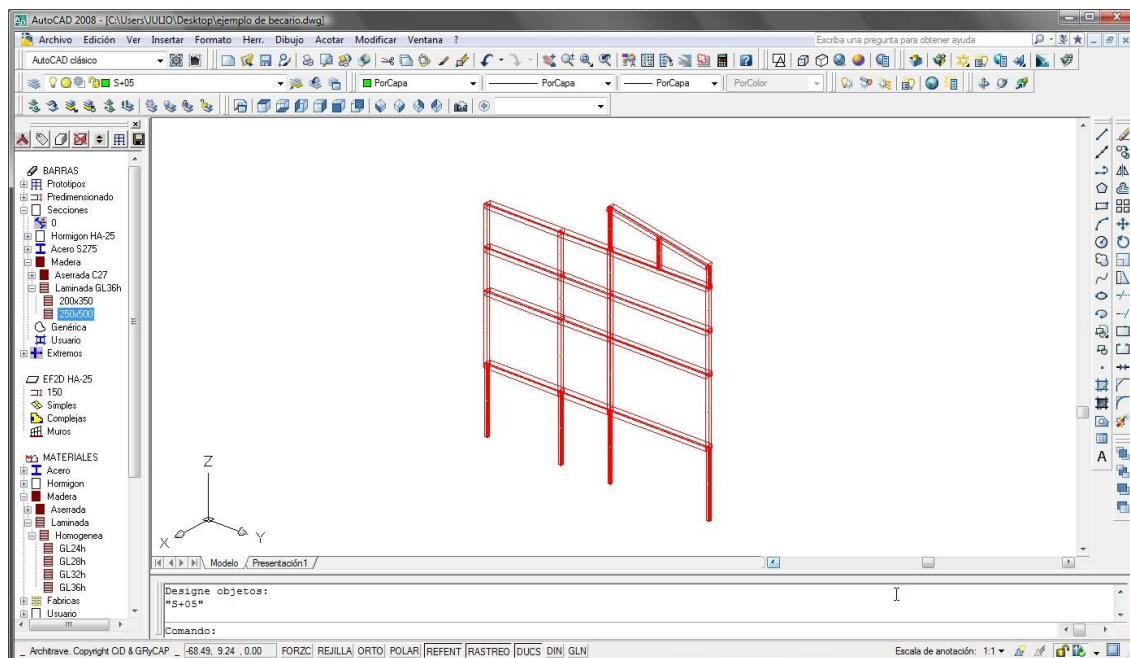
Si el pilar HEB 200 estimamos que puede coartar en alguna medida el libre giro de la viga de madera, podemos representarlo como un estado intermedio entre la libertad de giro total (0) o la coacción total (1). Establecemos ese extremo semirrígido con el valor 0,2



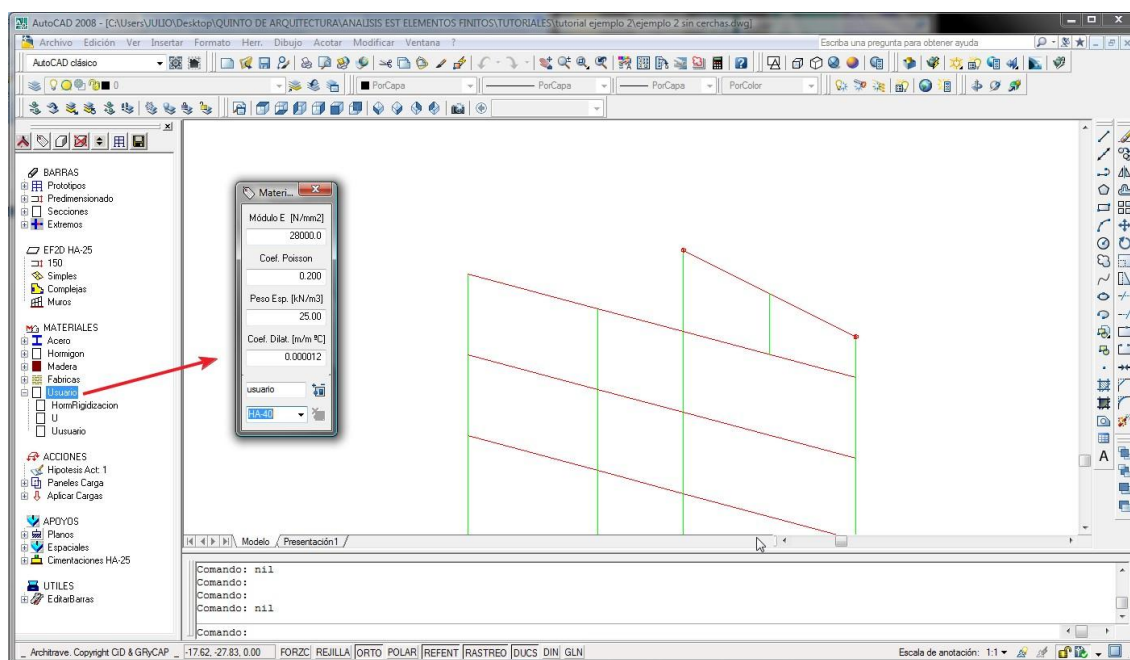
Puede darse el caso de que deseemos darle a una barra unas características mecánicas concretas, sin conocer si esas características corresponden a una sección establecida o a un perfil comercial. Para ello podemos acudir a las *Secciones genéricas*, estableciendo los valores de área e inercias correspondientes



Antes de comenzar a introducir acciones, siempre es conveniente comprobar que las secciones están correctamente colocadas. Para ello hacemos una *Volumetría* del conjunto, donde podemos observar que la sección genérica queda sin volumen, aunque si nos acercamos, sí que queda con su letrero

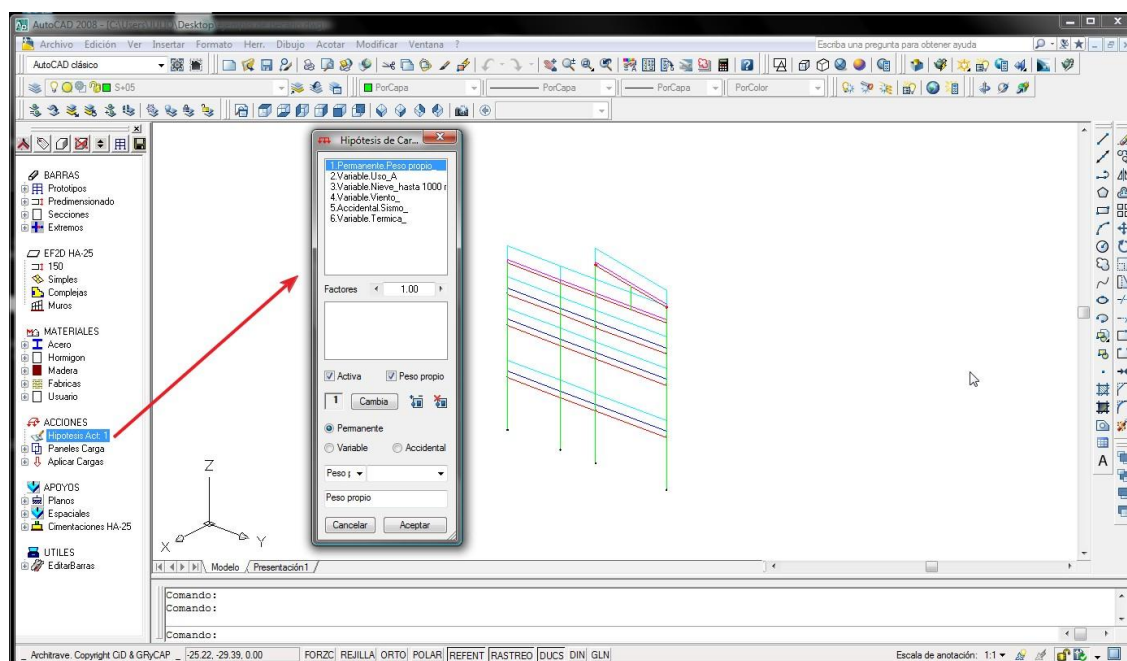


Para terminar de abarcar todas las posibilidades genéricas de asignación de propiedades a las barras, podemos definir y asignar un *Material de Usuario*, escogiendo valores aleatorios para los parámetros de deformación, peso y dilatación.

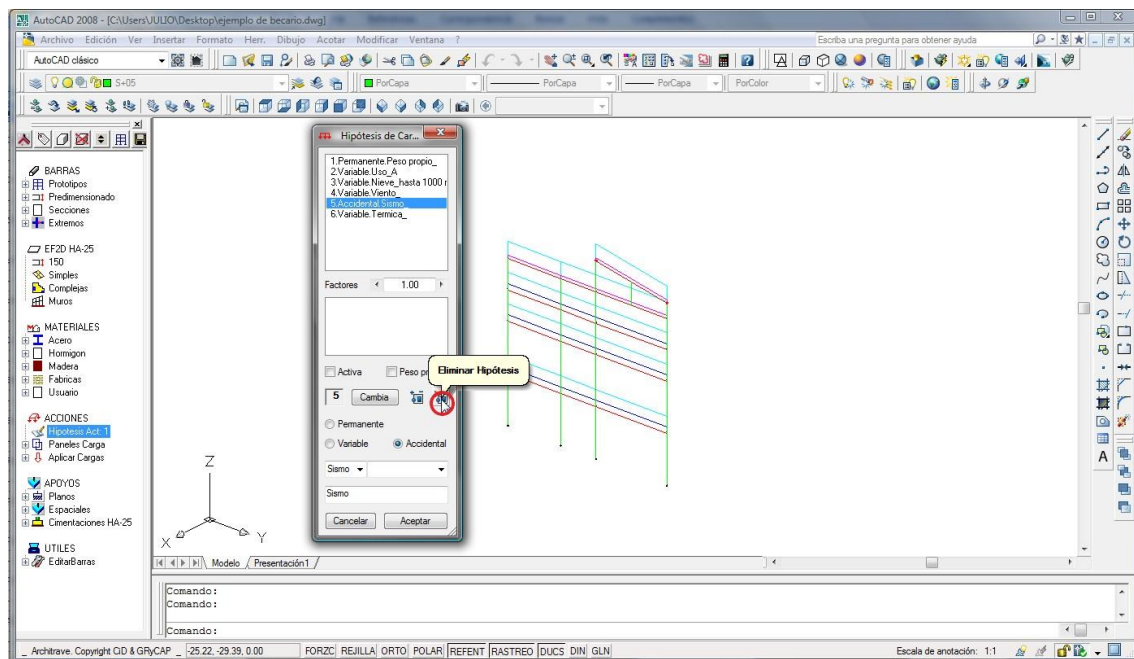


3.9 Hipótesis de carga

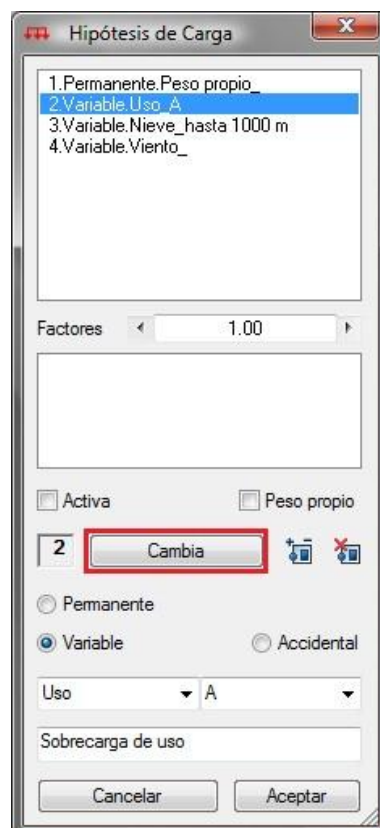
Nuestra estructura llevará cargas permanentes, sobrecarga de uso, de nieve y de viento. Para gestionar las hipótesis, pinchamos doble clic sobre el botón correspondiente, que abrirá una ventana donde aparece: la lista de hipótesis, el factor multiplicador que se puede aplicar directamente a cada hipótesis (independientemente de los factores de combinación, que se establecen en el módulo de cálculo de Architrave), botones de capa activa (donde se incluirán las cargas si no tenemos como capa actual alguna de las destinadas a hipótesis) y de inclusión del peso propio en dicha capa, botones para añadir o quitar hipótesis, e información del tipo de acción que se trata.



En nuestro caso, procedemos a eliminar las hipótesis de sismo, térmica y la de nieve (pues la hemos introducido en los prototipos como hipótesis 3, no como 7

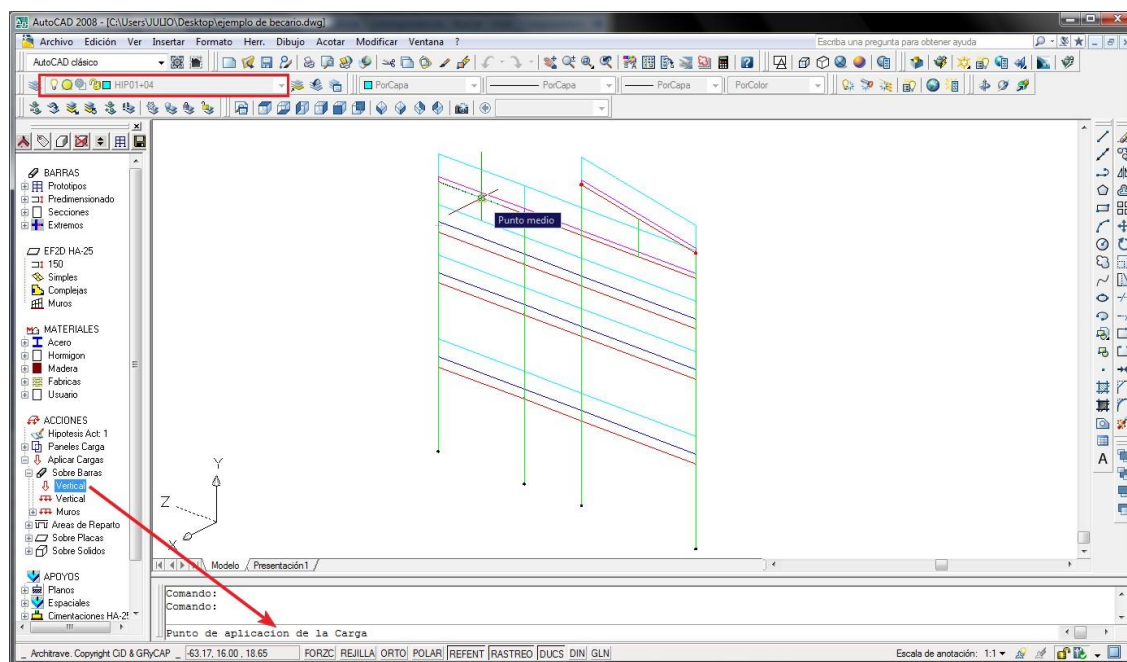


Eliminando las hipótesis 4 y 5, nos quedamos con lo siguiente, pero si hay que proceder a cambiar la alguna hipótesis, primero establecemos las características y nomenclatura, y luego pulsamos el botón de **Cambia**

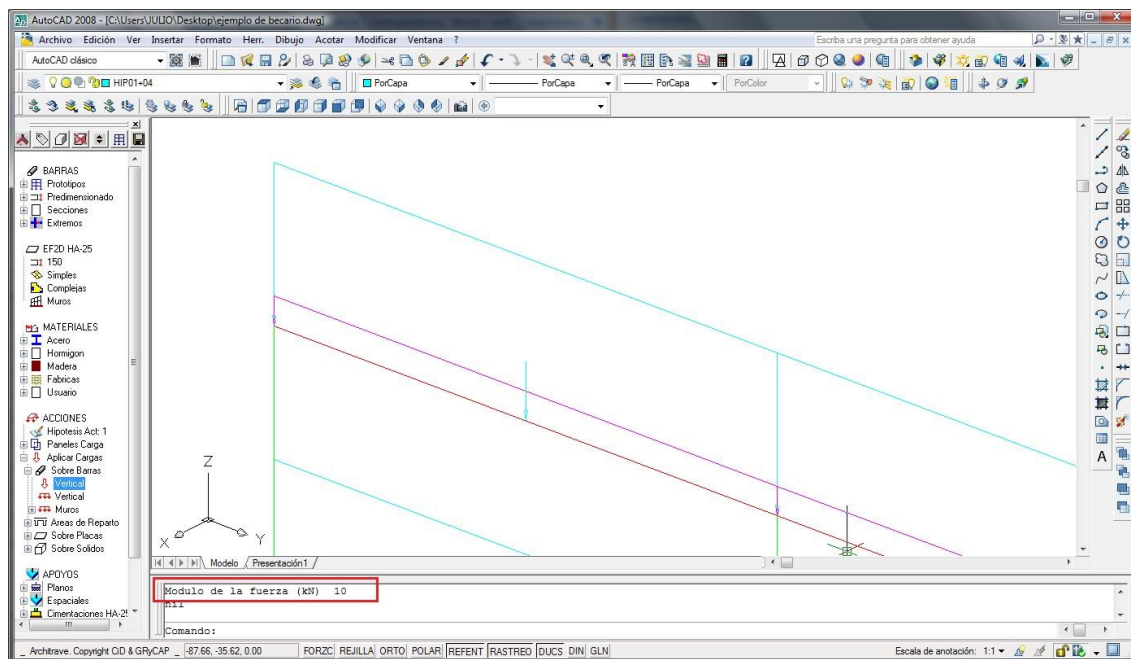


3.10 Inserción de acciones

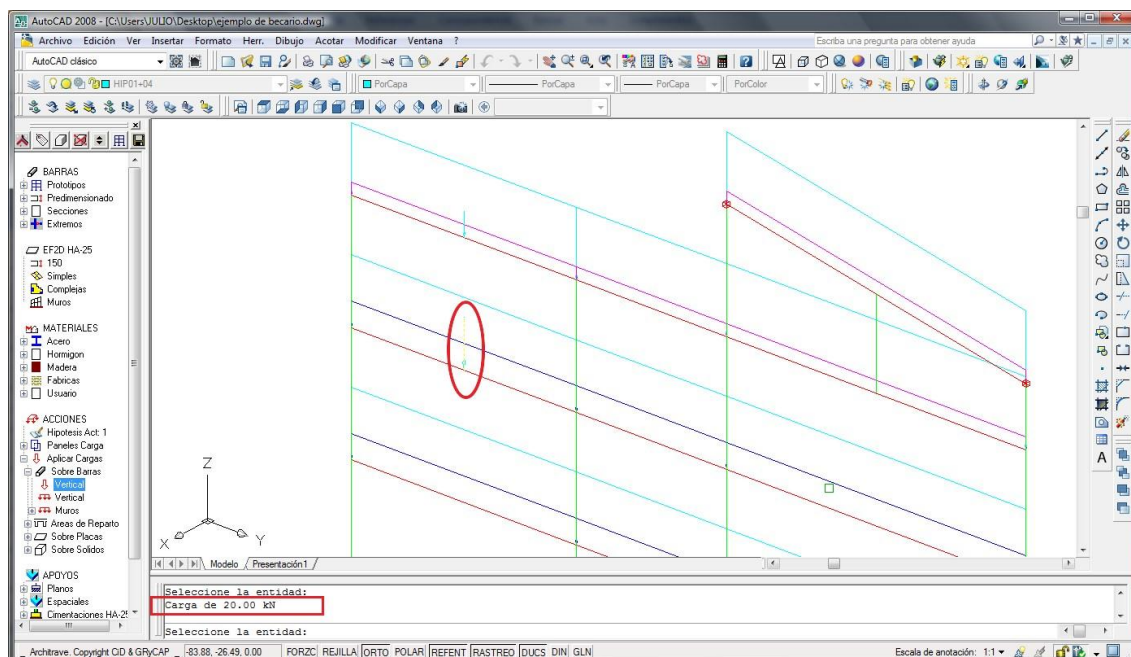
Seguidamente nos disponemos a aplicar ciertas cargas añadidas a las que establecimos para la inserción del pórtico. Comenzamos por añadir cargas puntuales (debidas a muros transversales, por ejemplo). Después de colocarnos en la capa deseada, hacemos clic con botón derecho sobre la carga *vertical* en el árbol, y señalamos el punto de aplicación correspondiente y el valor de la carga en kN



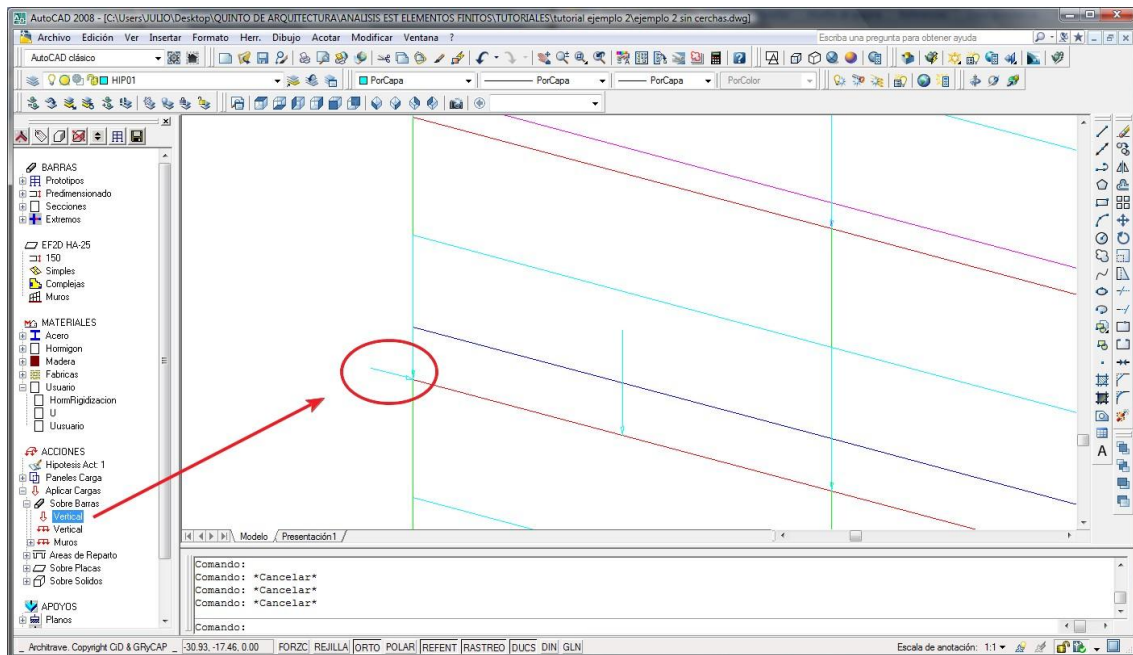
Aparece dibujada la carga como una polilínea de longitud equivalente según su módulo. Si deseamos modificar globalmente la escala de visualización de cargas, debemos pulsar el icono de propiedades generales de la estructura (primero de los del encabezamiento del árbol) y entrar en la primera pestaña.



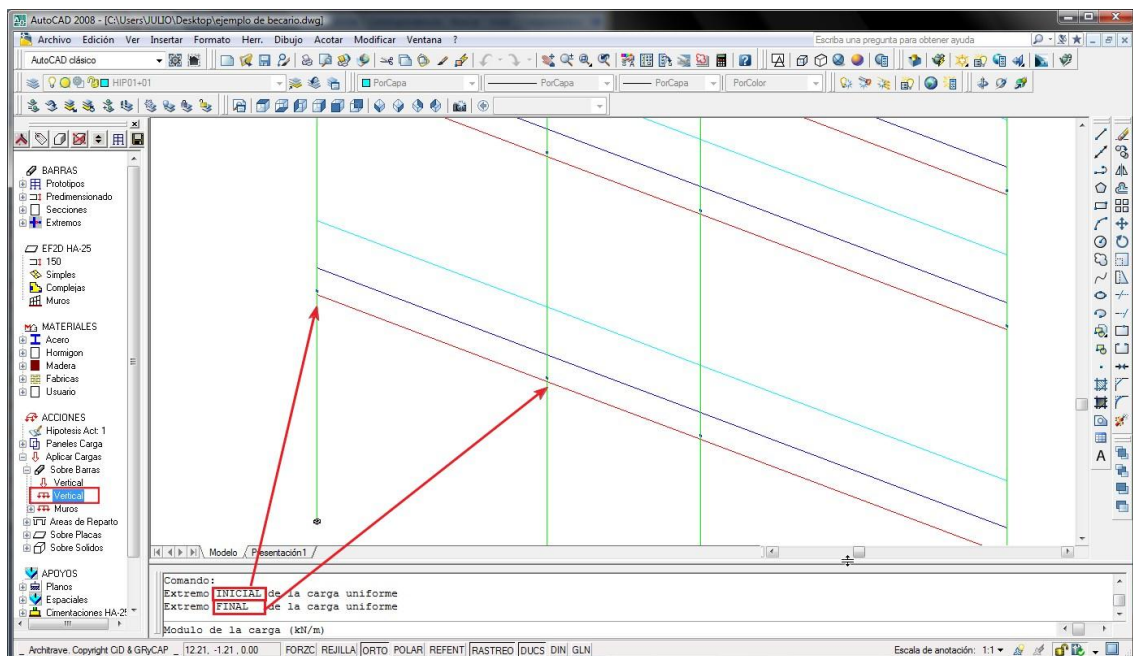
Al igual que el resto de entidades, podemos copiarlas y escalarlas, modificando así el módulo de la carga



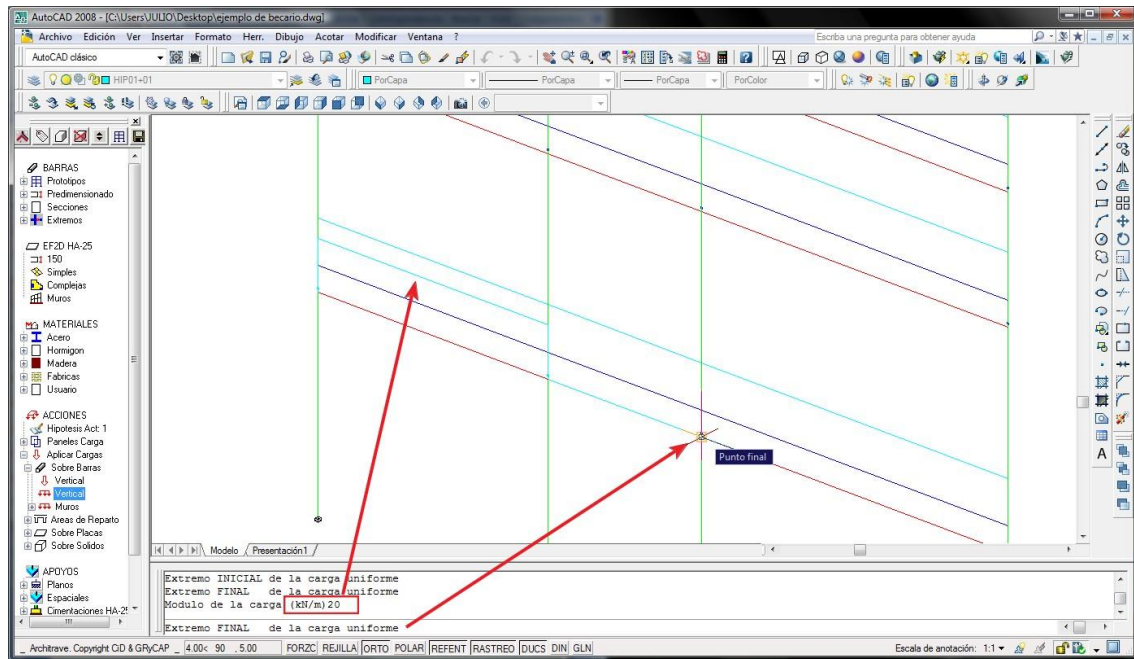
Podemos cambiar su dirección y sentido de aplicación mediante órdenes de AutoCAD como *girar*, *girar3D*, *simetría*...



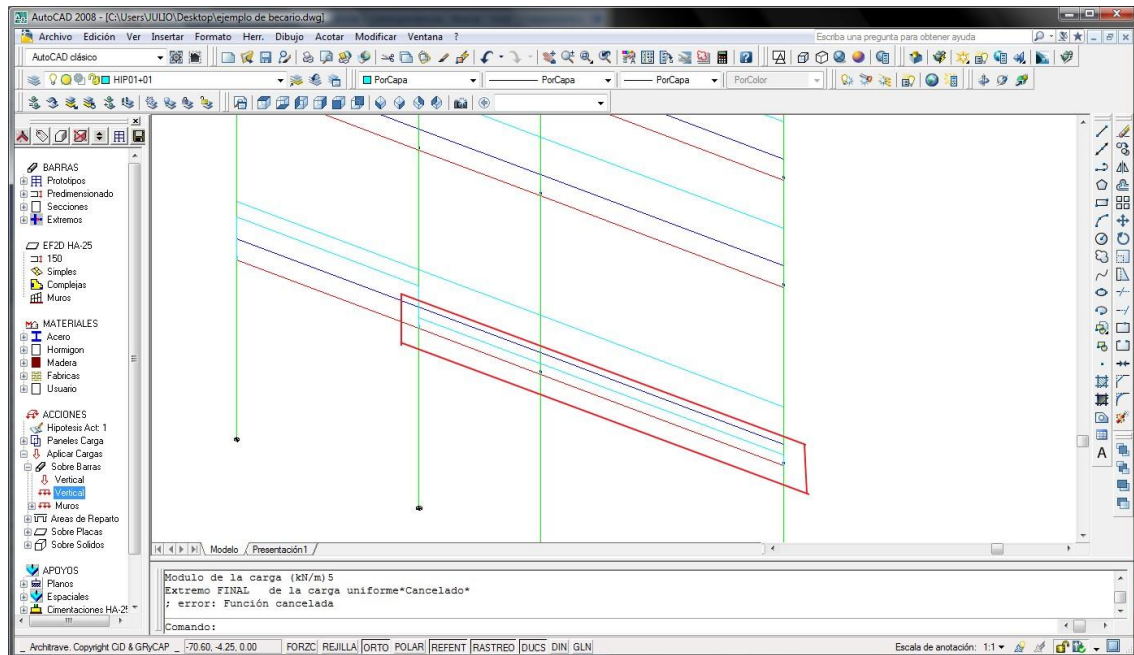
Para insertar cargas repartidas sobre barra, acudimos a su lugar correspondiente dentro del árbol y hacemos doble clic. Siguiendo instrucciones de la línea de comandos, introducimos punto inicial, final y módulo



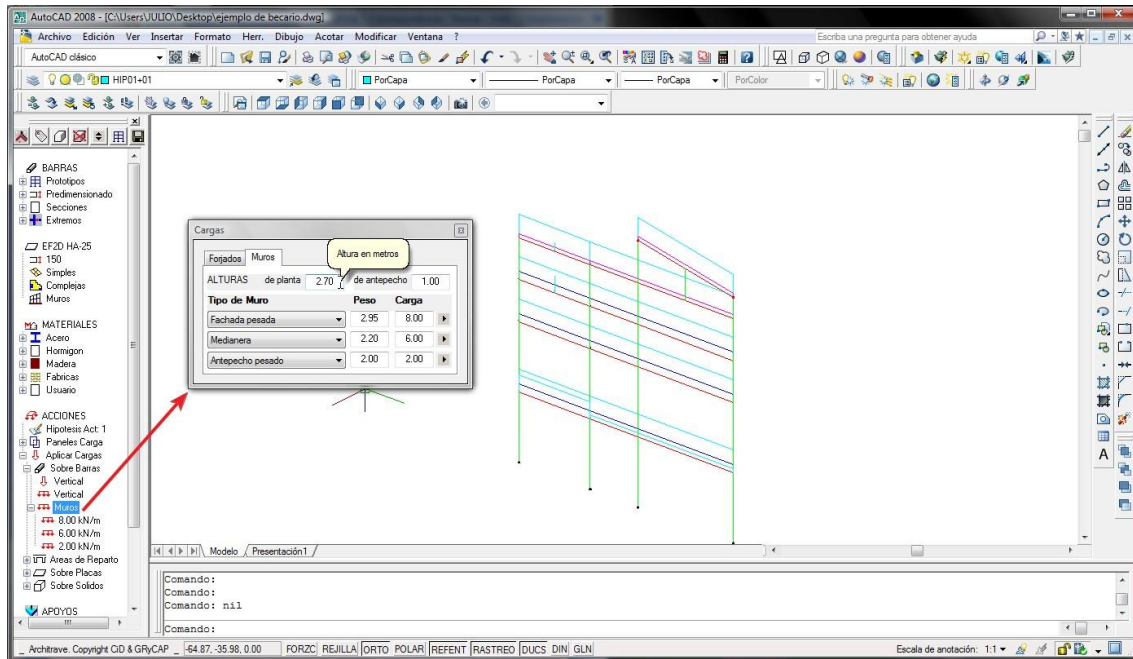
La orden está preparada para concatenar cargas lineales, comenzando por el punto final de la anterior



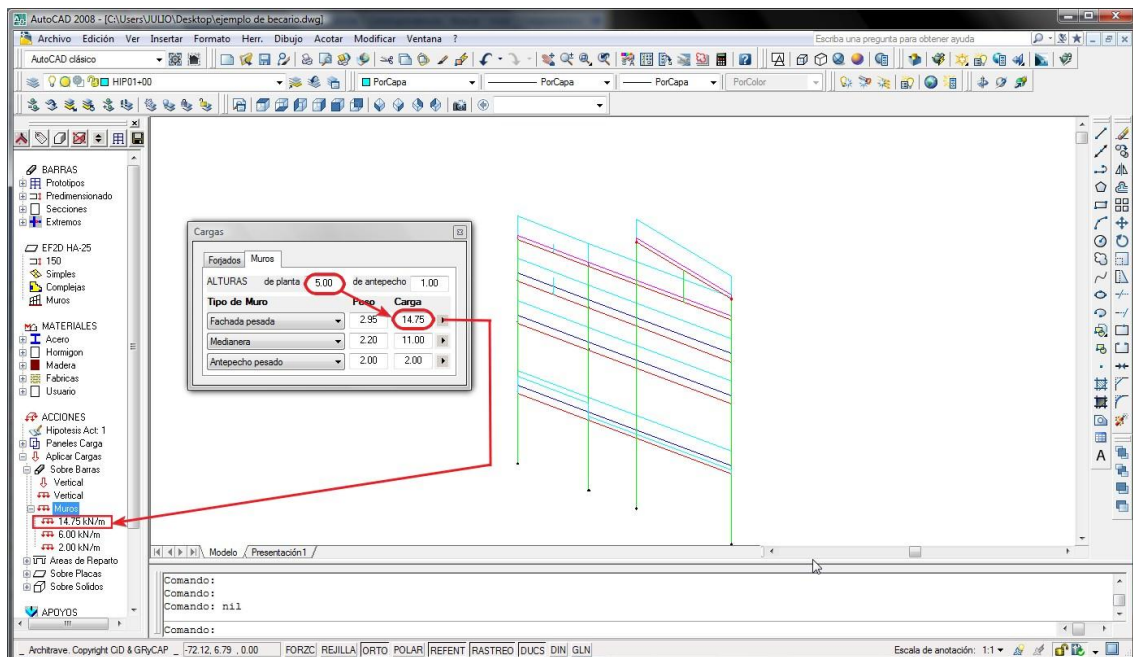
No es necesario aplicar las cargas repartidas barra a barra: podemos colocarla sobre un conjunto de vigas alineadas



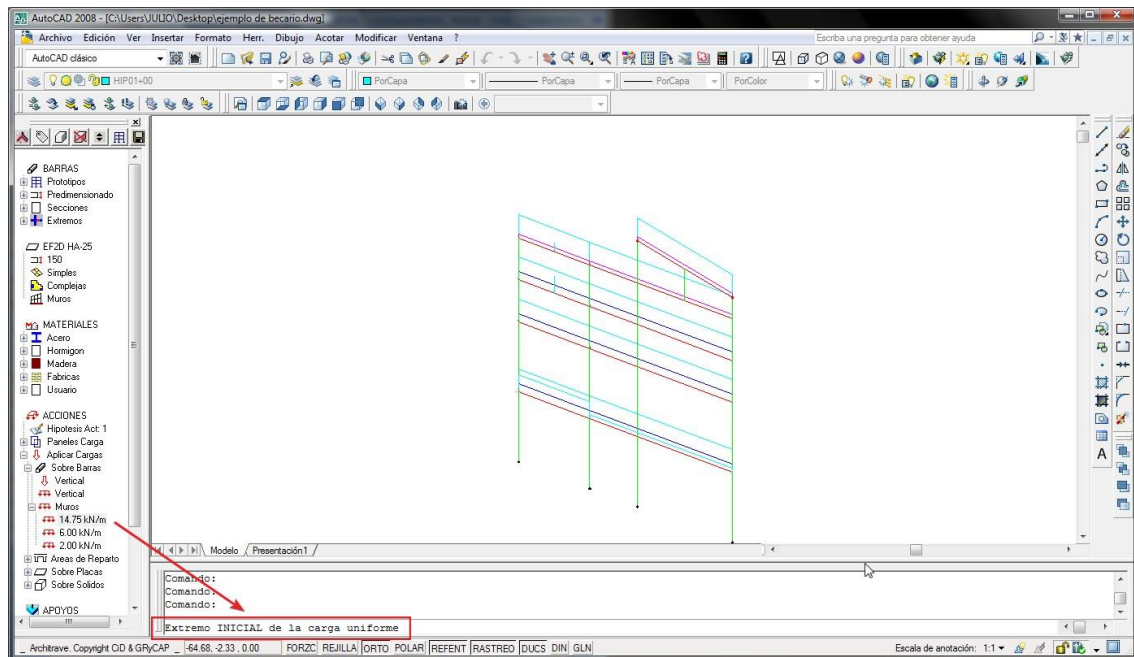
Otra opción para colocar cargas repartidas es mediante la orden *carga de muro*, con la cual se puede obtener el módulo de manera indirecta (especificando altura del muro y densidad)



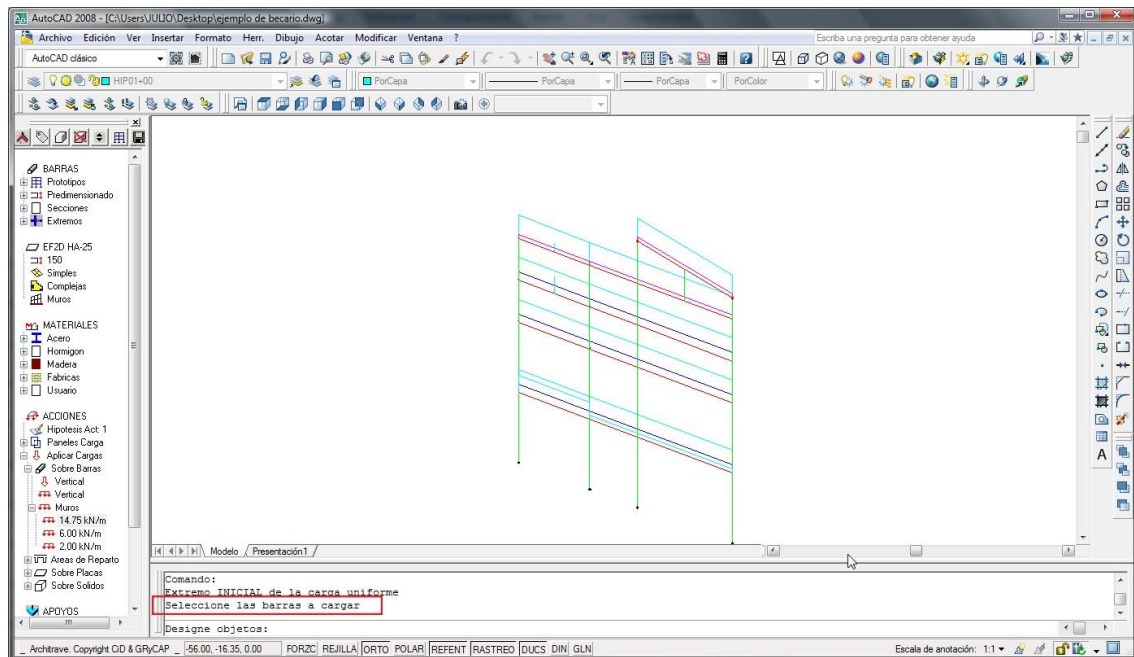
Como la carga la vamos a colocar en la planta primera, modificamos la altura de 2.70 a 5 m y automáticamente se actualiza el valor en el árbol, listo para aplicarse sobre el dibujo

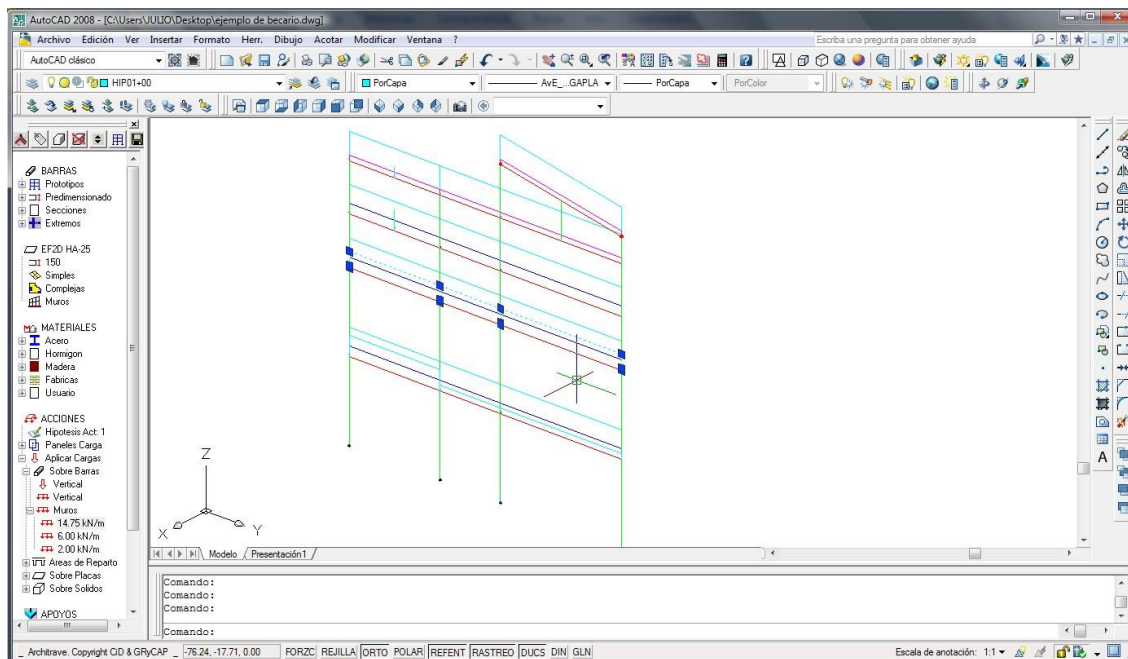
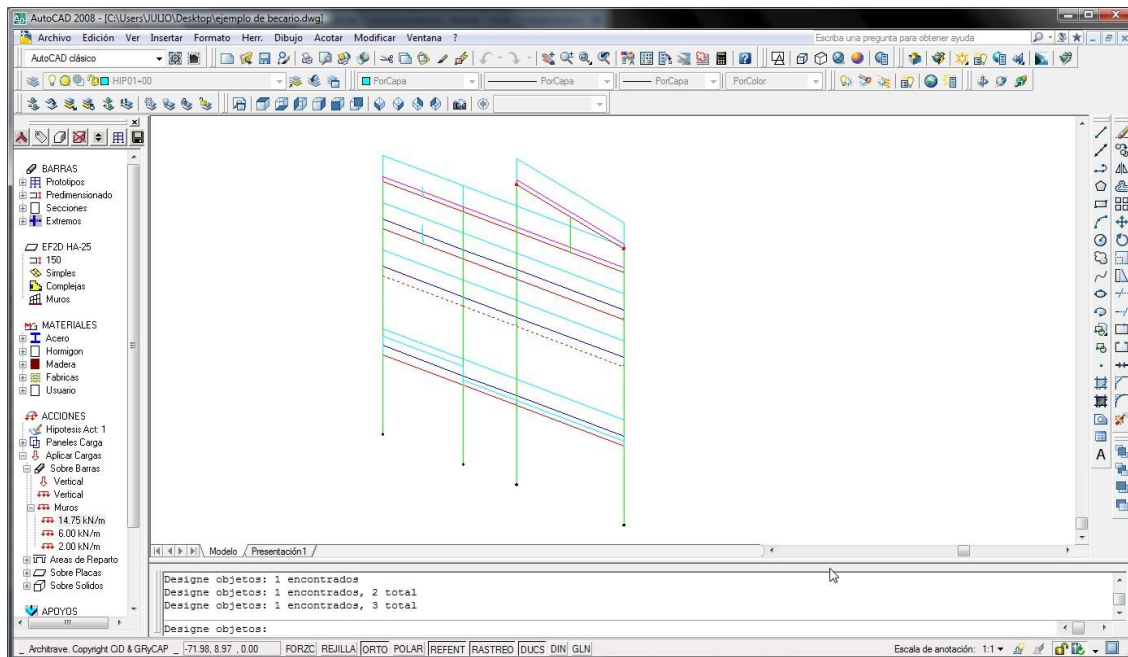


En este caso, para aplicar la carga podemos especificar punto inicial y final, como en el caso anterior

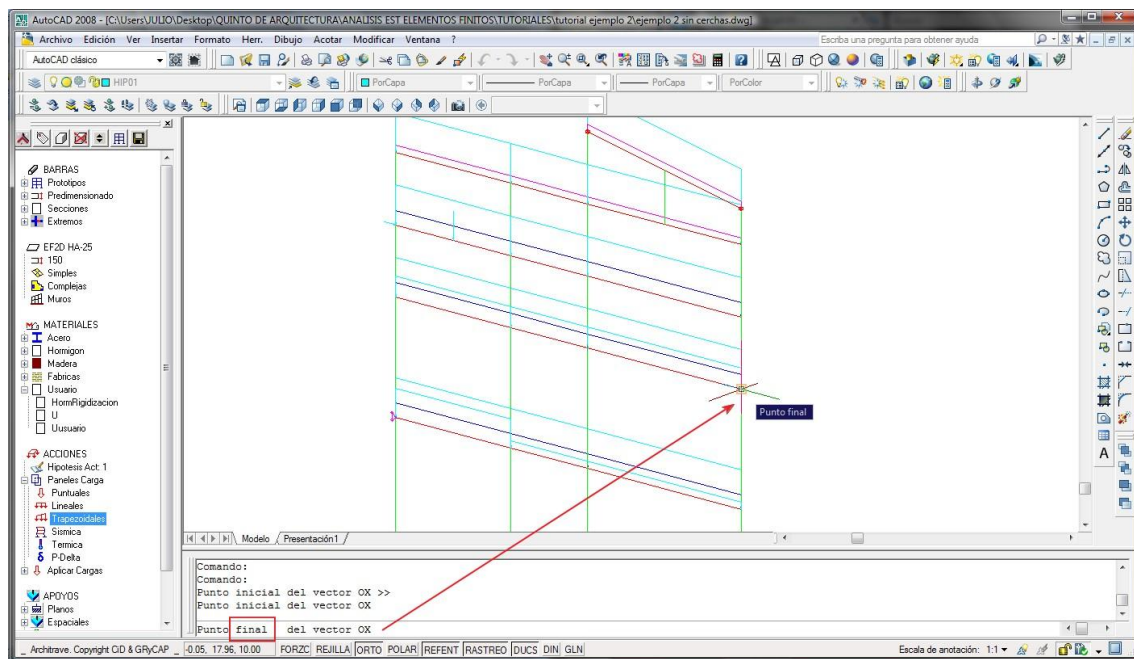
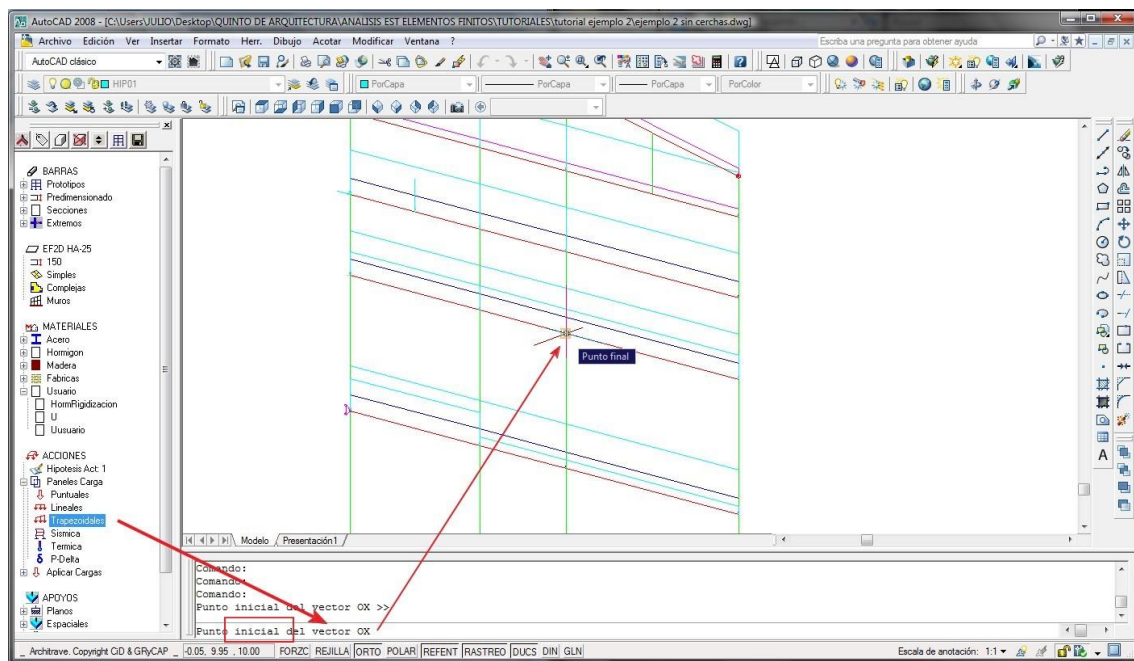


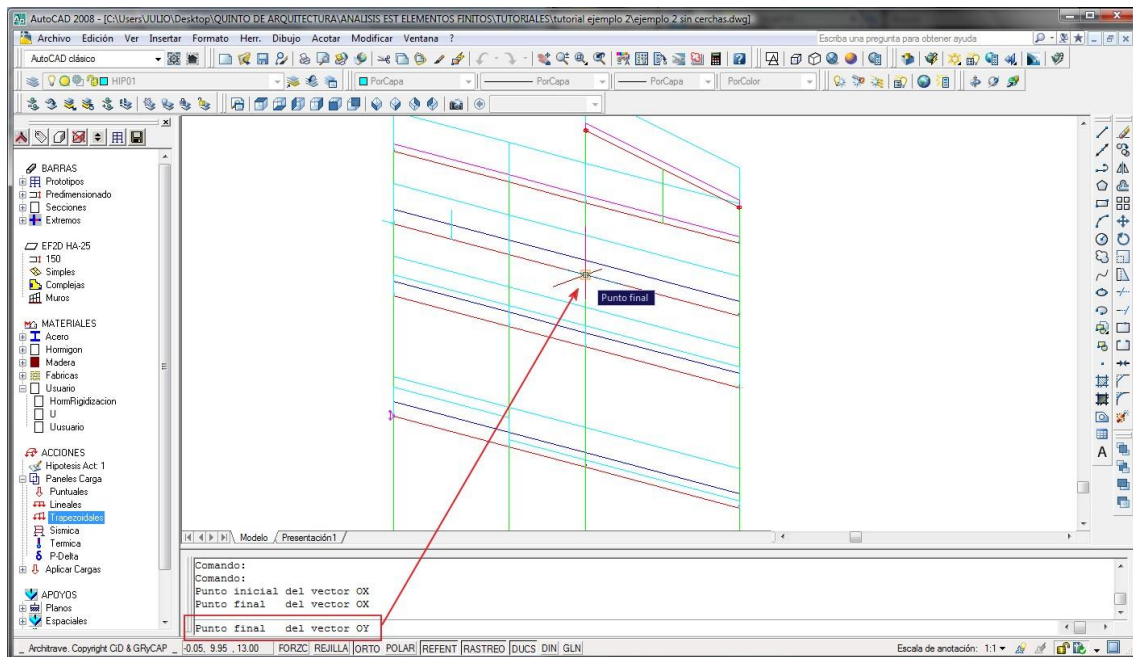
Podemos hacerlo como acabamos de ver, pero, si hacemos clic derecho sobre el dibujo, la línea de comandos da la orden de seleccionar barras sobre las que se aplicará esta carga lineal



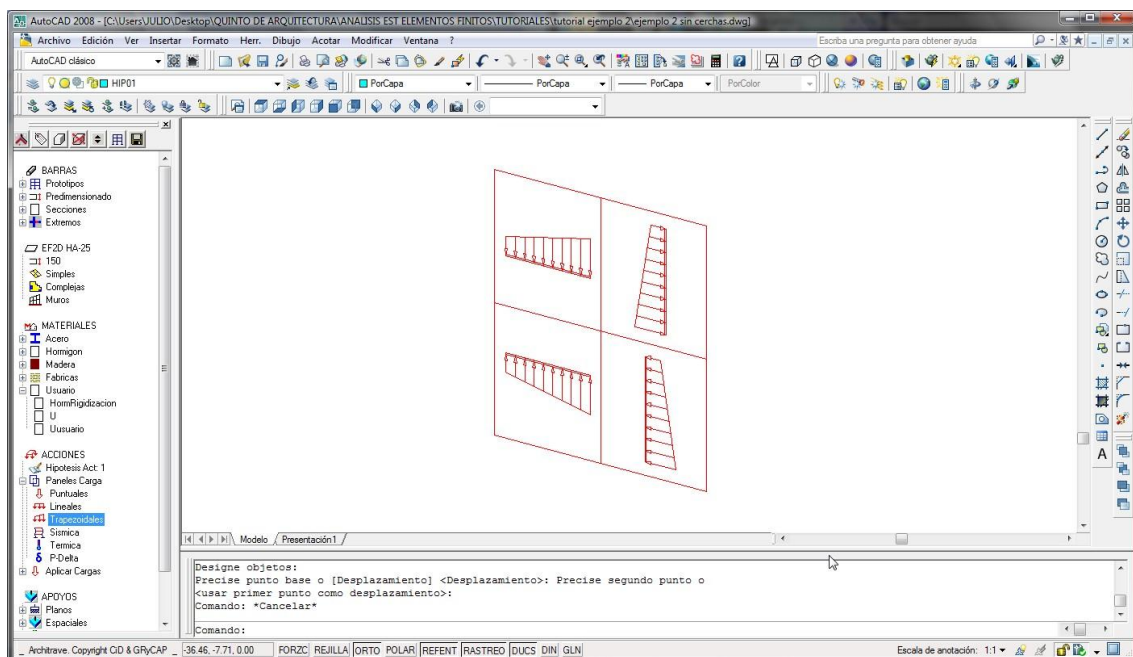


Para insertar cargas de otra índole, debemos utilizar los *Paneles de carga*. Debemos hacer clic derecho y marcar en el dibujo los ejes directores para su inserción. Insertamos en nuestro modelo el panel de carga trapecial

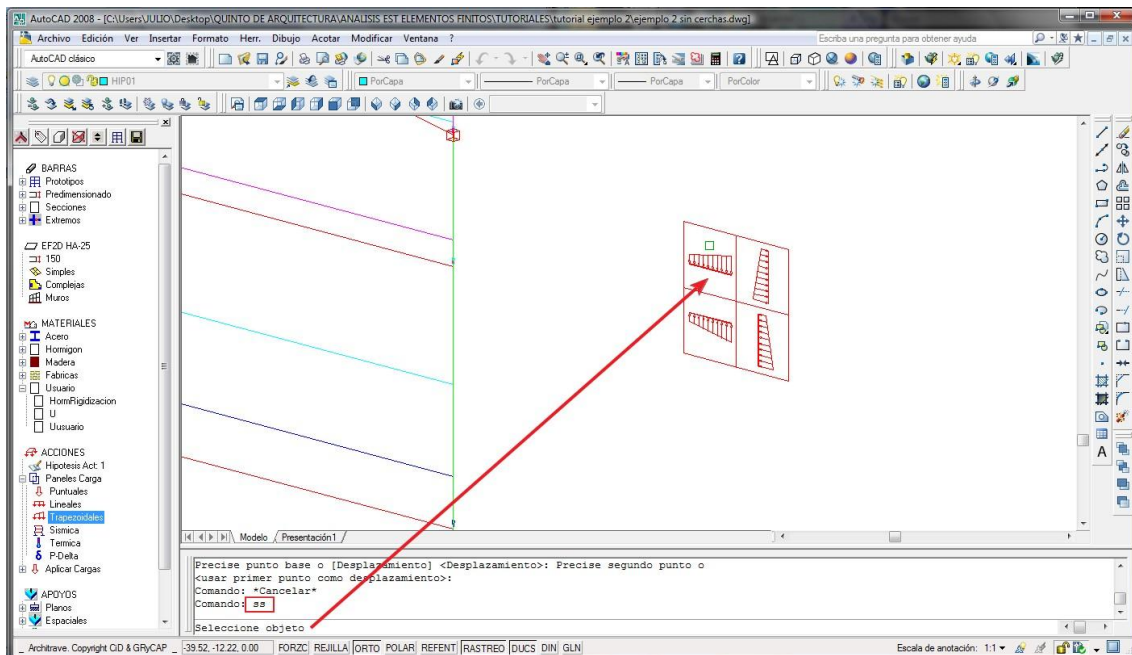




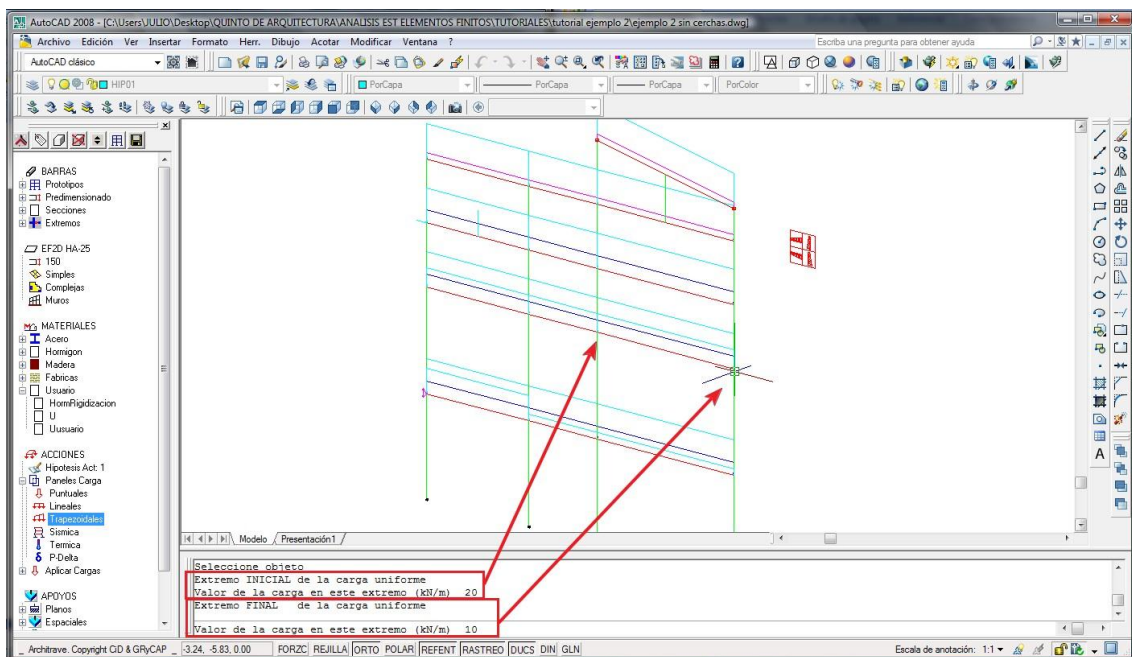
Aparece un panel con carga trapecial desde los 4 lados

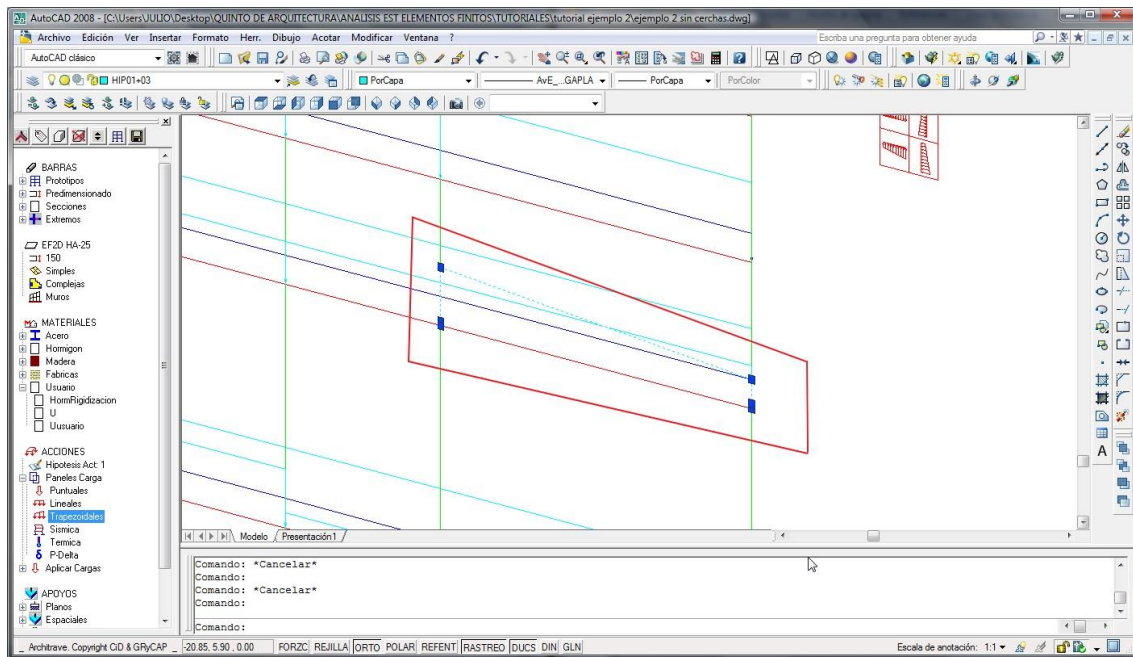


Para aplicar la carga trapecial, escribimos "ss" (asignar) y pinchamos encima del tipo de carga deseado



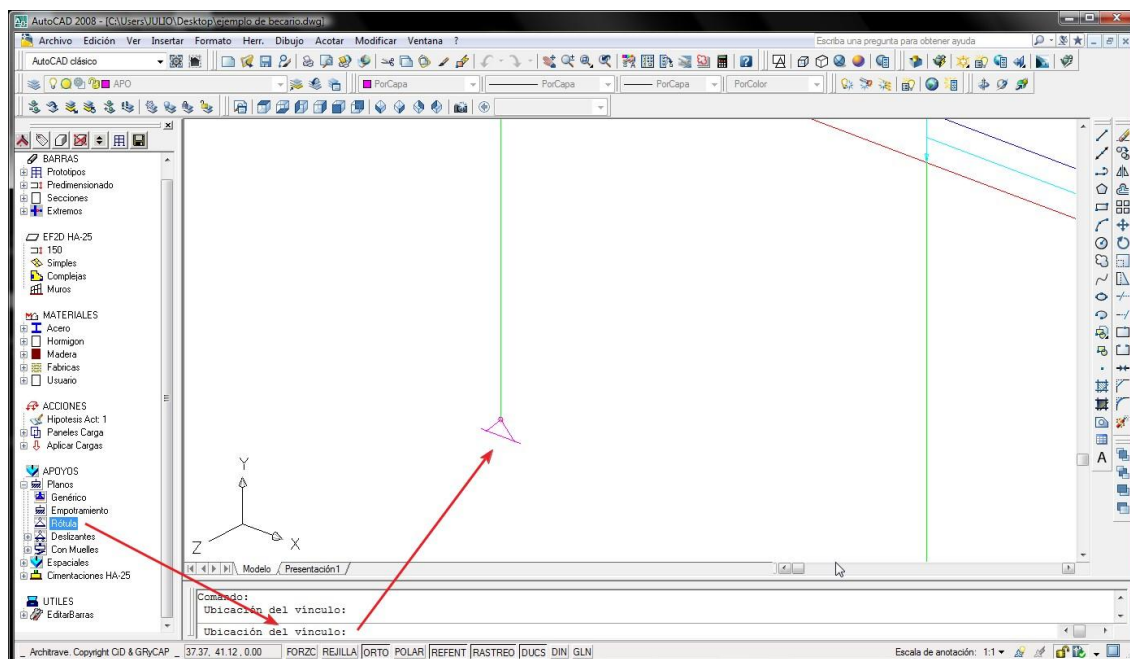
A continuación nos pide los extremos de la carga y sus valores respectivos



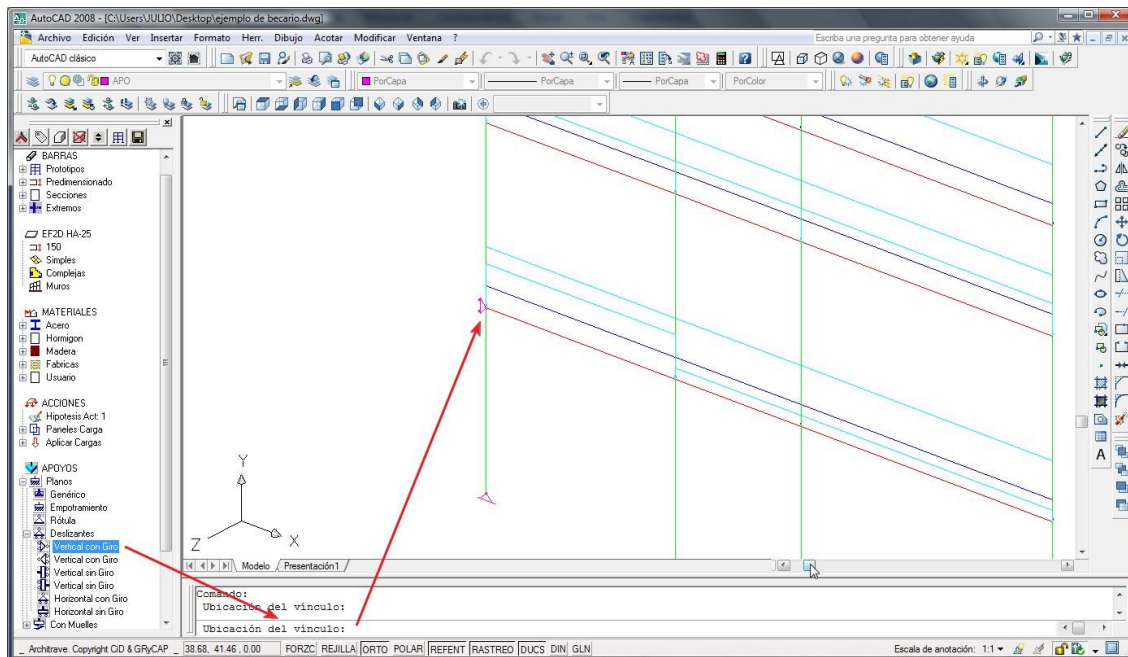


3.11 Inserción de apoyos

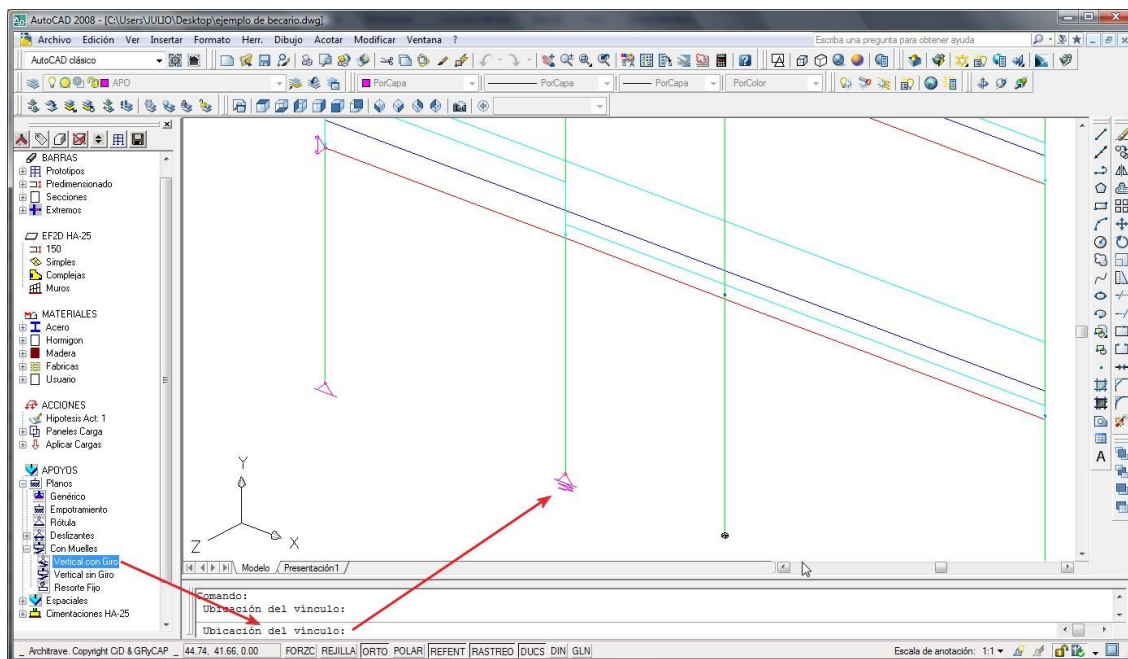
Al insertar el prototipo *Pórtico plano*, automáticamente quedaron colocados empotramientos en todas las bases de pilar. Para cambiar estos apoyos, hay que eliminar el bloque de empotramiento anterior e insertar desde el árbol el apoyo deseado. El procedimiento es similar a los anteriores: doble clic y clic sobre la base del pilar. Sustituimos el primer empotramiento por una articulación (siempre en 2D: apoyos planos)



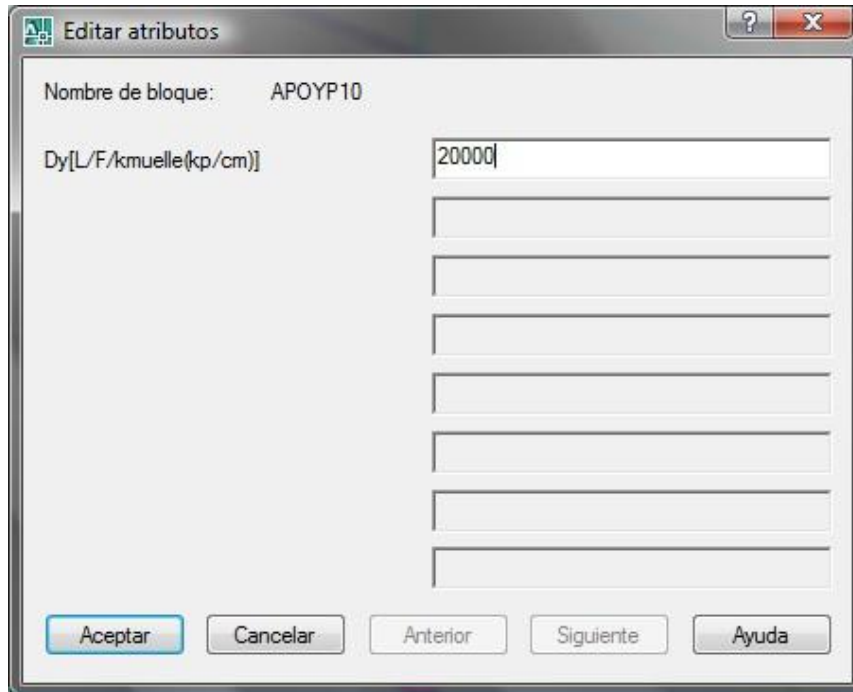
Si nuestro edificio está acodado lateralmente, debemos insertar un apoyo deslizante en Z (vertical)



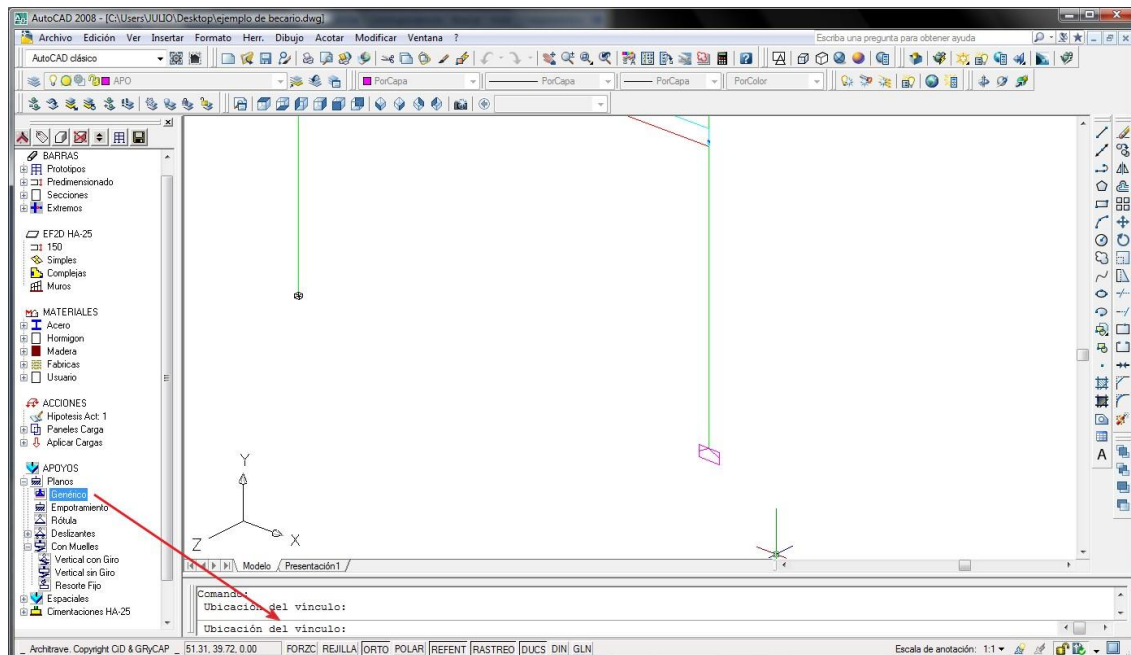
También podemos simular el asiento del terreno mediante un apoyo tipo “muelle” vertical con giro



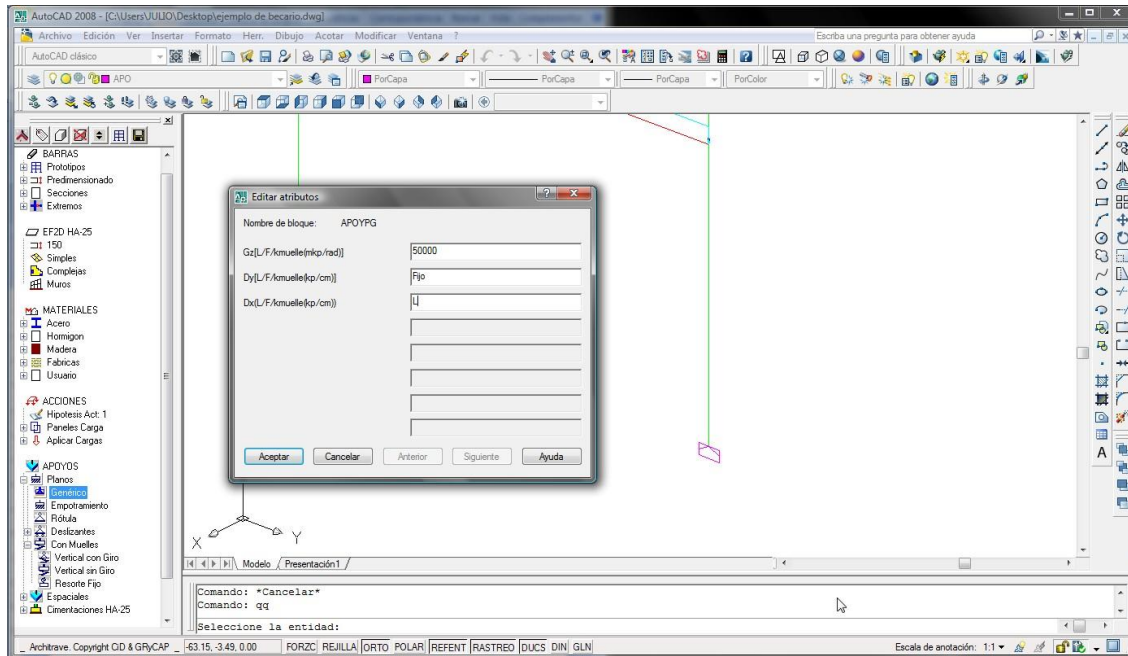
Podemos modificar la constante del muelle consultando el bloque y escribiendo el valor deseado en kp/cm, pulsando el comando “qq”



Para insertar otro tipo de apoyo no reglado en el árbol, se debe insertar un apoyo genérico

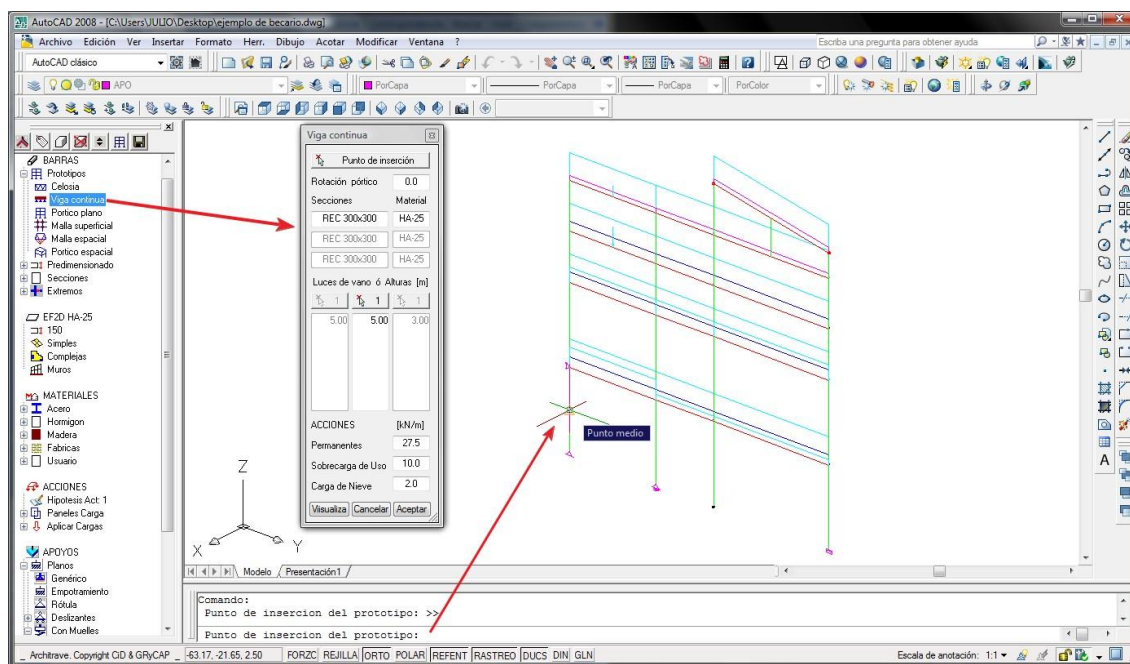


Análogamente, habrá que consultarlo e introducirle en cada campo un valor numérico (constante de muelle) o bien los textos Libre o L, o bien Fijo o F, para simular constantes de muelle equivalentes a 0 e infinito, respectivamente

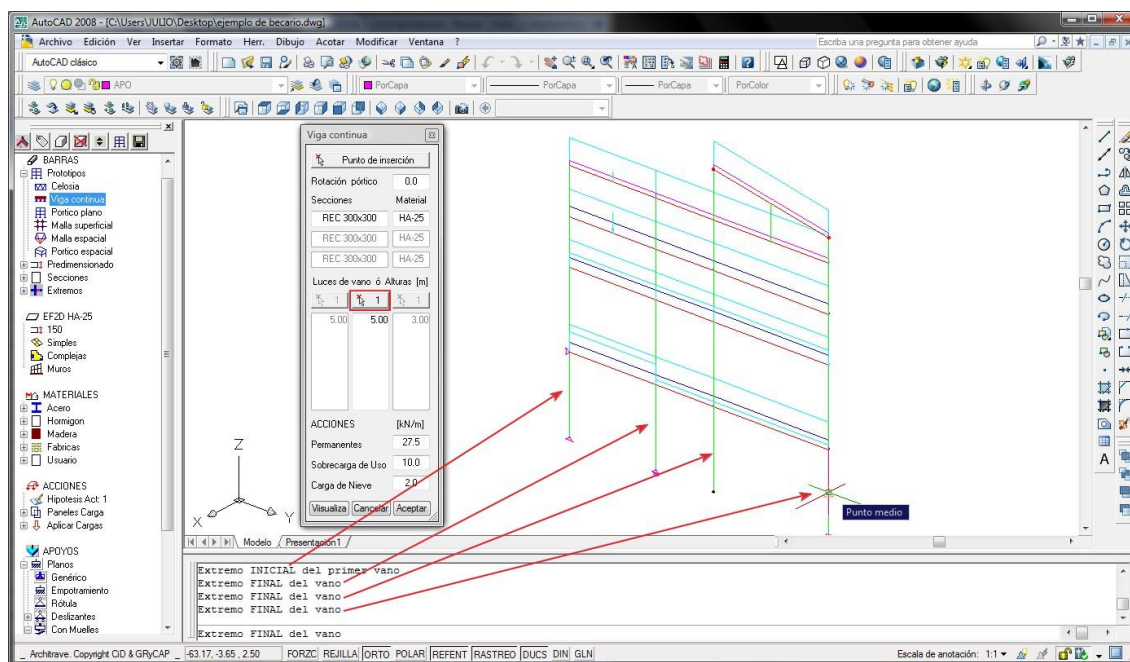


3.12 Inserción de viga continua

Para hacer uso del siguiente prototipo plano que encontramos en el árbol, vamos a suponer que en la planta baja de nuestro edificio queremos proyectar un puente grúa, equivalente a una viga continua. Para ello, abrimos con botón derecho la ventana propia del prototipo, y establecemos el punto de inserción en el punto medio del pilar izquierdo (pinchando sobre el dibujo)



También establecemos gráficamente las luces pinchando sobre el dibujo



Viga continua

Punto de inserción

Rotación pórtico 0.0

Secciones Material

REC 300x300 HA-25

REC 300x300 HA-25

REC 300x300 HA-25

Luces de vano ó Alturas [m]

5.00 6.00 3.00

4.00

8.00

ACCIONES [kN/m]

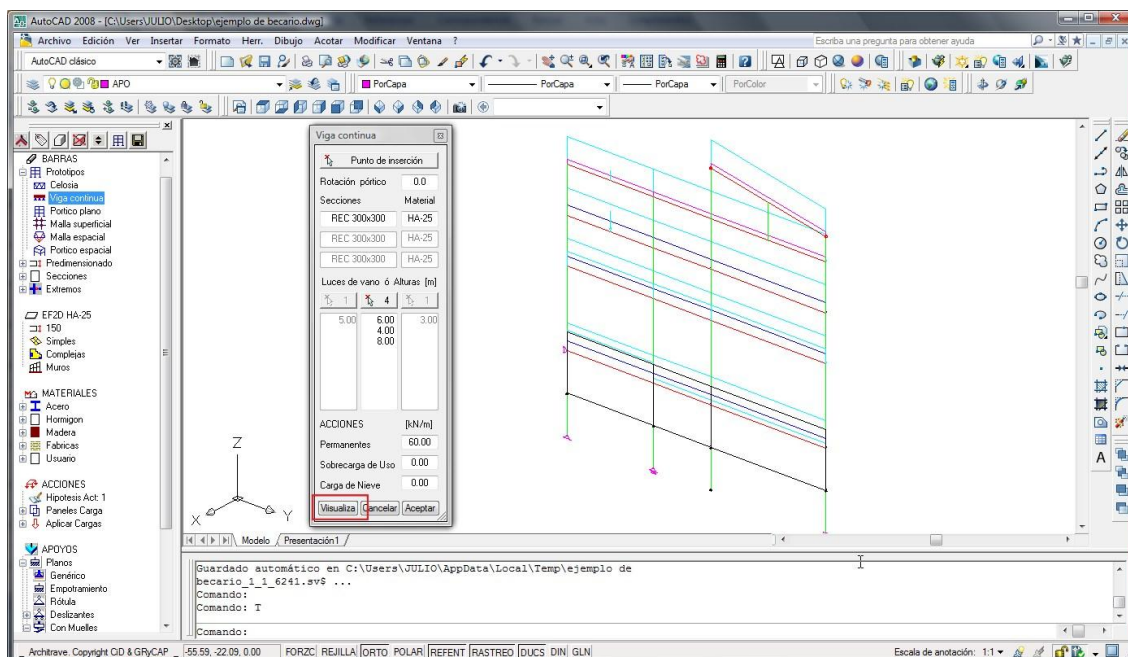
Permanentes 60.00

Sobrecarga de Uso 0.00

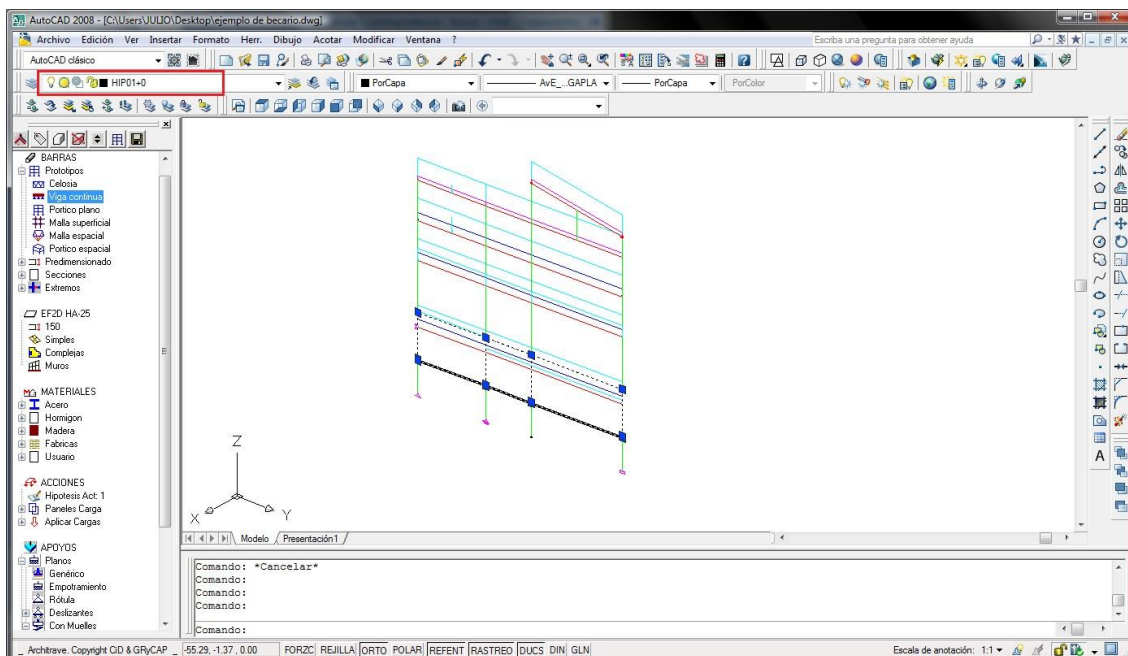
Carga de Nieve 0.00

Visualiza Cancelar Aceptar

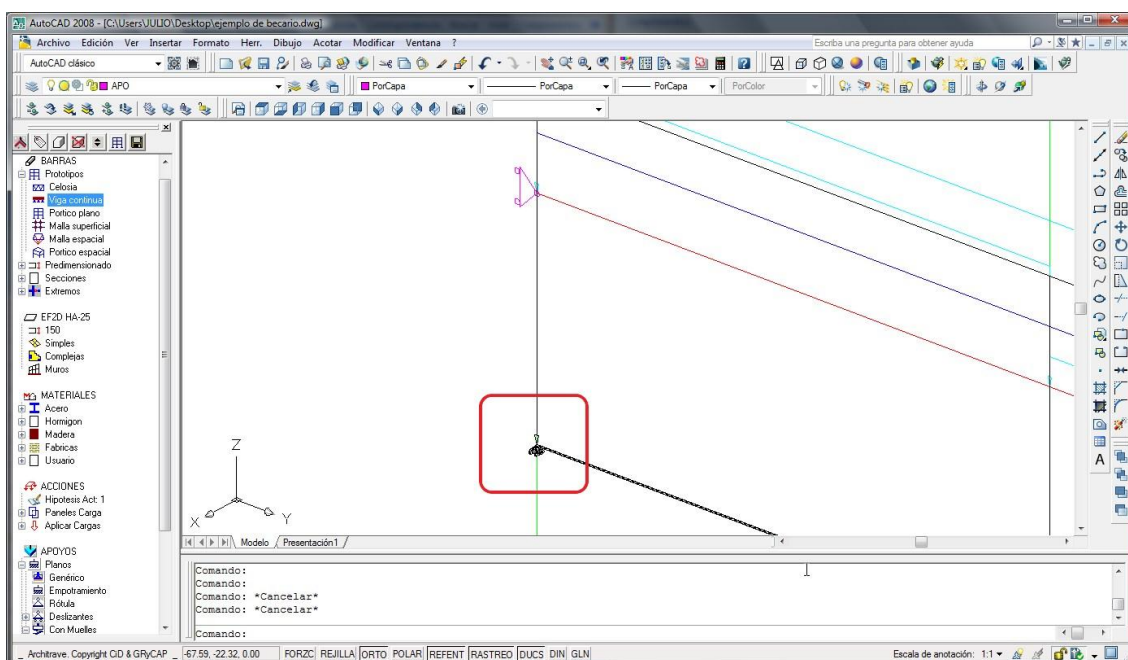
Y previsualizamos el prototipo sobre el dibujo. Como todos los prototipos, se encuentra en estado dinámico hasta que no le damos a *Aceptar*, de tal manera que podemos cambiar sus características modificando los valores de la ventana



Nótese que la carga del puente grúa se ha colocado en otra capa distinta a la carga permanente del pórtico plano. Por lo tanto, al utilizar el navegador de plantas, esta capa no entrará en juego

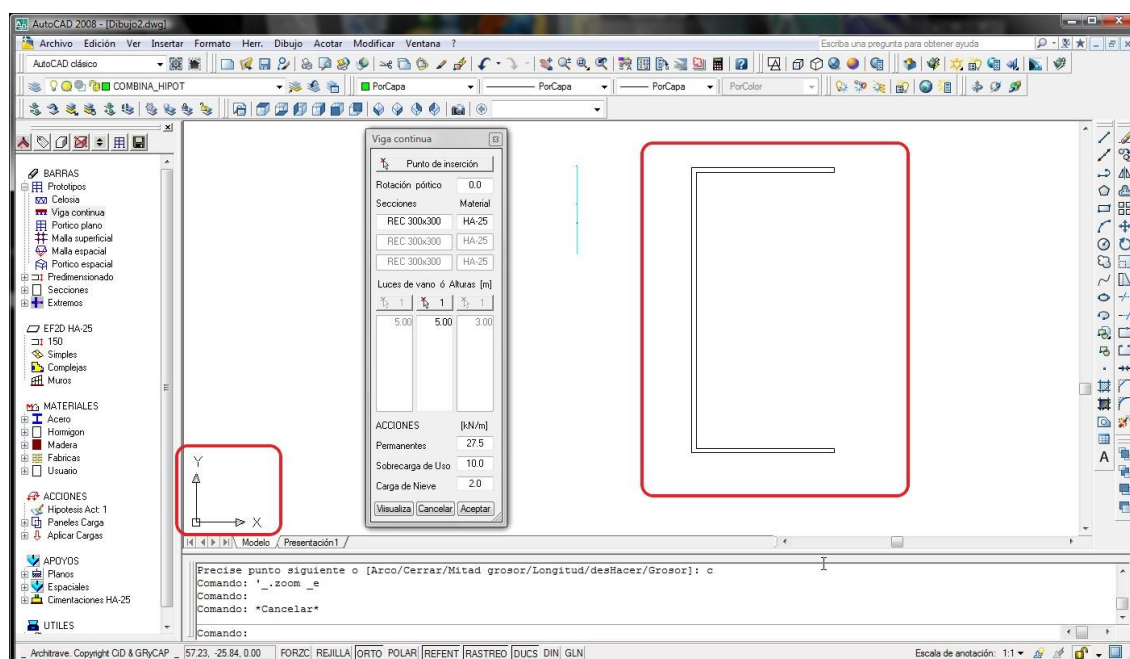
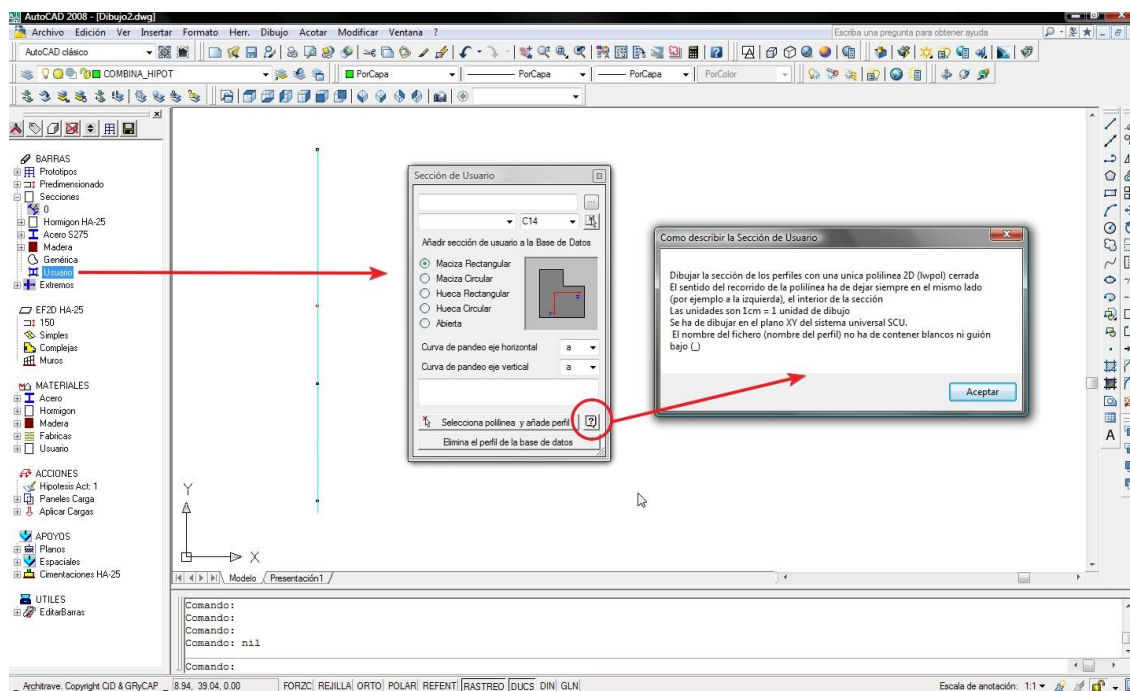


El prototipo queda siempre insertado con apoyos propios que habrá que eliminar. Nótese que, al igual que hicimos antes con las vigas del suelo y techo del ático, no es necesario partir los pilares para que se generen nudos debido a la inclusión de barras que atestan contra ellos

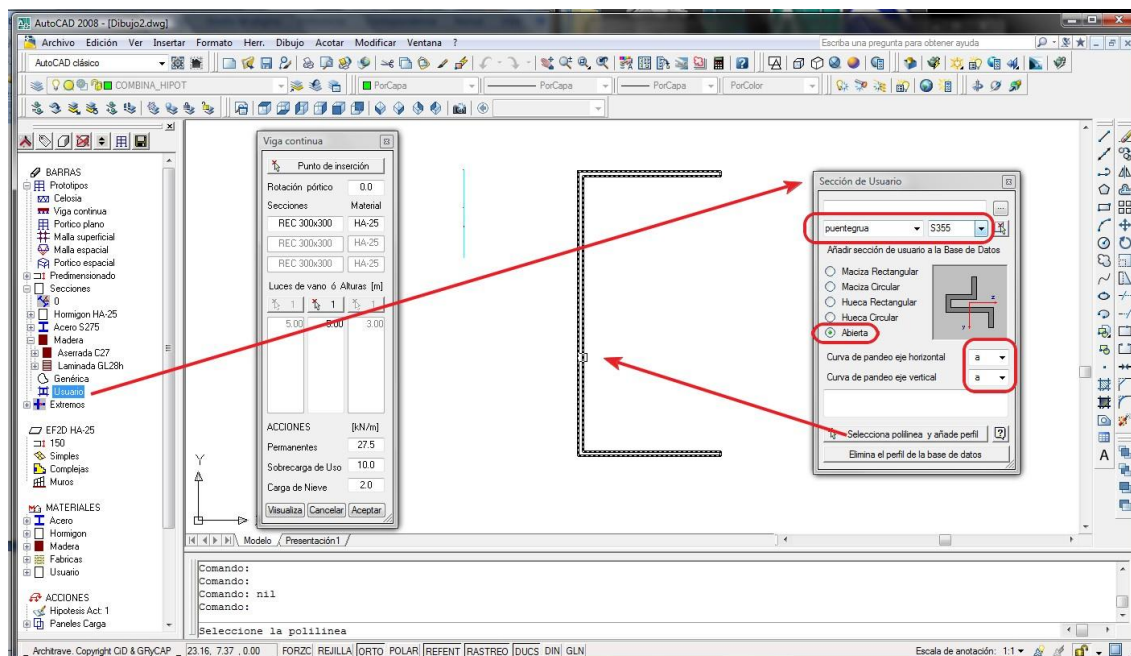


3.13 Generación de secciones de usuario

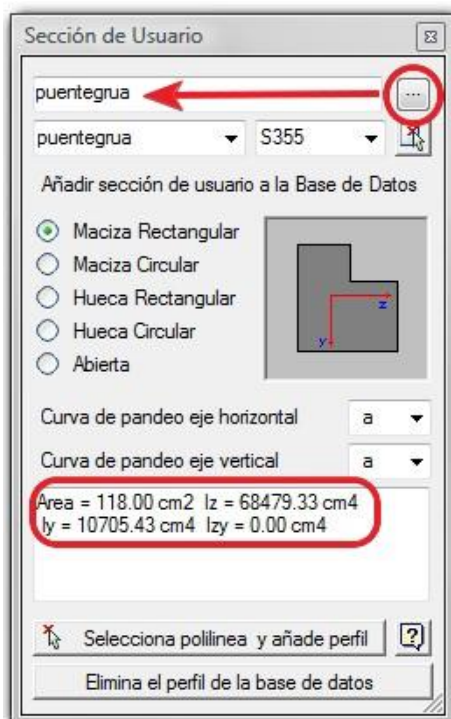
En este caso, el puente grúa se desea hacer mediante una viga armada de acero S335, con lo cual debemos utilizar una sección de usuario. Lo primero que se debe hacer es dibujarla en el plano XY global, con unidades en cm y con una polilínea cerrada que deja el interior de la sección siempre hacia el mismo lado

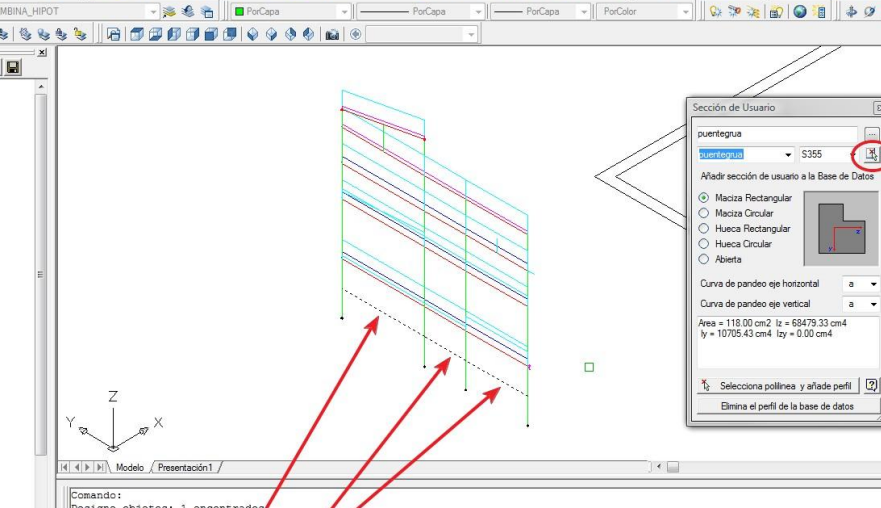


Para generar la sección, clicamos con el botón derecho sobre sección de *Usuario*, le damos un nombre a la sección, un material, unas características geométricas y de pandeo, y seleccionamos la polilínea para que se añada a las secciones de usuario



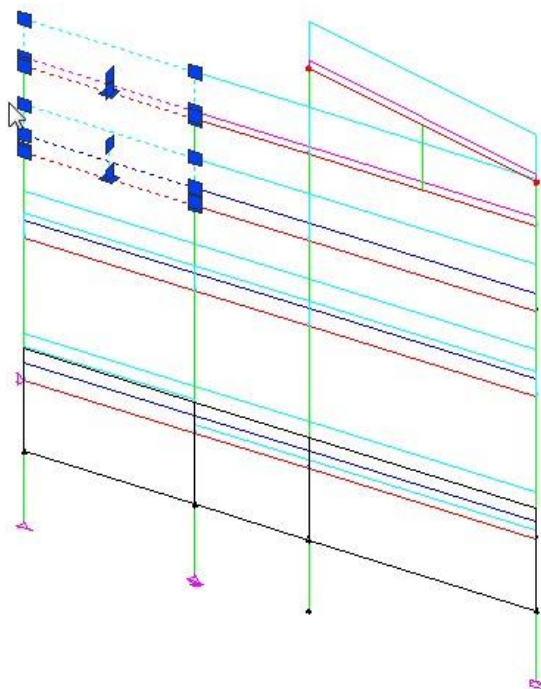
Aparecen entonces las características mecánicas de la sección



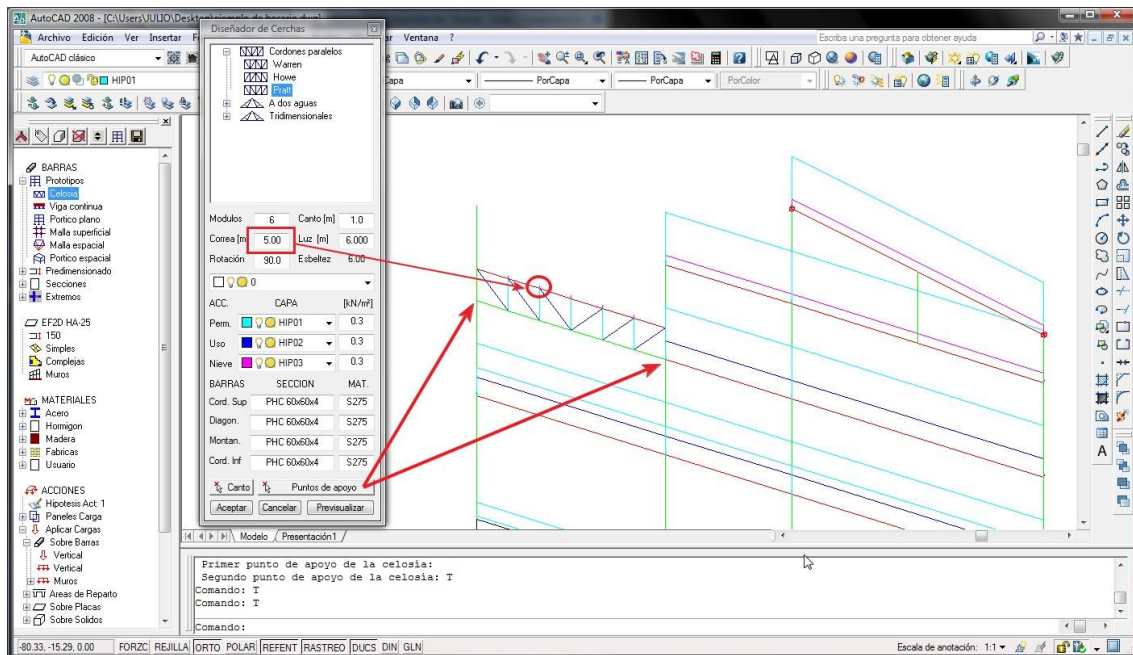


3.14 Inserción de cerchas

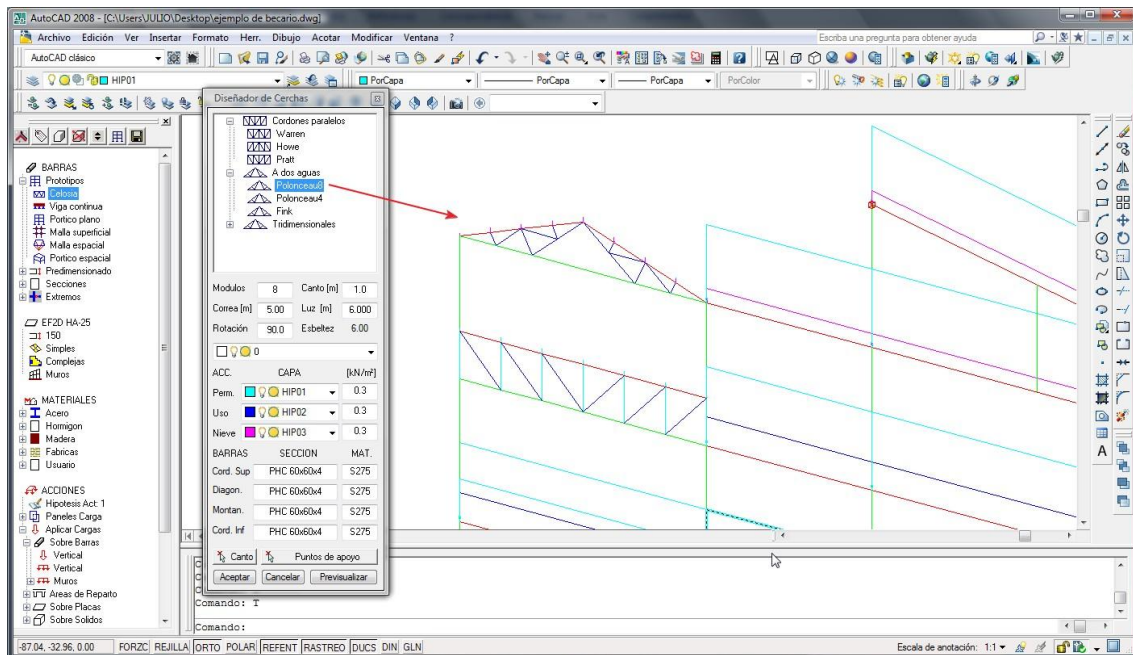
Para completar el modelo, debemos sustituir los dos últimos forjados del vano central por cerchas. Para ello comenzamos eliminando vigas y cargas



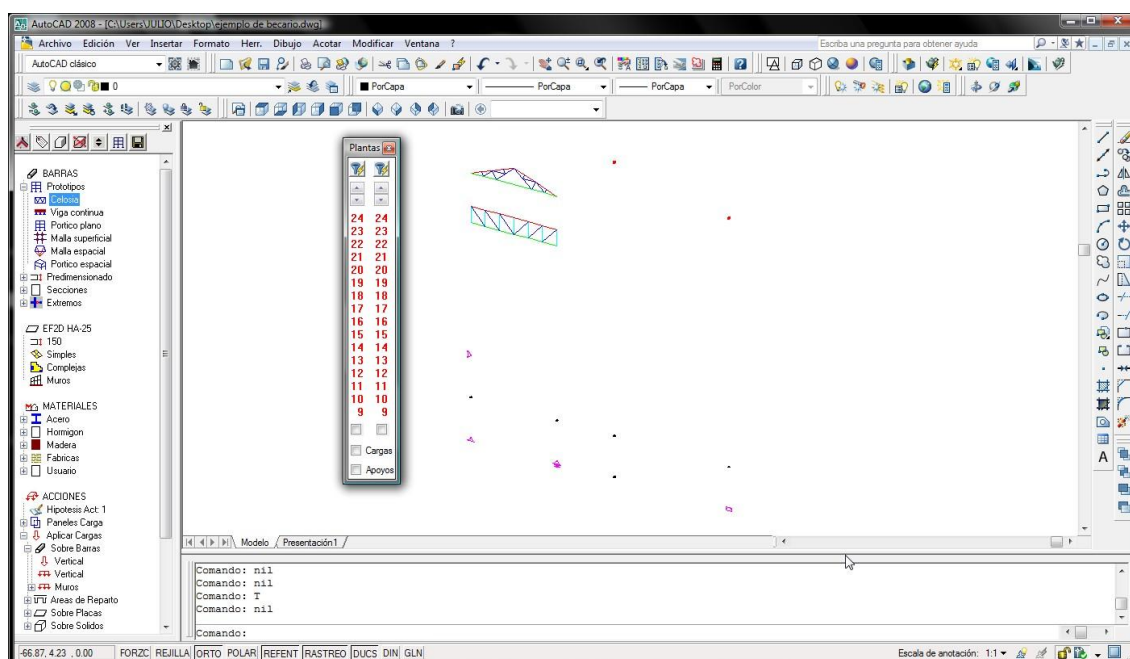
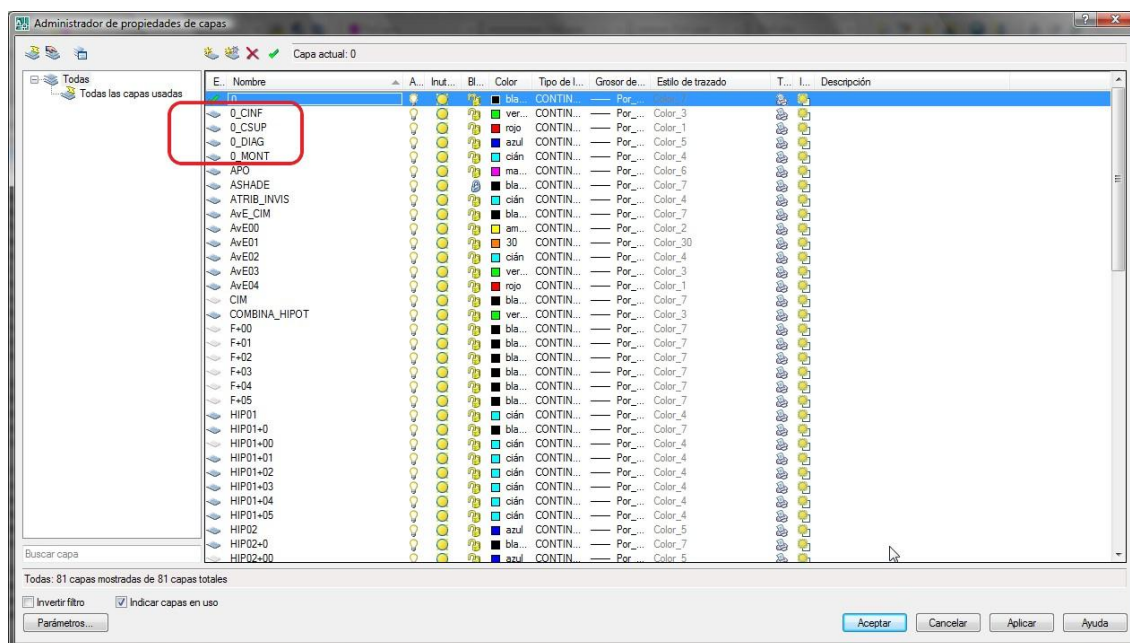
Para abrir la ventana propia, ejecutamos desde el árbol el prototipo *Celosía*, y seleccionamos una viga Pratt, de 6 módulos, 1 m de canto, longitud de correas 5 m (con esta información el programa calcula las cargas puntuales que le son aplicadas a cada nudo), y los otros parámetros geométricos (rotación, esbeltez y luz) quedan automáticamente definidos al seleccionar como puntos de apoyos las cabezas de pilares pinchando en el dibujo. Las cargas asociadas a cada hipótesis las dejamos como vienen predefinidas.



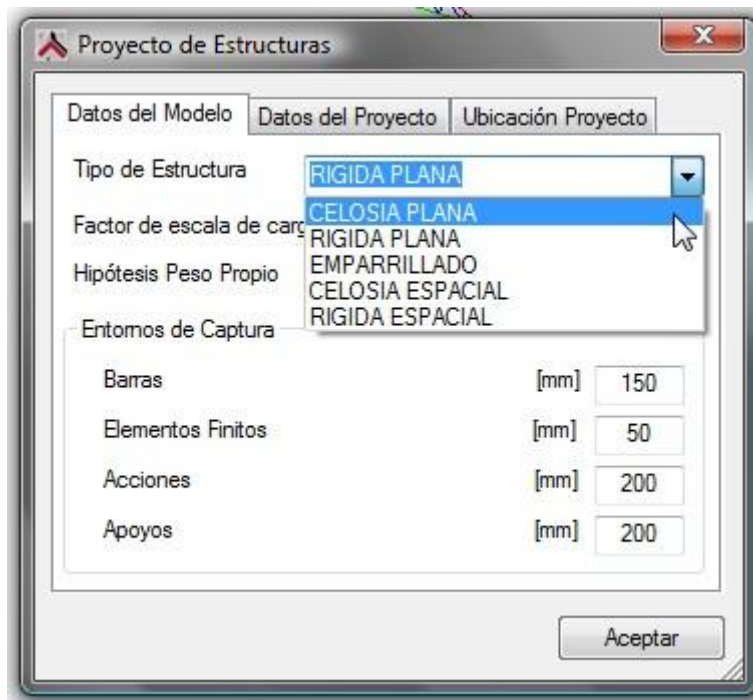
Para la cercha superior escogemos una cercha a dos aguas Polonceau de 8 particiones (Polonceau 8), con iguales características geométricas y cargas que la cercha inferior



Al igual que sucedía con el prototipo de viga continua, las barras de las cerchas automáticamente se introducen en capas propias que no están incluidas en el sistema del navegador de plantas

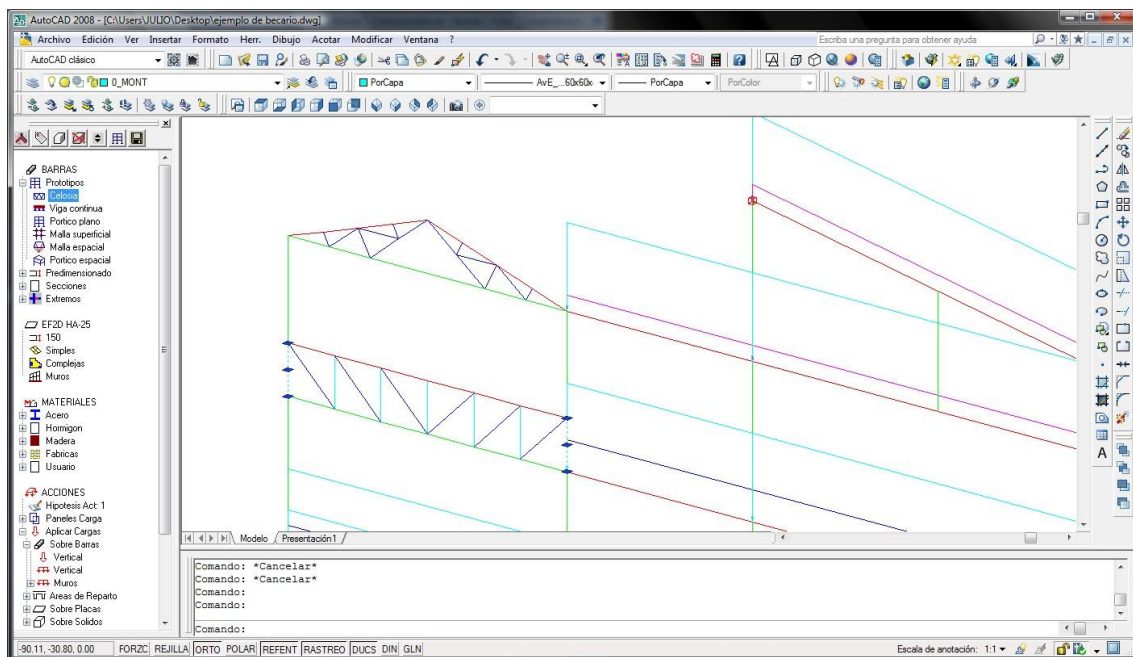


Al encontrarse ambas cerchas en un modelo general porticado de nudos rígidos, si no se insertan rótulas manualmente en el modelo, se exportará al módulo de cálculo como cerchas de nudos rígidos. A menos que haya cargas fuera de los nudos de las cerchas, esta modelización no generará momentos flectores en las barras y por tanto será adecuada. En cualquier caso, si se desea analizar por separado como estructuras articuladas, se puede acudir a la ventana de características generales de la estructura (primer botón del encabezamiento del árbol) y seleccionar el tipo de estructura *Celosía plana*. De esta manera, Architrave entiende que en todos los nudos hay una rótula sin necesidad de colocarla manualmente



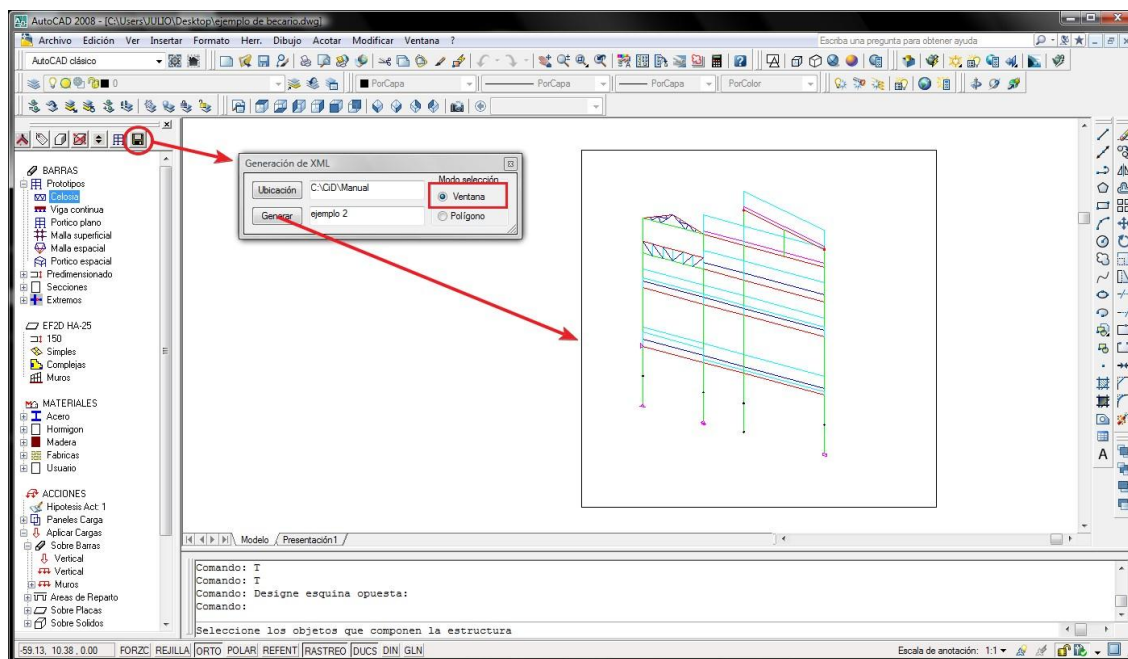
3.15 Criterio de superposición de barras

A results de la inclusión manual de las cerchas entre elementos del prototipo pórtico plano, los dos últimos montantes quedan superpuestos a los pilares adyacentes. Es conveniente eliminar esta superposición, aunque si no se hace, el módulo de cálculo lo hará automáticamente al importar el modelo

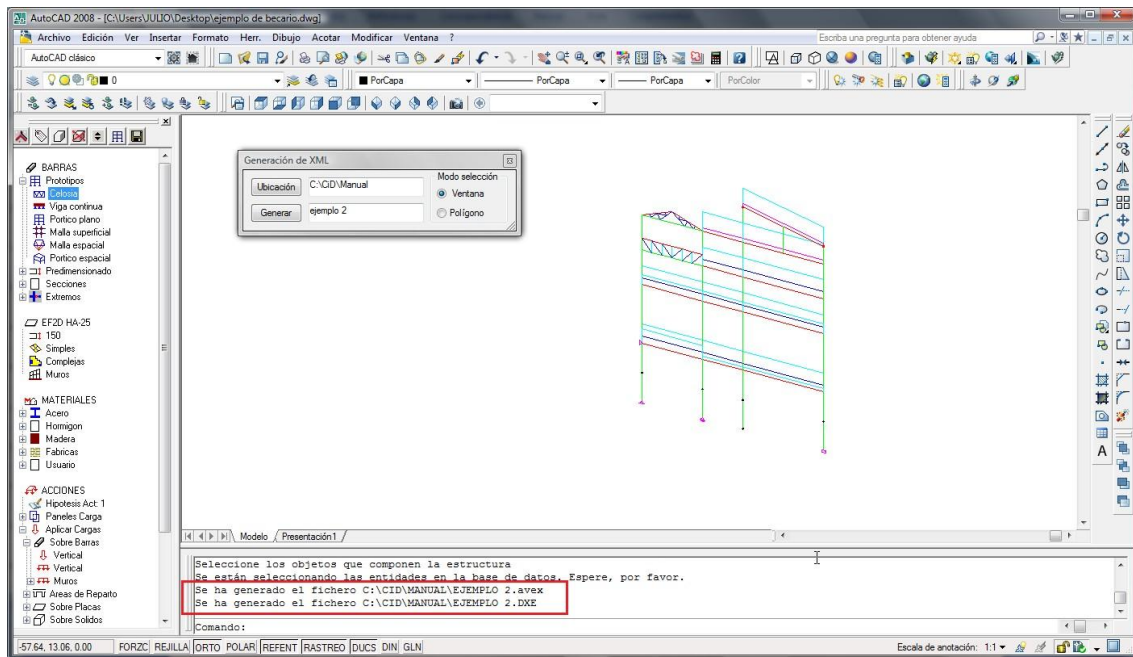


3.16 Exportación a XML

Una vez finalizada la modelización, sólo resta exportarlo a xml. Para ello utilizamos el último botón del encabezamiento del árbol. Debemos especificar una ubicación para los archivos de intercambio (.avex y .dxe) y un nombre para ambos, y seleccionar la estructura en el área de dibujo mediante ventana o polígono. La ruta de ubicación de los archivos no puede contener ningún texto que lleve tilde (`).



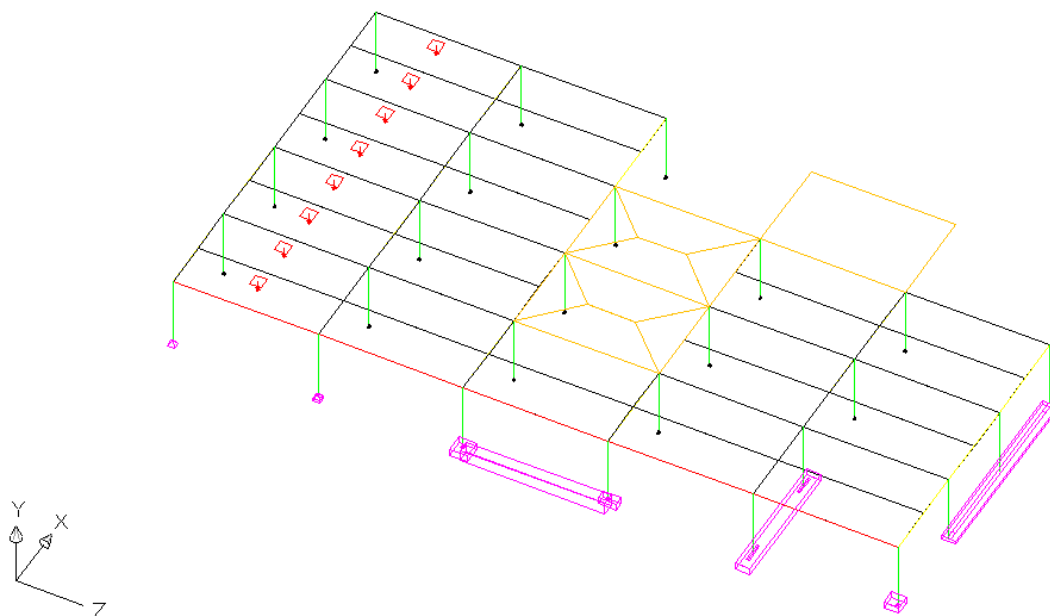
Se generan así los dos archivos de intercambio, con extensión .avex y .dxe



Si durante la ejecución del modelo se ha efectuado alguna acción contraproducente y el modelo no se puede exportar, se aconseja al usuario que busque el elemento crítico efectuando exportaciones parciales por capas separadas; una vez localizada la capa, por elementos, hasta ir reduciendo el cerco.

4 Modelización en Architrave® Diseño (II): Estructura tridimensional de barras mediante prototipos

En este ejemplo se modeliza un pórtico espacial a partir de unos prototipos, para posteriormente adecuarlos al modelo deseado. Se trata de un pórtico de 5 vanos, 4 crujeas y 1 altura, con forjados unidireccionales, bidireccionales y voladizos, así como apoyos tridimensionales teóricos y cimentaciones reales variadas

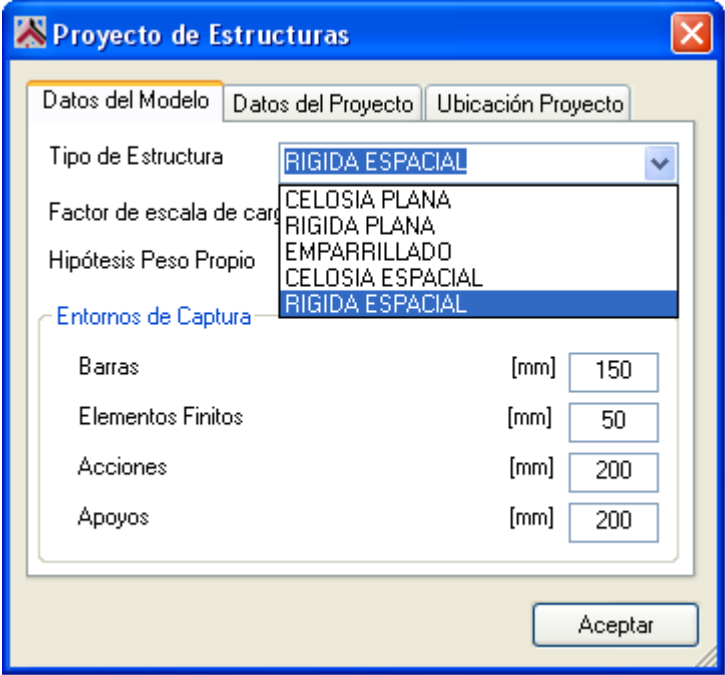


Vamos a dividir la modelización en las siguientes partes:

10. Selección de tipo de estructura
11. Inserción de pórtico espacial
12. Inserción de áreas de reparto y cargas superficiales
13. Inserción de apoyos teóricos
14. Inserción de cimentaciones

4.1 Selección de tipo de estructura

Clicamos en el primer botón del encabezamiento del árbol y seleccionamos estructura rígida espacial



Proyecto de Estructuras

Datos del Modelo Datos del Proyecto Ubicación Proyecto

Tipo de Estructura: **RIGIDA ESPACIAL**

Factor de escala de carga: **CELOSIA PLANA**

Hipótesis Peso Propio: **RIGIDA PLANA**

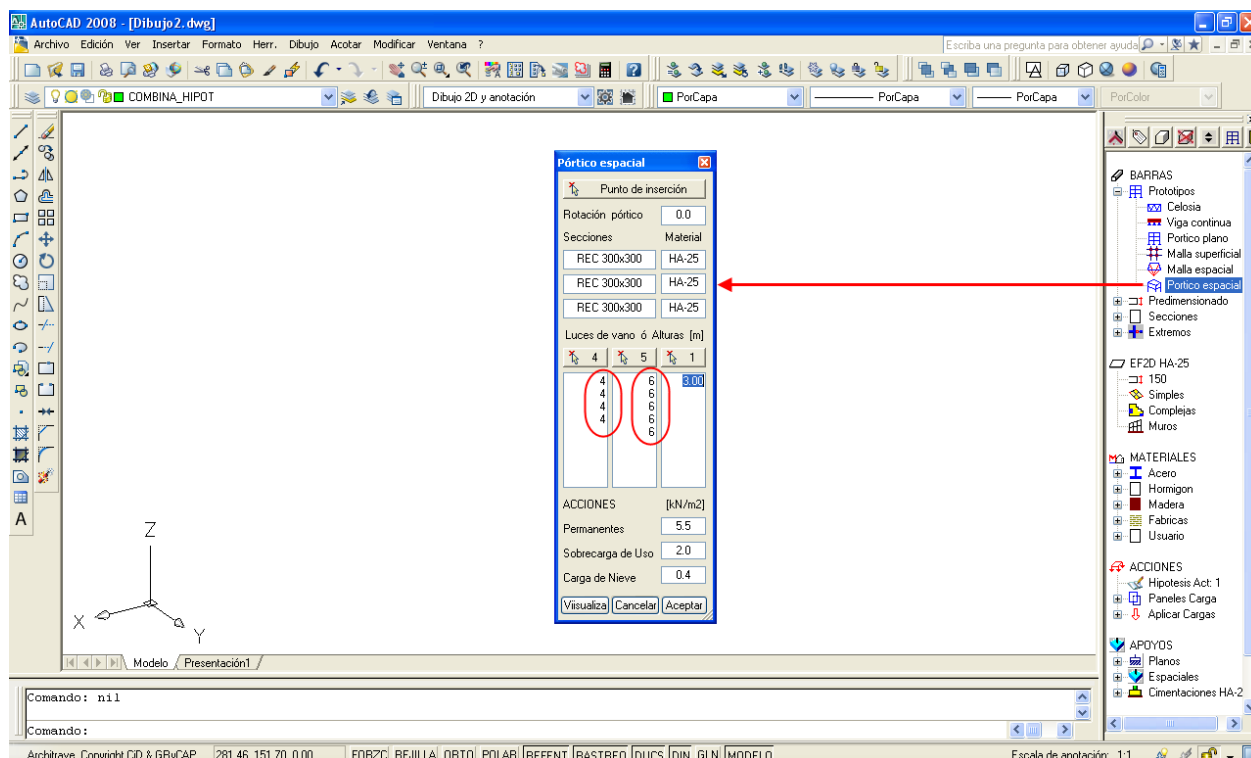
Entornos de Captura:

Barras	[mm]	150
Elementos Finitos	[mm]	50
Acciones	[mm]	200
Apoyos	[mm]	200

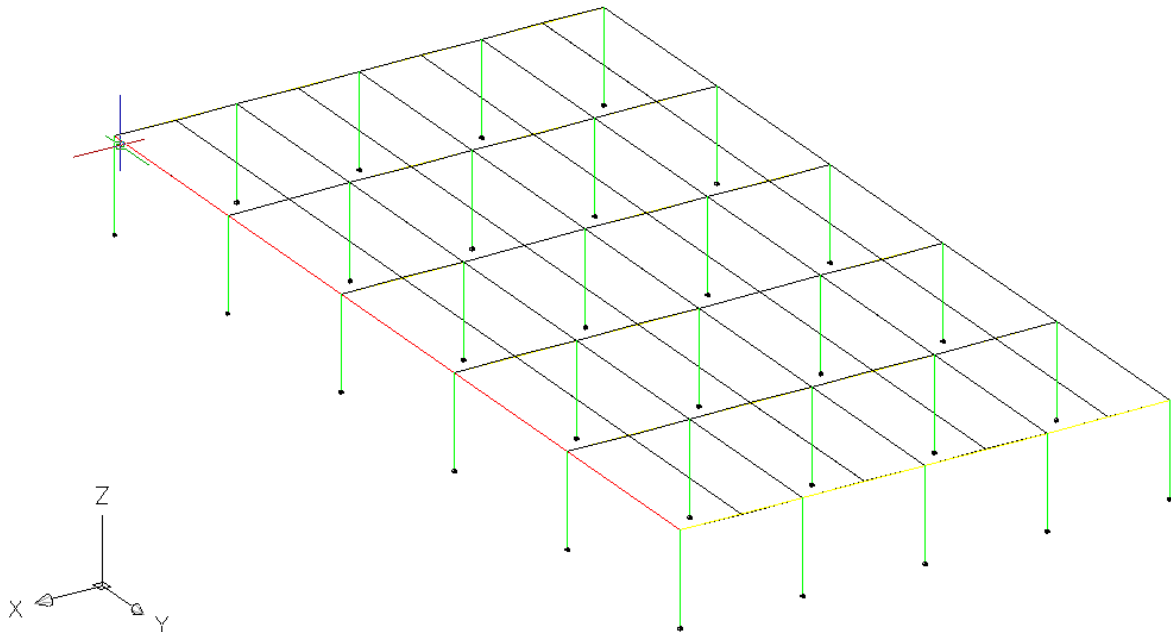
Aceptar

4.2 Inserción de pórtico espacial

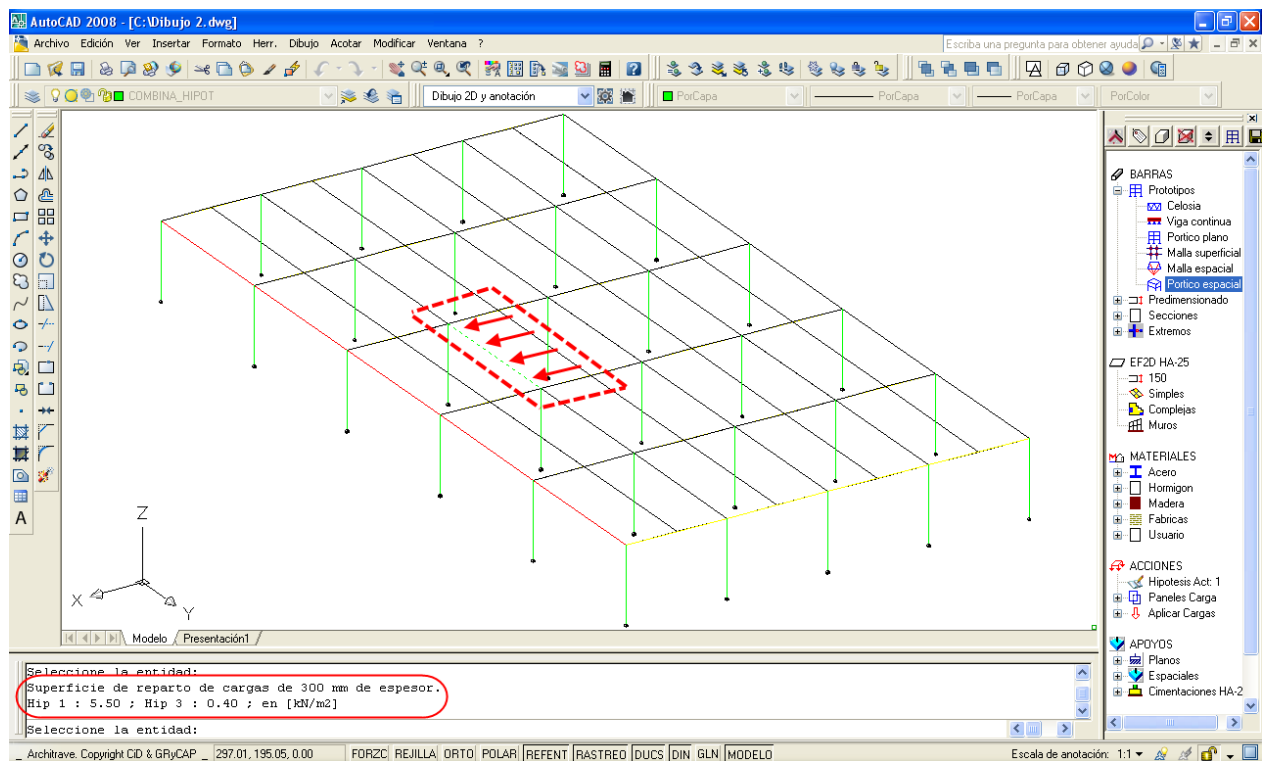
Abrimos desde el árbol la ventana de diseño del pórtico espacial (doble clic con el botón izquierdo). Mantenemos todas las opciones predeterminadas excepto las luces de vigas y zunchos, que disponemos como se muestra en la imagen: 4 crujías de 4 m y 5 vanos de 6 m



El prototipo de pórtico espacial queda insertado con las cargas organizadas en áreas de reparto (forjados) unidireccionales, que son elementos 3D cara que transmiten la mitad de la carga correspondiente a la crujía hasta su viga correspondiente

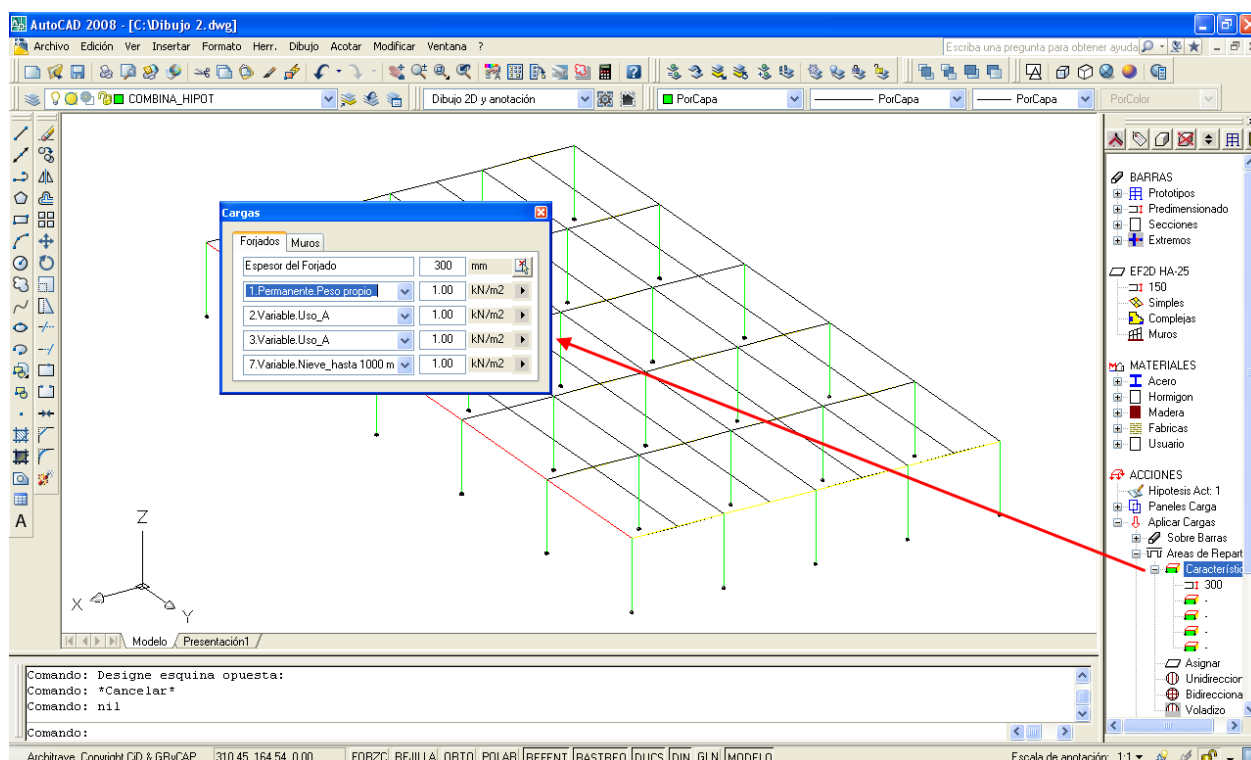


Si consultamos ("qq") un área de reparto, aparece la información de la carga incluida en cada hipótesis, y además en el dibujo se sobrepone con línea discontinua la viga a la que transmite la carga. El espesor es meramente gráfico, no añade peso propio a la hipótesis de carga permanente

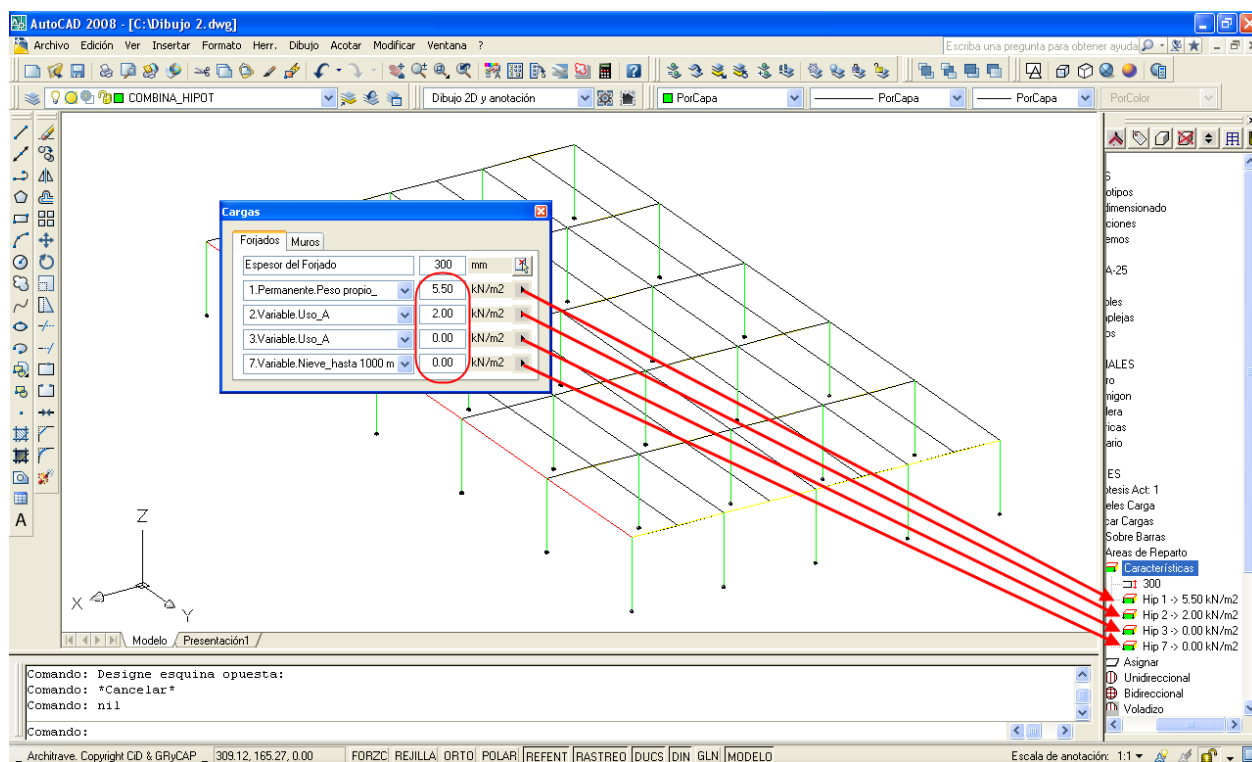


4.3 Inserción de áreas de reparto y cargas superficiales

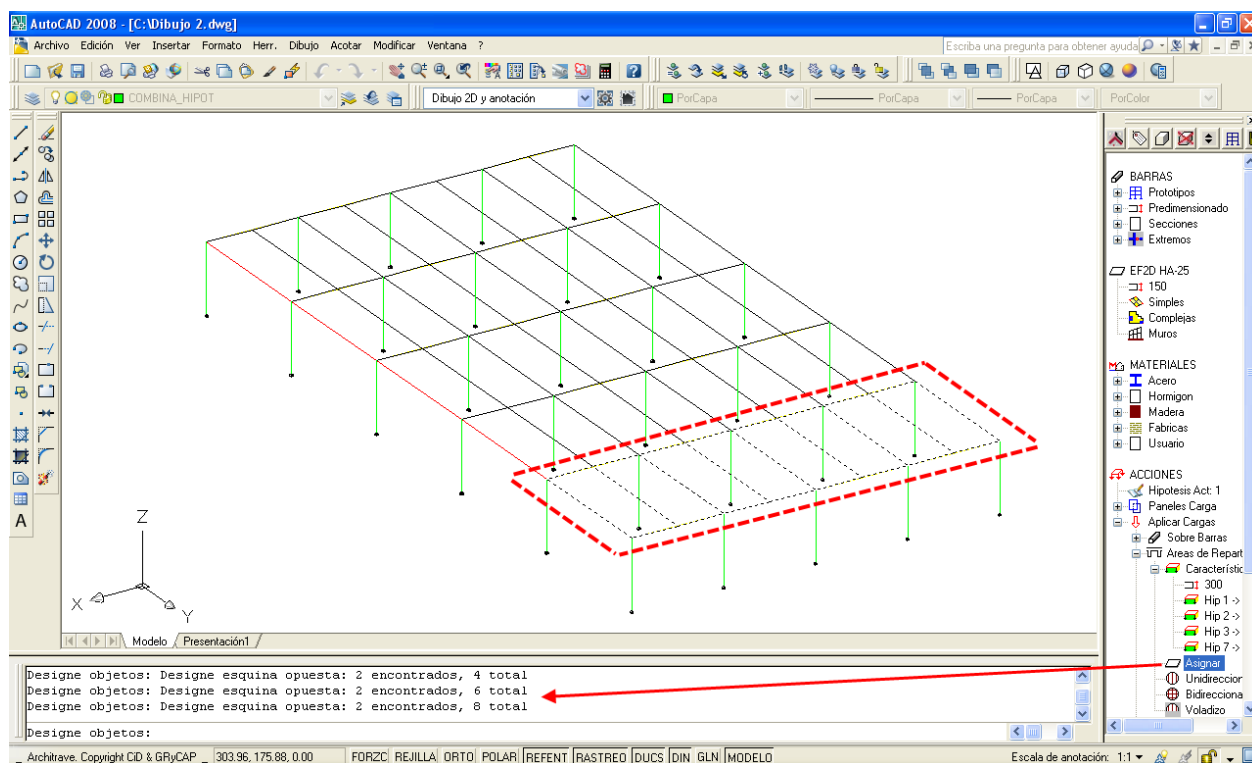
Para insertar nuevas áreas de reparto o modificar las existentes, se necesita establecer las características a aplicar, abriendo (botón derecho sobre árbol) el cuadro de características de forjados, donde encontramos los valores de carga superficial asociados a cada hipótesis.



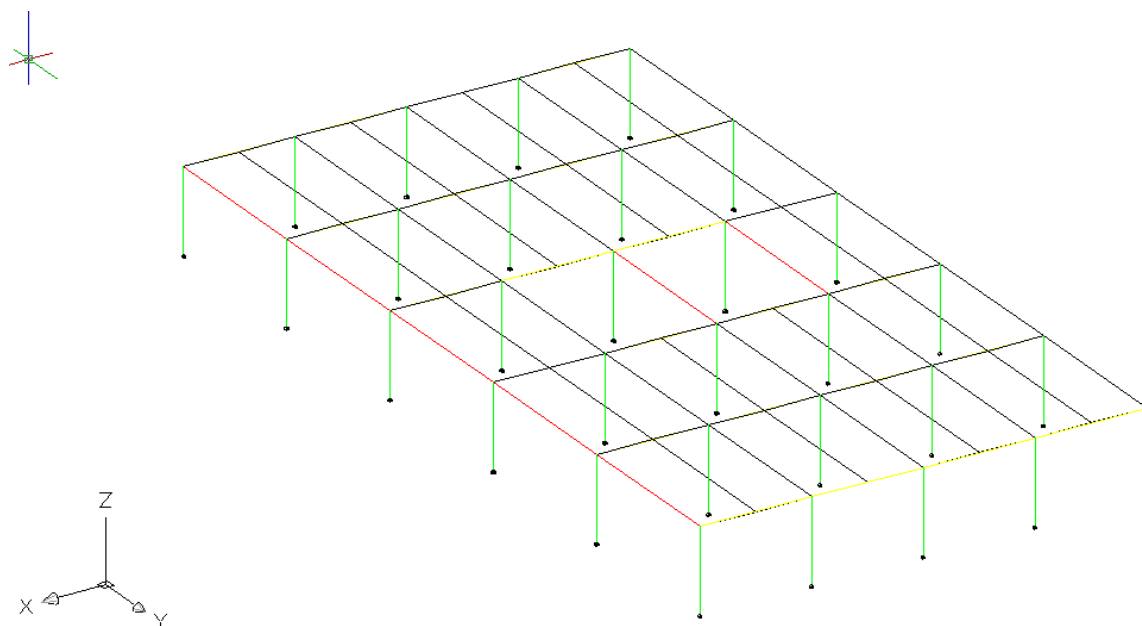
Una vez aplicados los nuevos valores (5.5 y 2 kN/m² de concarga y sobrecarga, respectivamente), necesitamos clicar sobre las flechas situadas a la derecha de la ventana para que los cambios se actualicen sobre el árbol, para poder aplicarse sobre el modelo



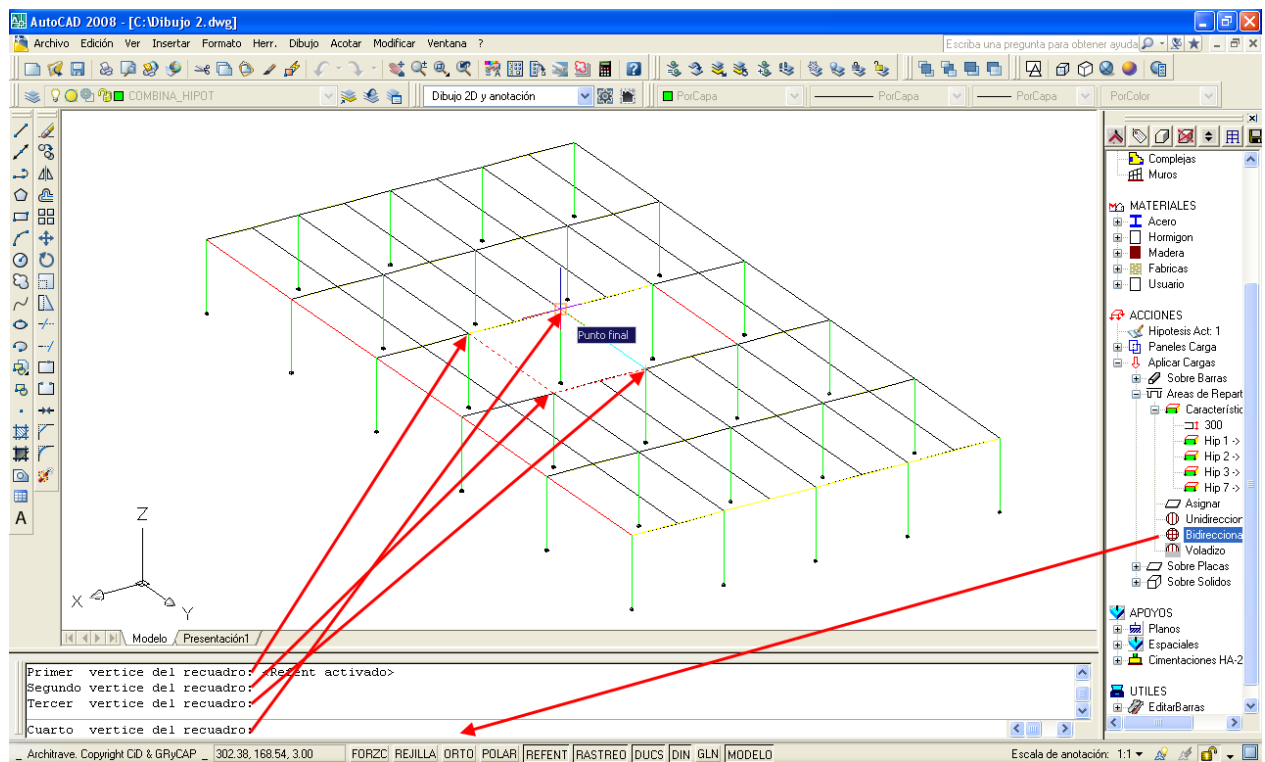
Para aplicar dichas características sobre forjados existentes en el modelo, se debe hacer doble clic con el botón izquierdo sobre *Asignar* y seleccionar las áreas de reparto deseadas.



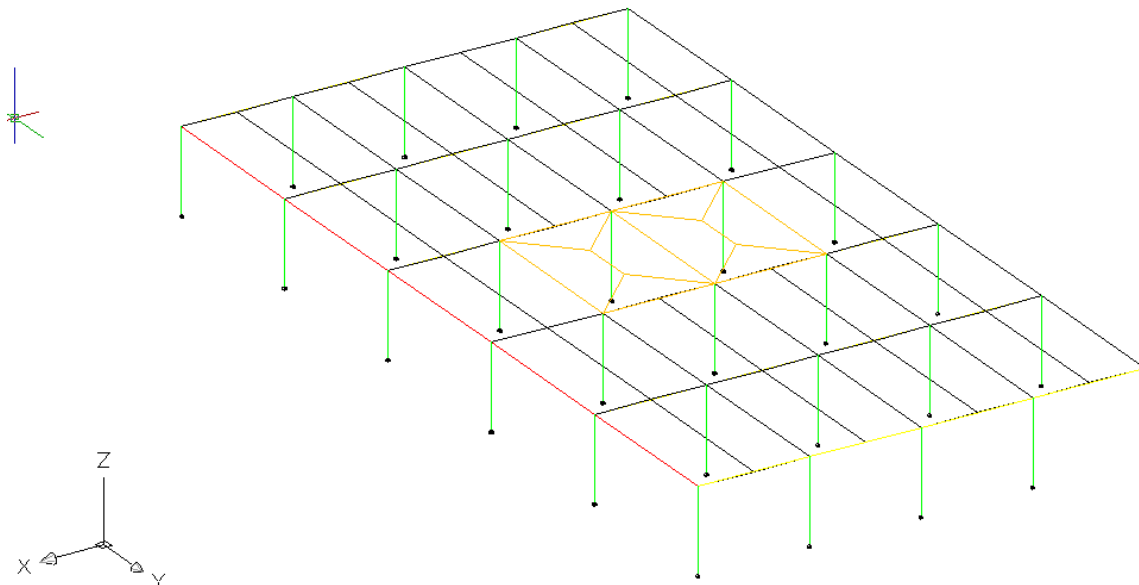
En nuestro modelo deseamos sustituir las 2 crujeías centrales por áreas de reparto (forjados) bidireccionales. Para ello tenemos previamente que eliminar las unidireccionales existentes



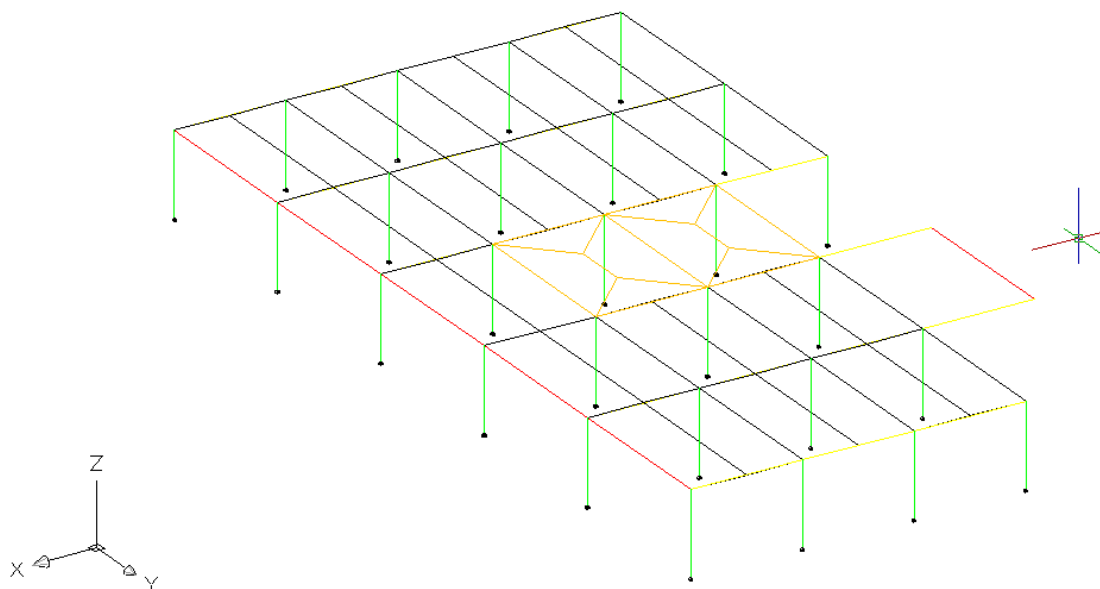
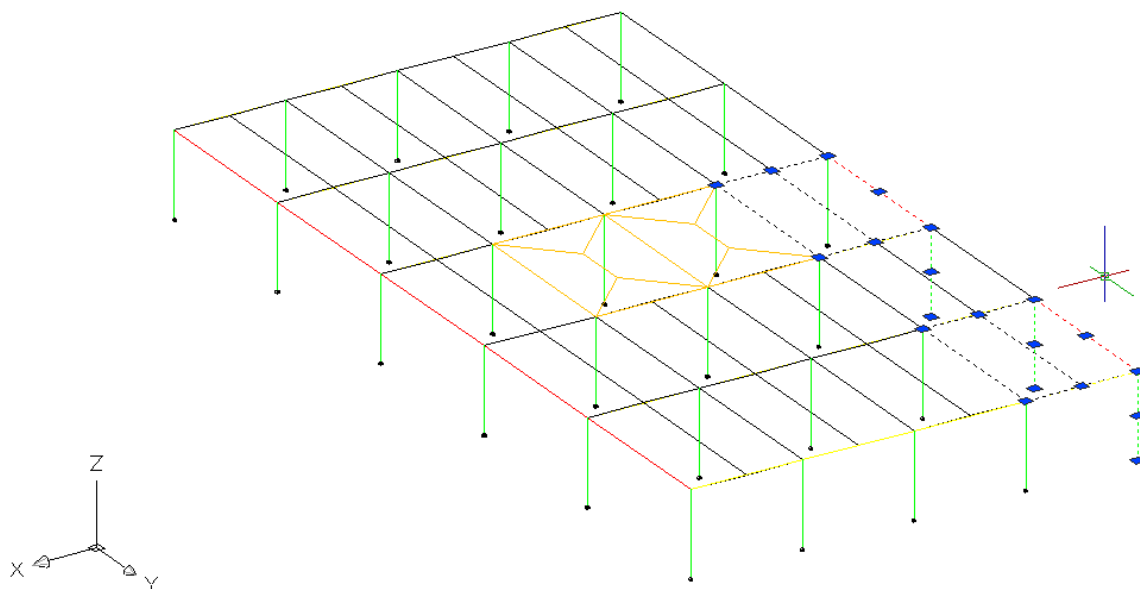
Para insertar las nuevas áreas de reparto, hacemos doble clic botón izquierdo sobre *Bidireccional*, seleccionamos los 4 puntos en orden y queda aplicada la nueva área de reparto, con los mismos valores de carga superficial que definimos previamente.



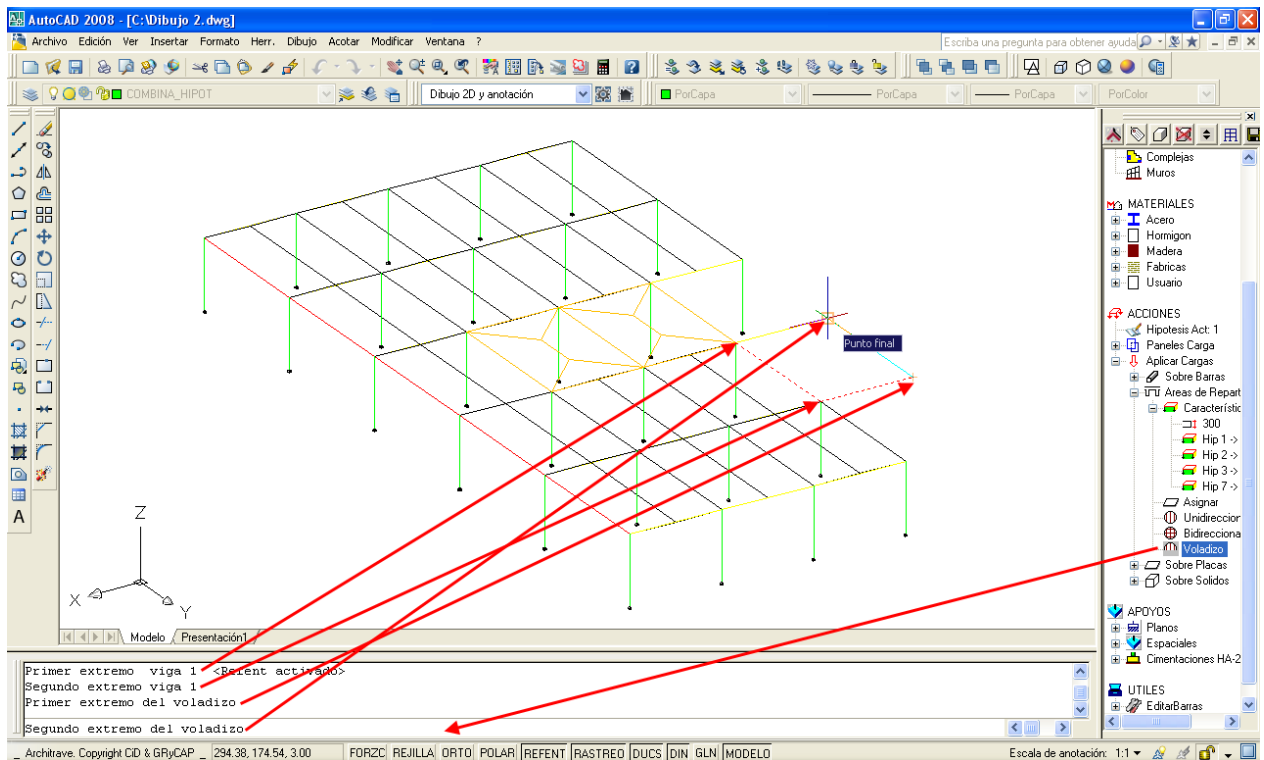
Posteriormente, podemos simplemente copiar el área de reparto de una crujía a la adyacente.



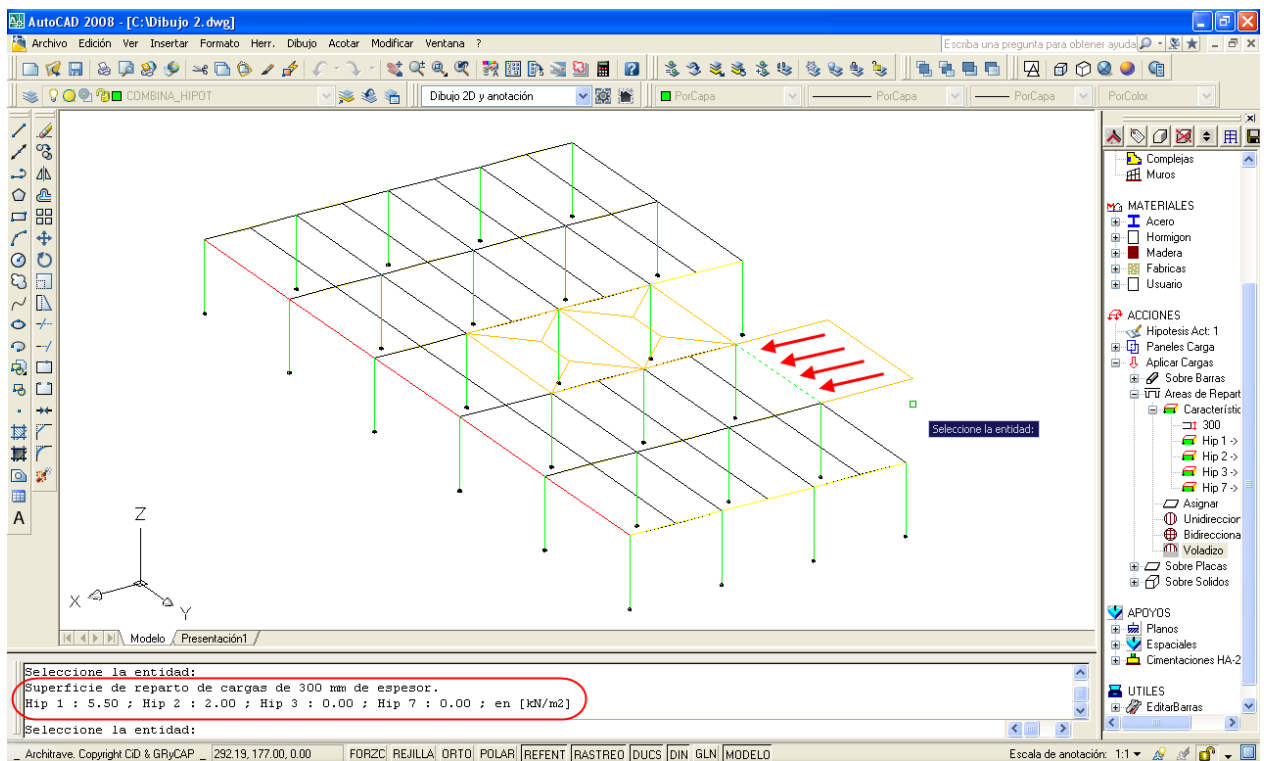
Seguidamente, deseamos modelizar una crujía lateral como voladizo, para lo cual eliminamos las barras y áreas de reparto necesarias.



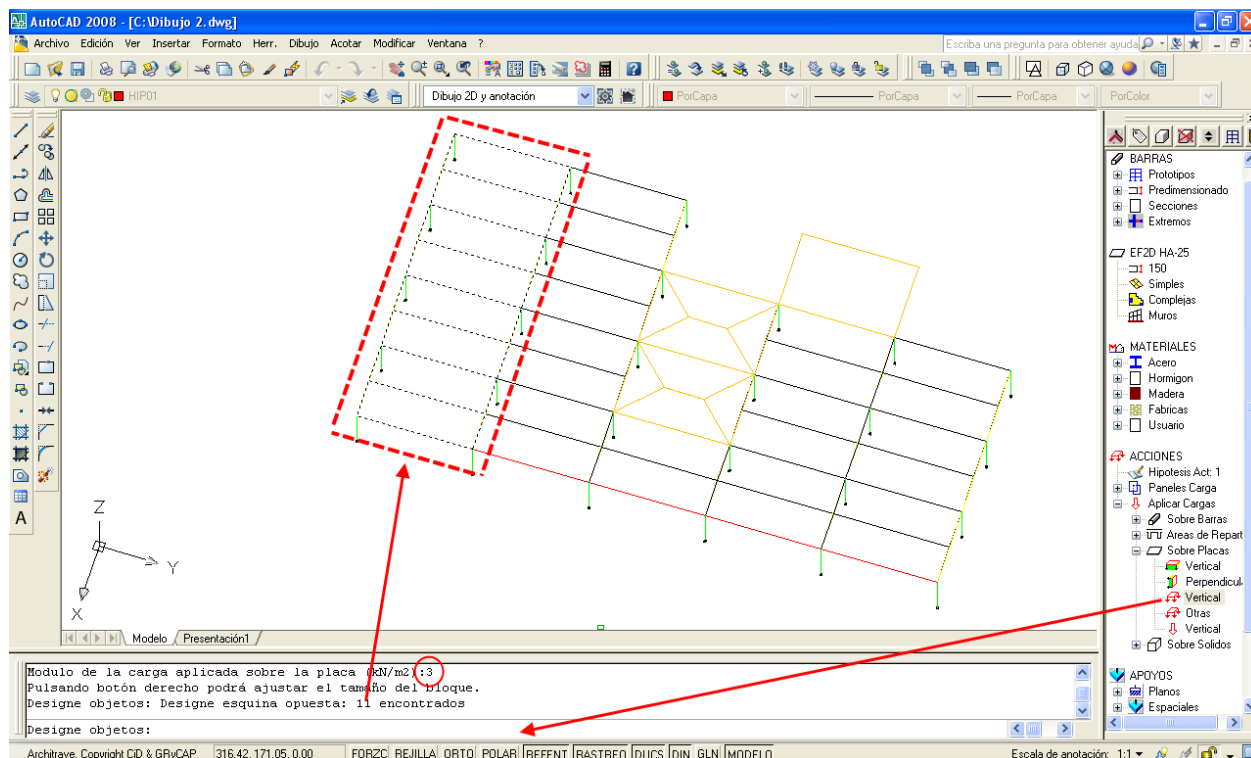
Para introducir esta área de reparto procedemos análogamente al caso anterior.



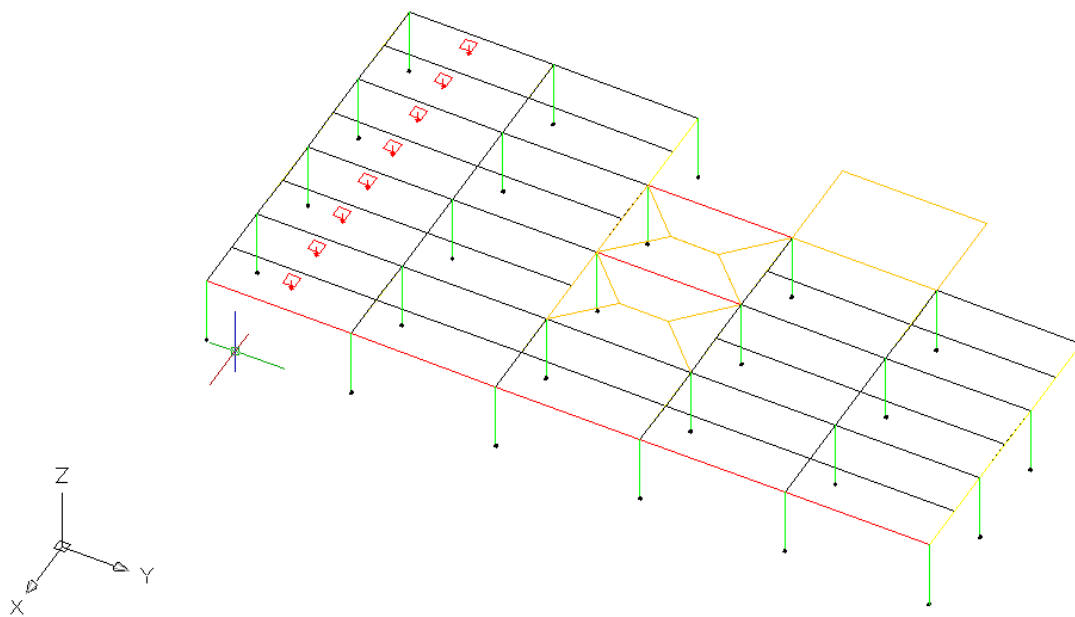
Con la diferencia de que ahora los pesos descargan únicamente en una viga.



Para finalizar de introducir las cargas, necesito aumentar la carga permanente en una hilera de paños de forjado. Para ello puedo utilizar las cargas verticales sobre placas, que son unas cargas superficiales que se aplican sobre 3Dcara (elementos finitos 2D y áreas de reparto) superponiéndose a la carga de éstas. Así, añado 3 kN más a esta hilera, indicando el módulo de la carga y los elementos a los que se aplica.



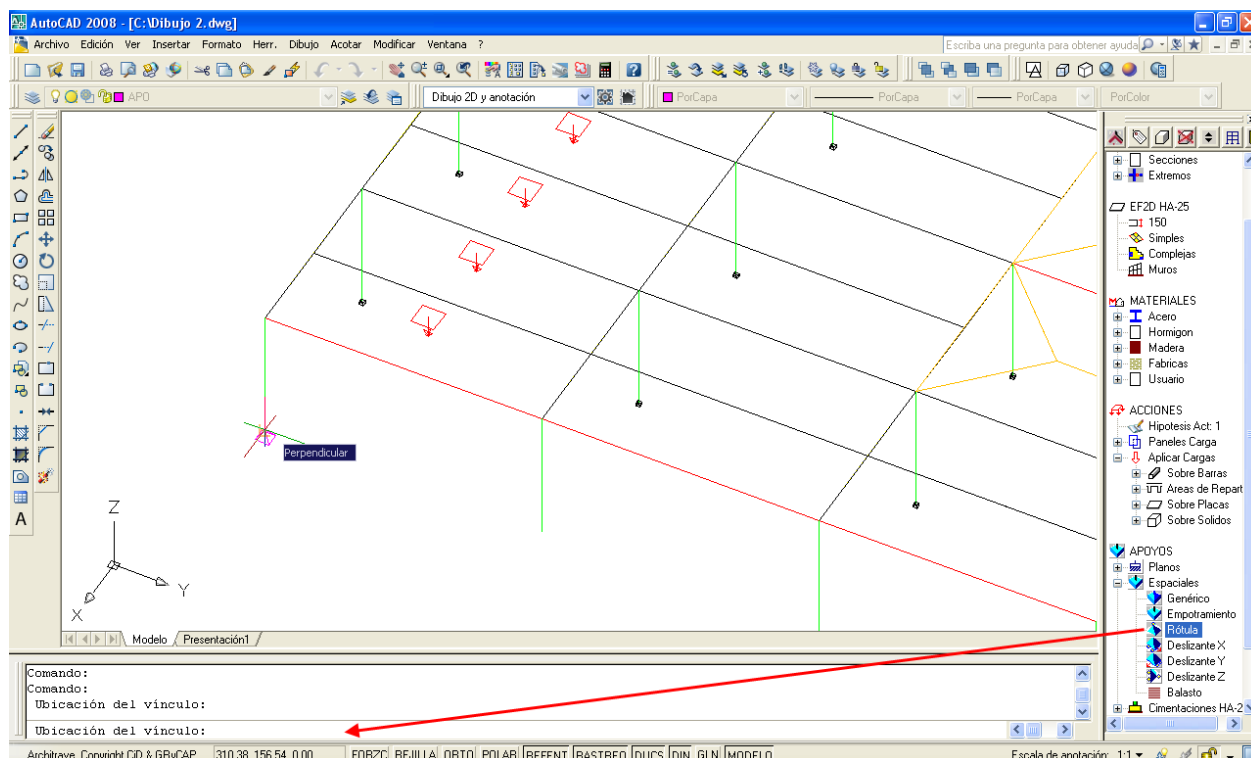
La carga vertical sobre placa se representa mediante un bloque de AutoCAD cuyo tamaño, a diferencia del resto de cargas, no se corresponde con ningún escalado del módulo de la fuerza: su tamaño es invariable.



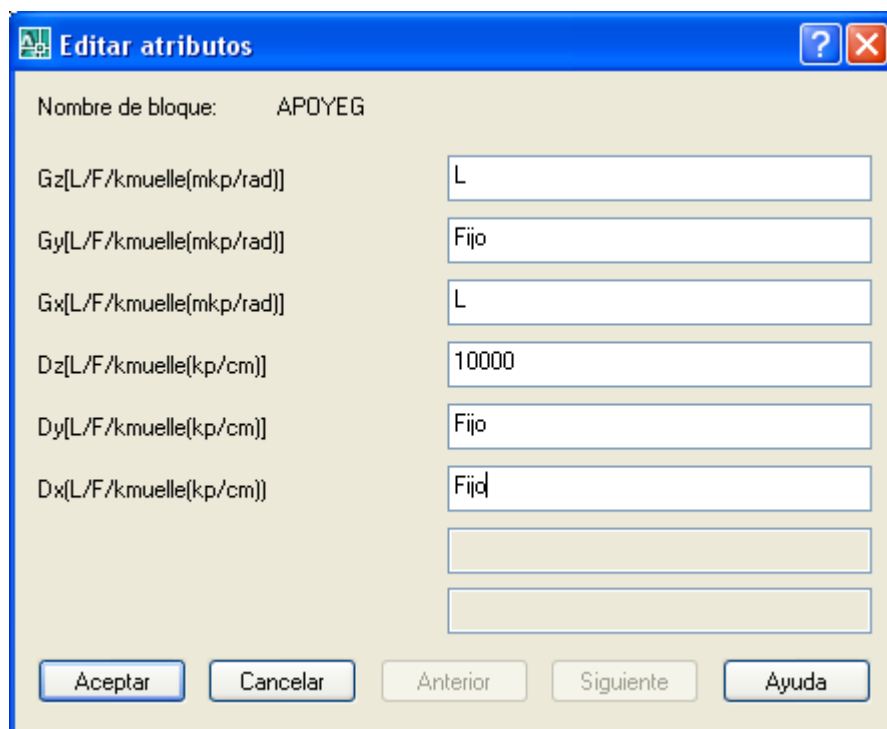
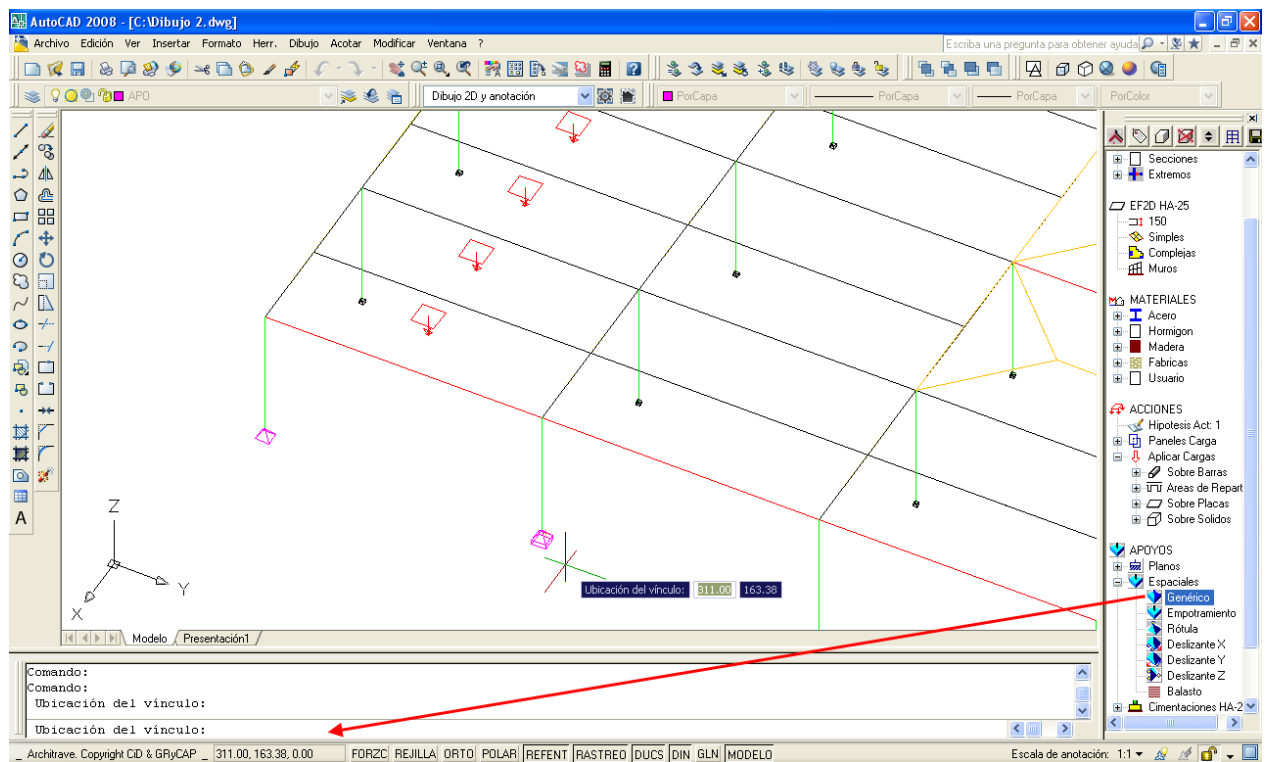
Sobre las barras que forman el entramado podrán aplicarse cualquier tipo de carga sobre barra: puntual, repartida, trapecial... No así sobre los forjados: éstos no admiten cargas puntuales o lineales en su interior.

4.4 Inserción de apoyos teóricos

De manera exactamente análoga a lo expuesto en el ejemplo de aplicación anterior, sustituimos algunos de los empotramientos preestablecidos por apoyos de otra índole, como articulados en dos direcciones.



Igualmente, podemos insertar apoyos genéricos que posteriormente deberán ser editados ("qq"), con la posibilidad de establecer sus 6 coacciones mediante un valor de muelle o dos valores extremos (Libre = 0, Empotrado = infinito)

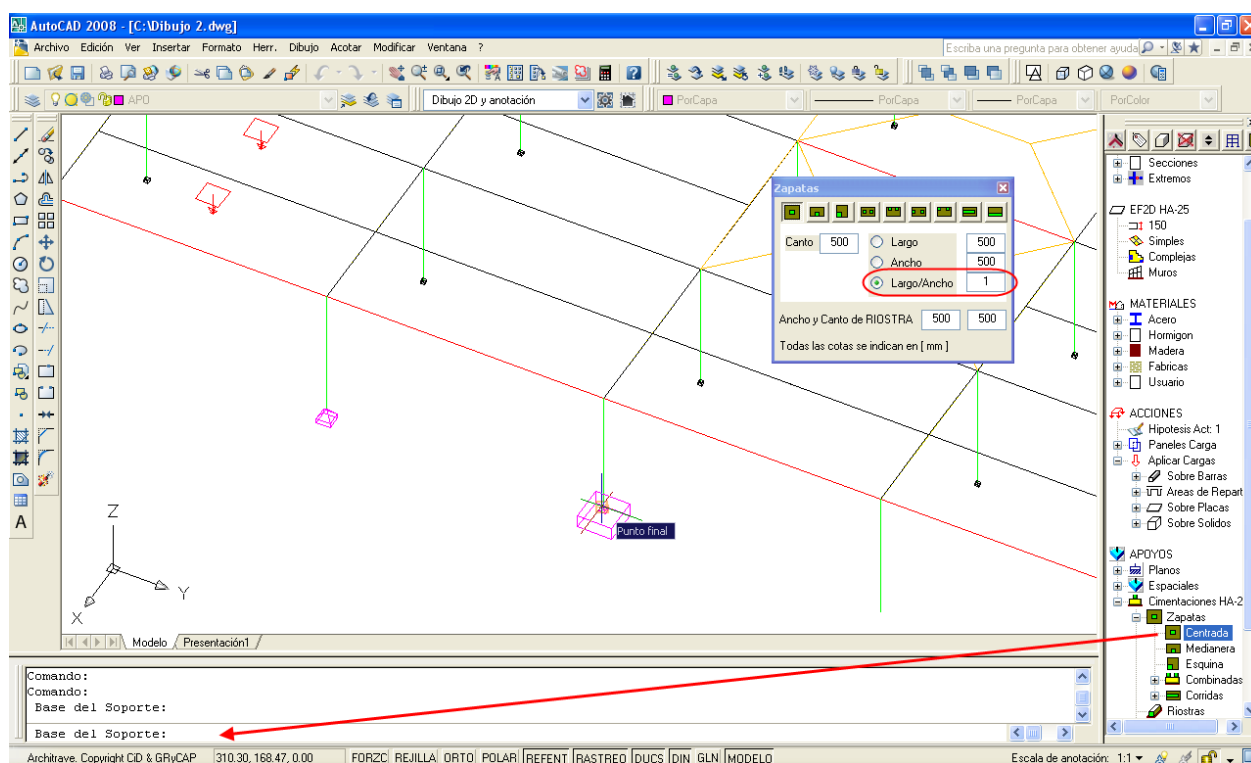


4.5 Inserción de cimentaciones

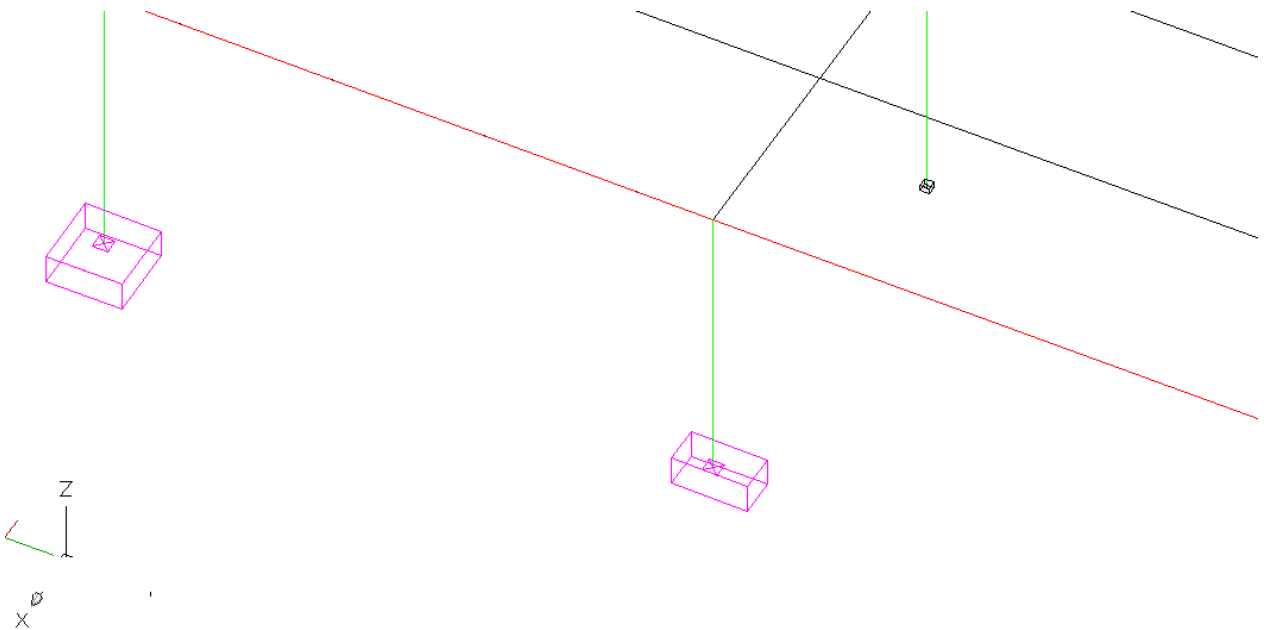
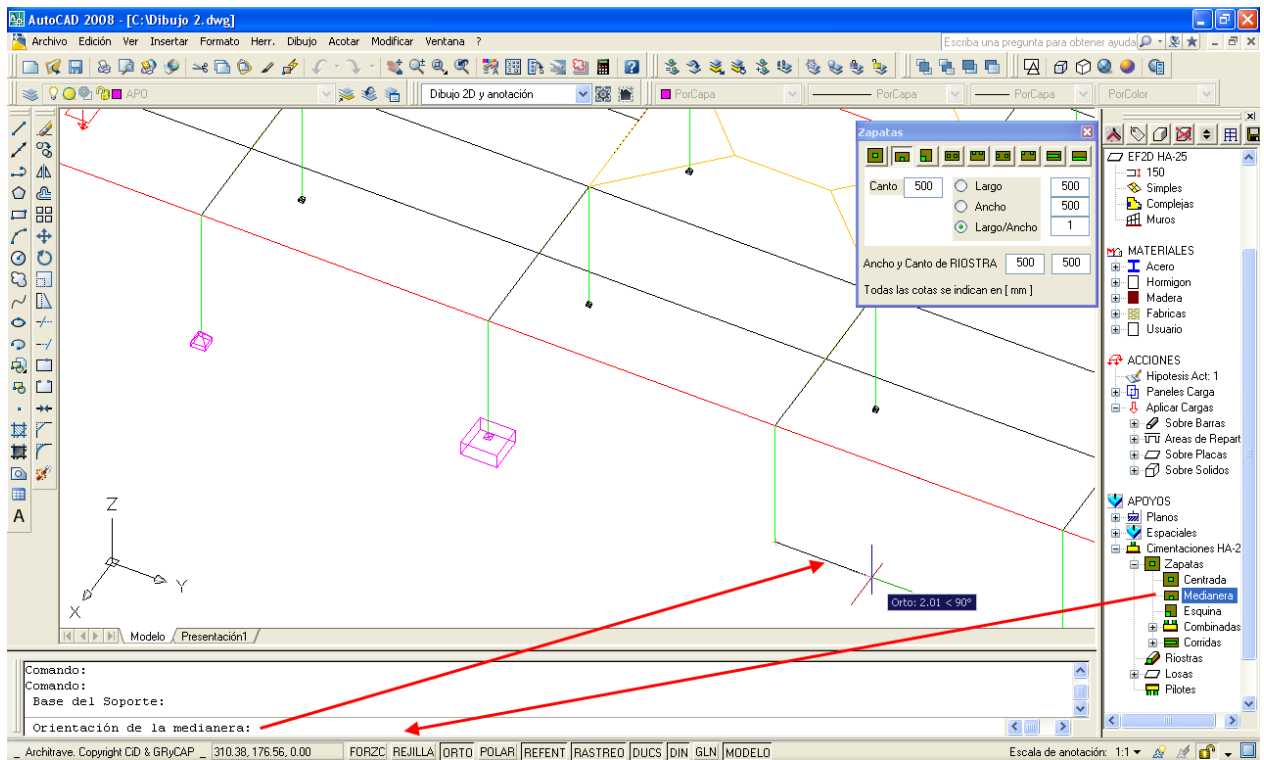
Cuando nos basta con estudiar el comportamiento de la estructura, podemos colocar apoyos teóricos. Pero cuando necesitamos dimensionar la cimentación, necesitamos no sólo aportar información sobre las coacciones de la estructura, sino también su geometría y material. Para ello necesitamos insertar elementos de cimentación, de la manera usual: doble clic botón izquierdo sobre el tipo de elemento.

Según el tipo de elemento que se seleccione, se abre una ventana propia donde se deben aportar condiciones geométricas orientativas para el posterior dimensionado desde el módulo de cálculo. Al mismo tiempo, desde la línea de comandos se requiere en todos los casos la ubicación del elemento y en algunos de ellos (medianera y esquina), la alineación de la medianera.

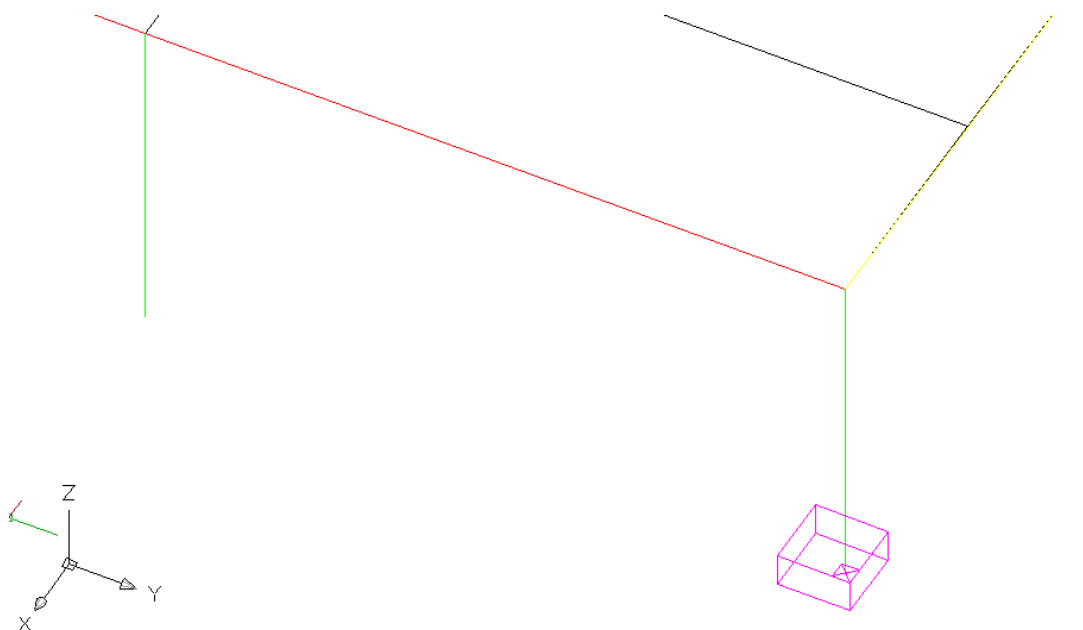
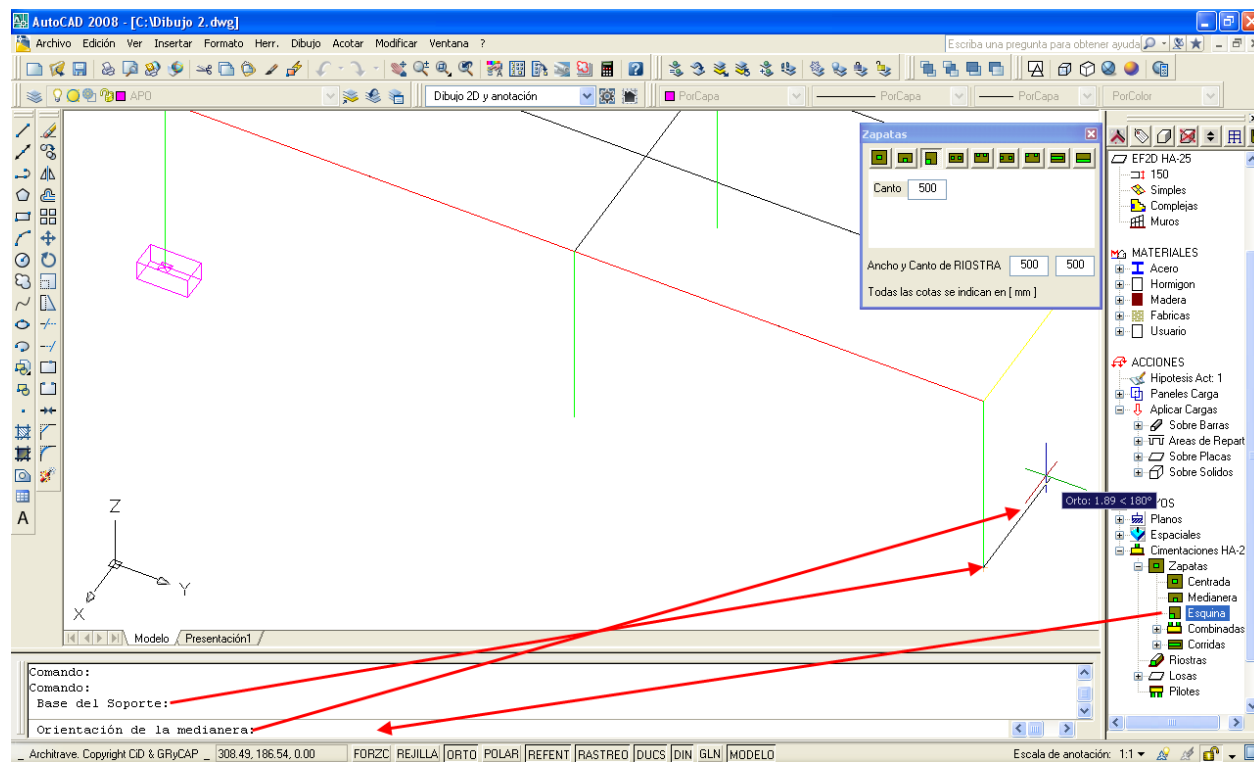
Para una zapata aislada, se requiere fijar el largo, el ancho o la proporción entre ellos, así como el canto mínimo (500 mm en este caso).



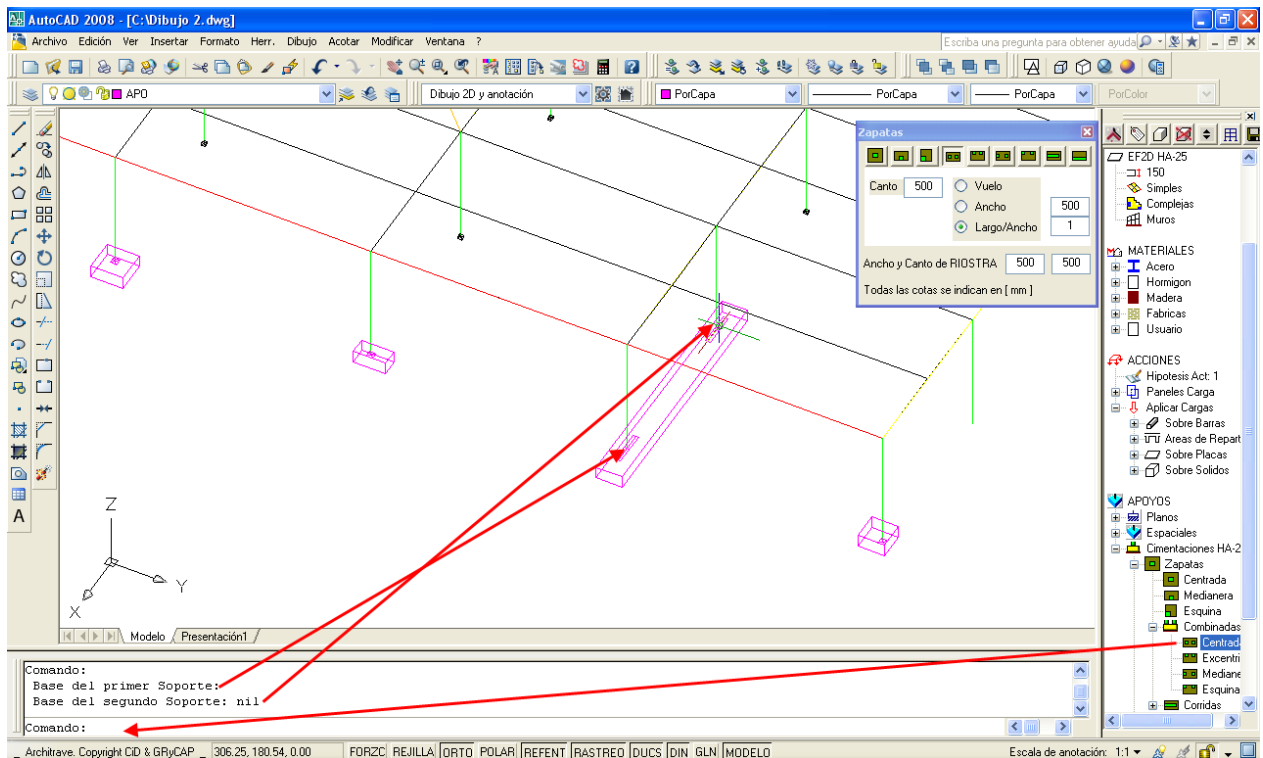
Para una zapata de medianera se requieren los mismos datos, y gráficamente sobre el dibujo se pide la alineación de la medianera.



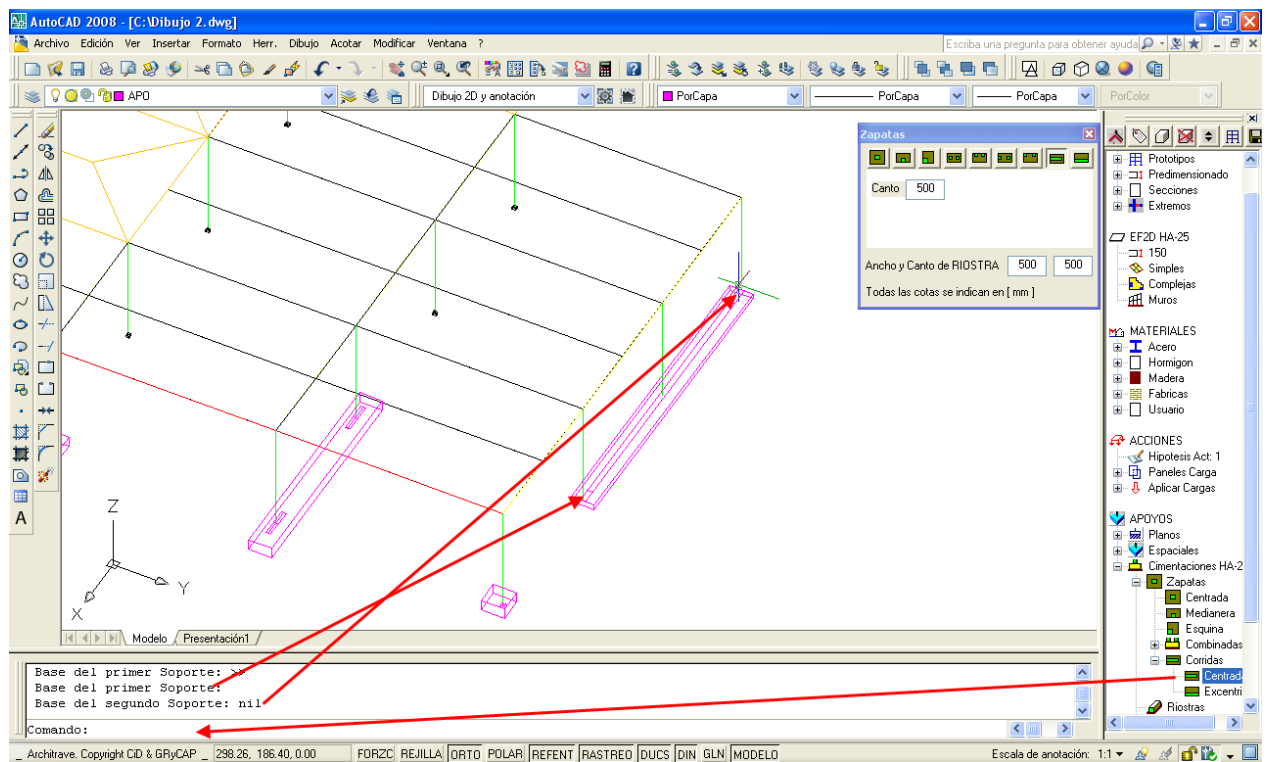
Para las zapatas de esquina, sólo se pide el canto mínimo, pues se obliga a que la relación largo/ancho sea 1 (cuadrada). Gráficamente, se requiere la orientación de la medianera, para dibujar la zapata en el siguiente cuadrante en sentido antihorario.



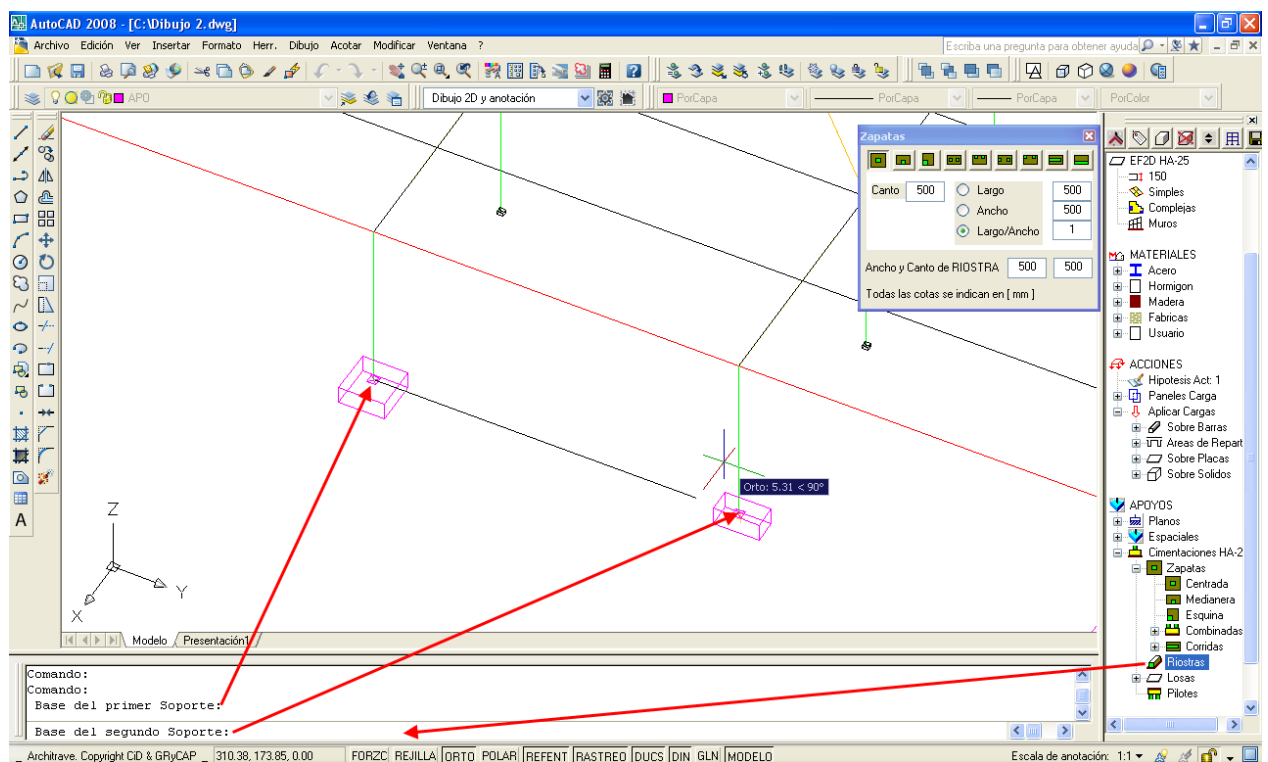
Para una zapata combinada se requiere el canto mínimo, la proporción y las dos bases de pilar.

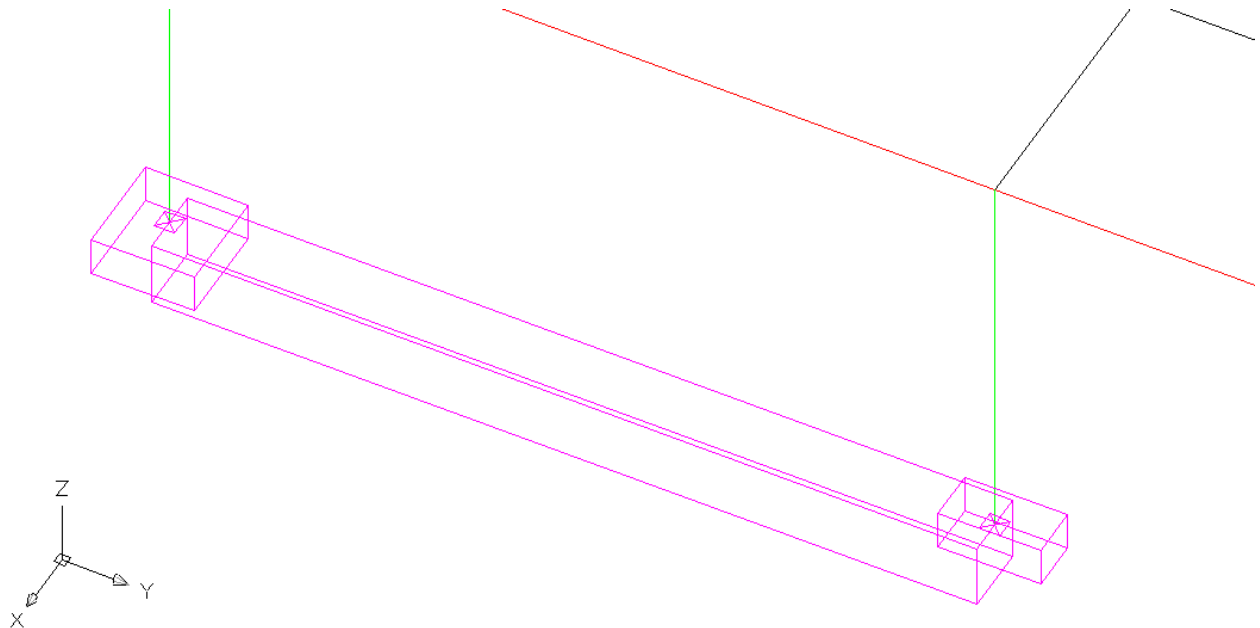


Para insertar una zapata corrida sólo se requiere el canto (en este caso viga de cimentación, pues cimenta a pilares en lugar de a muros), y gráficamente el primer y último nudo que apoya sobre ella.

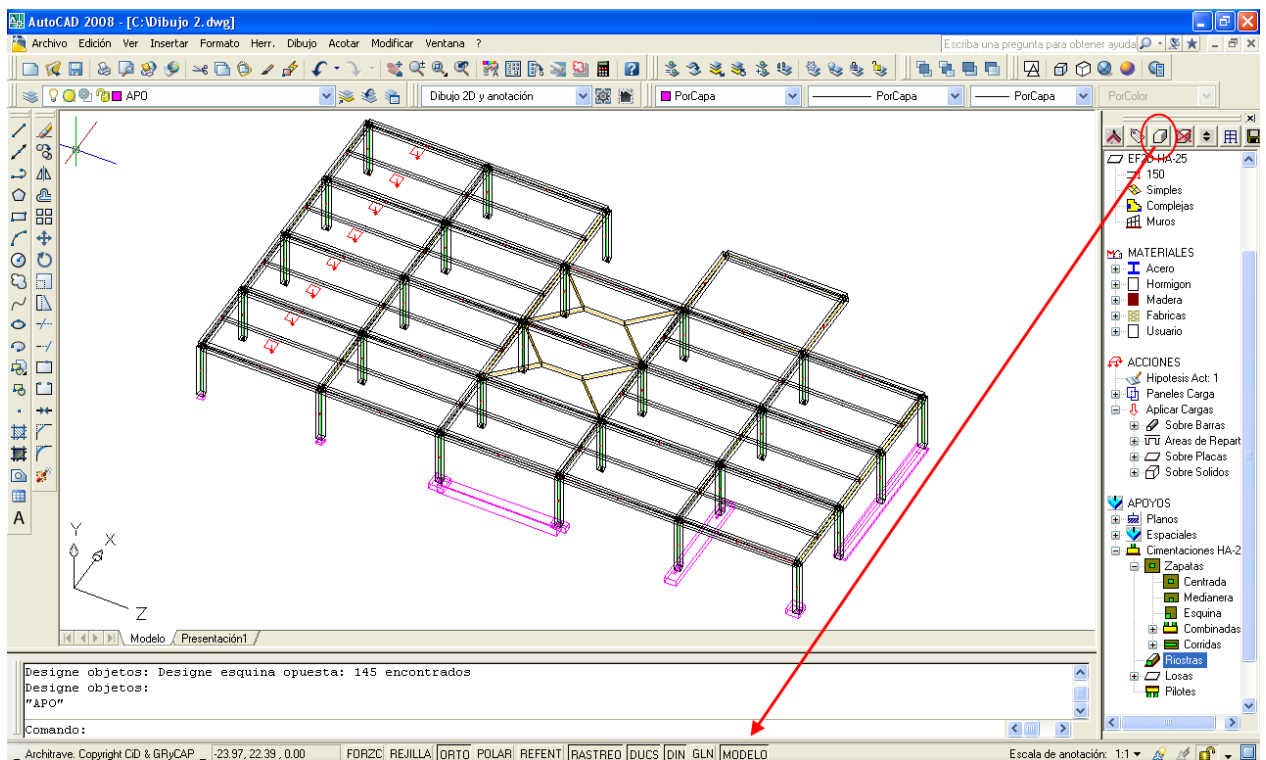


Finalmente, si deseamos introducir riostras en nuestro modelo, debemos especificar el canto y ancho, y gráficamente las bases de pilar que une.



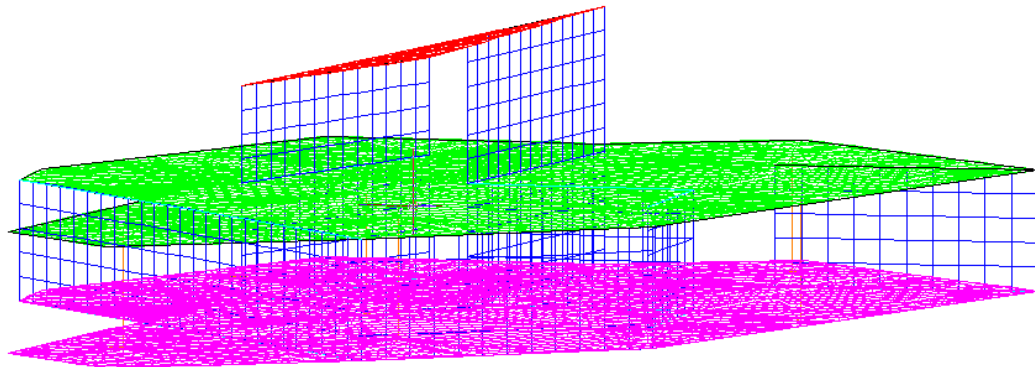


Finalmente, si deseamos ver la volumetría del conjunto, observamos que los forjados toman el espesor con el que los asignamos, y que la cimentación no cambia, pues siempre se muestra de forma volumétrica.



5 Modelización en Architrave® Diseño (III): Estructura tridimensional de muros y losas

En este ejemplo se modeliza una estructura formada en su mayor parte por elementos finitos superficiales: muros y losas.

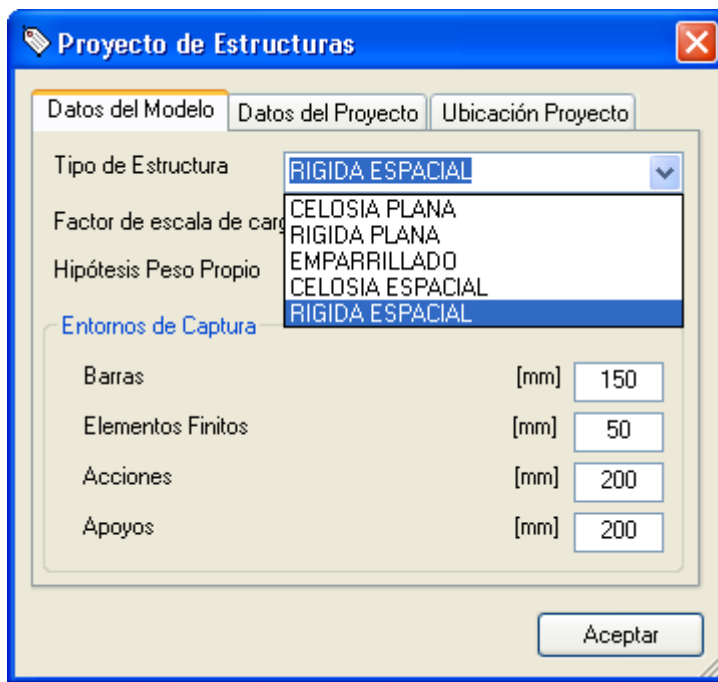


Vamos a dividir la modelización en las siguientes partes:

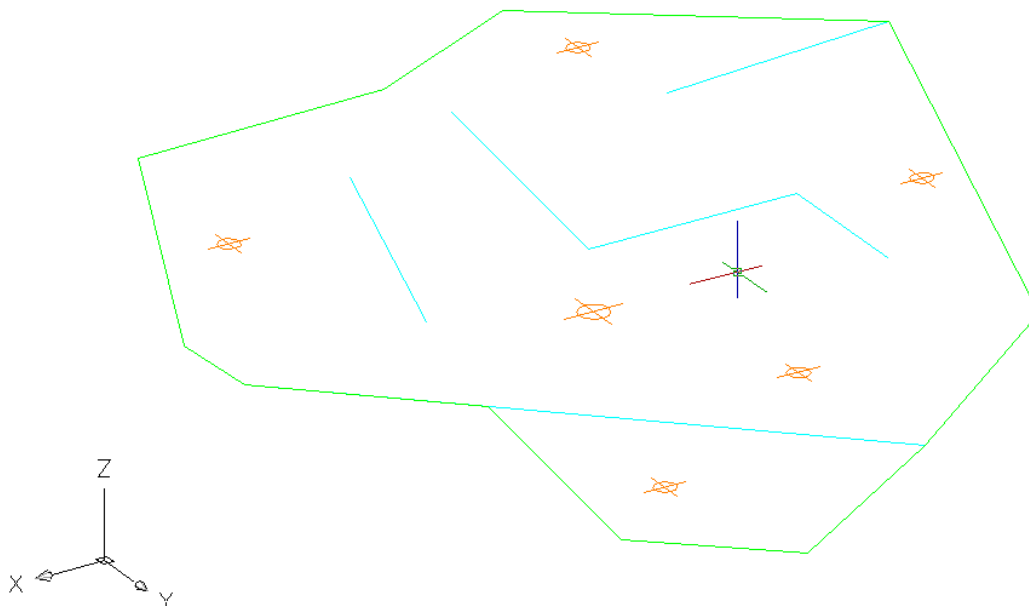
1. Tipo de estructura y líneas base
2. Pilares y muros
3. Losas complejas
4. Losas simples
5. Losa de cimentación
6. Cargas sobre placas

5.1 Tipo de estructura y líneas base

Clicamos en el primer botón del encabezamiento del árbol y seleccionamos estructura rígida espacial

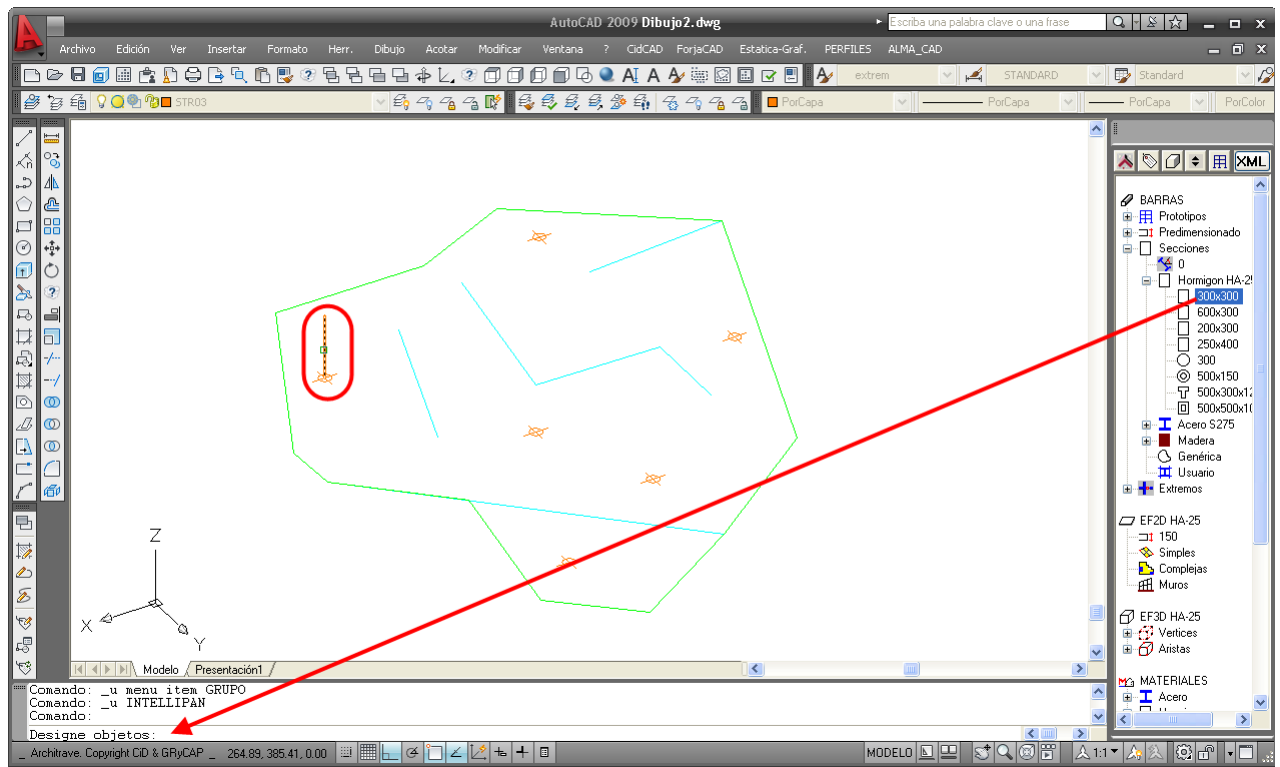


Previo al modelizado de la estructura, debemos tener dibujados los siguientes elementos: contorno de losa, directriz de muros y situación de pilares. Se recomienda incluir estos elementos en capas separadas, preferiblemente las que comienzan por "Ave", para saber que no son elementos estructurales sino "guías".

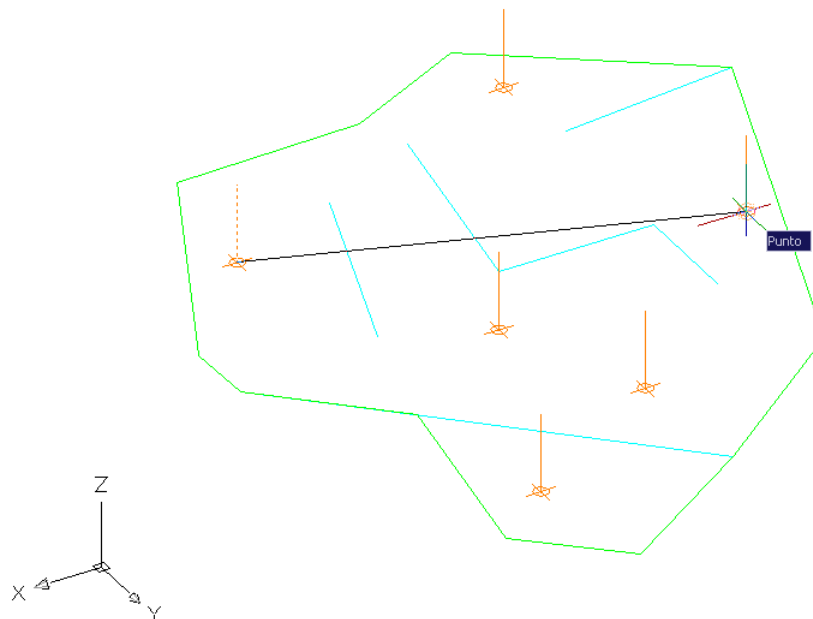


5.2 Pilares y muros

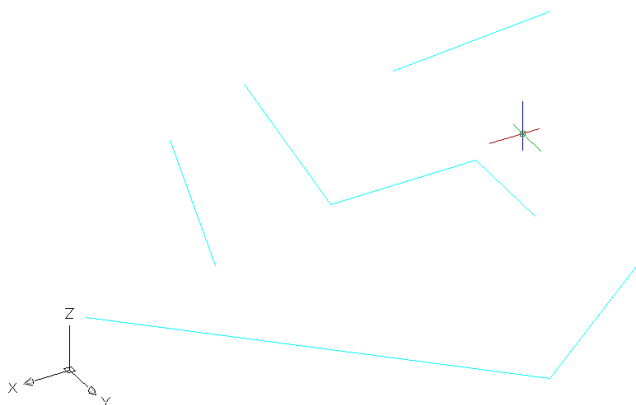
Se modelizan los pilares sobre los puntos marcados, asignando sección rectangular de hormigón (ver ejemplo de aplicación nº 2)



Se copian los pilares al resto de los puntos

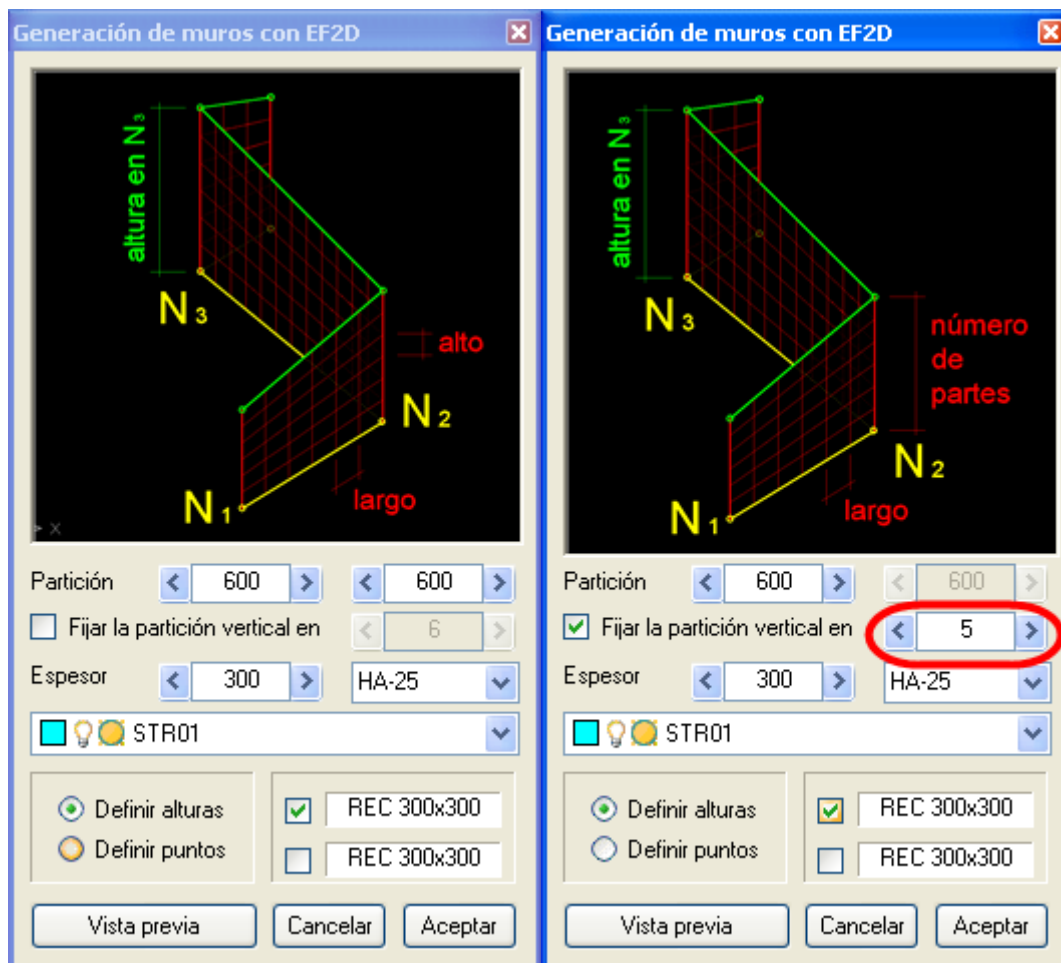


A continuación, previo al modelizado de los muros, es conveniente desactivar el resto de capas

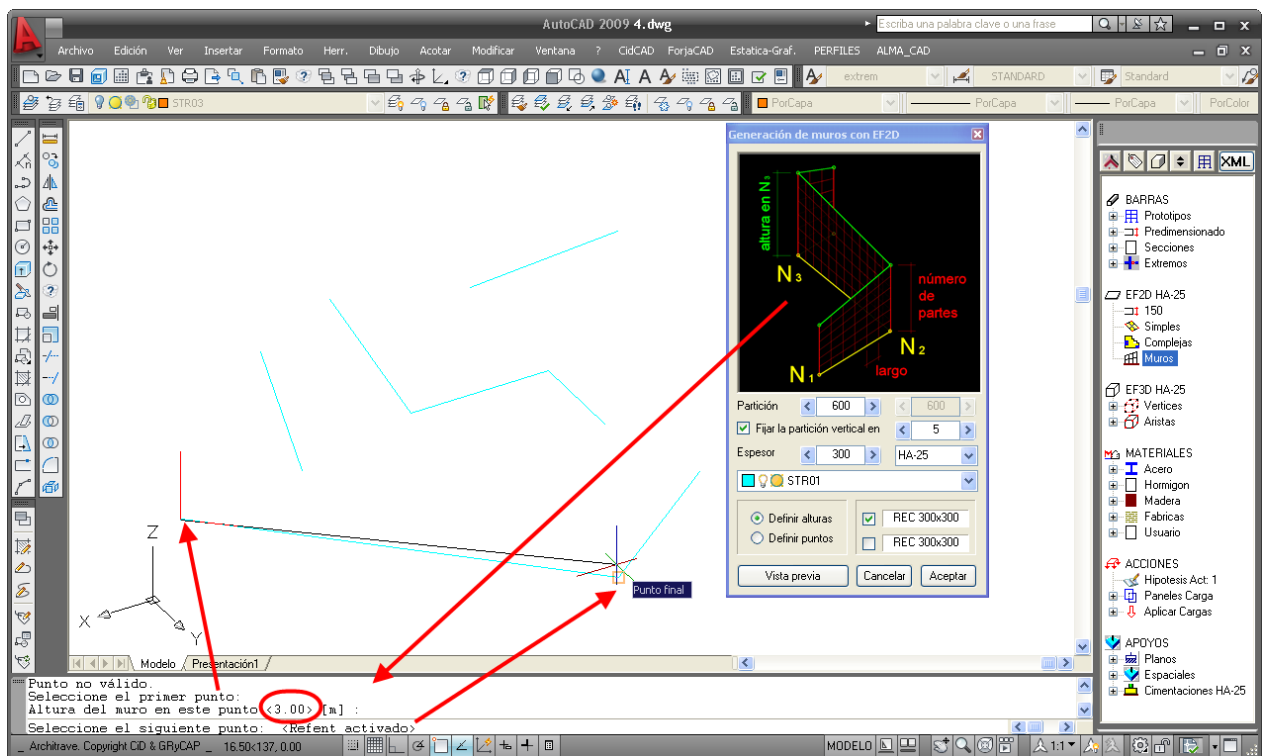


Doble clic sobre EF2D → Muros, y se abre la ventana propia para la generación de muros. Esta ventana contiene, por orden, información sobre:

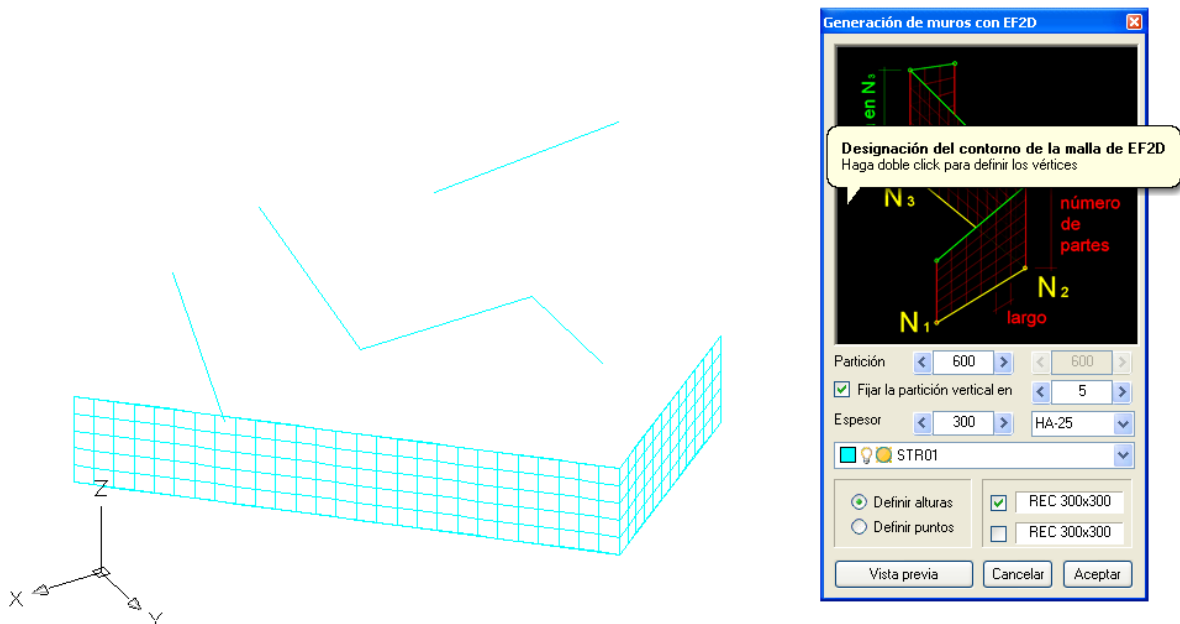
- el tamaño deseado para ancho y alto de cada elemento finito de muro. La altura de los elementos se puede fijar mediante un valor o mediante el número de particiones total del muro en su altura.
- Espesor y material. Ambos se pueden modificar posteriormente mediante sus respectivas órdenes "Asignar". El material también se puede haber definido previamente arrastrando el material deseado desde su lugar en el árbol hasta la línea de texto "EF2D HA-25"
- La capa donde se guarda el muro
- El modo de crear el muro: definiendo alturas (se define el vértice en planta y su altura de coronación) o definiendo puntos (pinchando en base y coronación). Estos métodos son apropiados para muros de altura constante o variable, respectivamente
- La inserción (o no) de zunchos de base y/o coronación, incluidos automáticamente en capas específicas



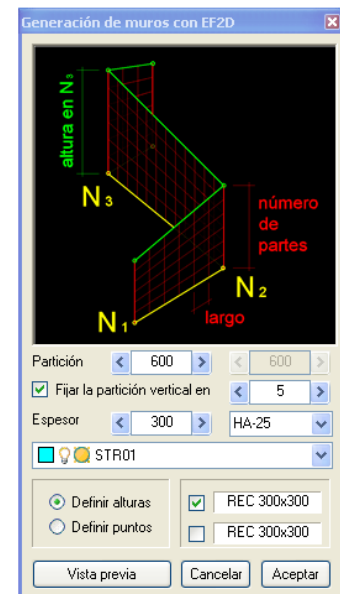
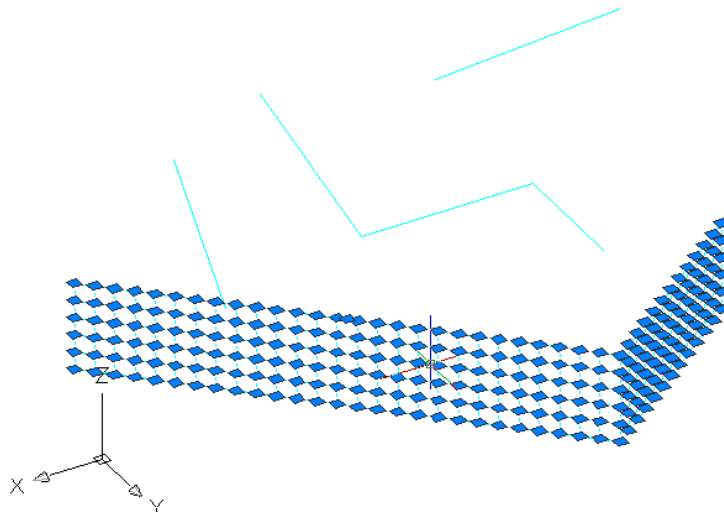
El proceso para insertar un muro es: hacer doble clic sobre el área oscura de la ventana, e ir seleccionando uno a uno los vértices inferiores del muro, especificando en cada paso la altura de coronación



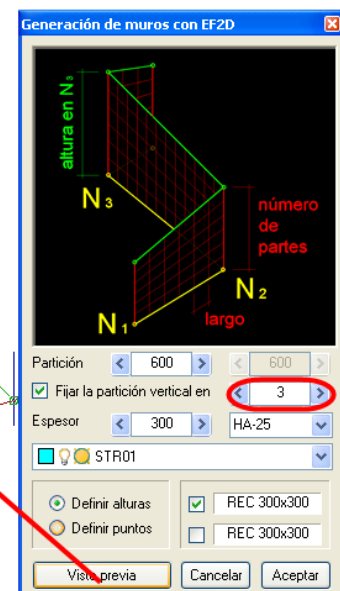
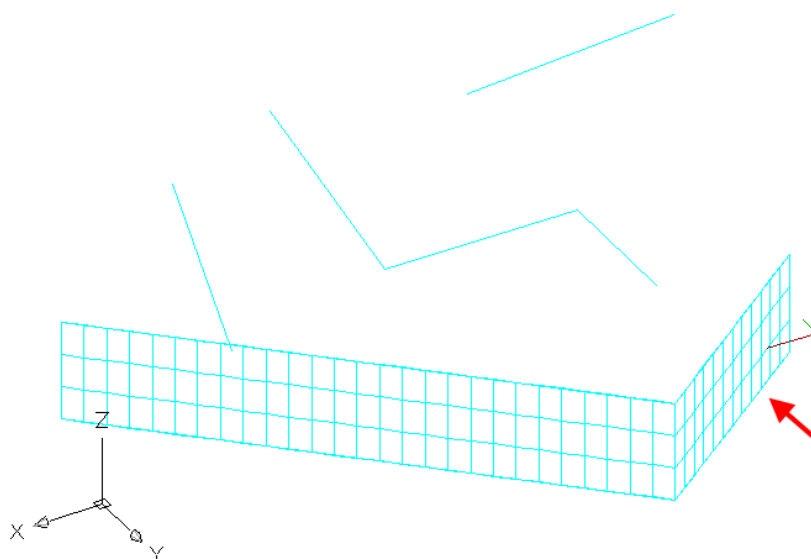
Se finaliza la entrada de vértices con clic derecho, e inmediatamente podemos ver el aspecto del muro con "vista previa"



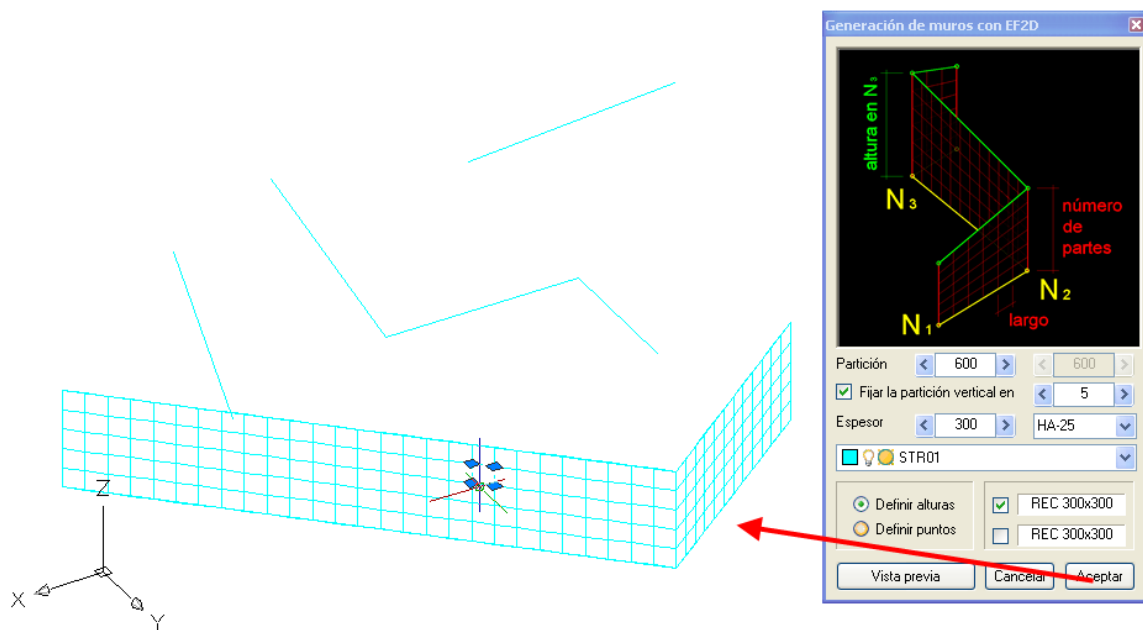
Nótese que el muro es una entidad única y dinámica hasta que se le dé a “Aceptar”, igual que en todos los prototipos.



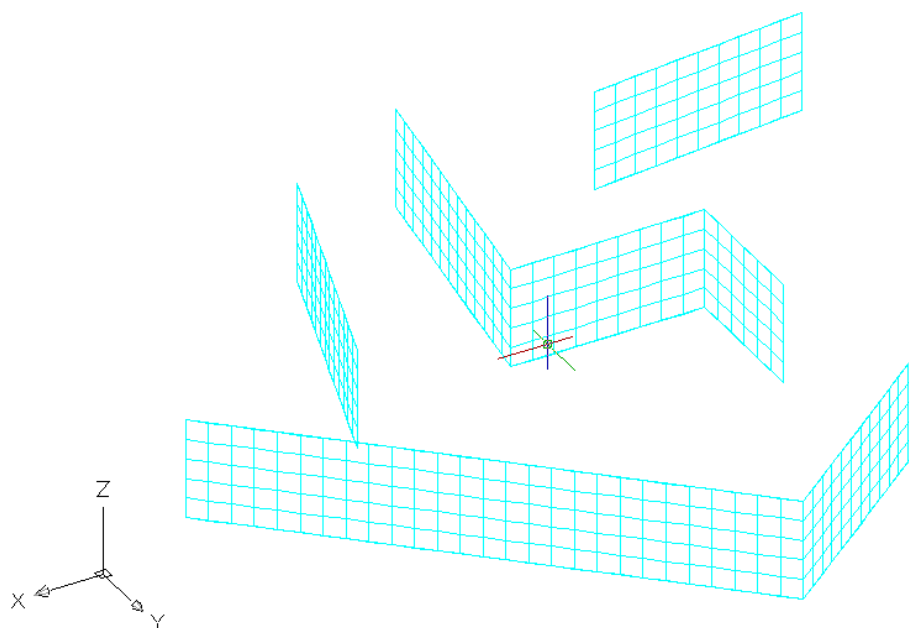
Mientras tanto, podemos modificar a voluntad las características del muro e ir visualizando los cambios



Una vez que se acepta el modelo, el muro queda compuesto por elementos finitos (3Dcara) independientes, susceptibles de ser modificados con cualquiera de las herramientas de AutoCAD

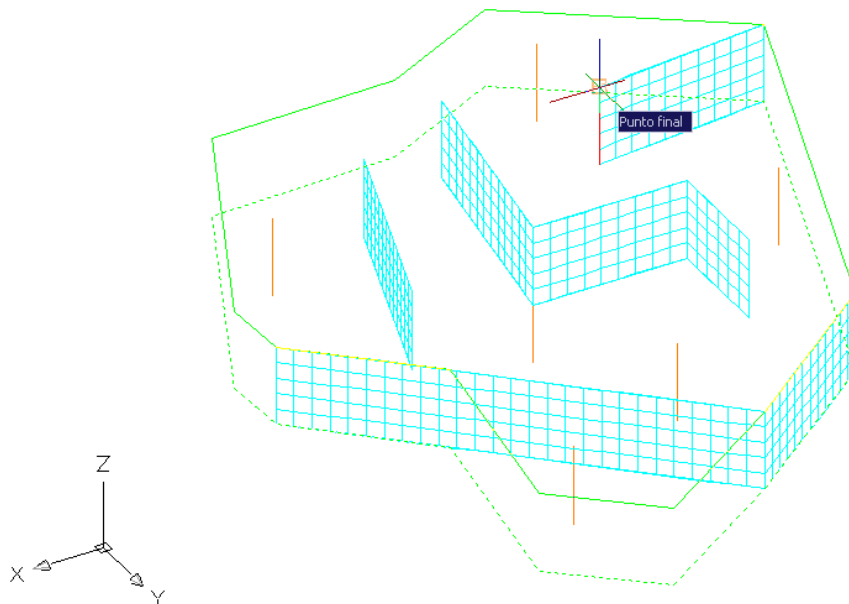


Análogamente se procede a modelizar la totalidad de los muros. Nótese que en cada tramo de muro los elementos finitos son del mismo tamaño, resultante de dividir cada segmento de base o altura de muro en un número entero de particiones de tal manera que las dimensiones de cada elemento se aproximen al valor deseado. Pero elementos de tramos distintos serán probablemente distintos entre sí.

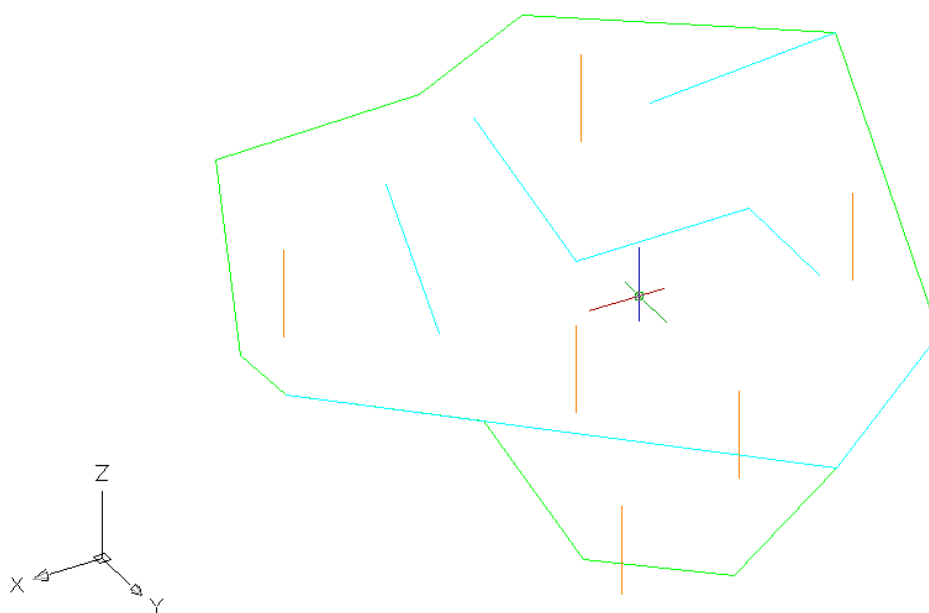


5.3 Modelizado de losas mediante mallado complejo

Seguidamente se deben activar todas las capas y llevar el contorno de la losa hasta su cota real



Nos quedamos sólo con los pilares, los zunchos de remate de los muros y con el contorno de la losa. MUY IMPORTANTE: El contorno ha de ser una polilínea cerrada, y los zunchos deben ser polilíneas sueltas. Ambas conversiones se llevan a cabo usando la orden de AutoCAD "editpol" (editar polilínea), o bien desde las propiedades de objetos.

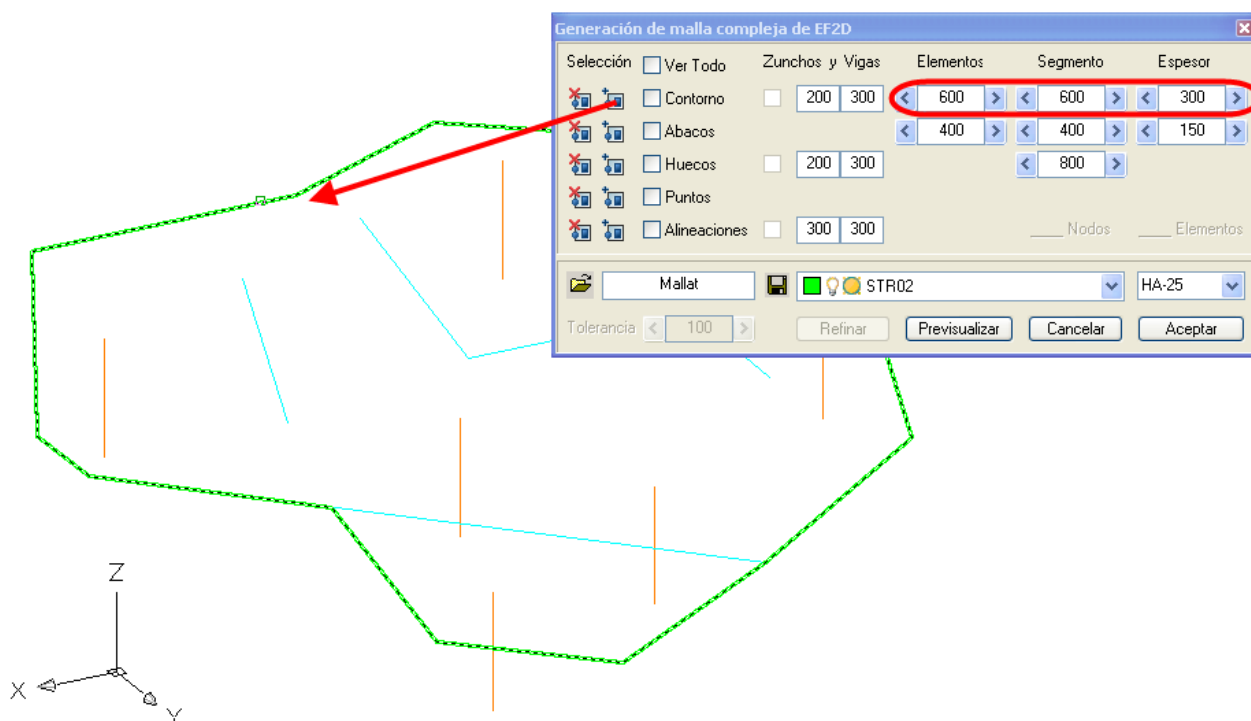


Para iniciar el modelizado de la losa, doble clic sobre EF2D → complejas, abriéndose la ventana propia correspondiente. Esta ventana contiene, de izquierda a derecha:

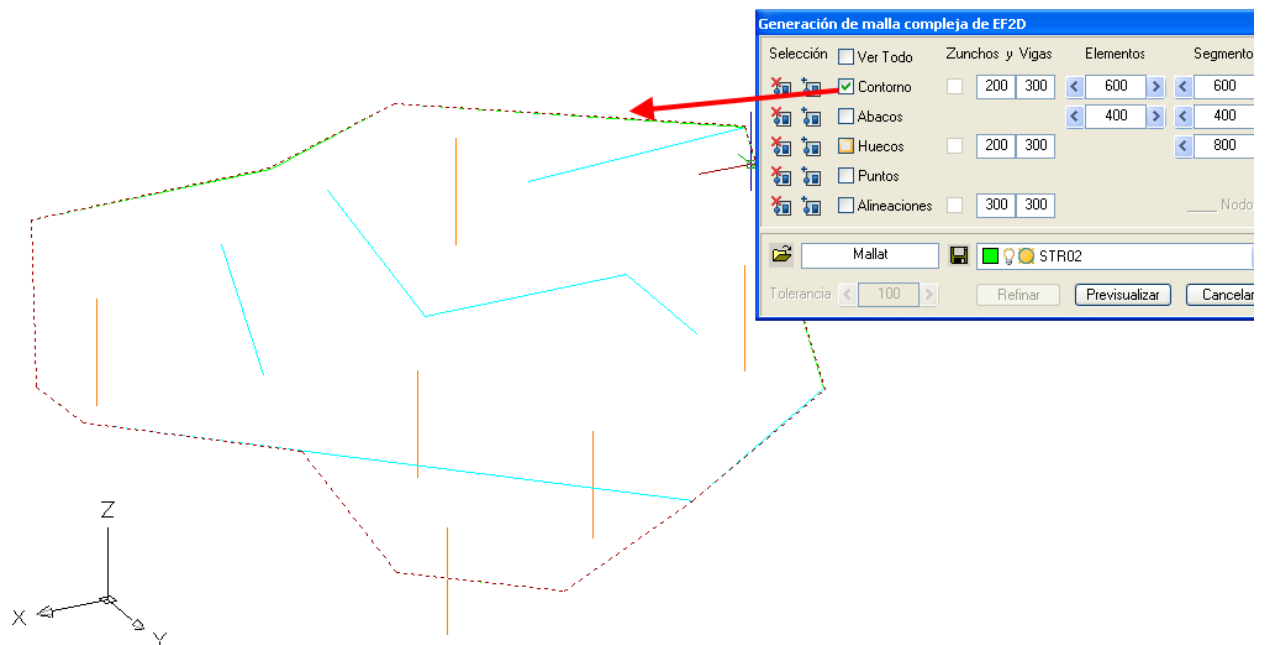
- Botones para seleccionar o deseleccionar los elementos de la losa: contorno, ábacos, huecos, puntos (pilares u otros nudos) y alineaciones (vigas). Estos elementos se definen para forzar a que el mallado resultante quede configurado de tal forma que sus nudos estén sobre esos elementos
- Botones para visualizar los elementos seleccionados, individual o globalmente
- Definición geométrica de zunchos/vigas de contorno, huecos y alineaciones, que quedarán incluidas en capas propias
- Definición geométrica de elementos finitos que acometen a cada uno de estas entidades. "Elemento" se refiere al tamaño medio de los elementos finitos interiores, mientras que "Segmento" hace alusión al tamaño de los elementos que "tocan" a los zunchos de borde, de hueco o de ábaco.
- En la parte de abajo, se hallan opciones referentes al guardado o recuperación de mallados, la capa de inclusión de la losa y el material

IMPORTANTE: Se ha de colocar siempre el mismo tamaño de "Segmento" que el de los elementos finitos de muros, pues así coincidirán los nudos de losa y muro, cualidad esencial para garantizar la adecuada transmisión de esfuerzos entre elementos.

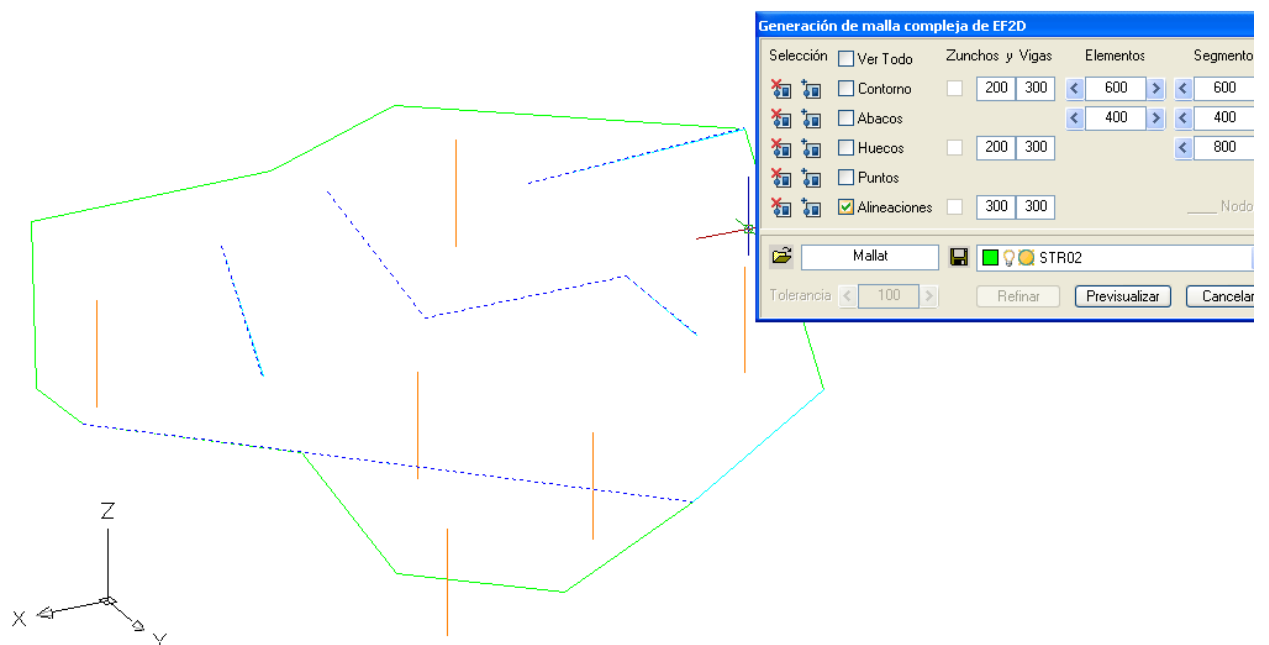
El proceso de modelizado es el siguiente: una vez determinadas las características geométricas de los elementos, se procede a ir seleccionando cada elemento de la lista mediante el botón correspondiente, empezando por el contorno (polilínea CERRADA)



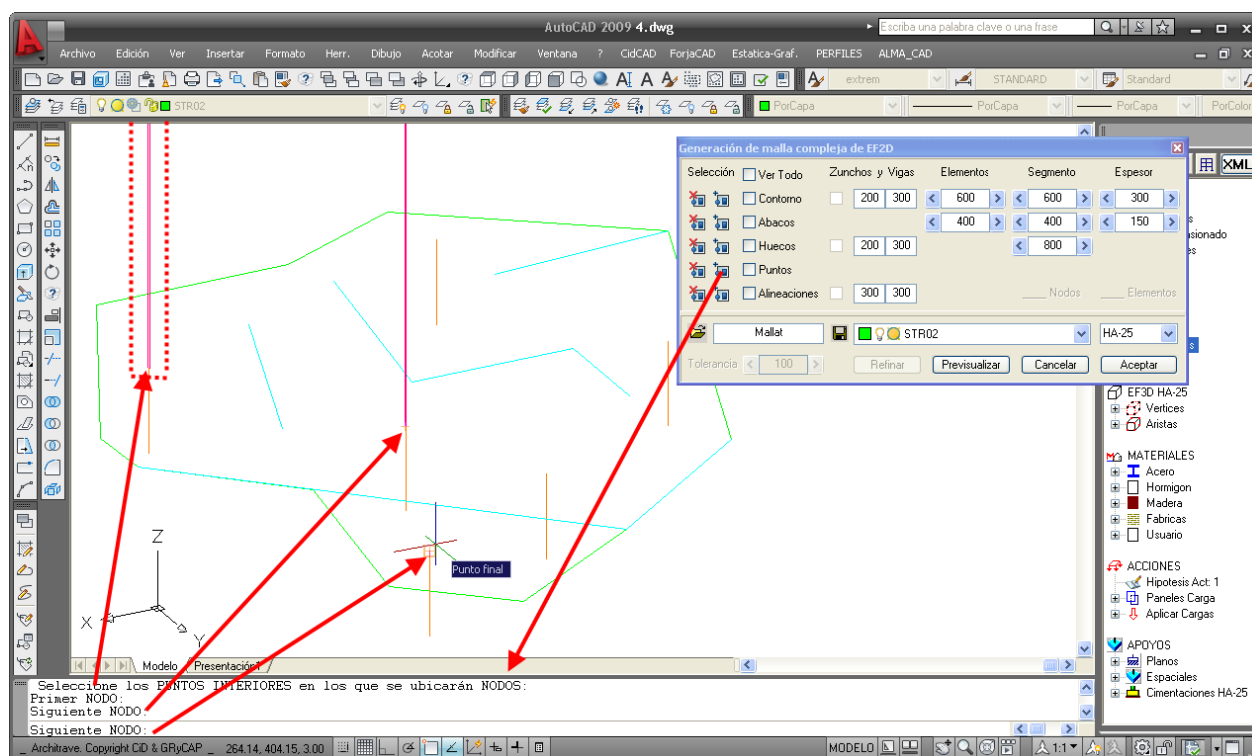
Podemos ir visualizando cada elemento después de haberlo seleccionado; se debe ver en línea de puntos.



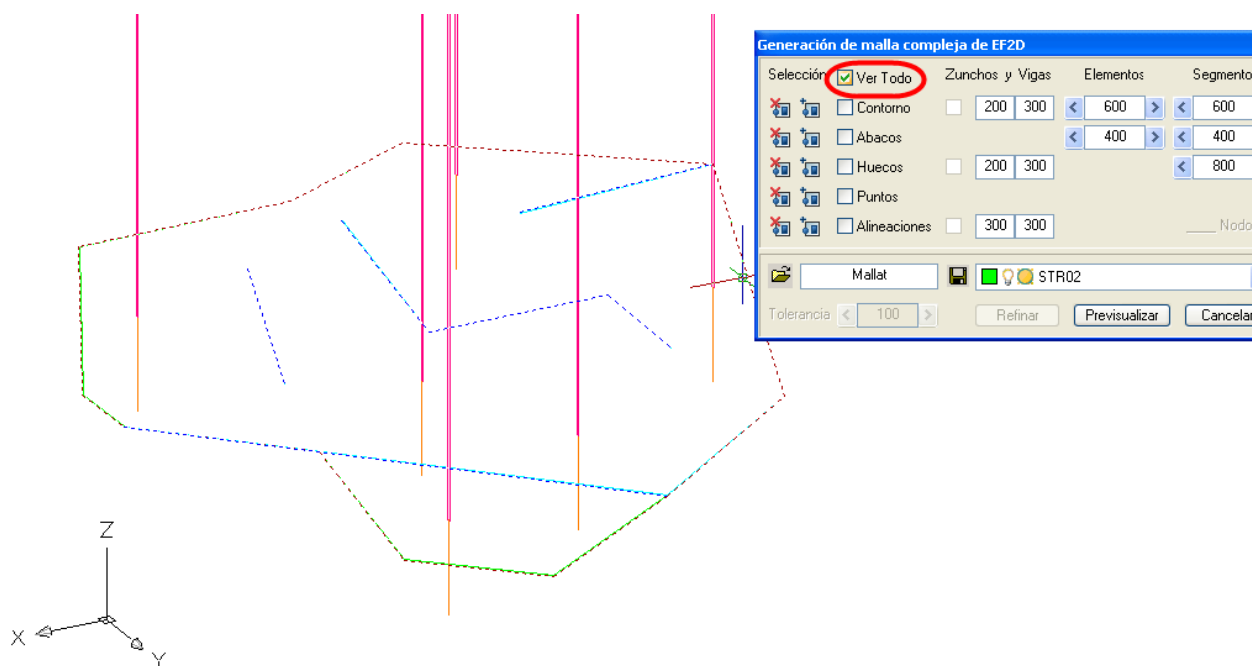
Se continua seleccionando en este caso las alineaciones, puesto que no hay ábacos ni huecos



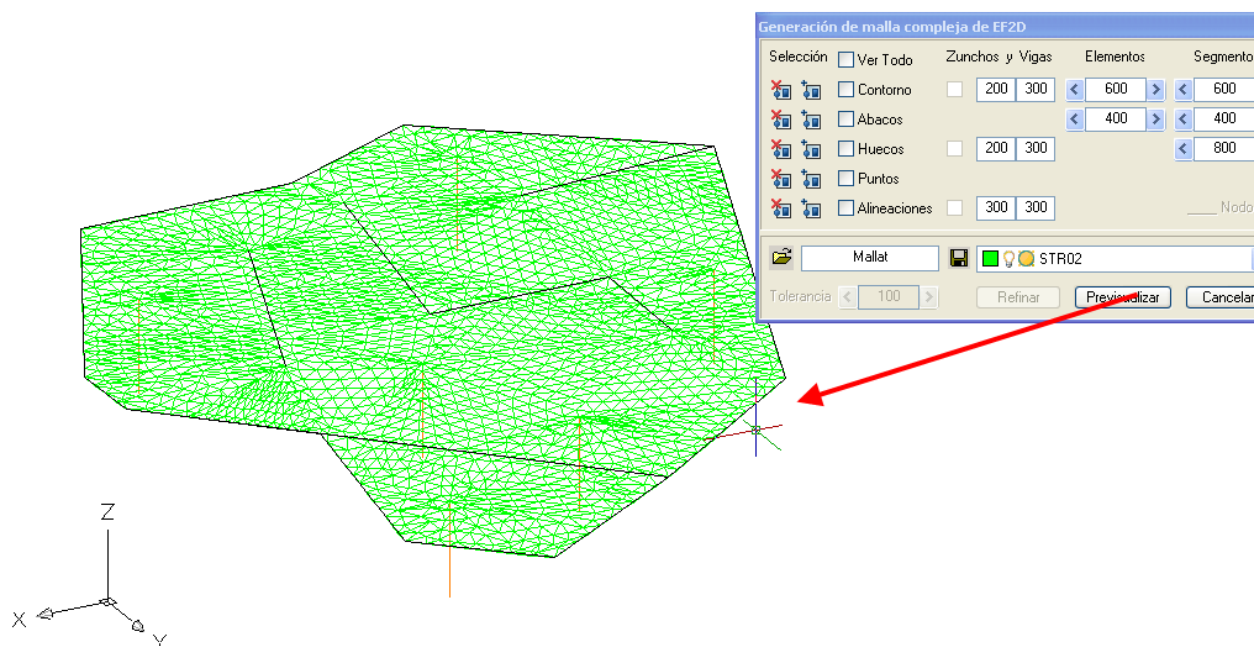
En cuanto a la selección de puntos, va apareciendo automáticamente su proyección en vertical para visualizarlo mejor



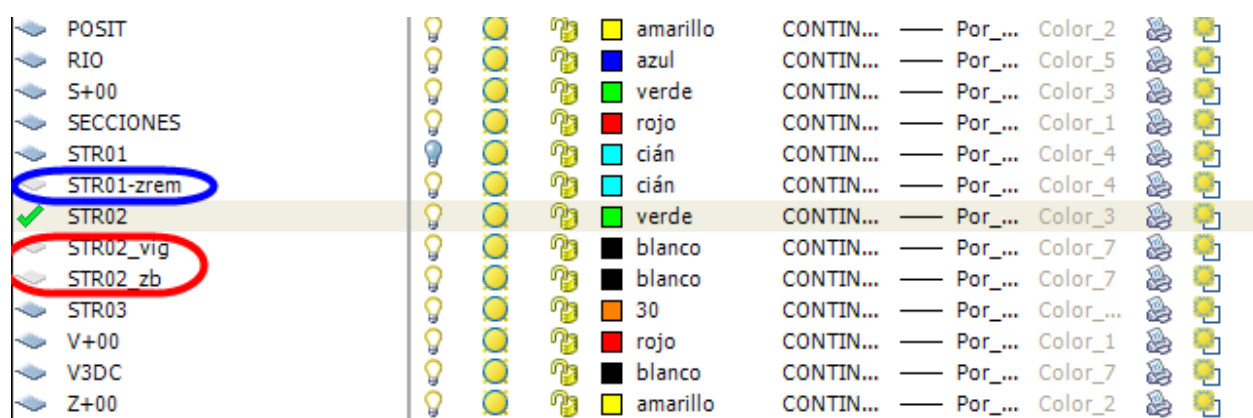
Como la generación del mallado se toma algún tiempo en realizarse (algunos segundos), es conveniente asegurarse previamente de que se han definido todos los elementos correctamente. Para ello se puede visualizar todo de una sola vez, apareciendo punteados todas las entidades involucradas



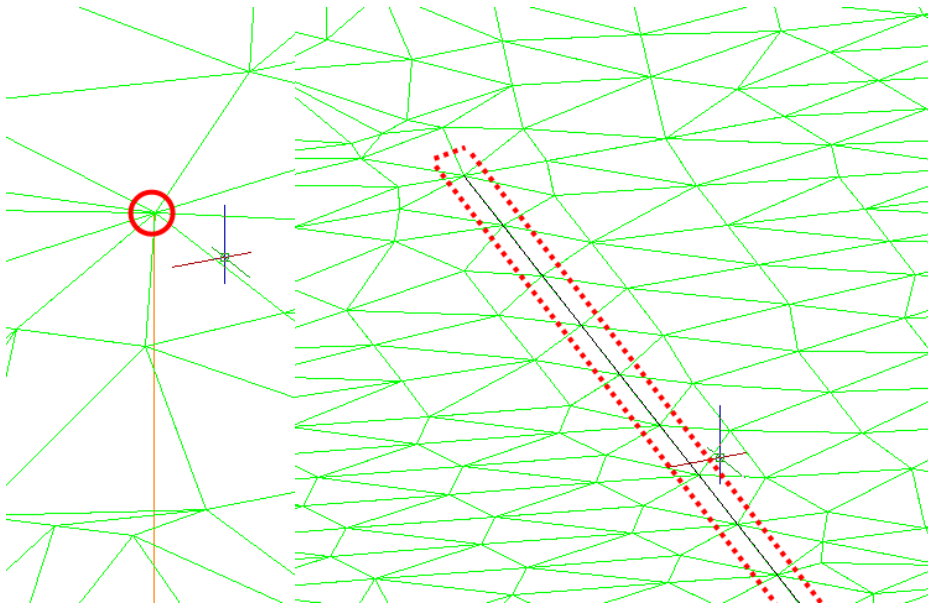
Una vez se tengan definidas todas las características de la losa, se previsualiza la misma



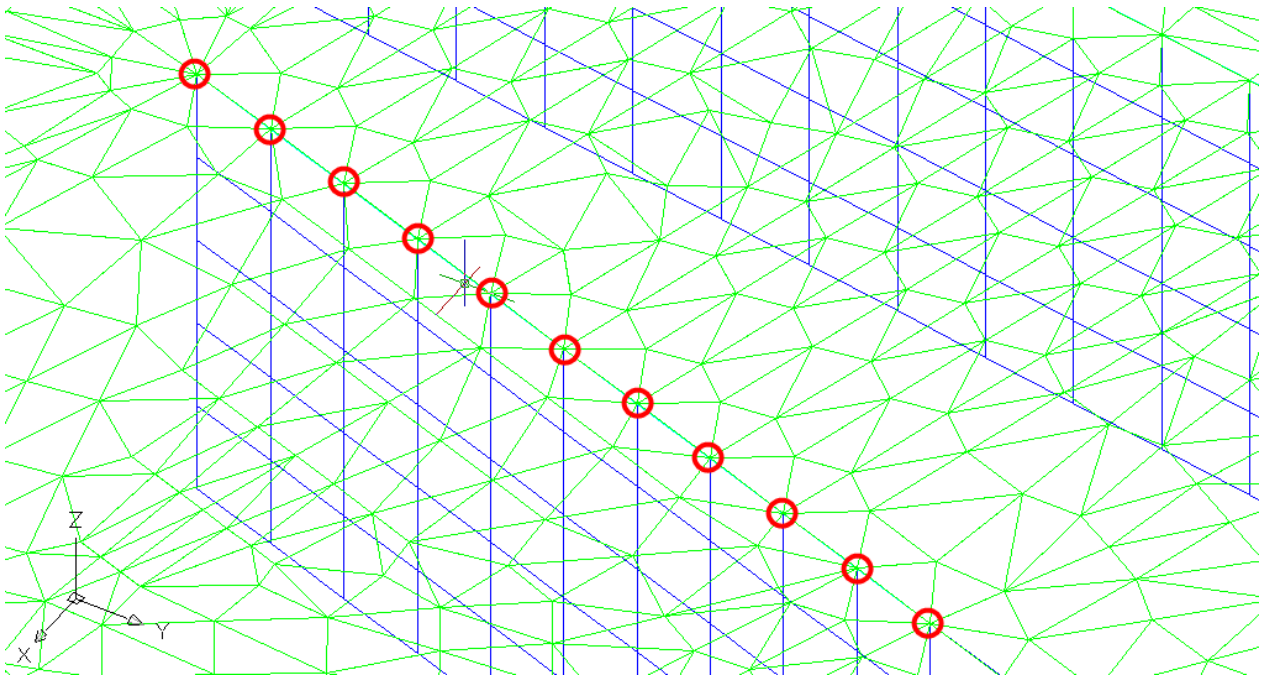
Los zunchos de contorno exterior y de huecos, y las vigas (alineaciones) definidas, se guardan en capas propias (señaladas en rojo)



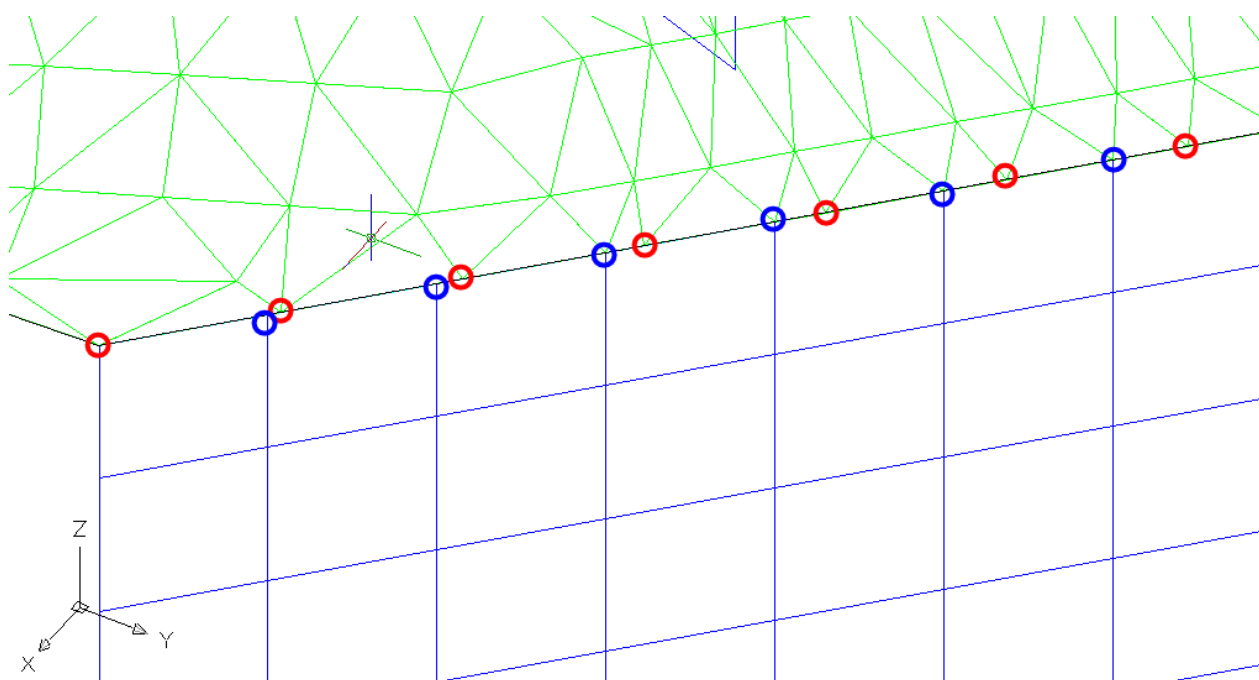
Se debe comprobar que los nudos de la losa han coincidido con los puntos, alineaciones y demás



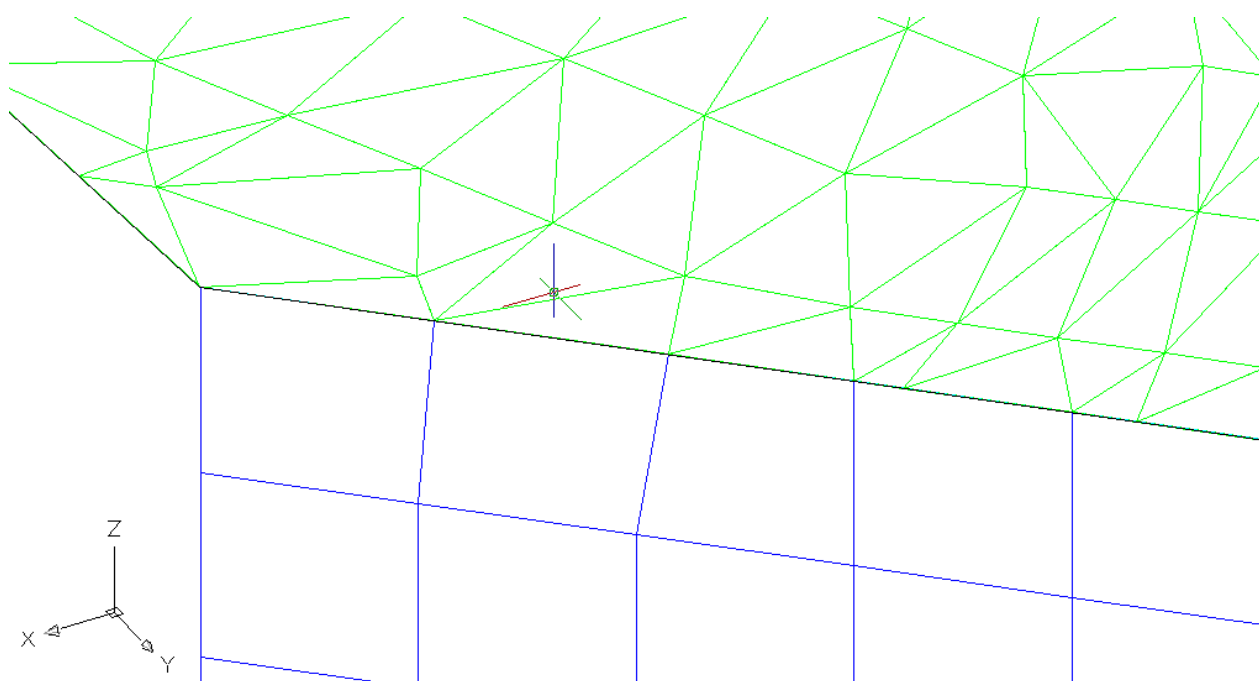
Como se preveía los nudos de losa y muro coinciden, debido a la imposición del mismo valor de segmento



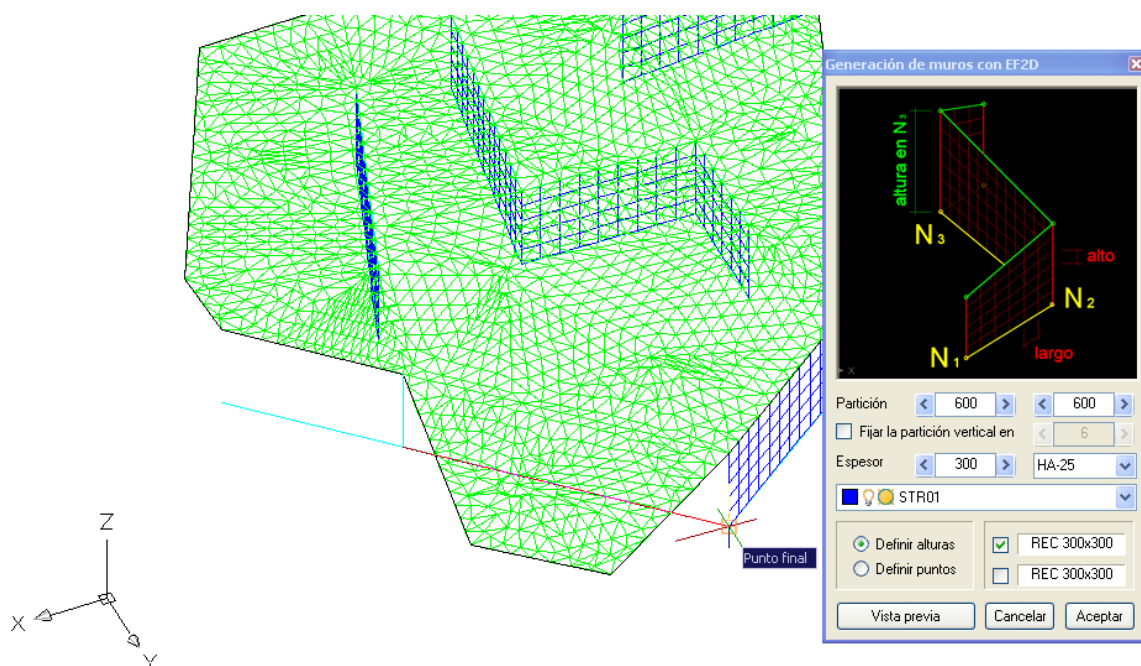
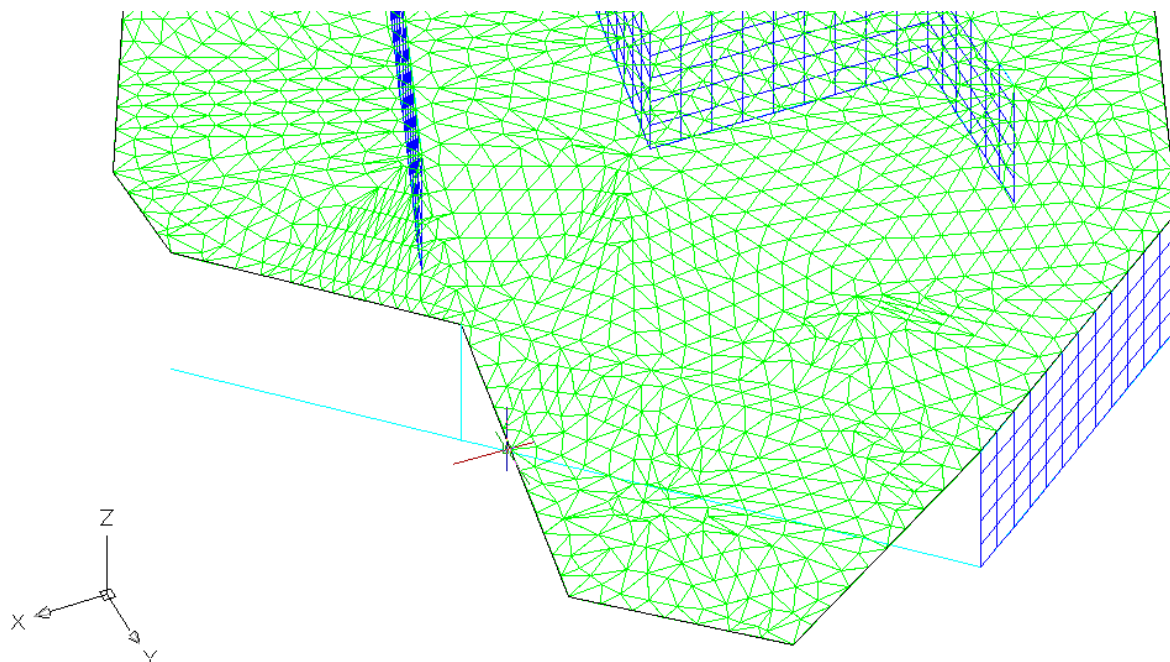
Sin embargo, puede ocurrir que un segmento del contorno de la losa coincida con una parte de segmento de muro. Si no se tuvo la precaución de definir ese segmento de muro como fragmentos, para que coincidiera exactamente con dicho segmento de contorno de losa, ocurrirá lo que se aprecia en la imagen: los nudos se encuentran sobre la misma línea pero no coinciden

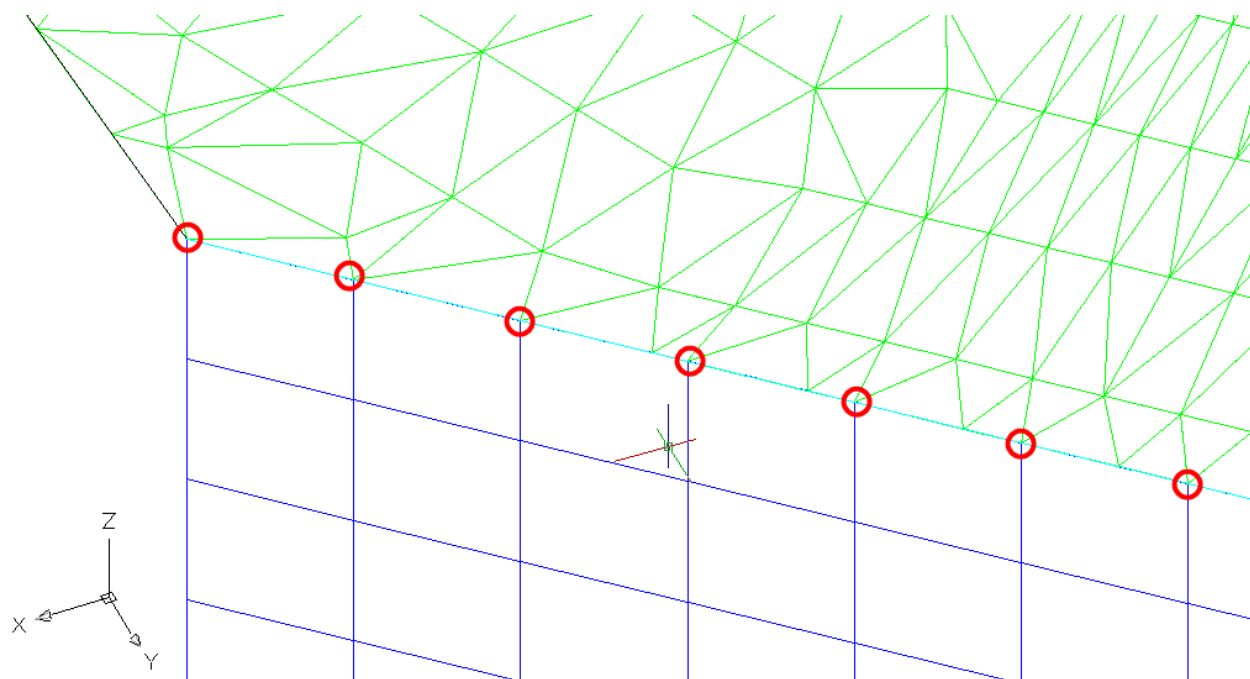


Hay dos opciones para solucionar este problema: se puede trazar una viga de "cosido", de tal manera que los esfuerzos pasarán de los nudos de la losa a la viga y de ésta a los del muro; o bien se puede, manualmente, hacer coincidir ambos conjuntos de nudos. Esta última solución es la idónea, pero mucho más costosa. Si se opta por la primera, deberá estudiarse qué tamaño se le da a esta viga virtual para simular adecuadamente la unión rígida losa-muro mediante una adecuada resistencia a torsión de esta barra



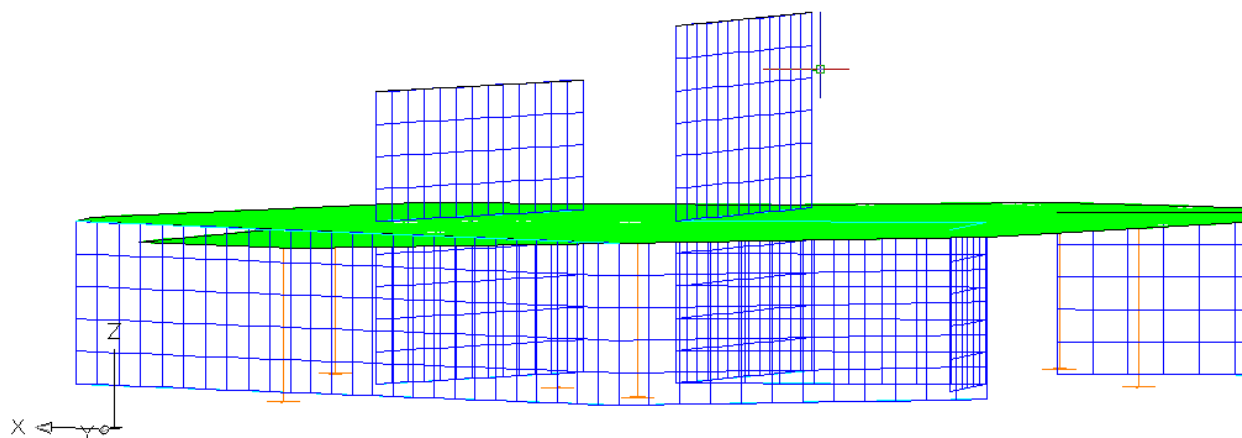
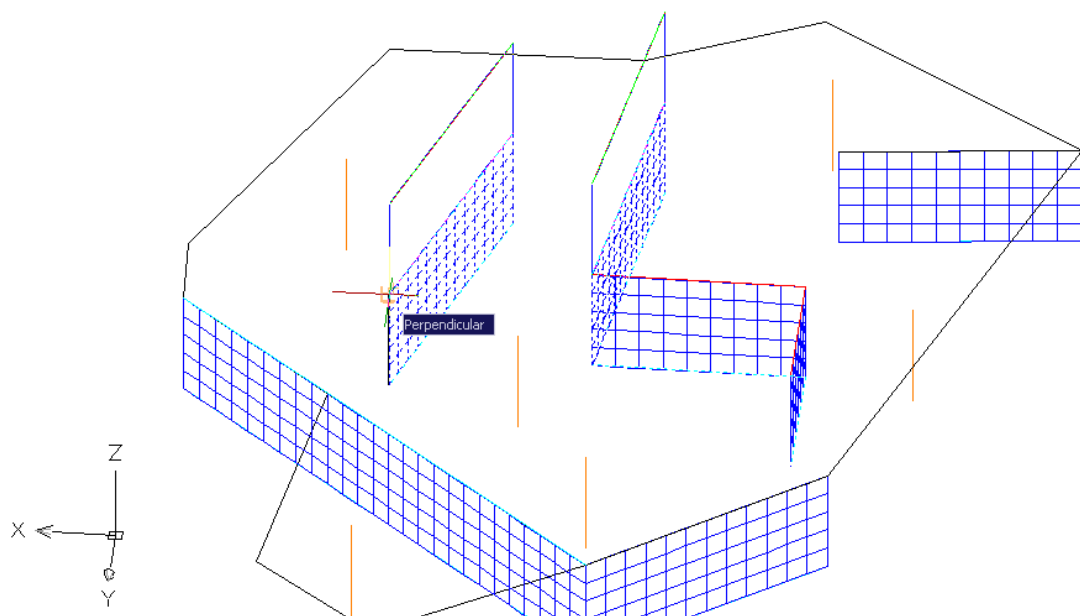
En este ejemplo, se puede solucionar el problema redibujando el muro, descomponiendo el tramo recto en dos, de tal manera que el primero de ellos coincide exactamente con el segmento de perímetro de losa





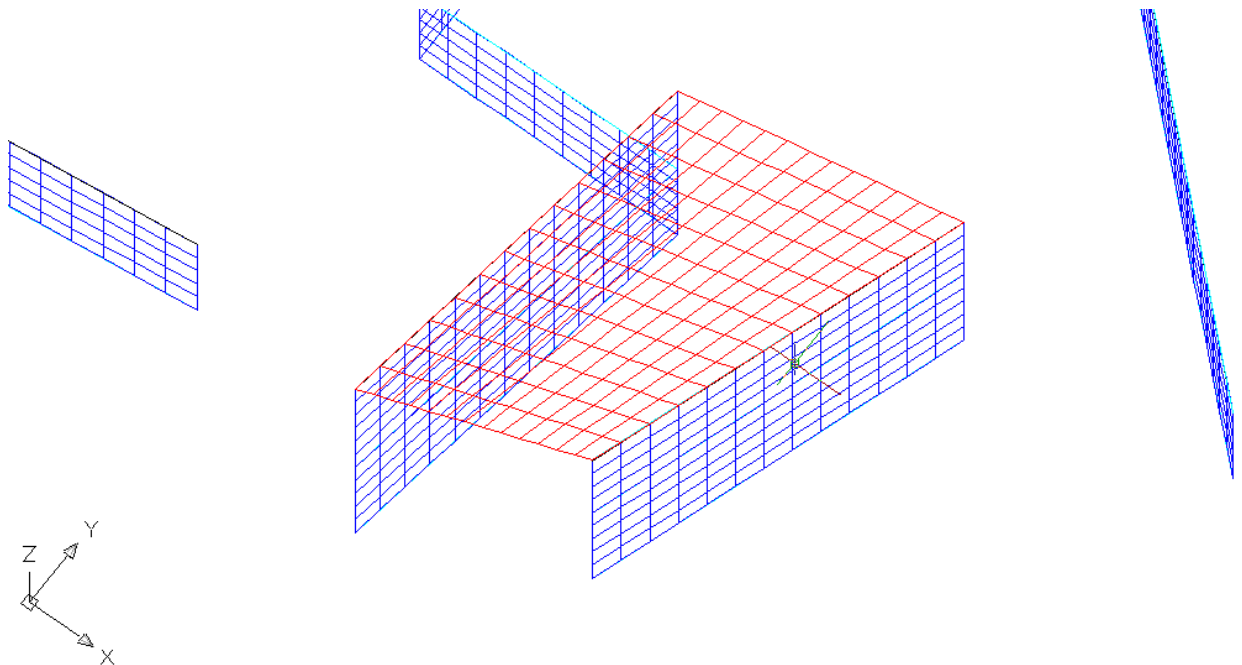
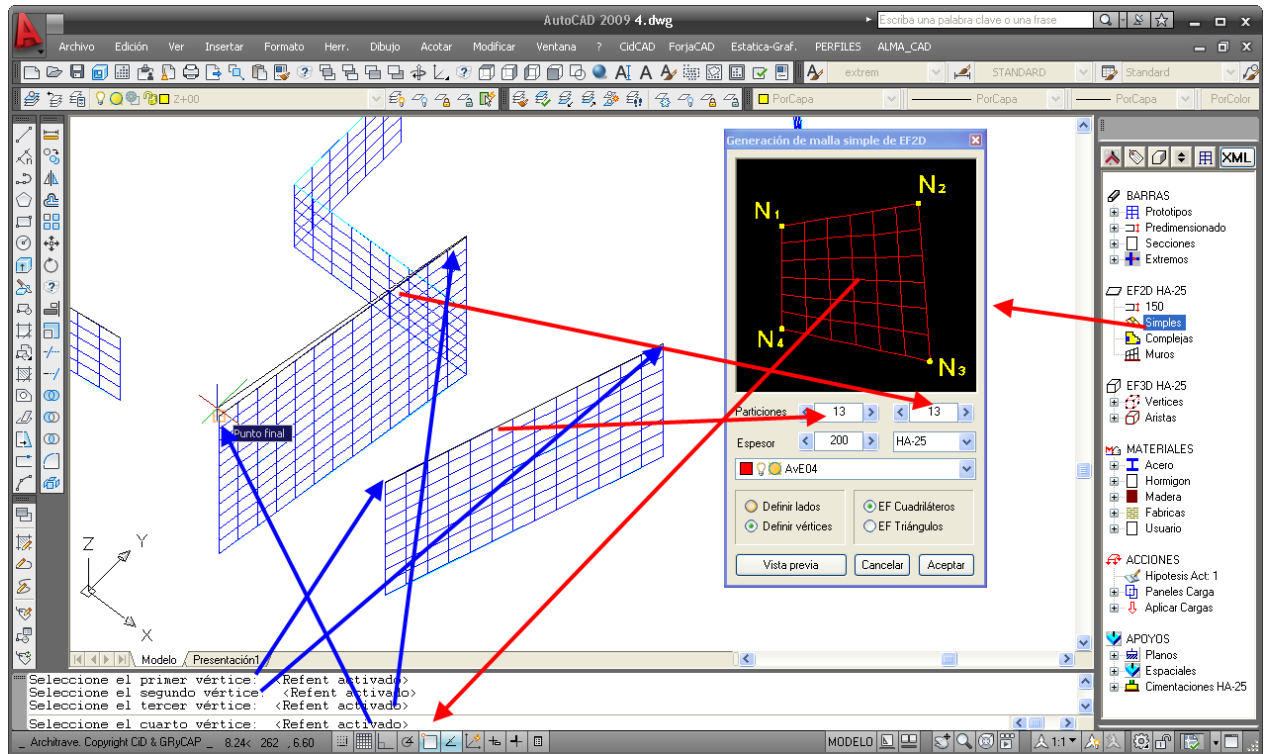
5.4 Modelización de losas mediante mallado simple

Se procede a modelizar la siguiente losa del edificio, para lo cual previamente debemos copiar los muros correspondientes desde la planta inferior a la superior



Para insertar una losa simple, hacemos doble clic sobre EF2D → Simples, y se abre la ventana propia correspondiente. En esta ventana encontramos, análogamente a la de muros, el número de particiones de la losa, espesor, material, capa, manera de insertarla (definiendo lados o vértices) y la forma de los elementos finitos (cuadriláteros o triángulos).

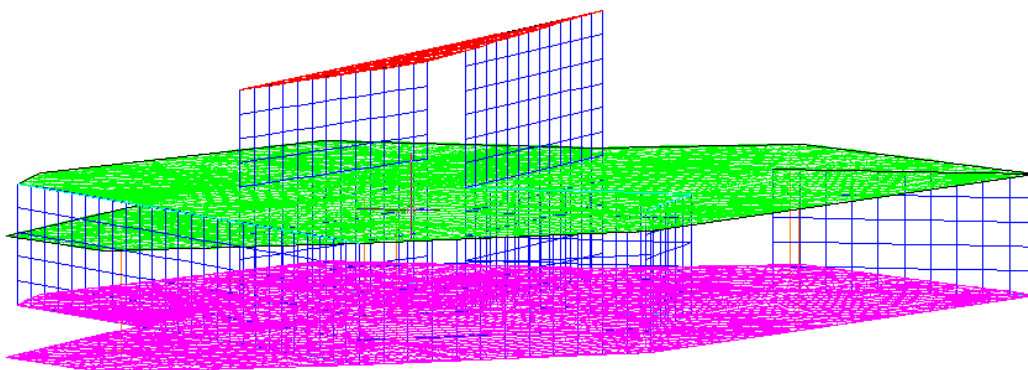
Se hace doble clic en la zona oscura de la ventana, se definen los 4 vértices, se previsualiza y se acepta.



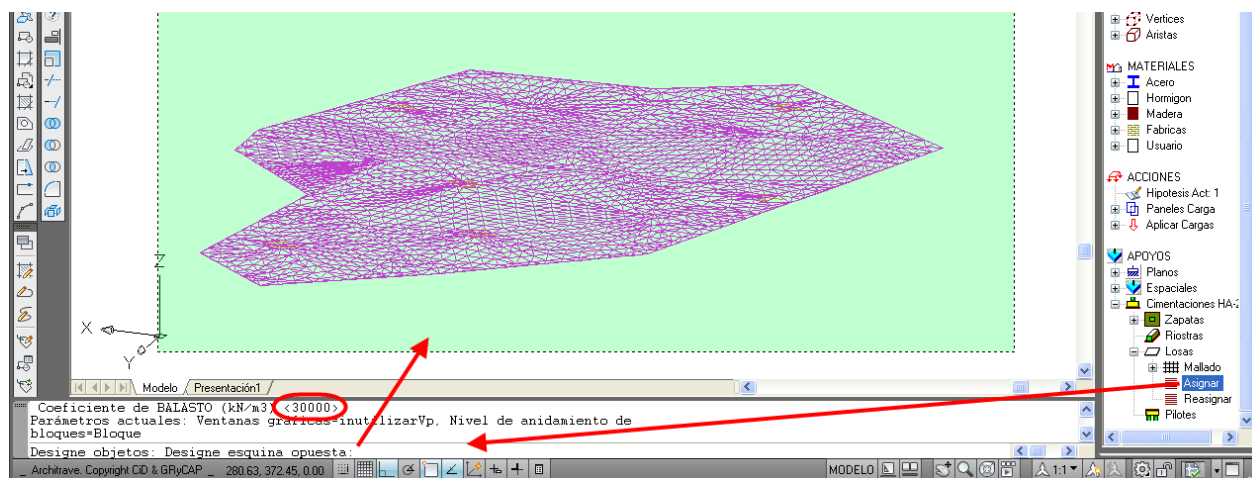
5.5 Losa de cimentación

La losa de cimentación está formada por elementos finitos, cual losa común, apoyados en todos sus vértices en unas coacciones tipo muelle que simulan el comportamiento del terreno en función de su coeficiente de balasto.

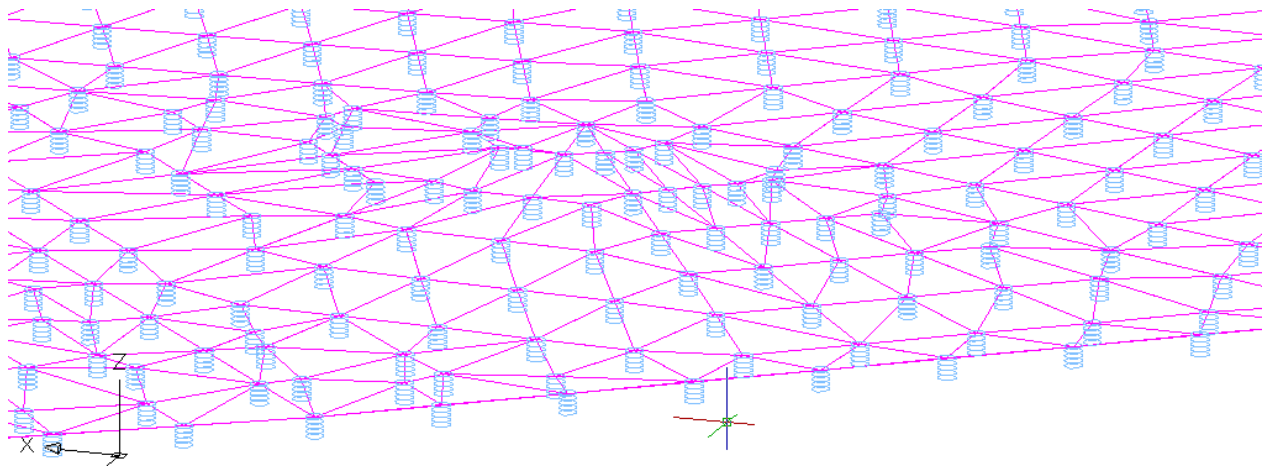
Se comienza por copiar la losa de forjado a la base del edificio, cambiándola de capa



Seguidamente, seleccionamos en el árbol APOYOS → Cimentaciones → Losas → Asignar. Definimos el módulo de balasto correspondiente en kN/m³ y seleccionamos los EF de la losa de cimentación



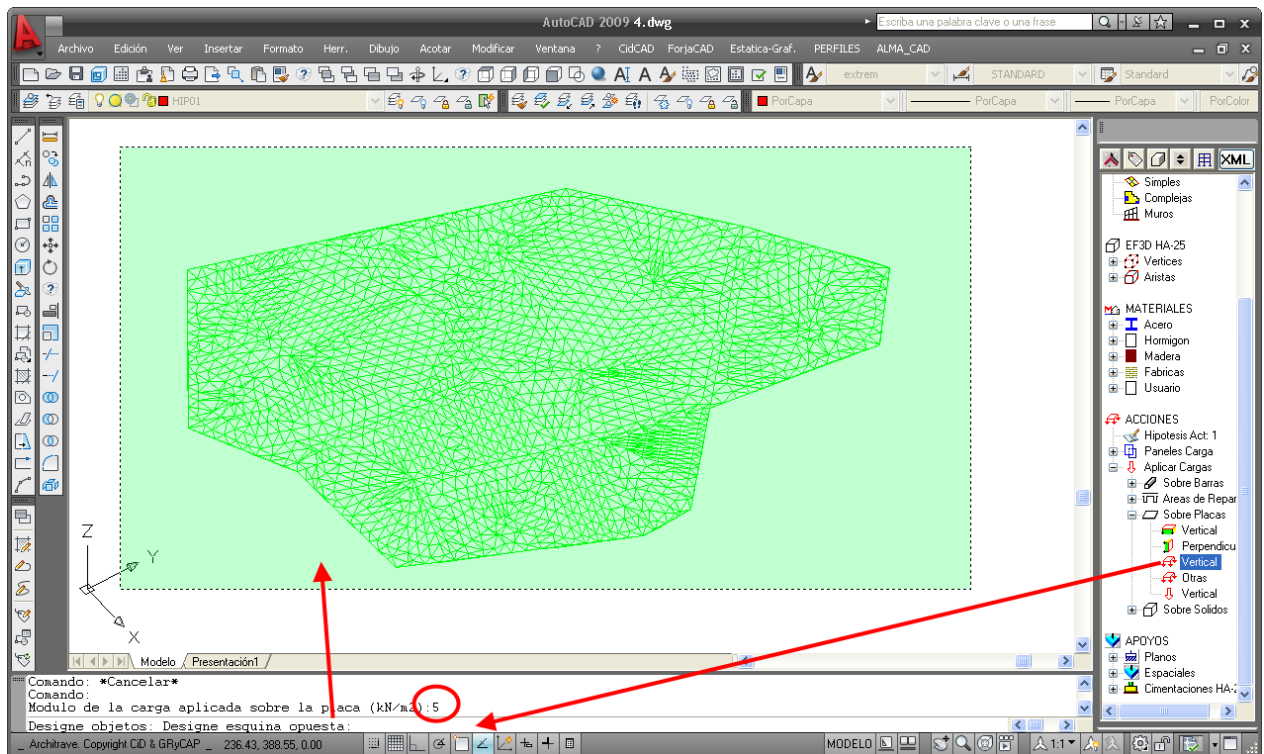
Queda insertado así el conjunto de coacciones tipo muelle, una por nudo



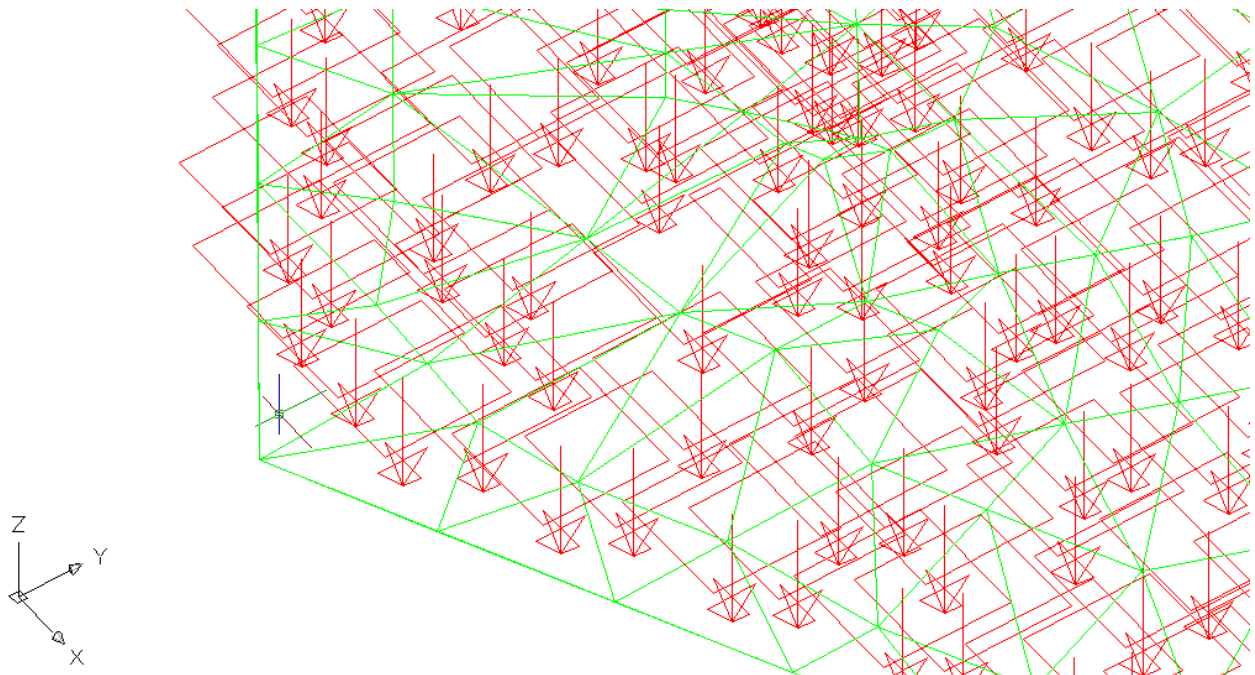
5.6 Cargas sobre EF

Para aplicar cargas superficiales sobre elementos finitos podemos utilizar dos herramientas distintas: las cargas de elemento finito o las cargas zonales. Las primeras se aplican seleccionando los EF que las tienen aplicadas, y las segundas se insertan definiendo el contorno de la zona cargada.

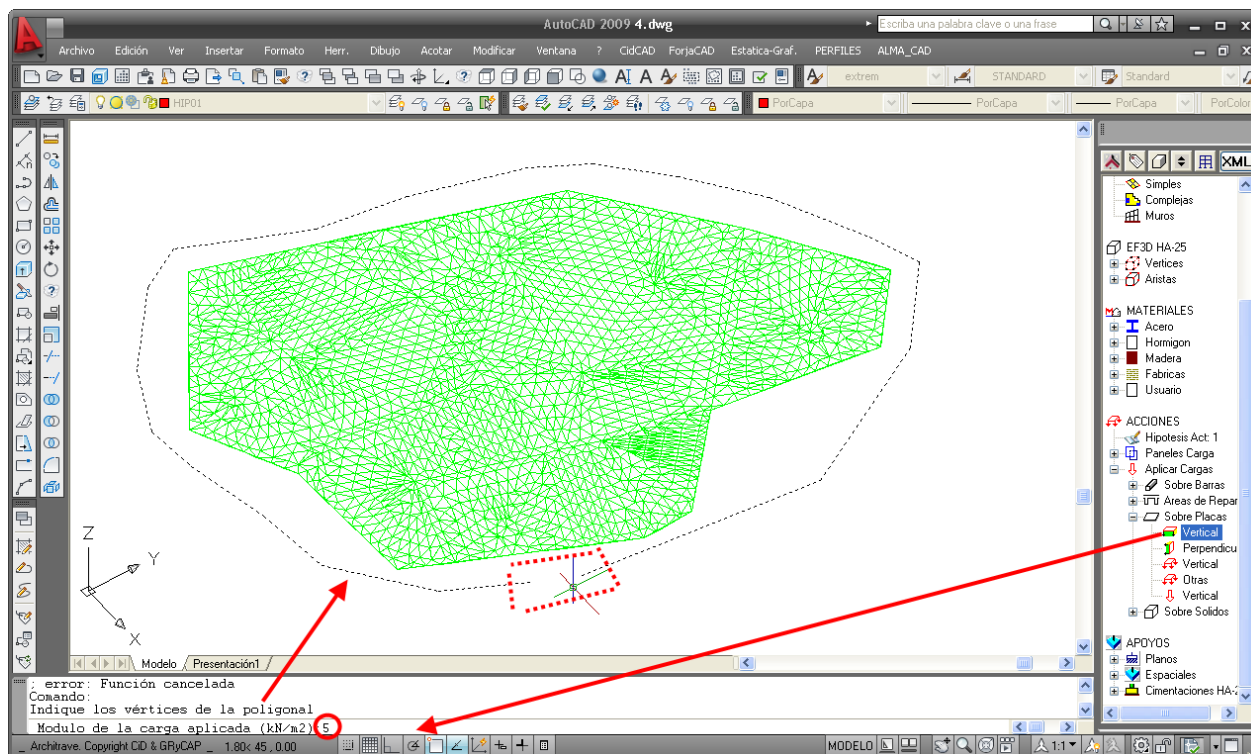
Las cargas verticales sobre elementos finitos se aplican desde ACCIONES → Aplicar Cargas → Sobre Placas → Vertical. Se especifica el valor de la carga y se seleccionan los EF correspondientes



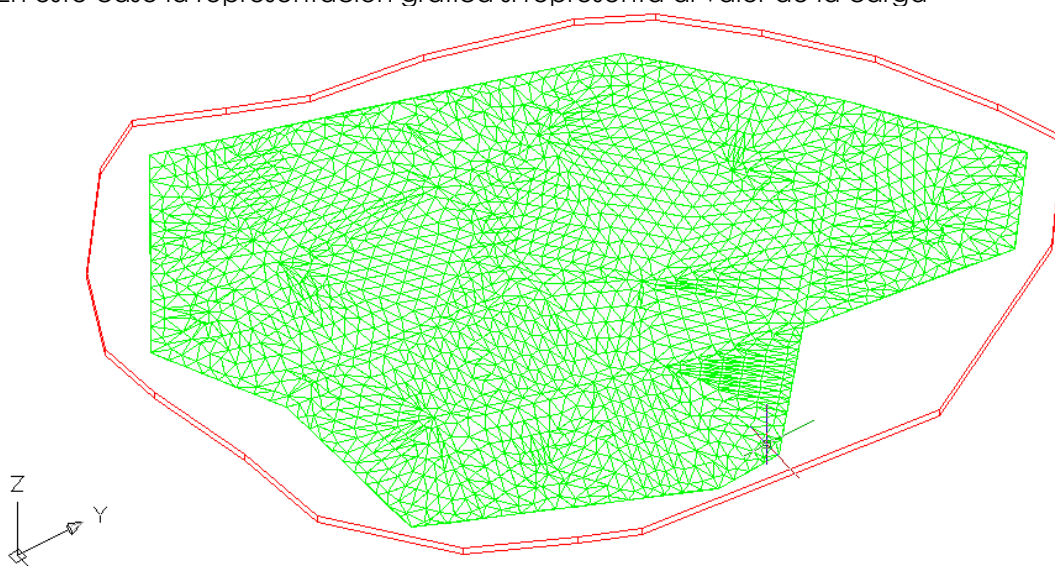
Su representación gráfica es un vector con un cuadrado encima; su tamaño es fijo, no está escalado según su valor, como en las cargas sobre barra

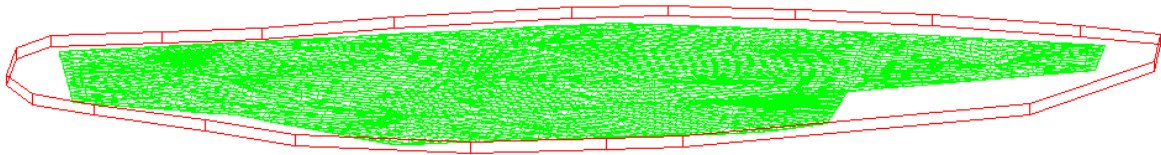


La otra herramienta se encuentra en el mismo menú, y se usa definiendo una poligonal cualquiera contenida en el plano de los elementos finitos. La carga se aplica sobre los elementos que encuentre encerrados; no importa si hay huecos. Es importante no repetir el vértice inicial como final.



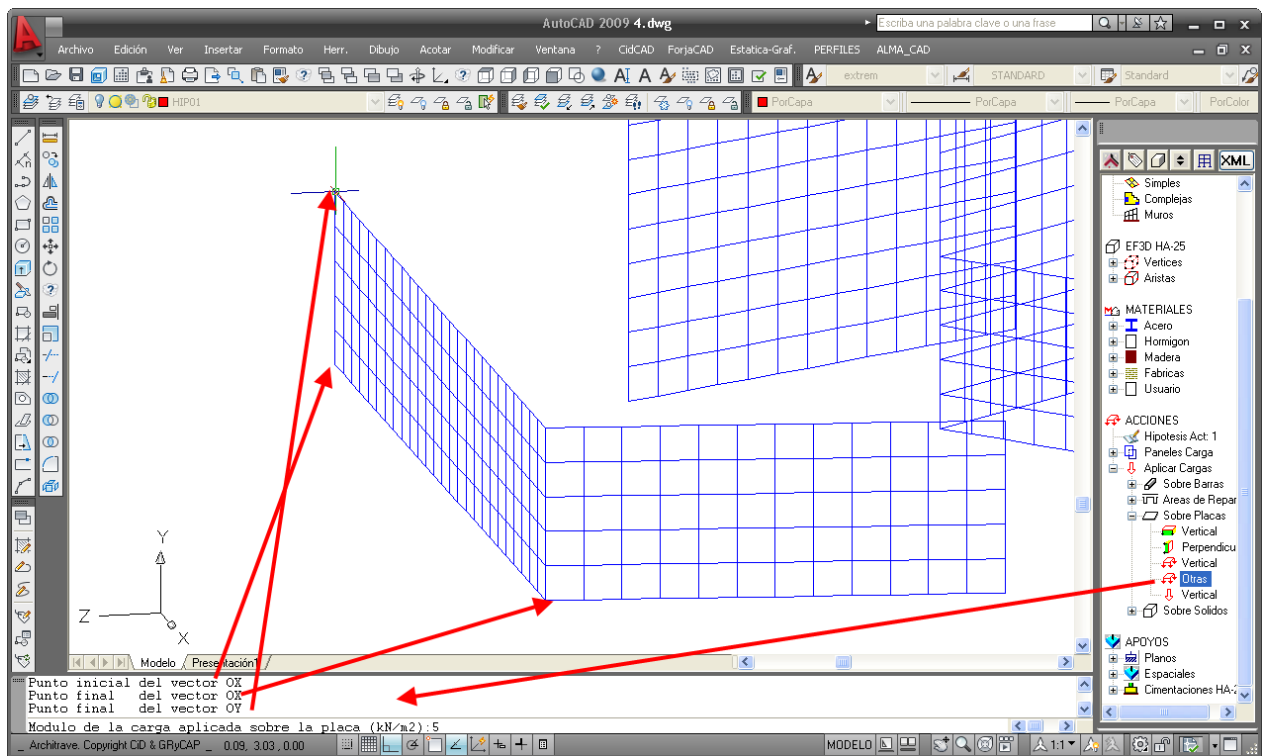
En este caso la representación gráfica si representa al valor de la carga

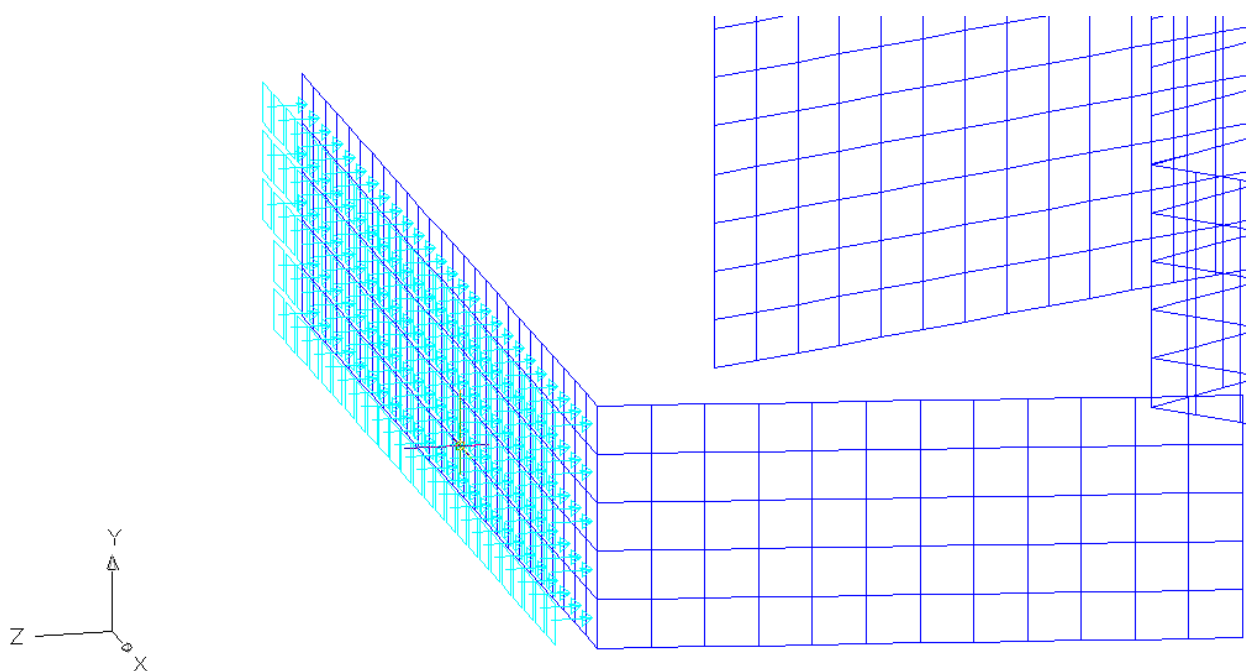




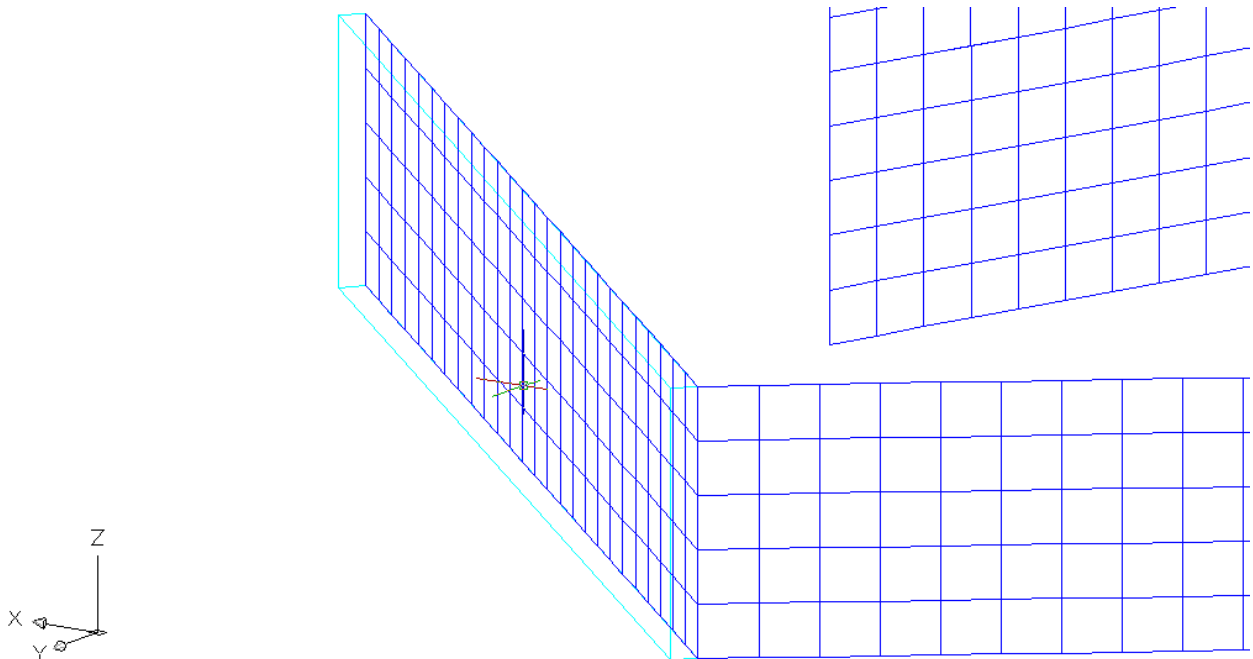
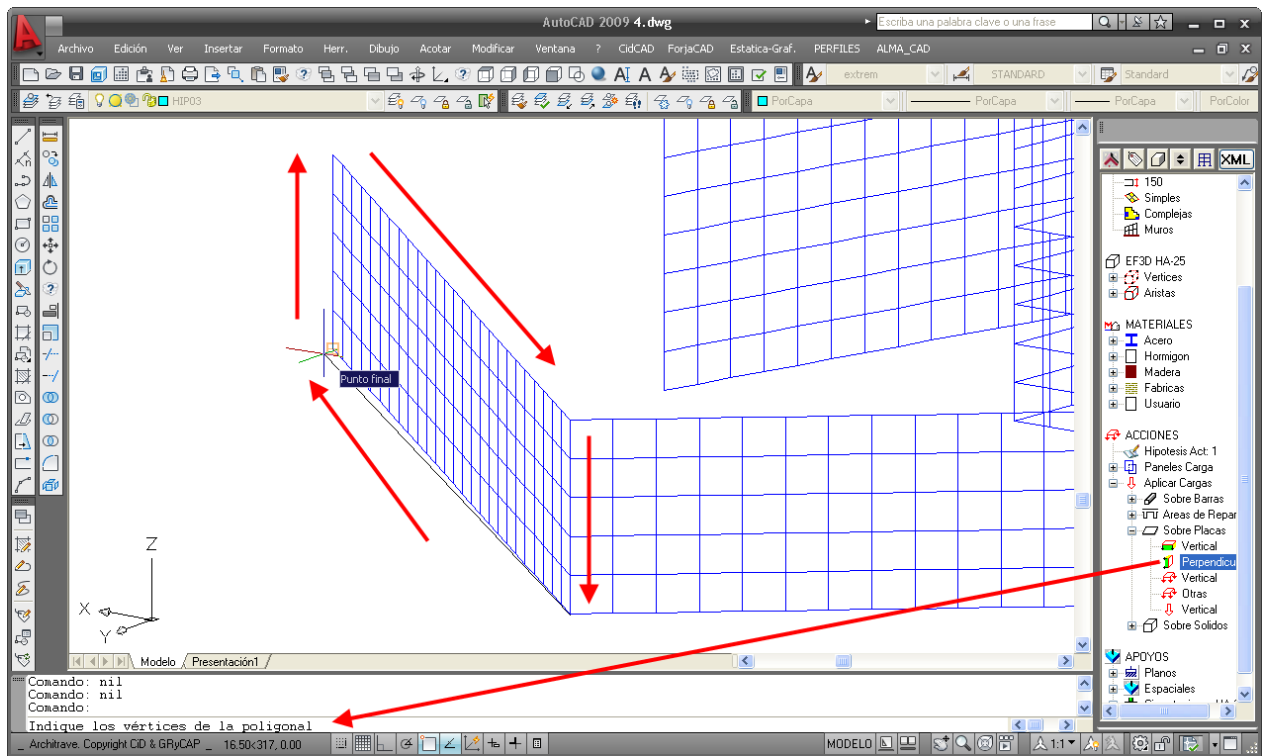
Análogamente, se pueden aplicar cargas horizontales o con cualquier directriz, desde las órdenes "perpendicular" u "otras",

La herramienta "otras" se utiliza especificando el sistema de referencia local para que la carga quede en el sentido negativo del eje Z





La herramienta "perpendicular" inserta una carga zonal en la dirección del producto vectorial (regla del "sacacorchos" o de "la mano derecha"), según el orden en el que se le introduzcan los vértices de la zona



6 Análisis de estructura con Architrave® Cálculo

6.0 Introducción

El programa Architrave® Cálculo es una aplicación independiente de AutoCAD® y Architrave® Diseño, pudiendo ejecutarse de forma simultánea. Como se explica en la introducción general, Architrave® Cálculo sirve para analizar el modelo estructural, dimensionar sus elementos y obtener resultados.

Este ejemplo de aplicación se estructura según el procedimiento usual de trabajo con el programa Architrave® Cálculo:

1. Gestión de ficheros: Se importa un fichero de tipo .AVEX generado en Architrave® Diseño, o bien se abre una estructura previamente guardada (.AVE).
2. Consulta del modelo: Se debe observar que el modelo estructural viene de Architrave® Diseño adecuadamente modelizado; para ello se ofrecen opciones de visualización y selección que facilitan la inspección.
3. Edición del modelo: Es posible, antes o después del cálculo y dimensionado, modificar las características de los materiales o elementos estructurales (barras, EF, cargas, apoyos).
4. Cálculo de la estructura: El programa calcula matricialmente reacciones, desplazamientos, solicitaciones y deformaciones de barras y EF, según las combinaciones y parámetros que se establezcan.
5. Resultados de análisis: Antes de proceder al dimensionado, se debe comprobar, mediante la observación de solicitaciones y deformaciones, que el comportamiento de la estructura es el deseado. Si esto no es así, se debe volver al paso 3.
6. Dimensionado de barras: Se establecen las opciones para la comprobación de barras ante estados límite últimos y de servicio, y el programa realiza el dimensionado.
7. Peritación: Se debe verificar el dimensionado, comprobando qué elementos no cumplen. Éstos deben modificar sus características para hacerlos cumplir; si los cambios necesarios son muy numerosos o de gran relevancia, se debe volver al paso 3.
8. Resultados: Una vez que todos los elementos cumplen la normativa, se pueden obtener los planos de estructura correspondientes.

En este ejemplo de aplicación se analiza una estructura ficticia, previamente modelizada en Architrave® Diseño, que tiene las siguientes características:

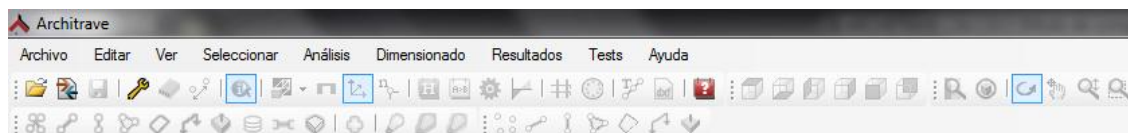
- Es de uso hospitalario
- Consta de dos volúmenes paralelos, uno largo de dos plantas y otro corto de una planta
- La estructura de ambas piezas es porticada, si bien con soluciones diferentes
- La pieza larga se resuelve con pórticos de hormigón armado y forjados de viguetas, y consta de forjado sanitario separado del suelo por muretes de hormigón
- La pieza corta se sustenta mediante losas macizas de hormigón armado que apoyan en pórticos de acero laminado
- La cimentación es de losa en la pieza larga y zapatas aisladas en el volumen corto
- En ciertos lugares aparecen muros transversales de arriostramiento
- Las cargas a las que está sometida la estructura son las usuales: concargas, sobrecargas de uso y de viento.

6.1 Gestión de ficheros

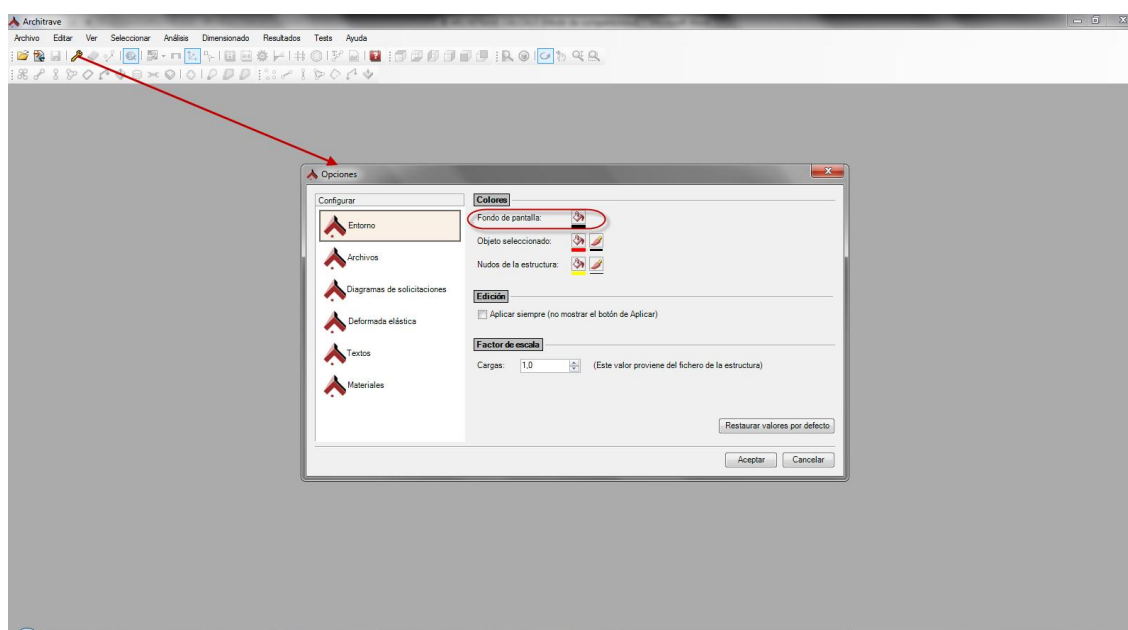
Procedemos a comenzar nuestra tarea ejecutando la aplicación de Architrave® Cálculo, "Architrave.exe", que se encuentra dentro de la carpeta "Architrave". Esta carpeta se halla en la ruta que especificó el usuario durante el proceso de instalación. Se superimpone en la pantalla la carátula del programa, donde se especifica la versión que tiene instalada el cliente.



Una vez abierto el programa, debemos proceder a importar o abrir una estructura. Hasta que no se efectúe esta operación, todos los iconos y barras de herramientas estarán inactivas, salvo las de abrir, importar, opciones generales y ayuda.



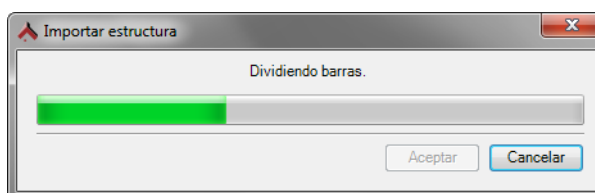
Desde *Opciones* se puede modificar principalmente el aspecto de la interfaz (fuentes, colores, escalas...). En nuestro caso particular, procedemos a elegir un fondo blanco para el espacio de trabajo, a fin de que la posible impresión de este documento sea más legible. En el resto de casos, se recomienda mantener un fondo oscuro, pues la configuración de la interfaz por defecto está preparada para esta opción.



Para empezar a trabajar con una estructura se debe efectuar una de las siguientes operaciones:

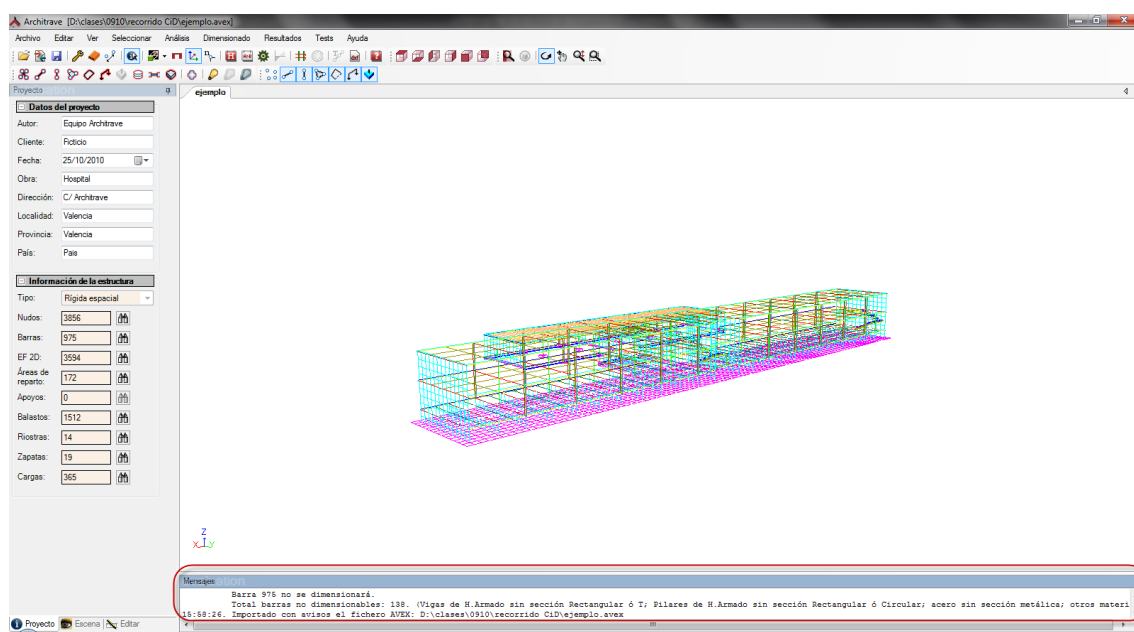
- *Importar* un archivo de intercambio .AVEX, generado desde Architrave® Diseño (si es la primera vez que se trabaja con esa estructura),
- o *Abrir* una estructura guardada previamente desde Architrave® Cálculo (.AVE).

Como en nuestro caso nunca hemos trabajado con la estructura, debemos importarla. Clicamos en *Importar* y seleccionamos el documento "Ejemplo.avex".

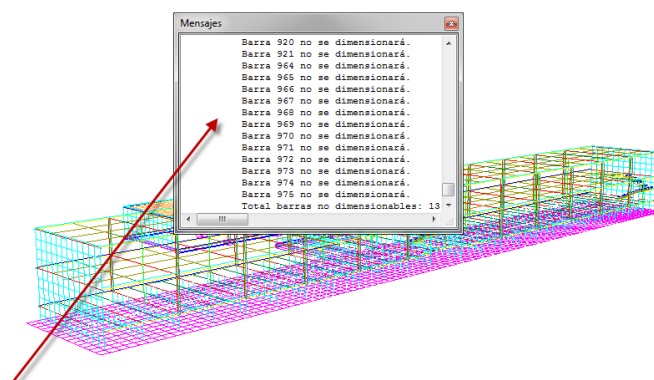


El tiempo de importación depende del tamaño de la estructura; en nuestro caso puede tardar en torno a un minuto. Durante la importación, van apareciendo diversos letreros sobre la barra de estado, que muestran las operaciones que se llevan a cabo. Puede darse el caso de que la importación sea imposible de realizar, en cuyo caso se mostraría un mensaje explicativo del error. Habría que volver a Architrave® Diseño para solucionar el error y volver a generar el .AVEX

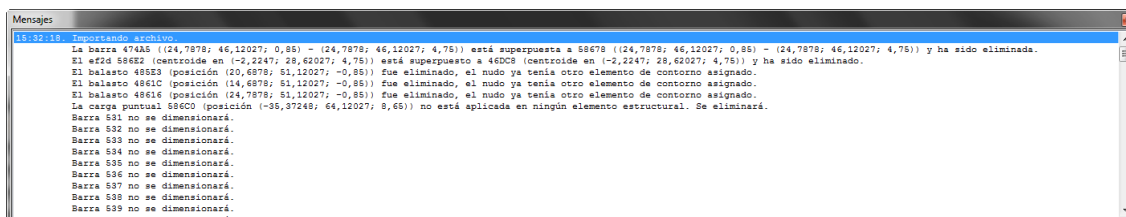
Durante la importación se leen, numeran y ordenan todos los elementos: barras, EF, apoyos, cargas; en la mayoría de ocasiones se "depura" el modelo, eliminando elementos superpuestos según el entorno de captura adoptado, se organiza en niveles, etc. Todas las operaciones de este tipo quedan reflejadas en el panel de mensajes (parte inferior de la pantalla). Una ventana nos avisa de que se han generado "mensajes":



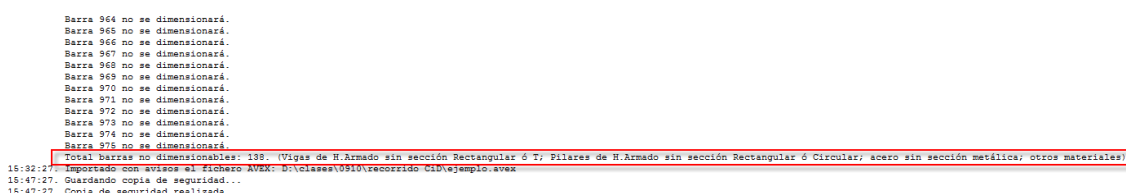
Estos mensajes no tienen por qué ser errores: son operaciones que se han realizado según los parámetros que ha definido el usuario. Es dicho usuario quien tiene que analizar, a la vista de los mensajes, si debe corregir algo o no. Podemos consultar la lista completa haciendo doble clic sobre el título del panel, desanclándose este y formando una ventana.



Las operaciones realizadas en este caso suelen ser comunes en la mayoría de estructuras:

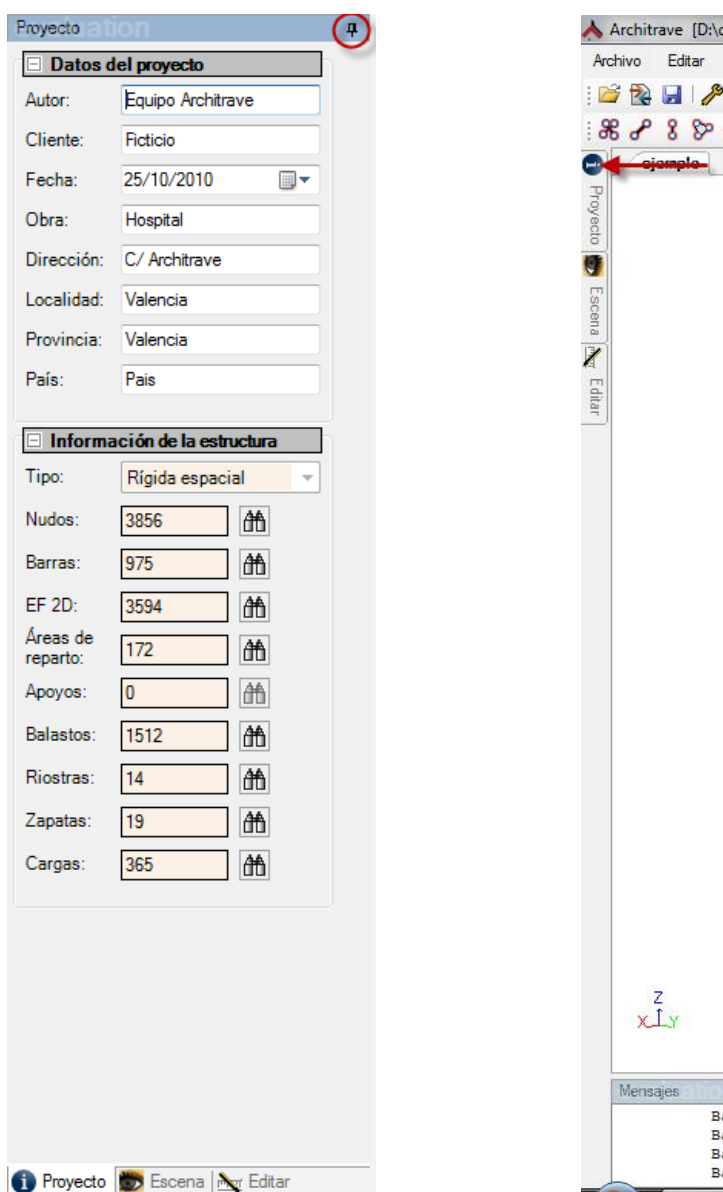


- Eliminación de elementos superpuestos (barras y EF): Se especifica la posición geométrica de los elementos eliminados, para poder comprobarlo en Architrave® Diseño y eliminarlos allí manualmente si se desea.
- Eliminación de muelles de balasto colocados en nudos donde ya había una zapata corrida
- Eliminación de cargas que quedan "flotando", sin estar asignadas a ningún elemento (nudo, barra o EF)
- Detección de barras que el programa no dimensionará, por ser de un material o tipo de sección que en esta primera versión todavía no se dimensiona (madera, fábrica) o por ser de material "ficticio" (hormigón sin peso, etc.).



En el panel de mensajes se van registrando todas las operaciones importantes realizadas: importación, análisis, dimensionado... También se registran los guardados automáticos intermedios, que por lo general se eliminan al salir de la aplicación, a menos que esta salida haya sucedido inesperadamente.

Una vez que se ha importado, todos los iconos y barras de herramientas se encuentran activos, y a la izquierda de la pantalla han aparecido las "pestañas" de gestión de la estructura. En el momento de abrir una estructura aparecen 3 de ellas: *Proyecto*, *Escena* y *Editar*; cuando se calcula y dimensiona la estructura, aparecen sucesivamente las pestañas de *Análisis* y *Peritación*. Estas pestañas no son personalizables, y se pueden ocultar en la parte izquierda del monitor clicando en su parte superior derecha.



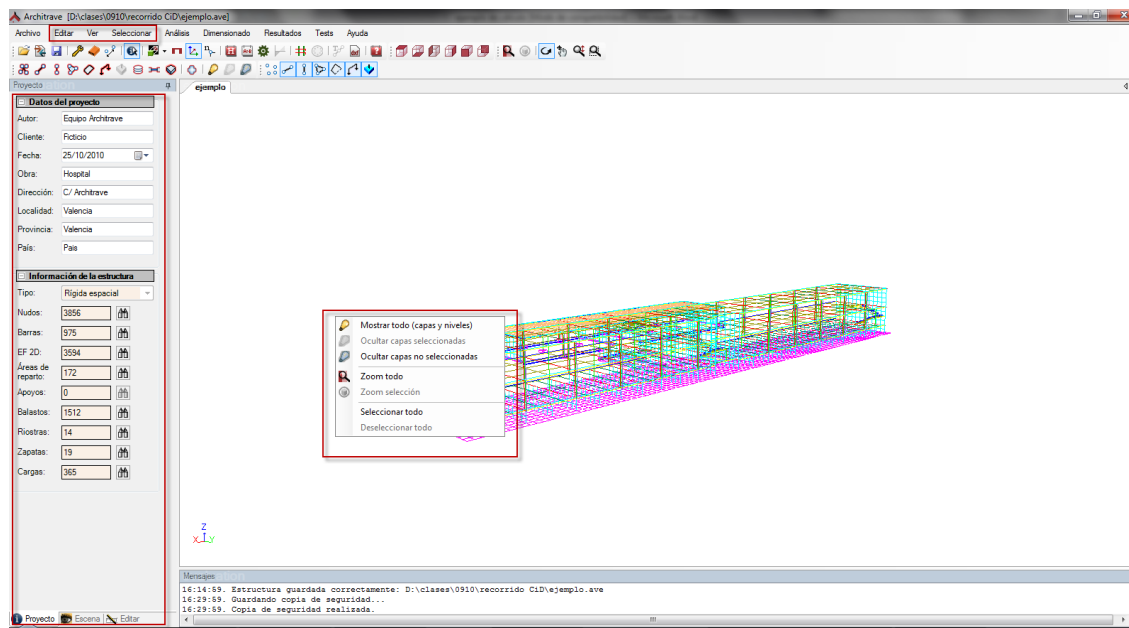
A continuación, lo más recomendable es guardar la estructura; de esta manera, la siguiente vez que queramos trabajar con ella no tendremos que importarla, con el gasto de tiempo que ello conlleva. Efectuamos este guardado desde *Archivo* → *Guardar*. Esta operación también queda reflejada en el panel de mensajes.

6.2 Consulta del modelo

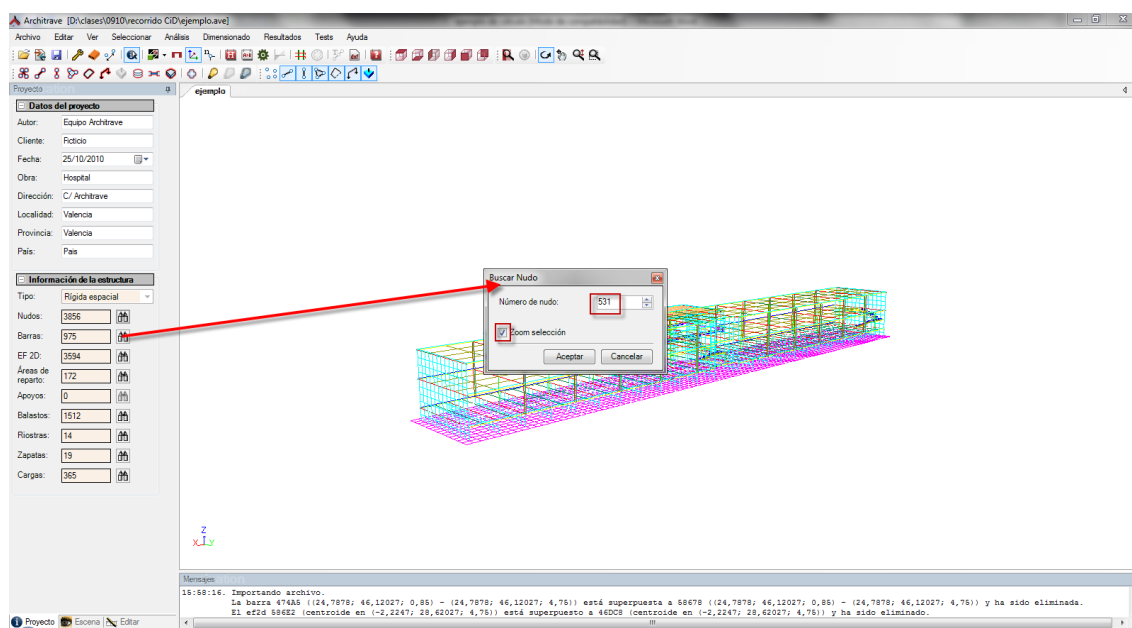
Antes de analizar el modelo (cálculo de solicitaciones y desplazamientos), es conveniente consultarlo para tener seguridad de que el usuario no ha cometido errores de modelización. Estas operaciones de consulta se realizan principalmente desde:

- Pestañas de *Proyecto* y *Escena*
- Menús de *Editar*, *Ver* y *Seleccionar*

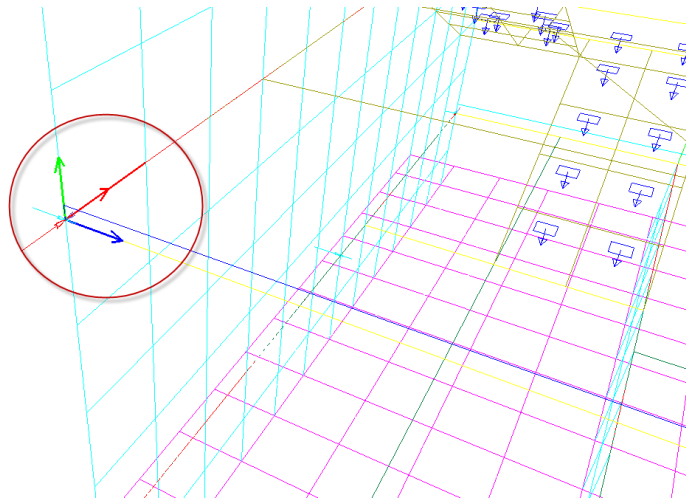
- Botón derecho



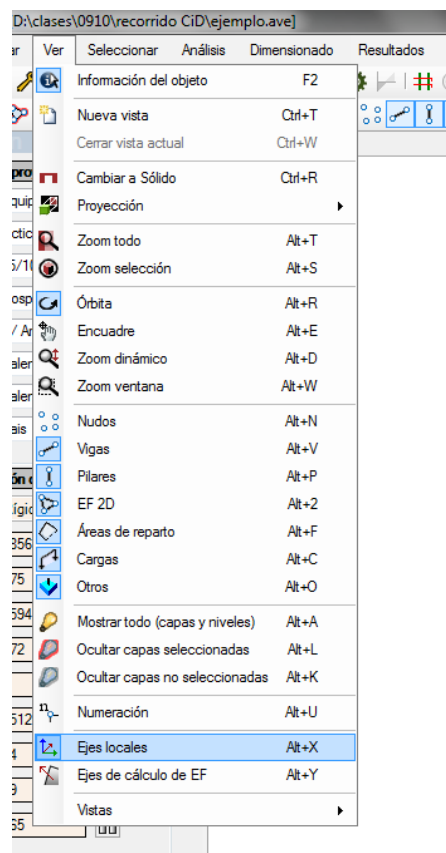
En la pestaña de proyecto aparecen los datos generales del proyecto (editables), junto con las cantidades de elementos estructurales. Al importar, a cada elemento se le asigna un número de orden, empezando desde 1. Esto es muy útil para localizar elementos. En nuestro caso, si deseamos averiguar la razón por la cual ciertas barras son no dimensionables, basta con mirar el número de orden de una de ellas y buscarla utilizando el botón junto a *barras*, llamado *buscar barras*. Si activamos la opción *zoom selección*, la cámara se acercará a la barra seleccionada, facilitando la búsqueda. El comando *Buscar* también se puede ejecutar desde *Edición* → *Buscar*.



Queda así seleccionada la barra 531. Cuando un elemento se selecciona, se sobreimpresiona en rojo y se colocan los ejes locales.

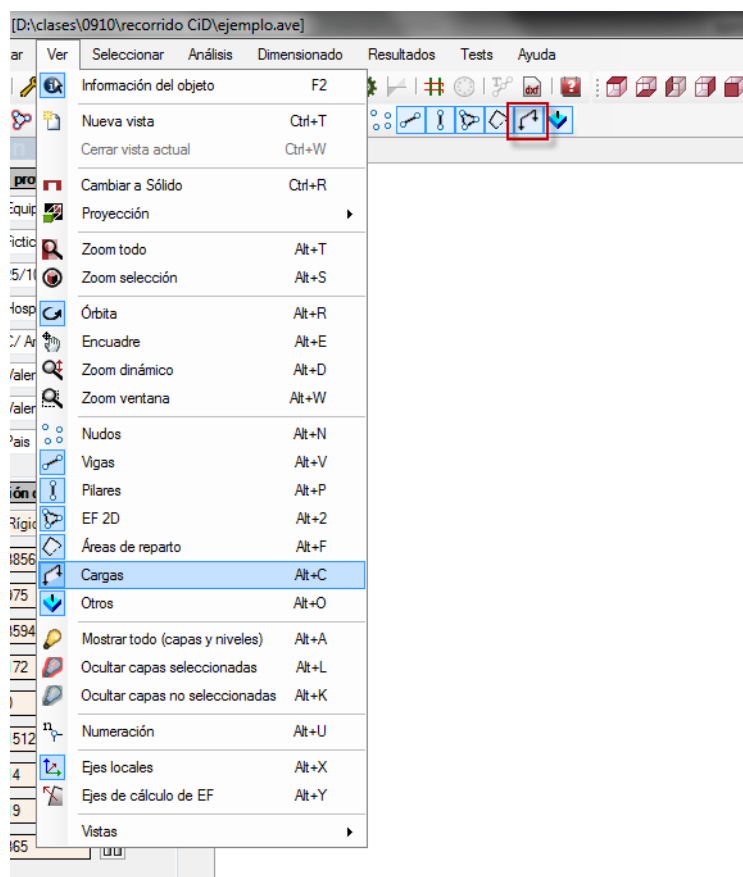


Si no deseo ver los ejes locales al seleccionar un objeto, debo deseleccionar la opción correspondiente en Ver → *Ejes locales*. Normalmente es de ayuda tenerlos visibles, luego no desactivamos la opción.

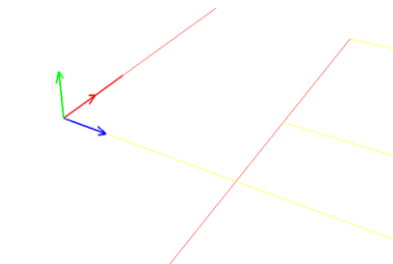


En el dibujo quedan representados todos los tipos de elementos, cada uno de ellos pertenecientes a capas distintas. Para aislar visualmente algunos de ellos, existen tres filtros: capas, niveles y elementos. De esta manera, para ver un objeto, éste ha de estar activo en los 3 controles. Estos filtros funcionan de manera totalmente independiente, y serán más o menos apropiados según el caso.

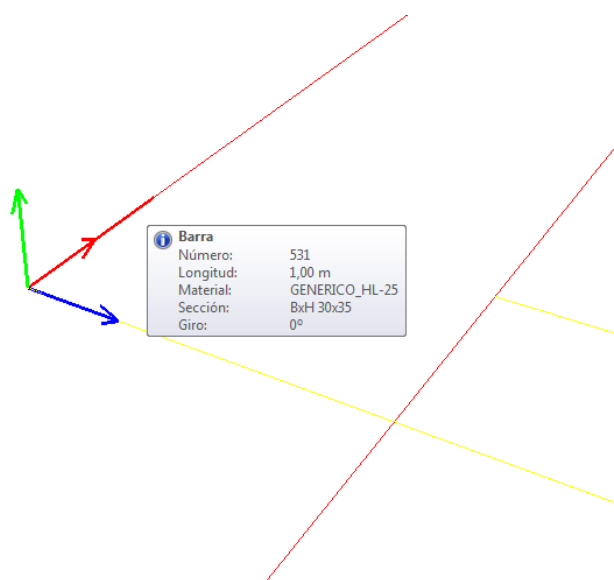
En nuestro ejemplo, nos encontrábamos intentando consultar las características de la barra 531, no dimensionable. Para observarla mejor, podemos ocultar los elementos que nos "estorben", como por ejemplo las cargas. Para ello debemos desactivar el botón correspondiente, situado en Ver → Cargas o desde el botón equivalente en la barra de herramientas.



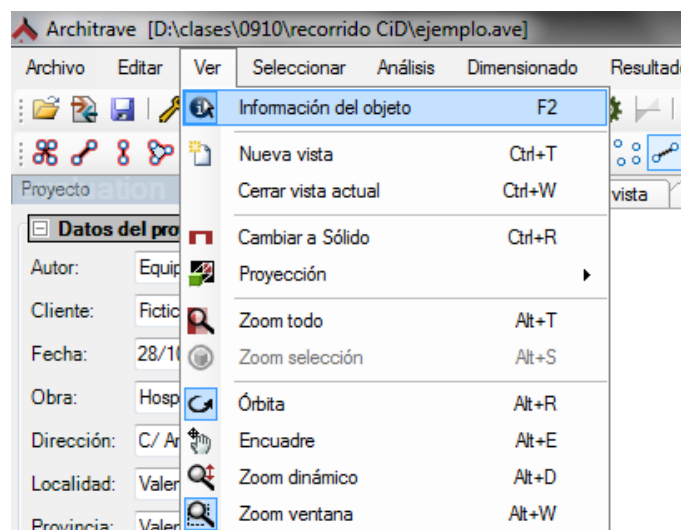
Análogamente, ocultamos todos los tipos de elementos distintos a las barras: EF, áreas de reparto y apoyos; de tal manera que la visualización de la barra se vuelve más clara.



Si situamos el cursor sobre la barra, automáticamente aparece un letrero informativo con sus características. Una de estas características, el material, es el que provoca que sea no dimensionable: es de material de usuario HL-25, es decir, hormigón sin peso. Se decidió modelizar estos zunchos de coronación de muros como material de usuario para que el programa no se molestara en dimensionarlos, puesto que su armado se hace usualmente en base a razones constructivas.



En caso de que estos letreros informativos incomoden, se puede desactivar su aparición automática clicando en el botón correspondiente o desde **Ver** → **Información de objeto**.

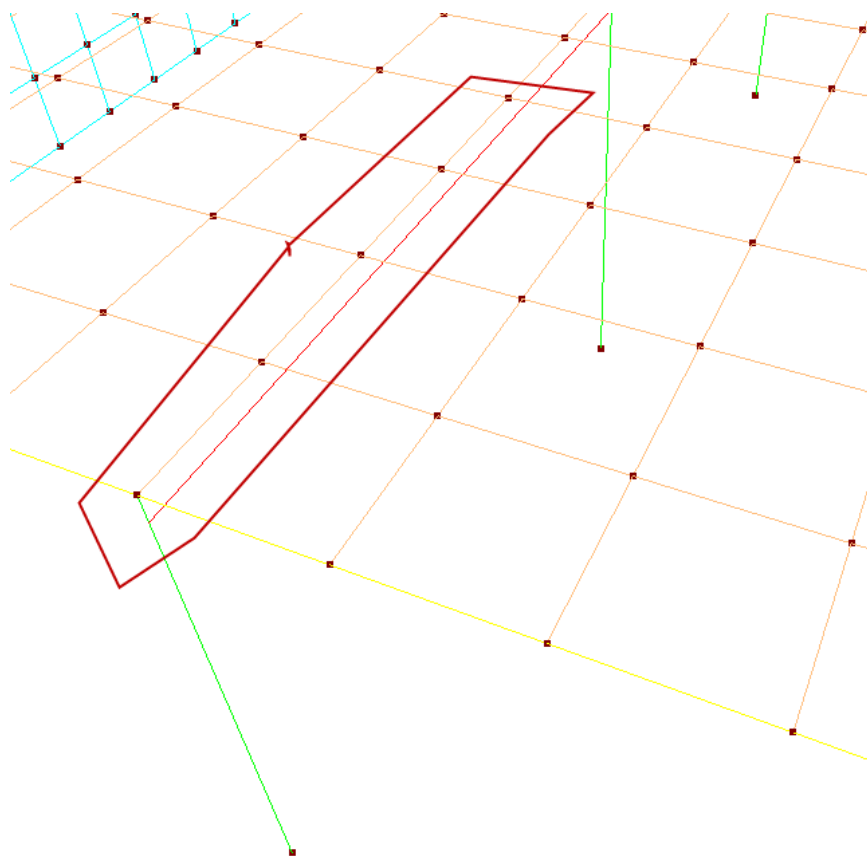


Si deseamos volver a ver todos los elementos, no tenemos más que activar los botones correspondientes.

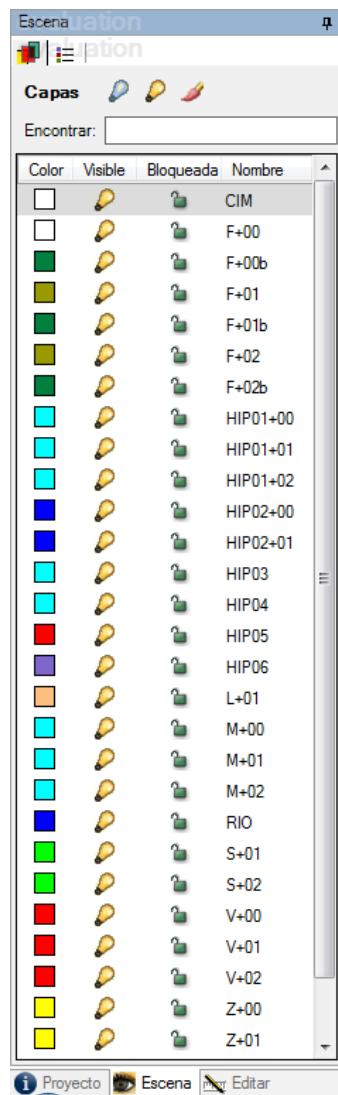
Nótese lo siguiente: EF, áreas de reparto, cargas y apoyos se corresponden exactamente con los elementos definidos en Architrave® Diseño. Acerca de los otros tres elementos (nudos, vigas y pilares) ha de comentarse que:

- Los nudos son elementos ficticios que no se definieron en Architrave® Diseño, sino que son creados por Architrave® Cálculo durante el proceso de importación. Se muestran como puntos con grosor, y por defecto se encuentran invisibles. No pertenecen a ninguna capa ni nivel.
- Las barras creadas en Architrave® Diseño, durante la importación se clasifican en vigas y pilares según su ángulo (menor o mayor de 45° con la horizontal, respectivamente), para facilitar la visualización y prepararse para el dimensionado, distinto para vigas y pilares. Pero siguen considerándose barras.

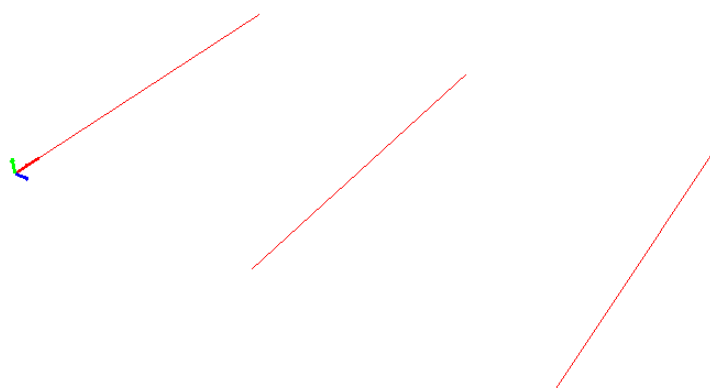
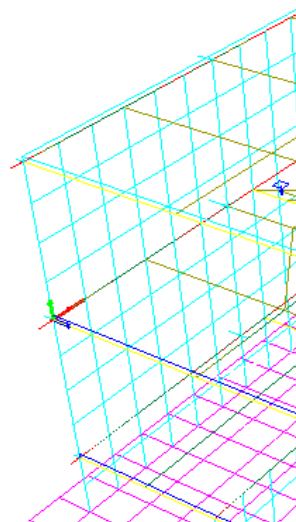
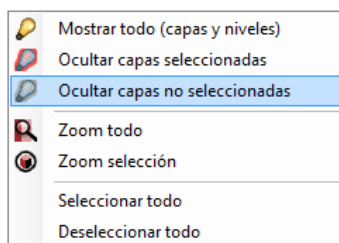
La creación de nudos la realiza el programa Architrave® Cálculo de la siguiente manera: primero coloca nudos en todos los vértices de EF, siempre que la distancia entre todos ellos sea mayor que el entorno de captura; y a continuación hace lo mismo con los extremos de barra. En nuestro caso, nótese que como las vigas metálicas del volumen corto del hospital están situadas a una distancia de la losa de EF menor que el entorno de captura, los nudos estructurales se sitúan en los vértices de EF, comportándose como nudos "extensos" que "agarran" a la viga a una cierta distancia.



Otro de los filtros de visualización es el de capas, cuyo funcionamiento es análogo al de AutoCAD®. La gestión de capas se realiza desde la pestaña de *Escena*, a la izquierda de la pantalla.



Análogamente a AutoCAD®, existe la posibilidad de mostrar u ocultar capas según estén dentro del conjunto de selección o no. Siguiendo con nuestro ejemplo, la forma más fácil de aislar la barra 531 es ocultar las capas no seleccionadas. Esta operación se puede hacer clicando con botón derecho una vez está la barra seleccionada, y marcando la opción *ocultar capas no seleccionadas*, o bien desde la opción análoga dentro del menú Ver.

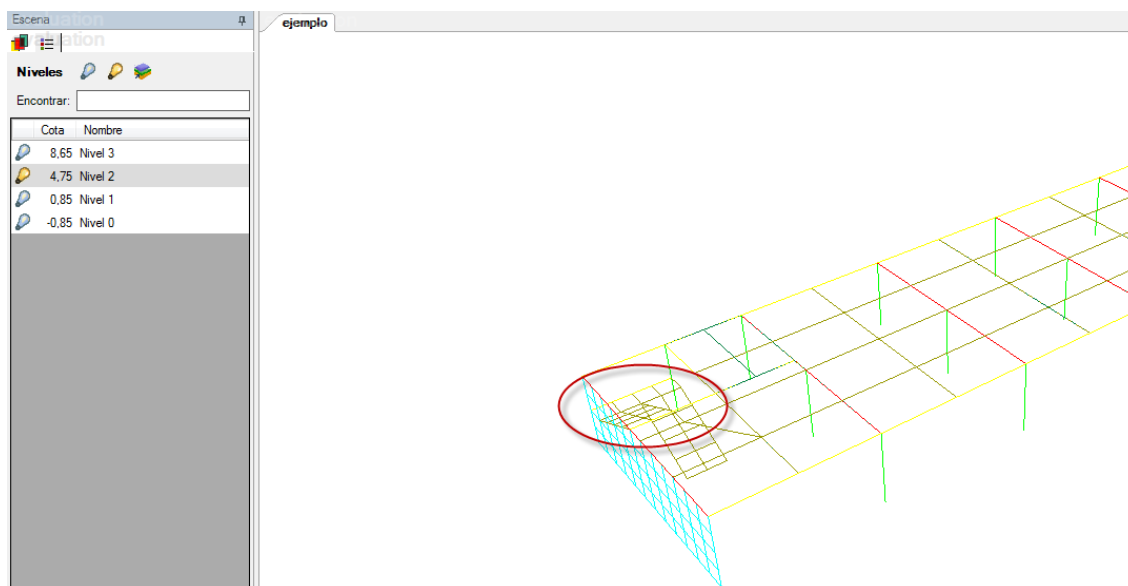


Para volver a visualizar todas las capas, se debe clicar sobre *Mostrar todo*, también en el menú *Ver* y desde el botón derecho.

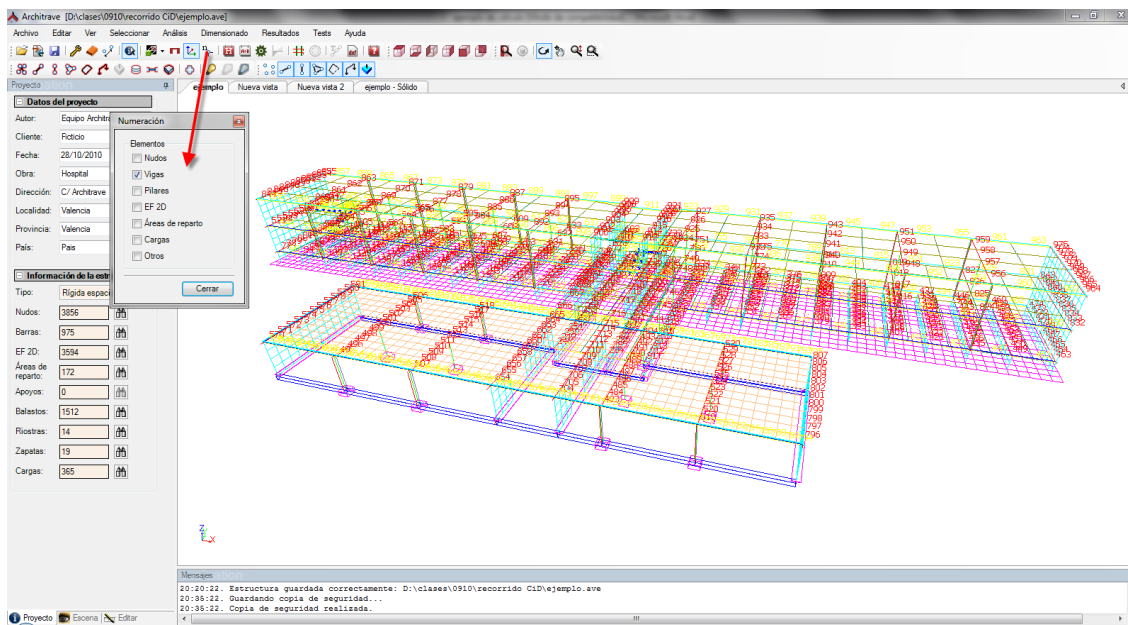
El tercero de los filtros es el de *Niveles*, que se gestiona desde la segunda solapa de la pestaña de *Escena*. Es equivalente al "navegador de plantas" de Architrave® Diseño, y funciona de la siguiente manera:

- Se considera que un nivel está compuesto por el conjunto de elementos horizontales de piso (vigas y losas de EF) y los elementos verticales o inclinados que lo sostienen o se sitúan por debajo (pilares y muros de EF).
- La cota del nivel es la de los elementos horizontales de piso.
- Si dos vigas o forjados, coincidentes uno encima del otro total o parcialmente, están distanciados menos de 2 m en altura, no se considerarán 2 niveles independientes, sino que se adscribirán los elementos inferiores al nivel superior.

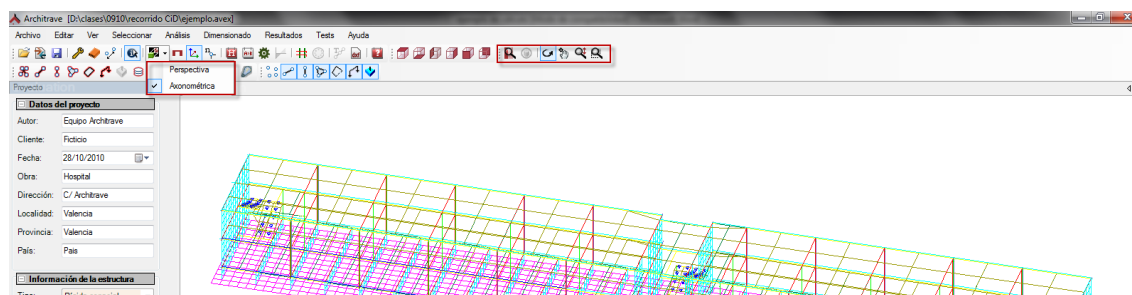
En nuestro ejemplo, aislamos el nivel 2, de cota +4.75, y para que no nos molesten las cargas, las ocultamos desde la botonera correspondiente. Nótese que la viga del rellano de la escalera, al situarse a menos de 2 m de la viga de piso superior, se adscribe al nivel 2, no generándose un nivel propio a la cota del rellano.



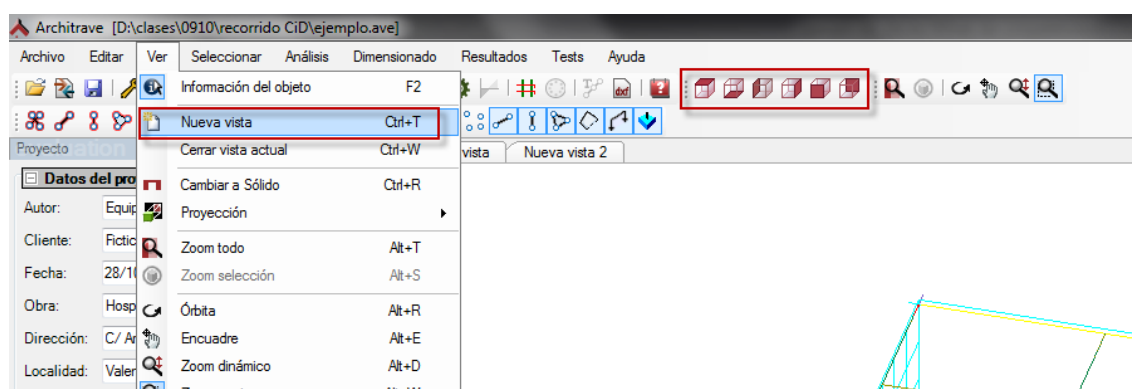
También se pueden mostrar todos los números de orden de los elementos visibles en cada momento, de manera selectiva, desde **Ver** → **Numeración** o clicando en el botón correspondiente.



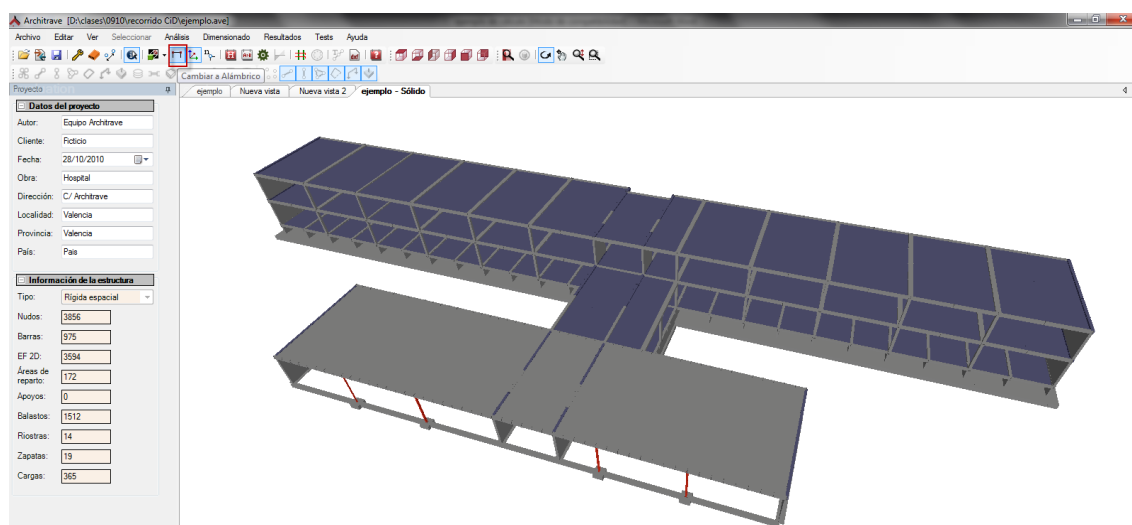
En todo momento se puede hacer uso de las herramientas clásicas de visualización: *zoom*, *encuadre* y *órbita*, de funcionamiento similar al de AutoCAD®, así como de las proyecciones *axonométrica* y *perspectiva*, con la única salvedad de que el zoom ventana sólo funciona para proyección en perspectiva, no para axonométrica.



Igualmente, podemos visualizar nuestra estructura en distintas ventanas, eligiendo para cada una de ellas un punto de vista distinto. Se establecen 6 predeterminados: 2 plantas, 2 alzados y 2 perfiles.

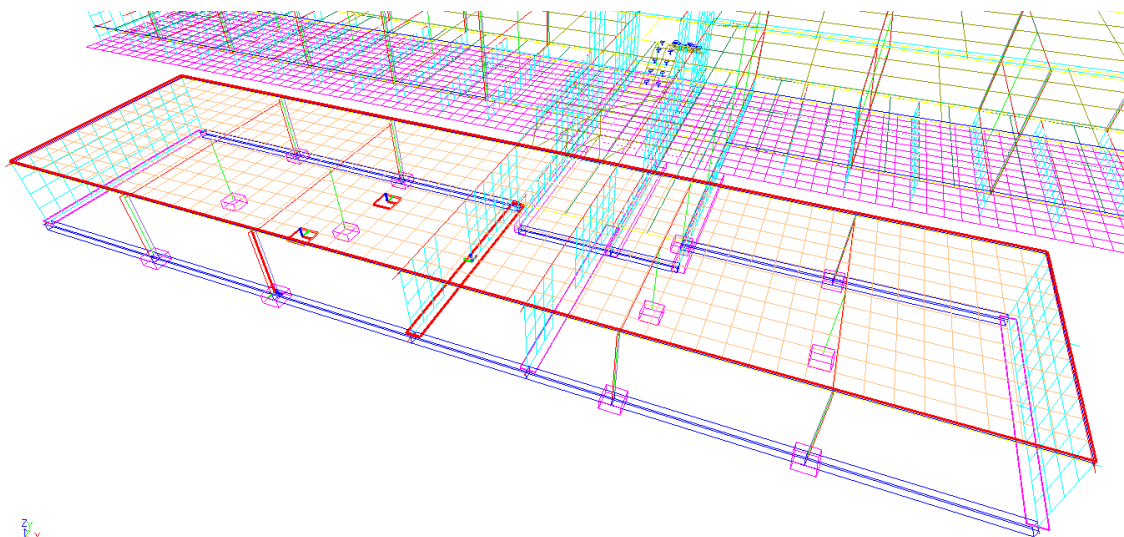


Otra opción es el modo en que se muestra el modelo: *alámbrico* o *sólido*. Este último es similar al "sombreado" de AutoCAD®: los objetos se ven en volumen, opacos y su color dependen del material que tengan, no de la capa.

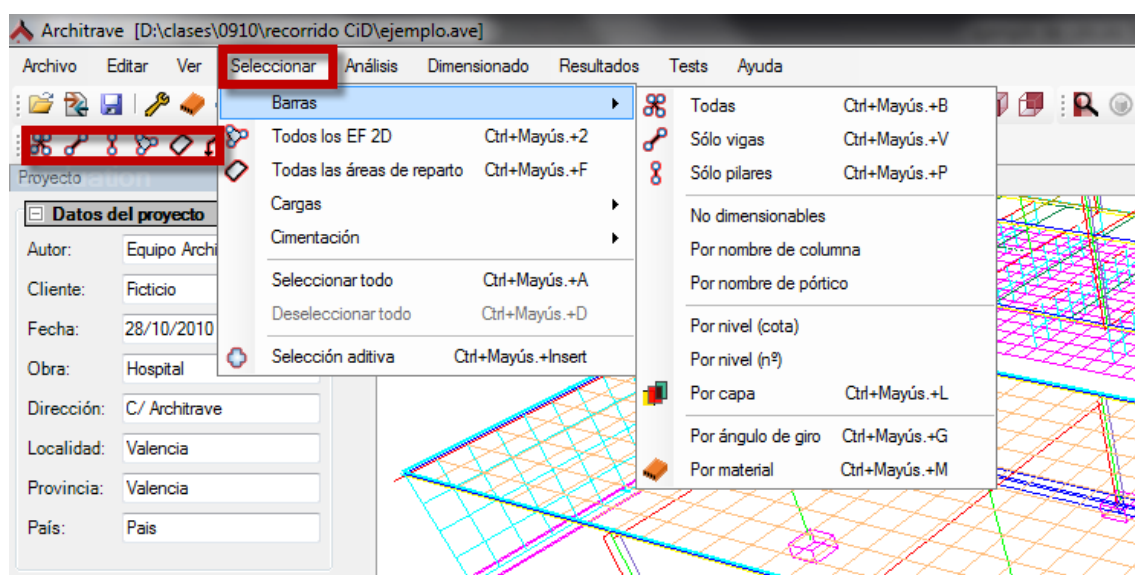


Para seleccionar objetos se puede proceder de tres formas distintas:

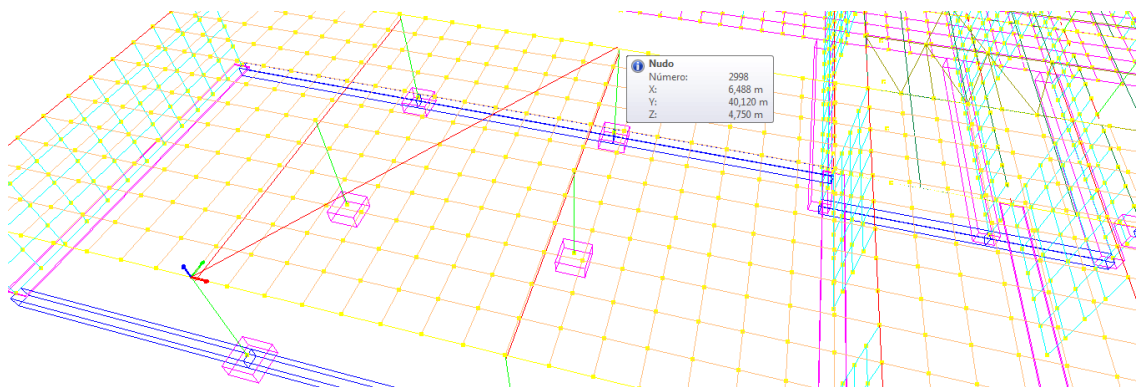
- Clicando individualmente sobre los objetos en la pantalla (aditivo si se mantiene presionado *Control*);



- Desde los botones de la barra de herramientas correspondiente, para seleccionar todos los elementos visibles del mismo tipo, pudiendo ser aditivo o no;
- En el menú *Seleccionar*, ejecutando cualquiera de los múltiples filtros de selección: subtipo, material, nivel, capa, giro... Además de seleccionar y deseleccionar todo (estas 2 opciones también se encuentran en el menú que aparece al clicar con botón derecho sobre la pantalla)



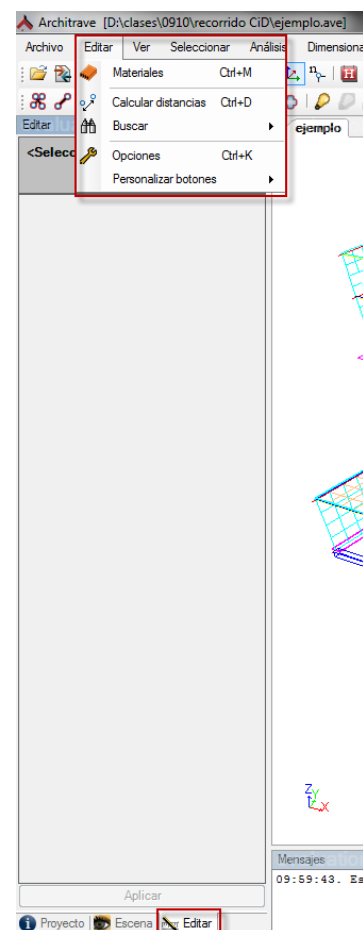
Architrave® Cálculo nos ofrece también la posibilidad de calcular distancias entre nudos, para comprobar luces en diagonal o cualquier otra razón que lo exija. Esta opción se ejecuta desde *Editar* → *Calcular distancias*, o clicando en el botón de la barra de herramientas. Consiste en seleccionar los dos nudos, y en la línea de mensajes nos aparece la distancia calculada. Al comenzar la ejecución de la orden, automáticamente los nudos quedan visibles en su totalidad, para facilitar el funcionamiento.



6.3 Edición del modelo

Una vez consultado el modelo y antes de calcularlo, puede que sea necesario modificar ciertas características de alguno de los elementos que componen la estructura (barras, EF, apoyos y cargas). Para ello se puede utilizar tanto el menú como la pestaña que llevan el título *Editar*.

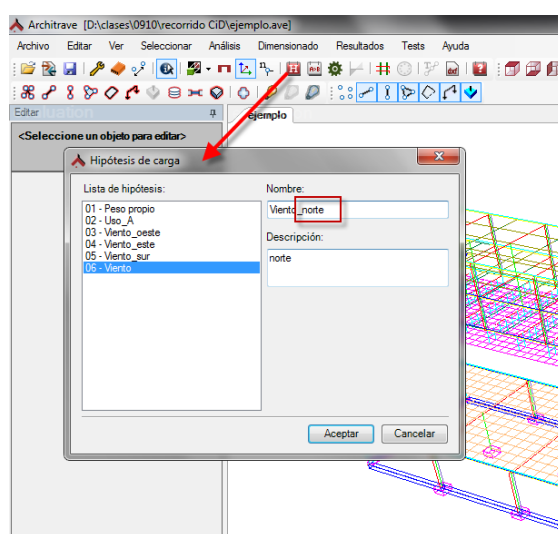
Por el momento no vamos a modificar nada hasta después de calcular, cuando será necesario hacerlo a la vista de los resultados. Por tanto, el desarrollo de este epígrafe se aborda en la última parte del punto 1.5.



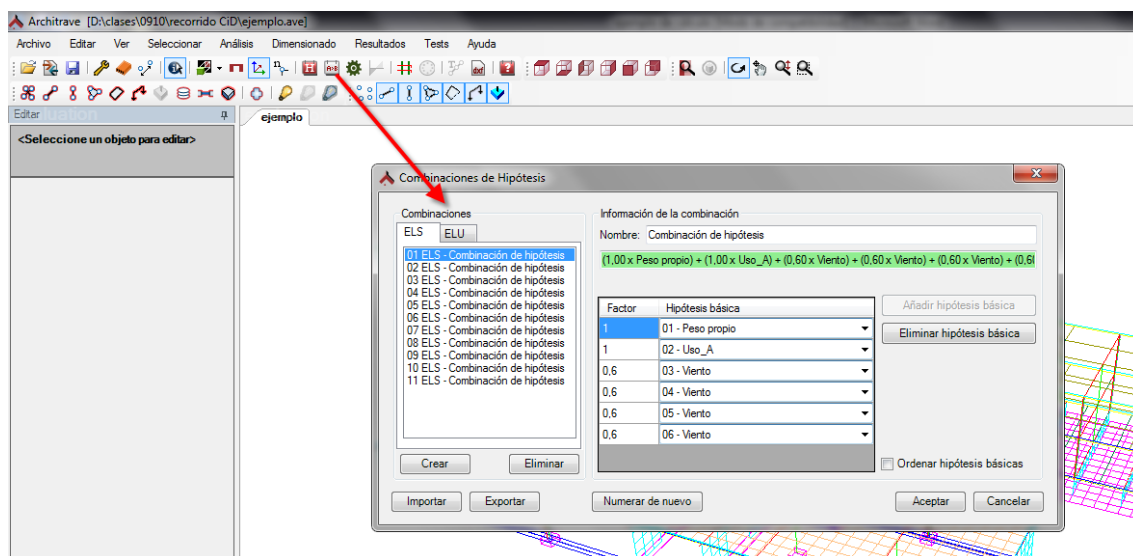
6.4 Cálculo de la estructura

El análisis o cálculo de la estructura se efectúa desde el menú *Análisis*. Calcular la estructura consiste en obtener las reacciones en los apoyos, las solicitaciones en barras y en EF, y la deformada completa de la estructura. Estos resultados se obtienen para cada hipótesis de carga (definidas en Architrave® Diseño).

Los nombres y los comentarios opcionales de las hipótesis se pueden editar desde *Análisis* → *Hipótesis*, o desde el botón correspondiente. En nuestro caso, nos puede interesar ampliar el nombre de las hipótesis 3 a 6 (viento), indicando la dirección del viento como sufijo del nombre, no solamente como comentario. Así cuando visualicemos las combinaciones lo veremos más claro.

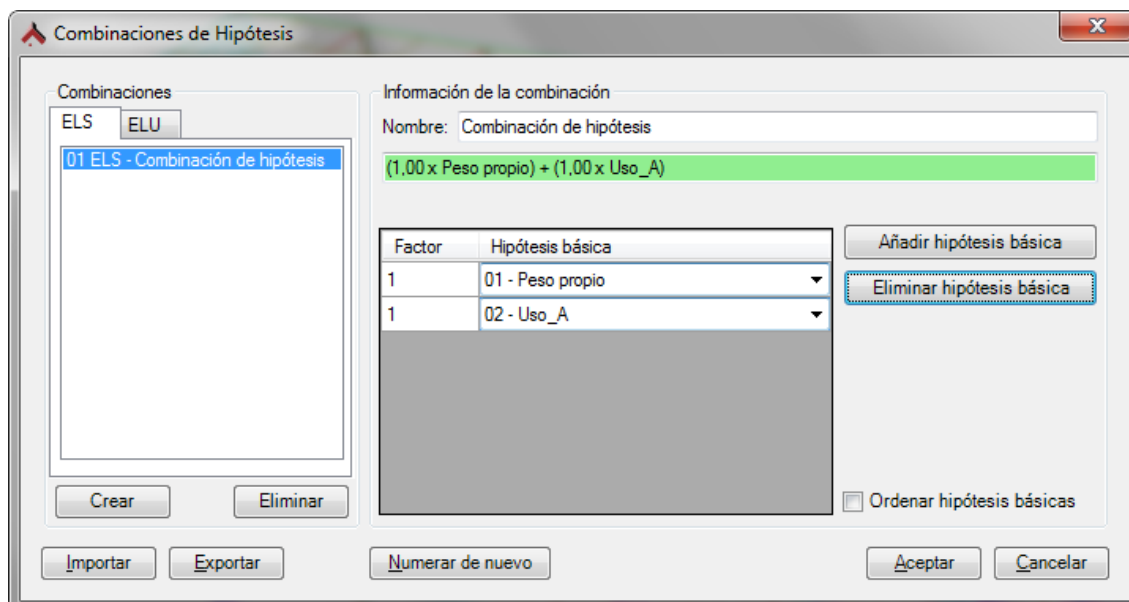


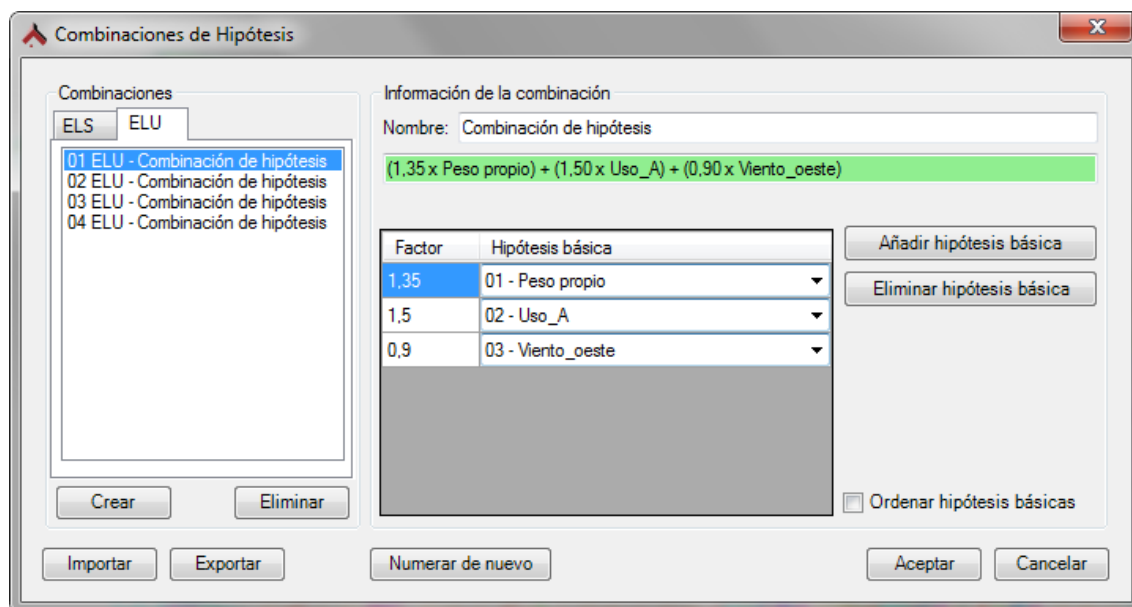
Antes o después del análisis, en cualquier caso antes del dimensionado, se deben definir las “combinaciones de hipótesis”, desde *Análisis* → *Combinaciones*, o desde el botón correspondiente. Esta ventana se organiza de la siguiente manera: a la izquierda, aparecen las combinaciones que Architrave® Cálculo genera automáticamente, según el CTE, para Estados Límites de Servicio (ELS) y Estados Límites Últimos (ELU), y a la derecha aparece el nombre de cada combinación (editable), una línea resumen de los factores e hipótesis de que se combinan en cada una y una lista detallada con la misma información. En esta lista se puede modificar tanto factores como hipótesis, eliminar hipótesis, ordenarlas según su número de orden o su factor, etc. También se pueden eliminar o añadir combinaciones; incluso se pueden guardar combinaciones (*exportar*) para recuperarlas desde otra estructura (*importar*).



En nuestro caso, simplifícadamente, vamos a establecer las siguientes combinaciones:

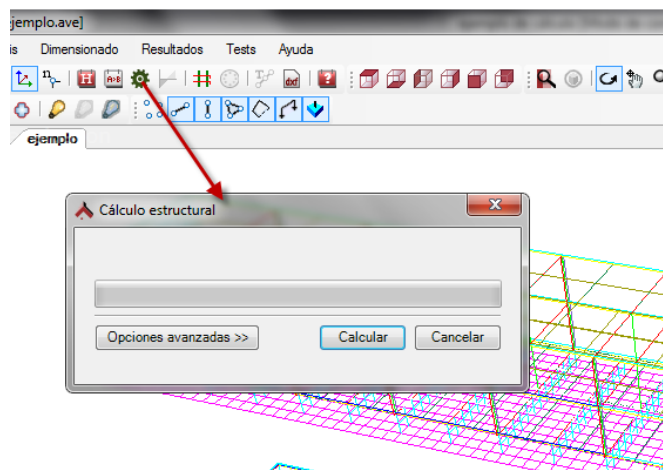
- ELS: sólo una combinación, 1 x peso propio + 1 x sobrecarga de uso. Para ello eliminamos todas las combinaciones menos la primera, y en ésta eliminamos todas las hipótesis menos la 01 y 02.
- ELU: como las cargas de viento en esta estructura son muy débiles, suponemos que las hipótesis 03-06 (las cuatro de viento) siempre actúan como sobrecarga "acompañante" a la de uso, y por tanto con su valor de combinación ψ_0 . Quedan así 4 combinaciones: 1'35 x peso propio + 1'50 x sobrecarga de uso + 0'90 x viento en las cuatro direcciones.





Podríamos darle un nombre apropiado a cada combinación; no lo vamos a hacer. Lo que sí vamos a proceder es a exportar las combinaciones: clicamos en *Exportar* y guardamos las combinaciones con el nombre deseado.

Una vez definidas hipótesis y combinaciones, ya podemos abordar el análisis de la estructura. Abrimos la ventana de opciones de cálculo desde *Análisis* → *Cálculo* o desde el botón correspondiente.

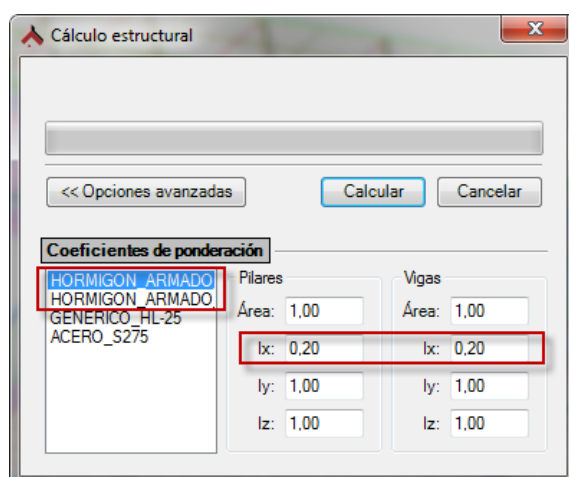


Esta ventana posee un desplegable de *Opciones Avanzadas*, donde se puede corregir, para cada material de los presentes en la estructura, los coeficientes de ponderación de características mecánicas de sección de barras: área e inercias según los 3 ejes locales. Estos coeficientes modifican la rigidez de la barra a axil (área), torsión (I_x), flexión horizontal (I_y) y flexión vertical (I_z), y sirven para simular o corregir distintos comportamientos frecuentes:

- Corrección de área en pilares de cualquier material: Es recomendable utilizar esta corrección para edificios de mediana o gran altura (más de 8 plantas). Si

no se corrige, se producen flexiones en vigas de plantas altas debido al distinto acortamiento por compresión de los muros del núcleo (más rígidos) y los pilares (menos rígidos, sobre todo si son metálicos). Este comportamiento no se corresponde con la realidad, equivale a una ejecución en la que el edificio permaneciera encofrado hasta su completa ejecución y se desencofraran todas las plantas al mismo tiempo. La realidad es que cuando se construye una planta nueva, los pilares de plantas inferiores desencofradas ya han "acortado" la magnitud correspondiente al peso propio. Para corregir este fenómeno, se debe aumentar el factor de área de pilares; de esta manera el acortamiento de los mismos disminuye. A modo orientativo, para un edificio de 8 plantas se puede utilizar un único factor, igual a 5. Para 12 – 20 plantas, se pueden utilizar 2 factores: un factor de 2 para las plantas bajas y uno de 10 para las altas. En nuestro edificio no es necesario aplicar ninguna ponderación al área de barras.

- Corrección de inercia a torsión en barras de hormigón armado: Las vigas de hormigón armado, al tratarse de barras rectangulares normalmente, tienen una inercia a torsión muy grande. Pero la realidad es que en cuanto estas barras se someten a una torsión muy pequeña, en seguida se fisuran y pierden casi totalmente la capacidad de resistir este tipo de solicitaciones. Por ello, siempre es recomendable disminuir su factor de torsión hasta 0'2.
- Corrección de inercia a flexión horizontal en barras de madera: En estructuras con barras de madera aserrada sometidas a flexión en las dos direcciones (normalmente pilares ante el viento), se debería disminuir la rigidez de la pieza en la orientación desfavorable de las fibras de la madera, debido a la anisotropía de la misma.
- Corrección de inercia a flexión vertical u horizontal de barras "ficticias": Cuando en losas de EF se desea introducir cargas lineales, se ha de modelizar incluyendo una "viga ficticia" dentro de la losa, para que recoja la carga lineal. Normalmente se suelen modelizar de pequeño tamaño, para que no añada rigidez. Por esta misma razón, luego la visualización de la deformada se vuelve realmente incómoda, pues las deformaciones de estas vigas tan pequeñas son inmensas. Por ello, al material de estas barras (normalmente HL, hormigón sin peso) se les suele dar una rigidez a flexión vertical muy grande, para que "no molesten".
- Corrección de inercia a flexión de vigas de hormigón armado: La disminución de rigidez de las vigas de hormigón por fisuración, así como la formación de rótulas plásticas en nudos rígidos y todos estos fenómenos relacionados con el comportamiento no lineal mecánico del material, NO se deben simular bajo ningún concepto disminuyendo la rigidez ante flexión vertical; este comportamiento queda adecuadamente reflejado mediante la estrategia de la *Redistribución*, parámetro que se define en la etapa de dimensionado.



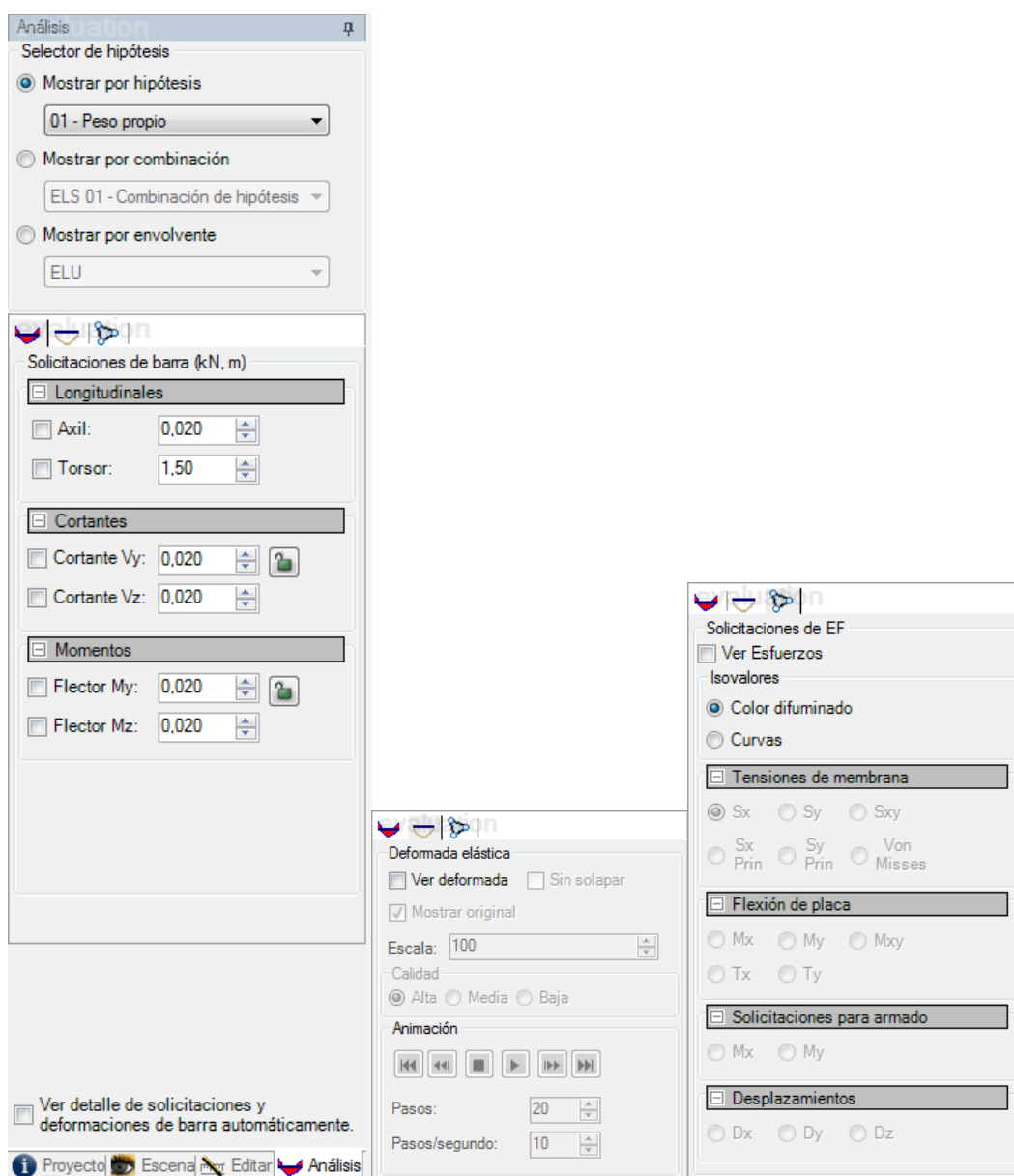
Una vez definidas las opciones avanzadas, procedemos a calcular la estructura. La primera vez que se ejecute esta función es probable que un aviso del firewall del sistema operativo interrumpa la evolución; no es ningún error, hay que clicar en *Permitir* y el proceso continuará.

Dependiendo del tamaño de la estructura, este proceso puede durar desde unos segundos hasta 10 o 15 minutos. Architrave® posee el solver de cálculo matricial más potente del mercado sin lugar a dudas; en la mayoría de los casos la velocidad de cálculo es hasta 5 veces más rápida que la de los programas comerciales más extendidos. En nuestro caso, lo normal es que tarde unos 5 segundos. En este tiempo el programa obtiene, en este orden: movimientos de nudos, reacciones en apoyos, esfuerzos en nudos y solicitaciones y deformaciones en barras y EF.

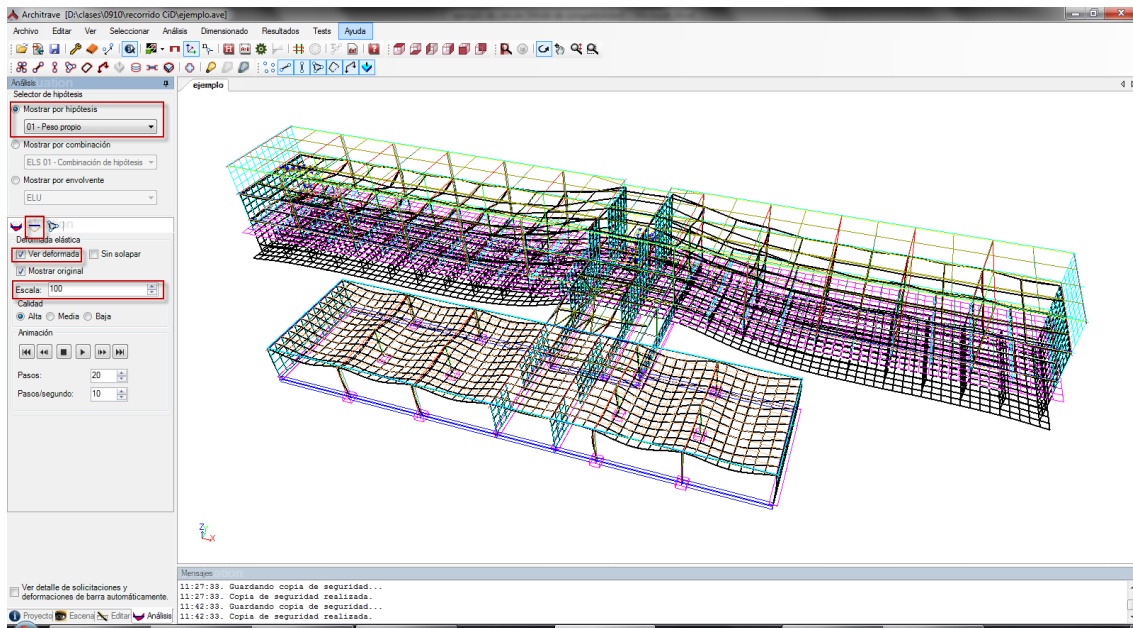
El único caso en el que el cálculo no puede llevarse a cabo es si la estructura es un mecanismo, en cuyo caso se mostraría un mensaje explicativo, especificando el nudo en el que se produce dicho mecanismo.

6.5 Resultados de análisis

Una vez calculada la estructura, se observa que en la zona de las pestañas de gestión (izquierda de la pantalla), una nueva pestaña ha sido creada: *Análisis*. Sirve para visualizar los resultados de análisis: solicitaciones en barras, deformada y solicitaciones de EF, organizados en tres solapas distintas en este mismo orden. En la parte superior de la pestaña se encuentra el *Selector de hipótesis*, que permite seleccionar de qué hipótesis, combinación o envolvente deseamos visualizar los resultados.



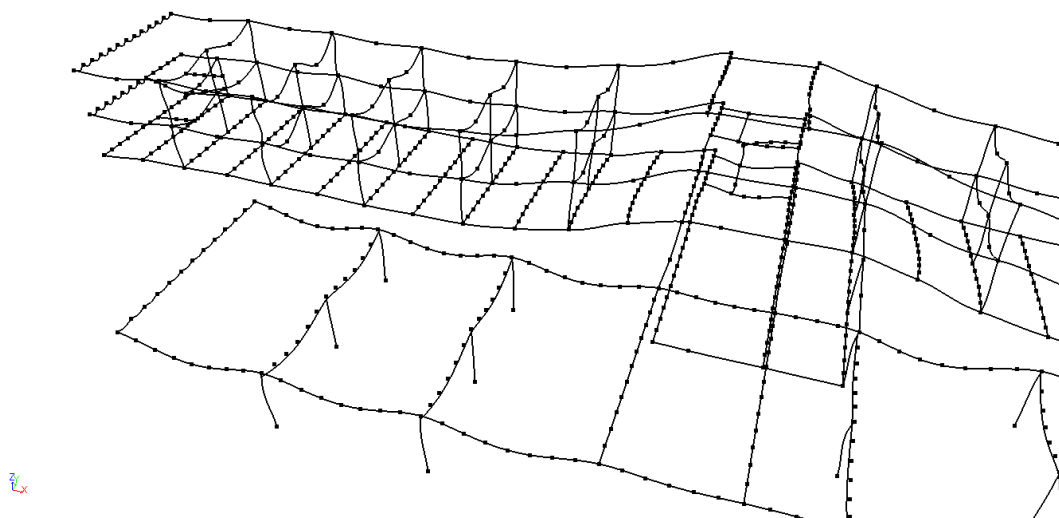
En un caso real, como el nuestro, la evaluación de los resultados de análisis sirve para confirmar que la modelización y el comportamiento obtenido son congruentes con lo esperado. Lo primero que se debe hacer es visualizar la deformada completa del edificio ante peso propio, para constatar que todos los elementos están bien conectados entre sí y que no hay ninguna parte del edificio que no esté bien sujeta. En el *Selector de hipótesis* elegimos que se muestre sólo el peso propio, clicamos en la solapa de *Deformada elástica*, y seleccionamos *Ver deformada*.



Aparece la deformada completa del edificio superpuesta a la geometría indeformada. Esta deformada obviamente está “exagerada”: los movimientos se multiplican por un factor de escala modificable.

En un primer vistazo se aprecia algo anómalo: el volumen largo del edificio desciende muchísimo en comparación con el volumen corto. La razón es la siguiente: el brazo largo está cimentado sobre una losa, a la que en Architrave® Diseño se le asignaron unos muelles con coeficiente de balasto muy bajo, según la fórmula simplificada del CTE para zapatas rectangulares (el balasto real medido para losas de gran extensión suele ser bastante mayor); por ello, el descenso de cada punto de la losa es muy grande. Por otro lado, el brazo corto está cimentado sobre zapatas, que hasta que no se dimensionen se consideran empotramientos perfectos, sin descenso ninguno. Por ello, el brazo largo del edificio se comporta como una “doble ménsula” hacia ambos lados del pequeño cuerpo de conexión con el brazo corto.

Para visualizar de manera más clara el patrón de la deformada, podemos desactivar la opción *Mostrar original*, de manera que sólo se muestra en pantalla la geometría deformada.

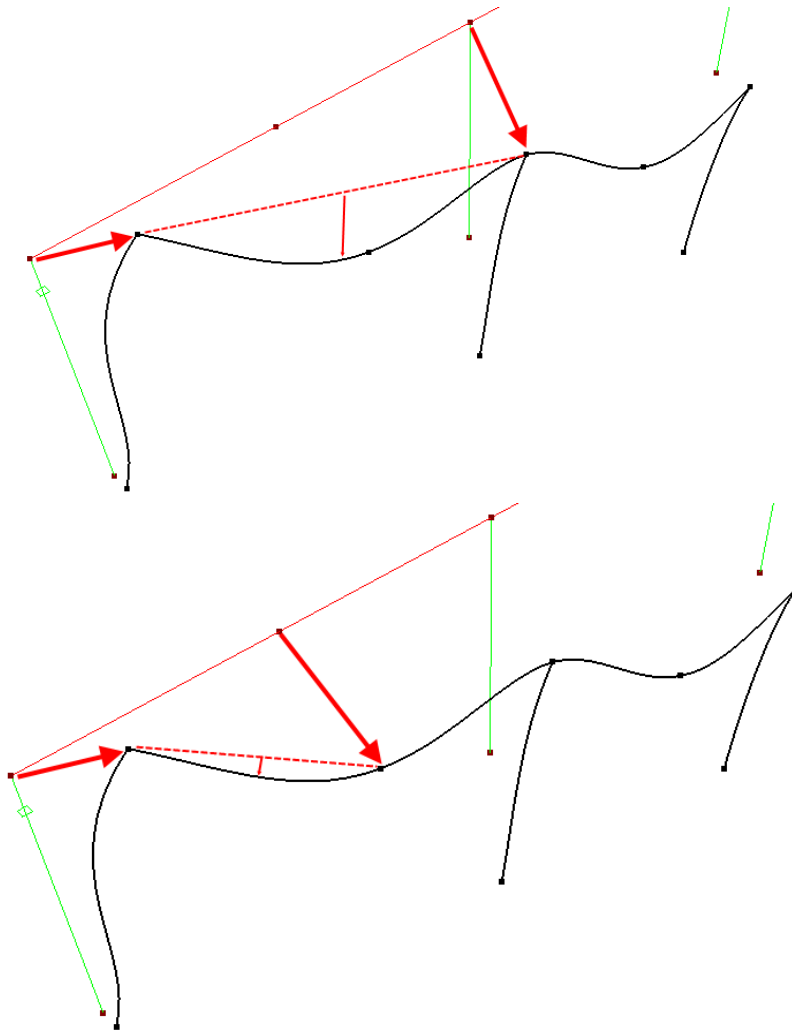


Para estas primeras comprobaciones generales de comportamiento, es muy útil ver cómo se mueve la estructura, con la opción *Animación*. Se puede regular la velocidad del movimiento, el número de pasos intermedios y la calidad de visualización

Como es sabido, los elementos estructurales se dimensionan para que resistan pero también para que no deformen en exceso. Esta comprobación de deformación se efectúa con exactitud en la fase de dimensionado, pero si se desea tener un orden de magnitud para validar o desechar una estructura antes de la fase de dimensionado, se pueden consultar las deformaciones de barra o nudo desde esta pestaña, sin más que situar el cursor encima de la geometría deformada de cualquiera elemento.

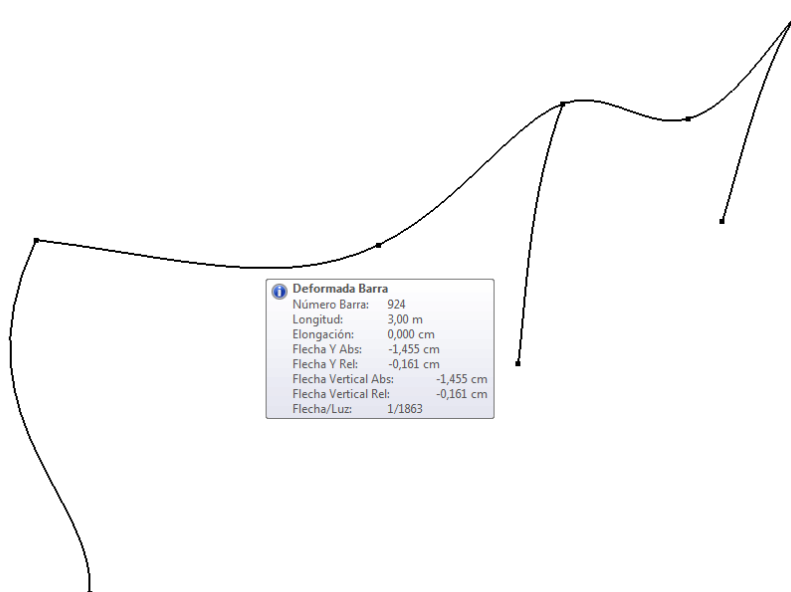
Para ilustrar el funcionamiento de esta herramienta, procedemos a ocultar los EF y mostrar los nudos (botones de visualización). Observamos que el programa, al colocar nudos estructurales en cada vértice de EF, ha "troceado" las vigas en múltiples barras. La flecha de cada barra se calcula como la mayor distancia existente entre la curva deformada y la línea que une los extremos de dicha curva. Es decir: la flecha es la medida de la "panza" que hace la barra, sin contar con los descensos que han sufrido sus extremos.

Por ejemplo: tomando una de las vigas de hormigón de la pieza larga del edificio, vemos que está troceada en 2 barras. Si no estuviera troceada, la flecha calculada coincidiría con la flecha real con la que luego se dimensionará la barra (primera imagen); como está troceada, la flecha que se muestra corresponde a la distancia señalada en la segunda imagen. (Después, cuando se dimensionen las vigas, la flecha considerada será la correcta, como si no estuviera troceada.)



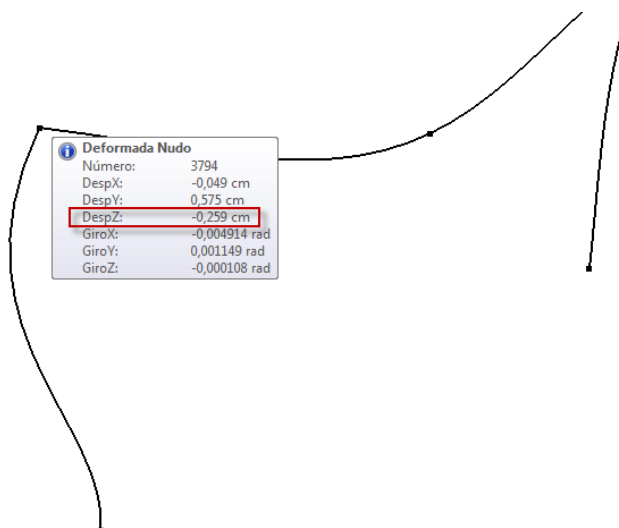
Si ponemos el puntero sobre dicha viga, obtenemos información relevante:

- Elongación: alargamiento de la barra
- Flecha en Y absoluta/relativa: la flecha en Y es la flecha según el eje local Y de la barra. Si la barra no está girada, el eje Y es el vertical de la sección. La flecha en Y absoluta es la mayor distancia recorrida en total por un punto de la barra, desde su posición original a la deformada. La flecha en Y relativa es el concepto anteriormente explicado: la mayor distancia entre la deformada de la viga y la línea que une la posición deformada de sus extremos.
- Flecha vertical absoluta/relativa: Los conceptos de absoluto/relativo son los mismos que en el párrafo anterior; el concepto de "vertical" se refiere a que es la flecha medida según un eje vertical; si la sección de la barra no está girada, flecha en Y y flecha vertical coinciden; si hay giro, la flecha vertical será composición vectorial de la flecha en Y y en Z locales de la barra. En conclusión, la flecha vertical relativa es lo que comúnmente llamamos flecha.
- Flecha/luz: Este es el cociente que nos interesa para estimar a priori la validez o no de una viga, como marca la normativa. Se obtiene dividiendo la flecha vertical relativa entre la luz.



En el caso que nos ocupa, obviamente el cociente flecha/luz es muy favorable, ya que lo que se está mostrando no es la flecha de la viga completa, sino la flecha de una de sus mitades. Si deseamos estimar realmente el cociente flecha/luz, tendremos que hacerlo “manualmente”:

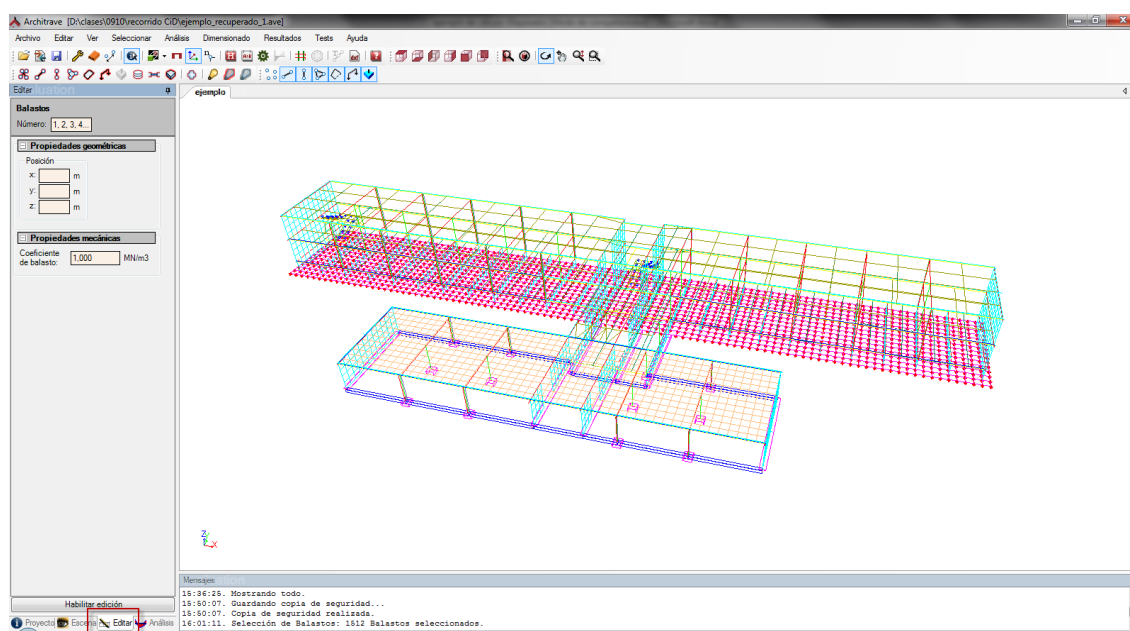
- Consultamos los movimientos verticales de los nudos inicial y final
- Consultamos el movimiento vertical del nudo intermedio
- La flecha relativa vertical será, aproximadamente, la diferencia entre el desplazamiento del nudo intermedio y la semisuma de desplazamientos de los nudos extremos.



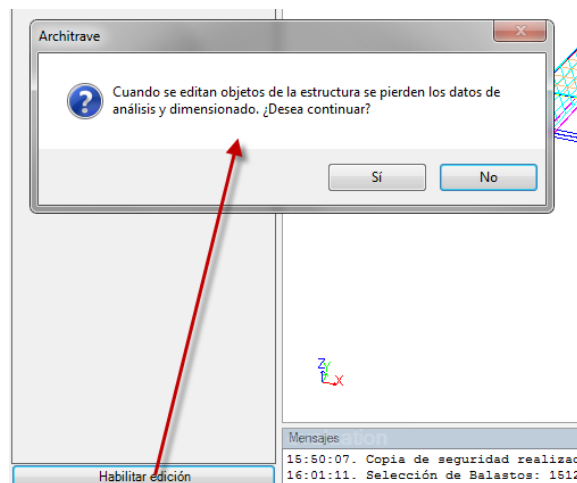
Antes de continuar, es necesario corregir el defecto de modelización encontrado, referente a los coeficientes de balasto distintos de losa y zapatas. Para que el comportamiento sea más parecido al real, procederemos a aumentar el coeficiente de balasto de los muelles de la losa, sólo para que el resto de la estructura trabaje como se

espera y se pueda dimensionar adecuadamente. Para el dimensionado de la losa concretamente, ya se podrá utilizar de nuevo el coeficiente de balasto calculado.

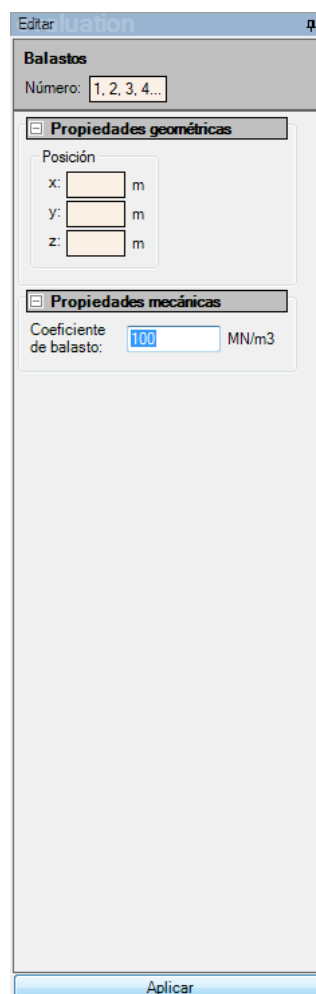
Seleccionamos todos los muelles de balasto desde *Seleccionar* → *Cimentación* → *Todos los balastos*, y cambiamos a la pestaña de *Editar* (izquierda de la pantalla). Esta pestaña, que dejamos sin explicar previamente en el punto 3, contiene información geométrica y mecánica de los elementos seleccionados. La información geométrica normalmente no es editable, mientras que la mecánica sí que lo es. Siempre aparecen en el encabezamiento de la pestaña los números de orden de los elementos seleccionados. En nuestro caso, al seleccionar todos los balastos, la información geométrica aparece en blanco, puesto que la posición de cada balasto es diferente.



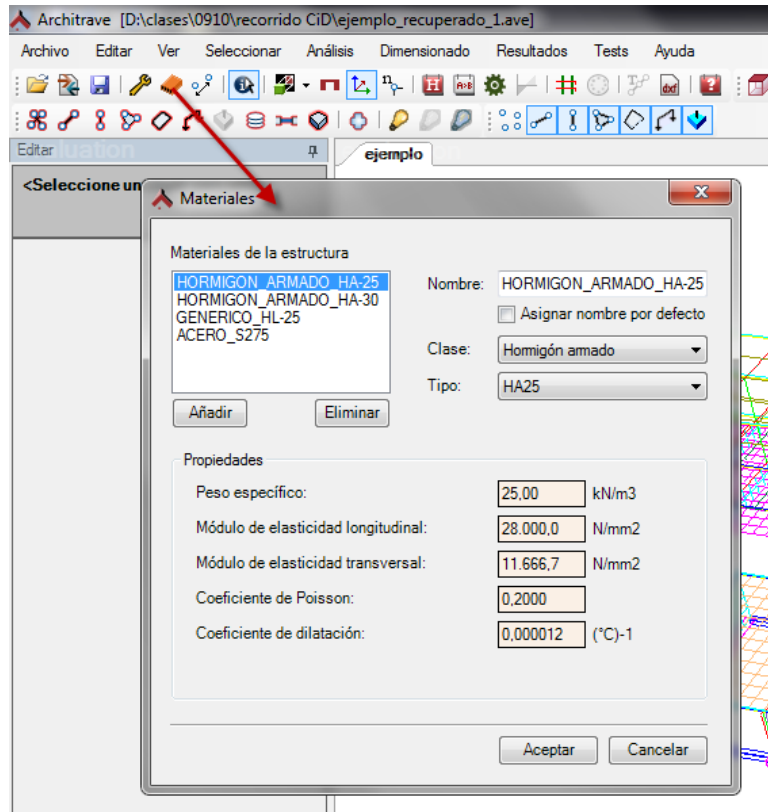
Para modificar el coeficiente de balasto de todos los muelles, y en general cualquier característica, lo primero que hay que hacer es clicar en *Habilitar edición*, en la parte inferior de la pestaña. Aparece entonces una ventana que nos avisa de que si modificamos cualquier característica del modelo, se pierden los datos obtenidos en el análisis y, en su caso, en el dimensionado. Esto es así porque los valores de solicitación y deformación cambian si se modifica la distribución de rigideces de la estructura.



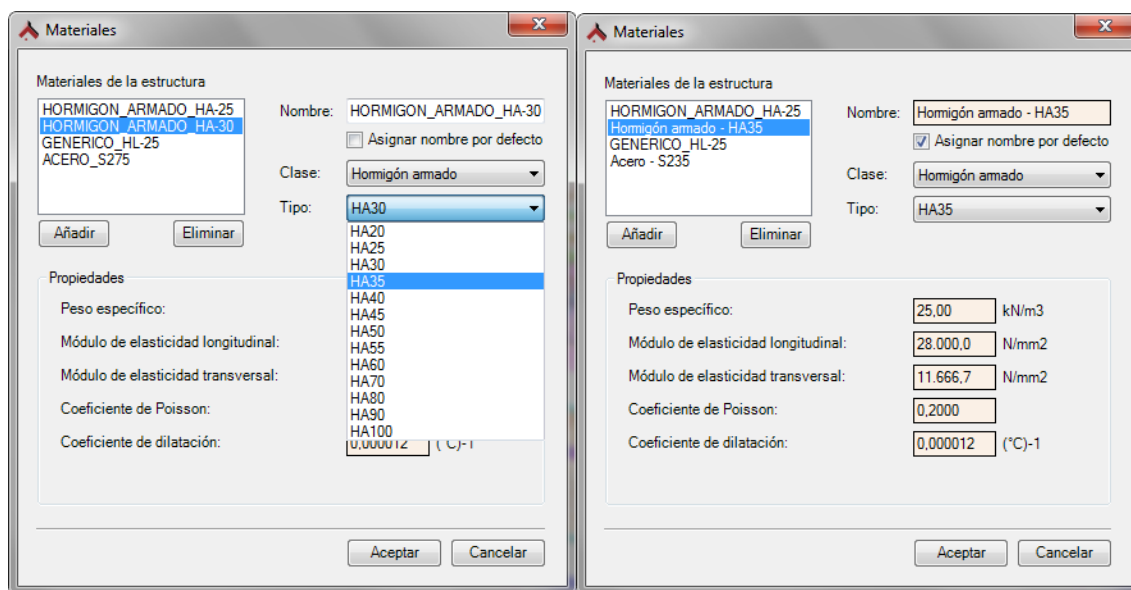
Una vez aceptado este aviso, los parámetros editables se muestran con fondo blanco dentro de la pestaña, mientras que los no editables mantienen su fondo beige. Podemos así aumentar el valor del coeficiente de balasto hasta 100 MN/m³. Para que los cambios surtan efecto, debemos clicar en *Aplicar*, en la parte baja de la pestaña.



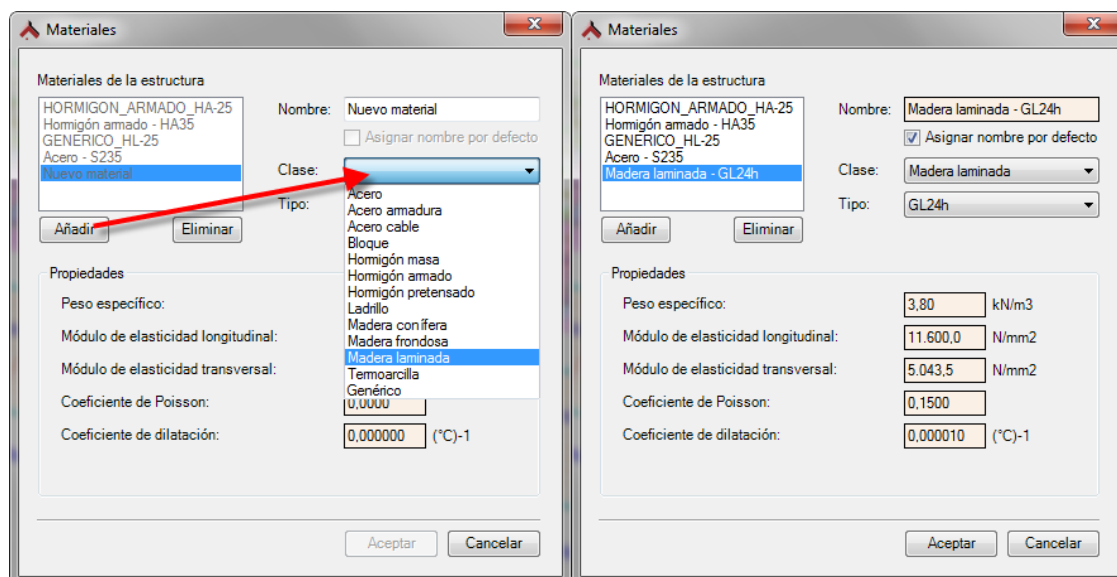
Antes de volver a calcular la estructura, vamos a aprovechar para editar otros elementos. Si deseamos, por ejemplo, sustituir un pilar de hormigón por otro de madera, lo primero que tenemos que hacer es añadir a la estructura el material "madera", para luego poder asignarlo a cualquier elemento. Esta gestión de los materiales que aparecen en el modelo se ejecuta desde *Editar* → *Materiales*, o desde el botón correspondiente.



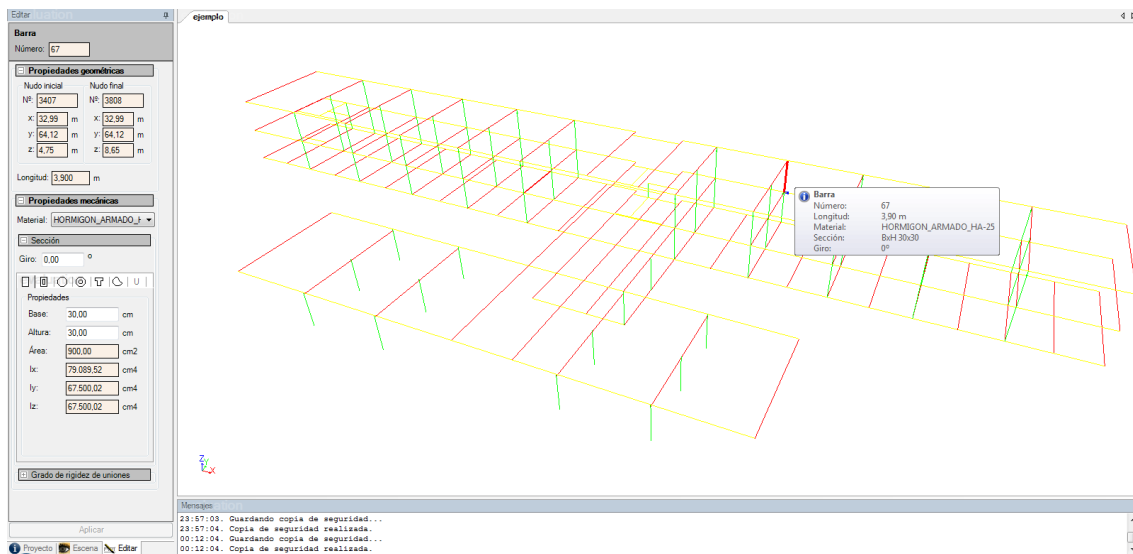
En esta ventana aparecen el nombre (editable) y las características mecánicas (no editables, salvo en material genérico) de todos los materiales presentes en la escena. Puedo, por ejemplo, modificar el hormigón de la cimentación y colocar un HA-35 en lugar del HA-30, así como cambiar el acero S275 por un S235. Para que ambos cambios se reflejen en el nombre del material, debo seleccionar la opción "Asignar nombre por defecto" después de hacer los cambios.



Si ahora quiero añadir una madera laminada a la lista disponible de materiales, tengo que clicar en *Añadir*, a continuación seleccionar la clase de material *Madera laminada*, y darle un tipo, GL24h, por ejemplo. Nuevamente, para que el nombre de material sea explícito, puedo darle a "Asignar nombre por defecto" o bien ponerle manualmente un nombre.



Vamos a sustituir ahora uno de los pilares de hormigón del volumen largo por uno de madera. Para trabajar con más facilidad, ocultamos apoyos, cargas, áreas de reparto y EF. Seleccionamos el pilar elegido (barra nº 67) y nos situamos en la pestaña de edición.



Al tratarse de una barra, la información geométrica muestra la posición de los nudos extremos y la longitud (no editables), mientras que las propiedades mecánicas contienen información editable acerca de: material, giro y tipo de sección, y rigidez de uniones en los extremos.

Sustituimos el material hormigón por la madera definida anteriormente, cambiamos las medidas de la sección y mantenemos la relajación parcial del giro en Z. Para que los cambios surtan efecto, se debe clicar en *Aplicar*.

Propiedades mecánicas

Material: Madera laminada - GL24h

Sección

Giro: 0,00 °

Propiedades

Base: 40,00 cm

Altura: 50,00 cm

Área: 2.000,00 cm²

lx: 489.981,84 cm⁴

ly: 266.666,69 cm⁴

lz: 416.666,69 cm⁴

Grado de rigidez de uniones

Extremo inicial

Extremo final

x: 1,00

x: 1,00

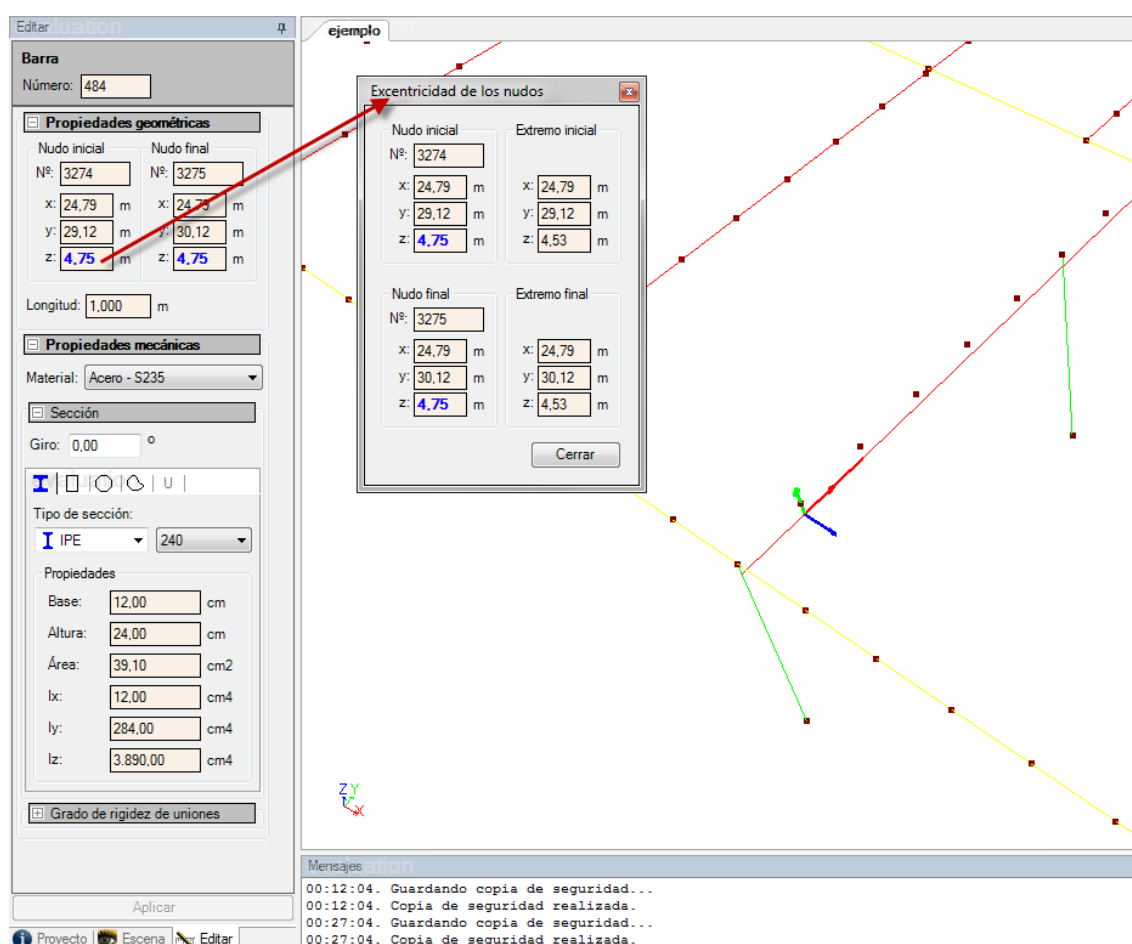
y: 1,00

y: 1,00

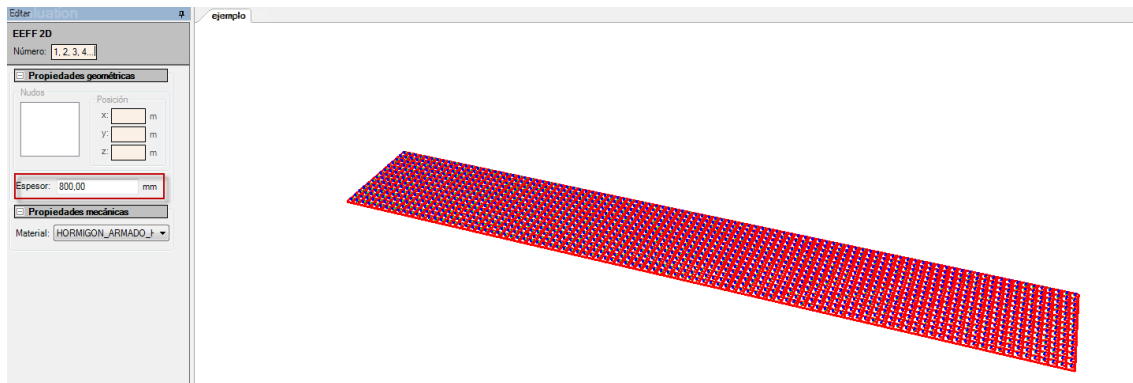
z: 1,00

z: 0,80

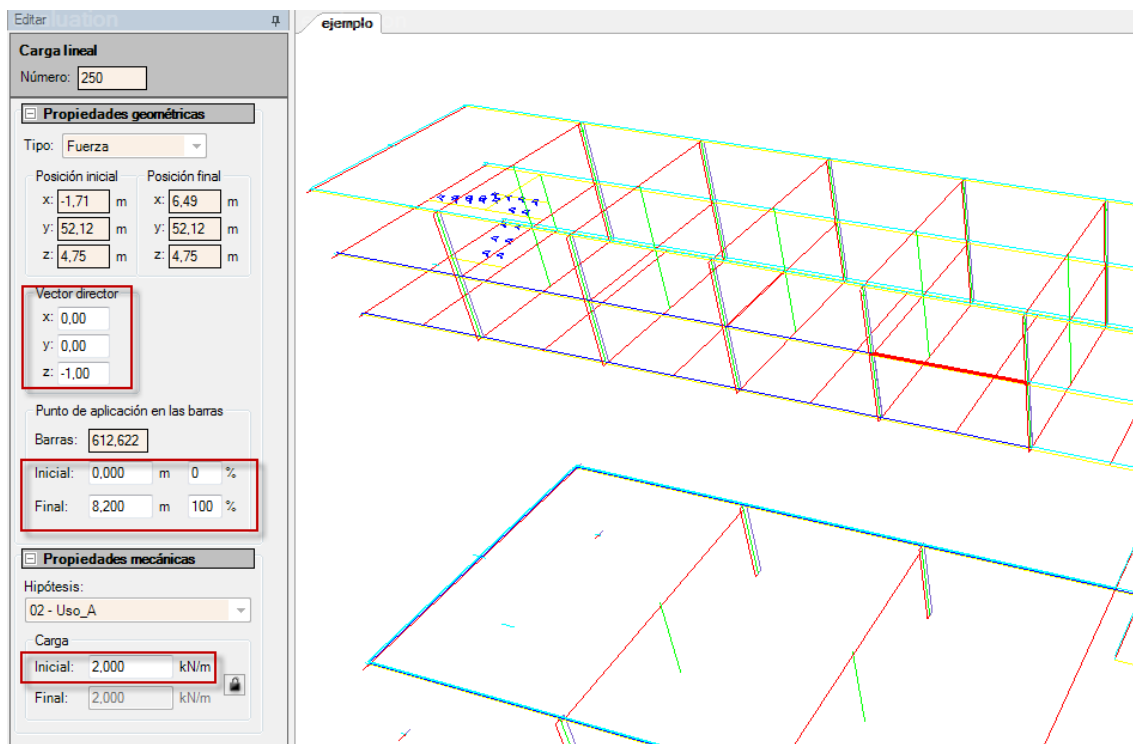
Si activamos los nudos y seleccionamos una de las barras en que se dividen las vigas de acero "troceadas", observaremos una característica de sus extremos. Hay que recordar que estas vigas se sitúan a una distancia respecto de los EF que forman la losa menor que el entorno de captura, de tal manera que los nudos estructurales quedan situados en los vértices de los EF, excéntricos respecto de los extremos de barra de cada tramo de viga. Cuando se da este fenómeno, sucede que las coordenadas de los nudos que no coinciden con el extremo de barra se resaltan en azul. Si se pincha en estos valores azules, se abre una ventana donde se especifican las coordenadas del nudo estructural y las del extremo de barra, ambos separados una distancia menor que el entorno de captura.



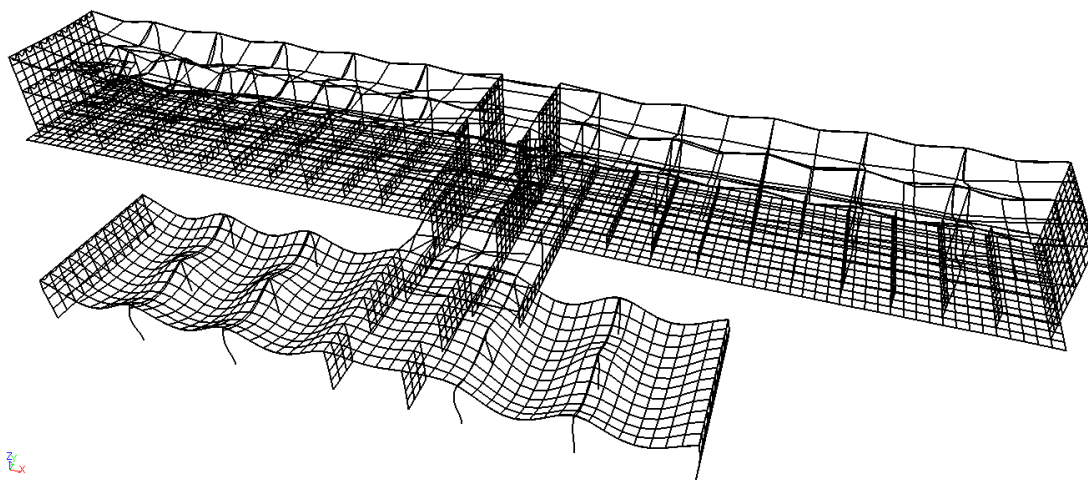
Ahora podemos cambiar el espesor de la losa de cimentación. La manera más sencilla de seleccionar todos los EF pertenecientes a la losa es: seleccionar uno de ellos, clicar con botón derecho sobre la pantalla, *Ocultar capas no seleccionadas*, volver a clicar con botón derecho y *Seleccionar todo*. Hay que cambiarle el espesor desde la pestaña de *Editar*, hasta 800 mm, y clicar en *Aplicar*.



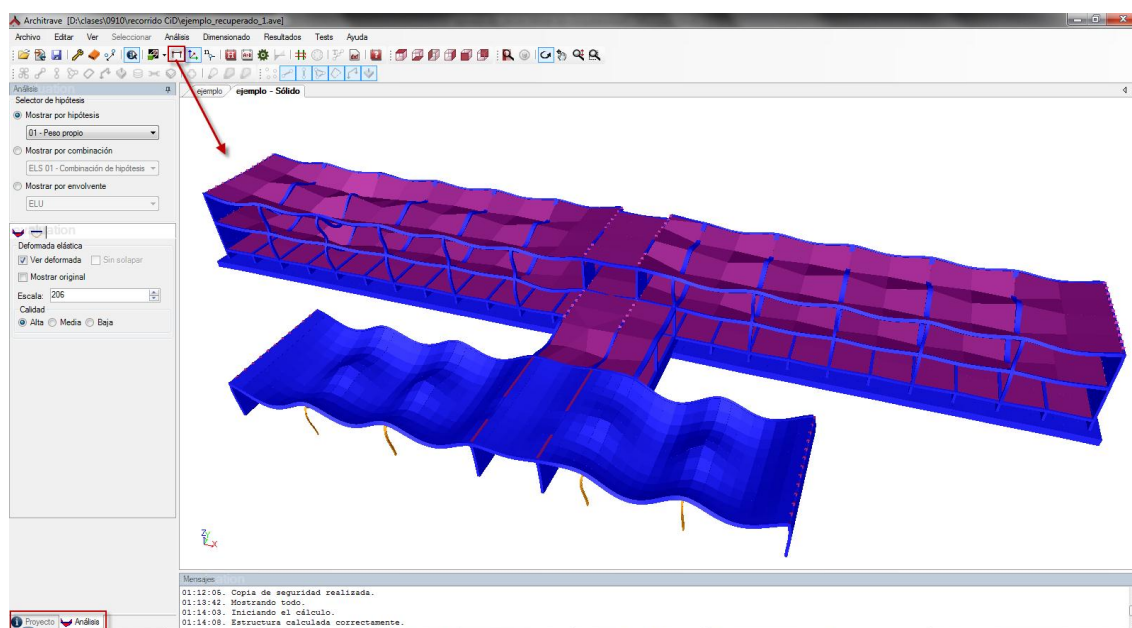
Para volver a visualizarlo todo, botón derecho sobre la pantalla y *Mostrar todo (capas y niveles)*. Ahora deseamos modificar alguna carga, por ejemplo una de las cargas lineales de fachada sobre los zunchos de hormigón de la cara sur del volumen largo. Después de activar las cargas, seleccionamos la deseada. Podemos editar: la orientación (vector director), la cantidad de barra sobre la que actúa (posición de inicio y final) y el valor de la fuerza.



Una vez hemos dado por bueno el modelo, volvemos a calcular la estructura. La comprobación más importante que debemos hacer es volver a visualizar la deformada global, para asegurarnos de que la modificación del balasto ha surtido efecto.



También podemos visualizar la geometría deformada del modelo sólido. Desde este modo de visualización sólo tenemos acceso a las pestañas de *Proyecto* y *Análisis*, y dentro de esta última pestaña sólo existen las solapas de *Solicitaciones en barras* y *Deformada elástica*.



Para conocer las reacciones en los apoyos, debemos activar los nudos y consultar el letrero que aparece al colocar el puntero sobre uno de los nudos de apoyo; siempre teniendo seleccionada la hipótesis o combinación deseada, por ejemplo la ELU 01. Las reacciones se expresan según los ejes locales del nudo, que coinciden con los ejes globales del espacio.

Análisis

Selector de hipótesis

☐ Mostrar por hipótesis

01 - Peso propio

☒ **Mostrar por combinación**

ELU 01 - Combinación de hipótesis

☐ Mostrar por envolvente

ELU

Solicitaciones de barra (kN, m)

☒ Longitudinales

☐ Axil: 0,020

☐ Torsor: 1,50

☒ Cortantes

☐ Cortante Vy: 0,020

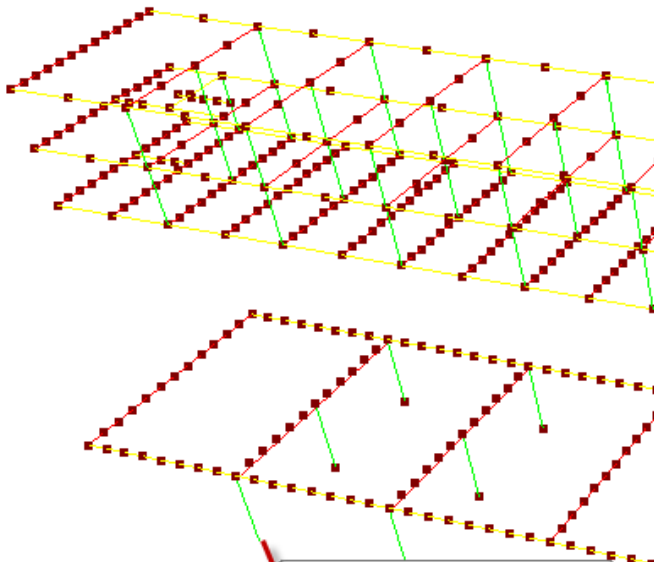
☐ Cortante Vz: 0,020

☒ Momentos

☐ Flector My: 0,020

☐ Flector Mz: 0,020

ejemplo ejemplo - Sólido



Nudo

Número: 2029

X: -1,712 m

Y: 28,120 m

Z: 0,850 m

--- Reacciones en el apoyo---

FuerzaX: 0,030 kN

FuerzaY: 1,901 kN

FuerzaZ: 251,311 kN

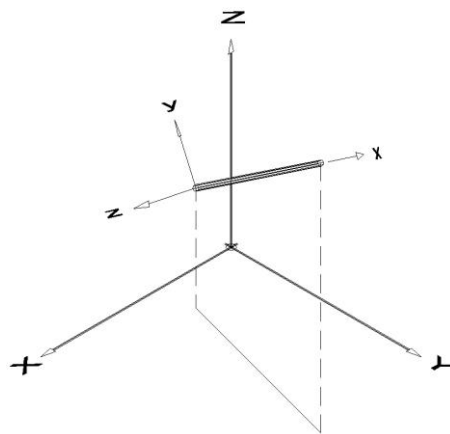
MomentoX: -2,461940 kN

MomentoY: 0,070074 kN

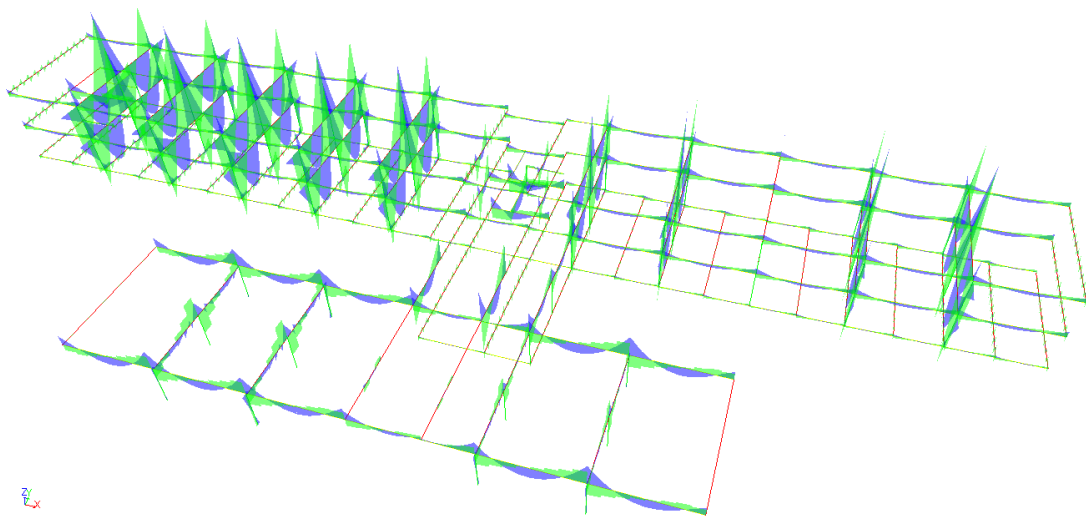
MomentoZ: -0,000002 kN

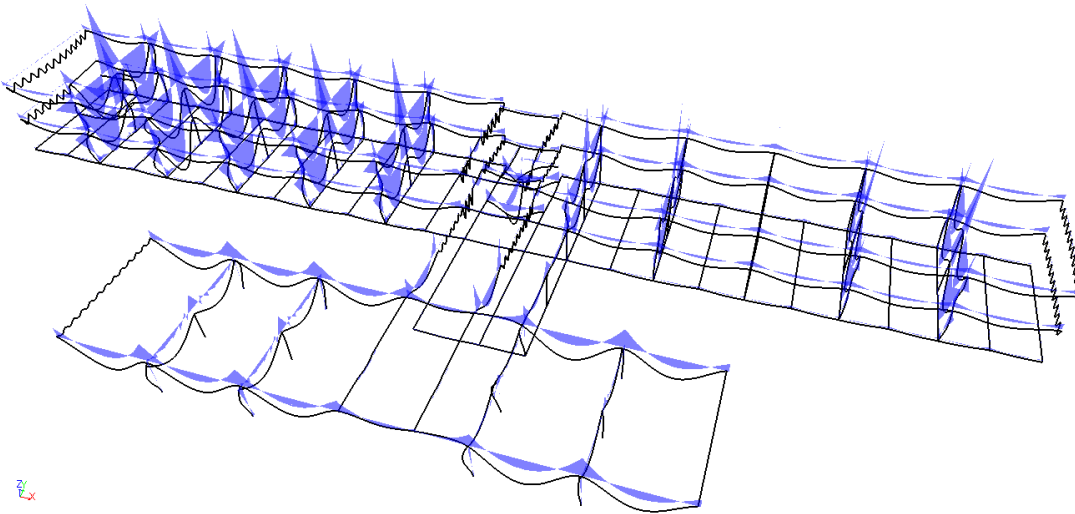
Las solicitaciones de barra se expresan en función de los ejes locales de barra. Dichos ejes locales cumplen las siguientes propiedades:

- el eje X local sigue la directriz de la barra
- el eje Y local es perpendicular al X local y está contenido en el plano vertical que contiene a la barra. Si la barra es vertical (pilar), el eje Y local es, además, paralelo al eje Y global
- el eje Z local es perpendicular a X e Y locales

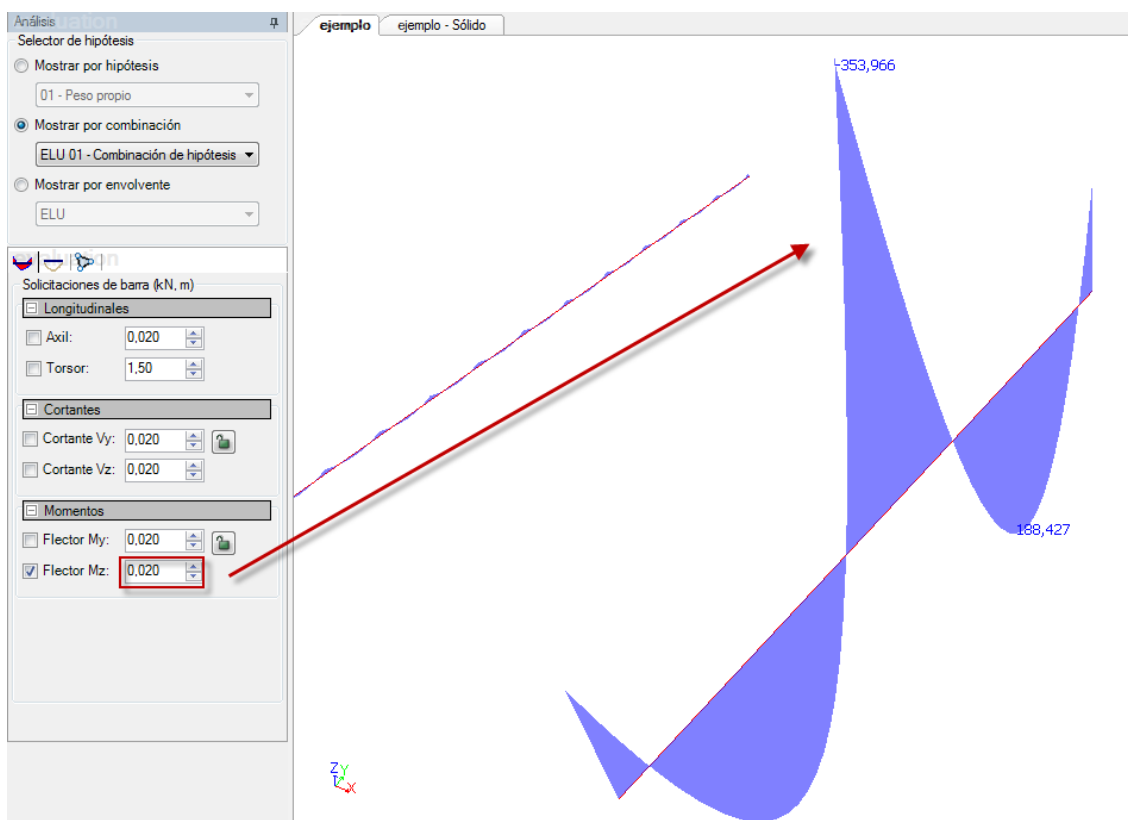


Si deseamos ver las solicitaciones de las barras de la estructura, debemos situarnos en la solapa correspondiente (*Solicitaciones de barra*), y seleccionar cualquiera de los 6 tipos de esfuerzo (axil, torsor, cortantes y momentos). Aparecen sobreimpresionados los diagramas correspondientes, pudiendo superponerse tantos como se desee (por ejemplo cortantes en Y y momentos en Z, como en la primera imagen), e incluso superponer un diagrama de solicitaciones a la geometría deformada (segunda imagen).



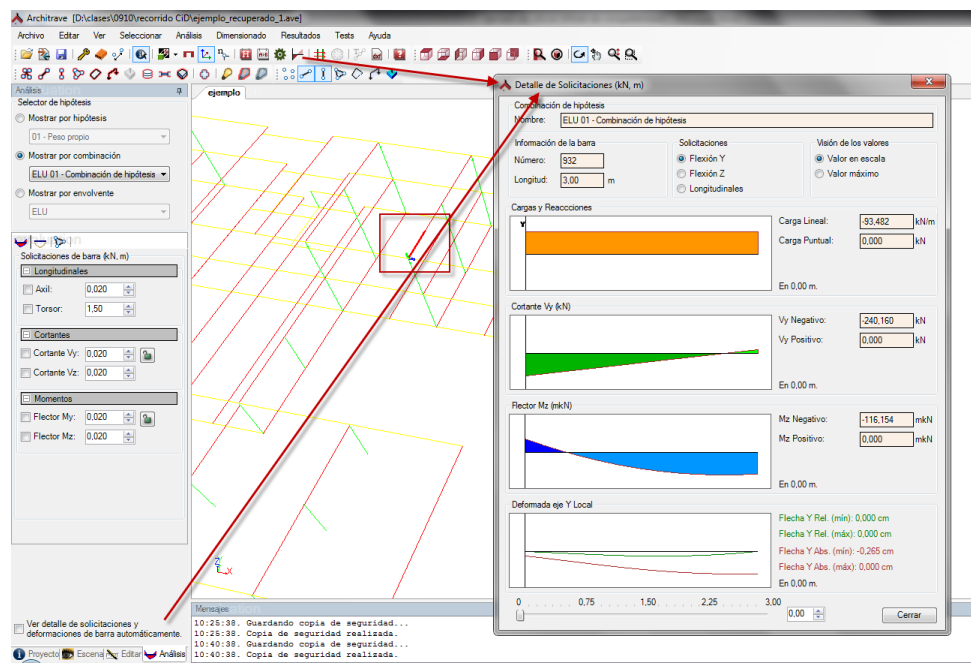


Las solicitaciones se muestran siempre de los elementos visualizados en pantalla. Por ejemplo, deseamos ver los flectores en Z de las vigas de la 2ª planta. Para ello hay que aislar la capa V+02 (seleccionamos un objeto de esa capa y desde el menú de botón derecho clicamos en *Ocultar capas no seleccionadas*). Al pasar el puntero por el diagrama, aparecen los valores significativos (en extremos de barra y máximos y mínimos) sobreimpresionados. La escala a la que se dibujan los diagramas se puede modificar.



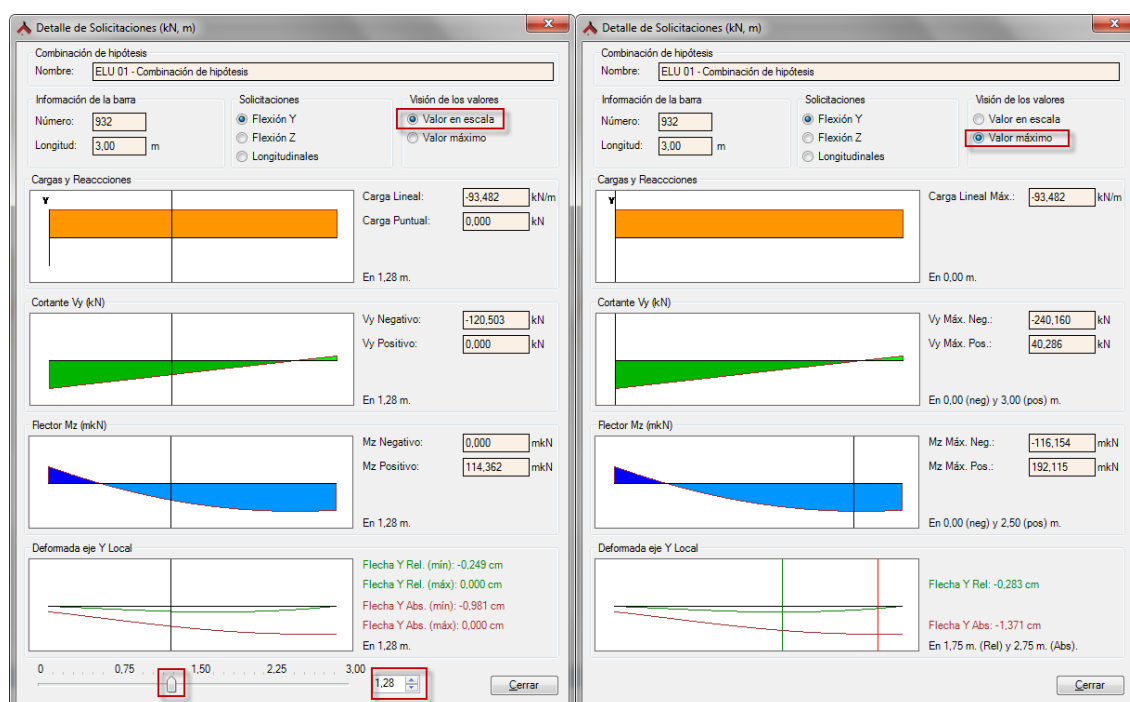
Es importante notar que las solicitaciones se representan según los ejes locales de las barras; si éstas se encuentran giradas, las solicitaciones se mostrarán según los ejes girados.

Si se necesita conocer el valor de las solicitaciones en un punto concreto de la barra, no solamente los valores máximos y extremos, se debe abrir la ventana de *Detalle de solicitaciones*, desde *Análisis* → *Detalle de solicitaciones*, desde el botón correspondiente o bien desde la pestaña de análisis, teniendo seleccionado previamente el ítem *Ver detalle de solicitaciones y deformaciones automáticamente*.

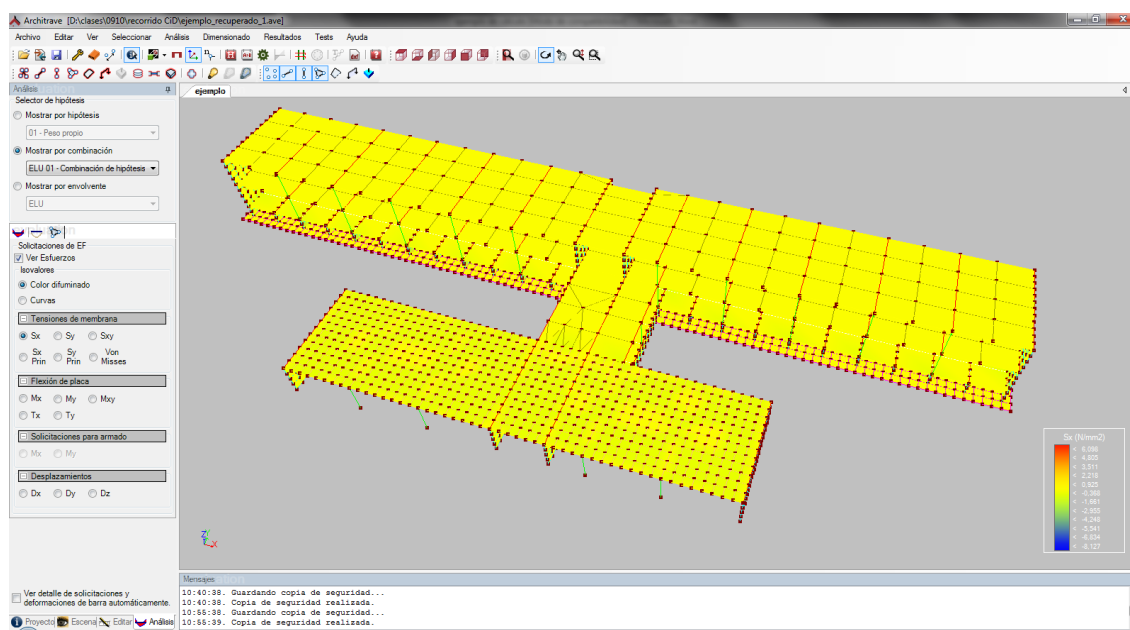


Esta nueva ventana se organiza así: podemos visualizar las solicitaciones separadas en tres grupos: flexión Y (cortante Y, momento Z), flexión Z (viceversa) y longitudinales (axil y torsor). En cada uno de ellos, además de las solicitaciones descritas se puede consultar: la carga real a la que está sometida la barra, calculada durante el análisis matricial; y la deformada de la barra según el eje Y, tanto absoluta como relativa (explicado anteriormente).

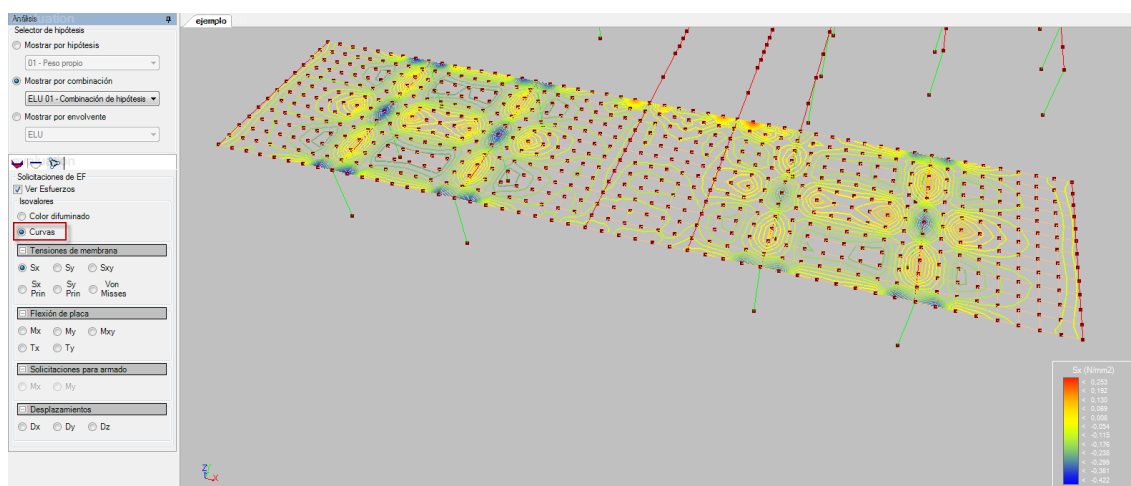
En la posición superior derecha de la ventana podemos elegir entre *valor en escala* y *valor máximo*. La primera opción sirve para “moverse” por la barra desplazando el cursor por la regla inferior o especificando numéricamente la coordenada X del punto deseado. La segunda opción muestra en cada diagrama los valores máximos de solicitación y el punto en el que se producen.



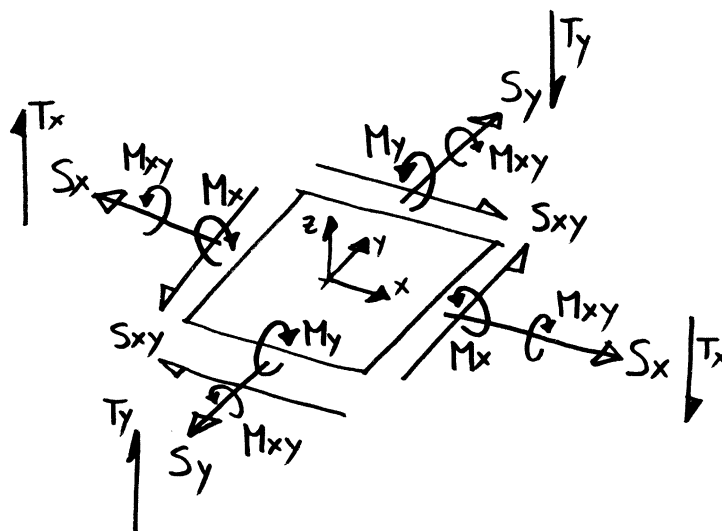
Por último, deseamos ver las solicitaciones en los EF; para ello previamente debemos activar los EF y los nudos. Nos situamos en la solapa de *Solicitaciones de EF* y seleccionamos *Ver esfuerzos*. Automáticamente quedan representados en pantalla los diagramas de isovalores de las tensiones en X. Los diagramas de isovalores son aquéllos en los que los puntos con el mismo esfuerzo se unen mediante curvas y se rellenan con el mismo color, que se relaciona con su valor numérico a través de una leyenda (situada en este caso en el extremo inferior derecho de la pantalla).



Los diagramas de isovalores se “redibujan” en la escena según los elementos que tengamos visibles, de tal manera que el patrón de colores puede cambiar. Vamos a comenzar por visualizar solamente la losa de hormigón de cubierta de la pieza corta del hospital, es decir, la capa L+01. Para interpretar mejor los datos, también visualizamos las vigas y pilares que la sostienen (V+01 y S+01). Todo esto lo gestionamos desde la pestaña de Escena. Podemos cambiar el modo de visualización de isovalores a curvas; así vemos solamente las curvas que unen puntos de igual esfuerzo.



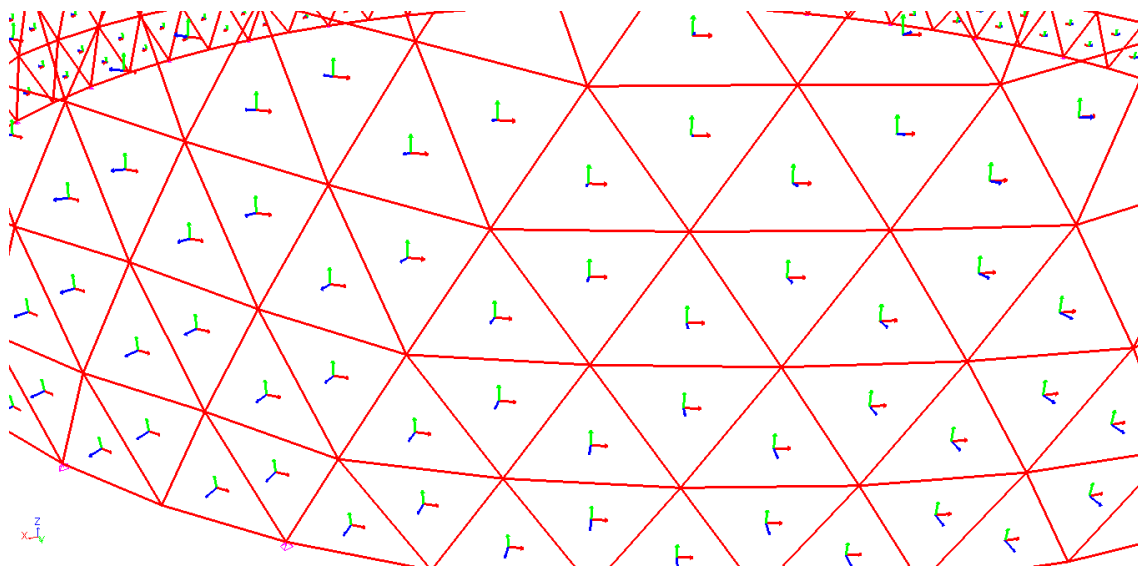
Los EF tienen solicitaciones de dos tipos: esfuerzos axiales, cuya directriz está contenida en el plano del EF (tensiones de “membrana”: normal en X y en Y, y tangencial en XY) y esfuerzos perpendiculares al EF, que generan flexión (solicitaciones de “placa”: momento en X y en Y, cortante en X y en Y y momento torsor en XY). Hay que tener presente que, a diferencia de los momentos flectores en barras, los momentos de EF “curvan” el eje local que le da nombre; el momento X es el que “dobla” el eje local X, no el perpendicular al X.



Para entender lo que representan estas solicitaciones, es necesario explicar cómo se sitúan los ejes locales de los EF. Estos ejes se sitúan en el CDG del EF y cumplen las siguientes características:

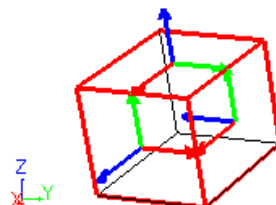
- Z es perpendicular al EF y dirigido hacia arriba (hacia el sentido positivo del Z global).
- X es horizontal y contenido en el EF, es decir, es la recta intersección entre el EF y un plano horizontal que pase por su centro
- Y perpendicular a Z y a X, contenido en el plano del EF y en el sentido del avance del sacacorchos que hace girar Z hasta X

Ilustramos esta explicación con una imagen perteneciente a una estructura de caras trianguladas, donde se aprecia mejor la colocación de los ejes según la inclinación de las facetas.

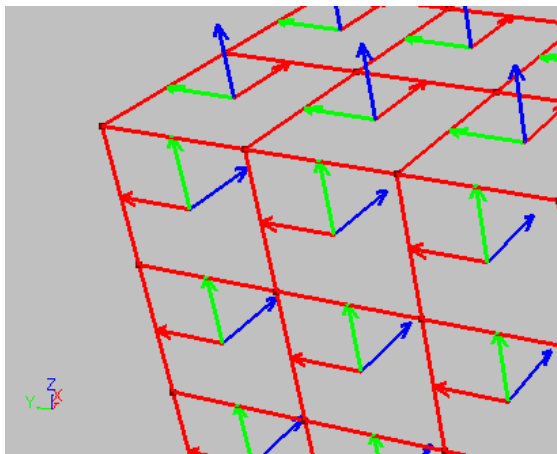


Hay ciertos casos particulares (planos paralelos a los del triedro de ejes globales), que se resuelven de la siguiente manera:

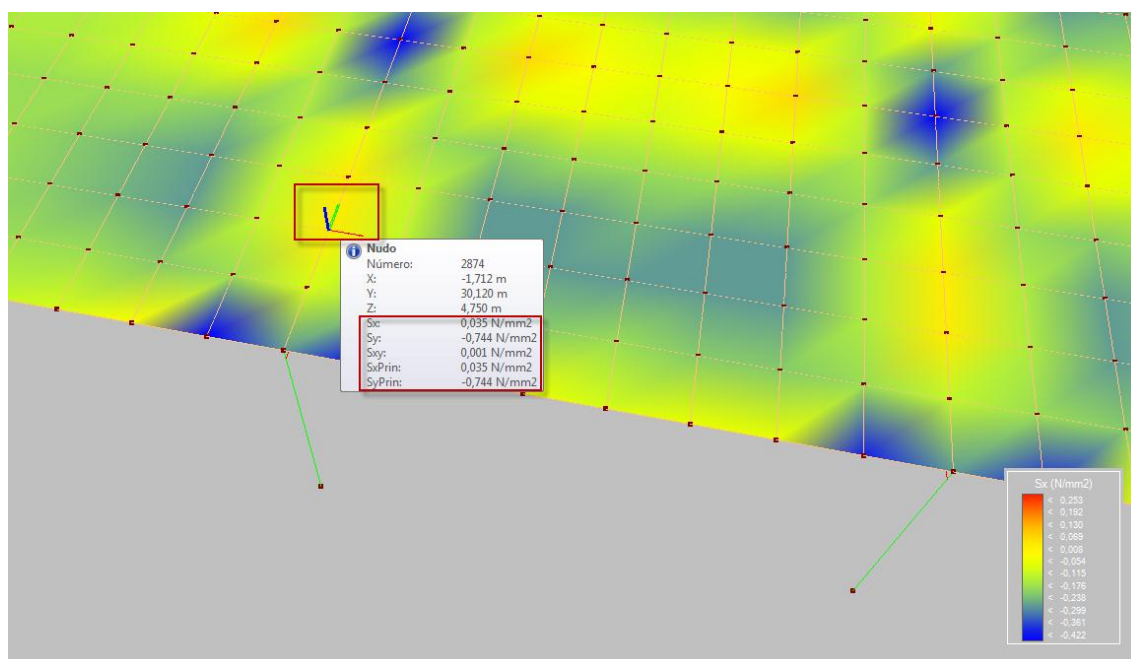
- Si el EF es horizontal, los ejes locales coinciden con los globales
- Si el EF es vertical con cualquier orientación, se elige el eje X local para que vaya en el sentido positivo del eje X global
- Si el EF es vertical y paralelo al plano ZY global, entonces el eje X va en el sentido positivo del eje Y global



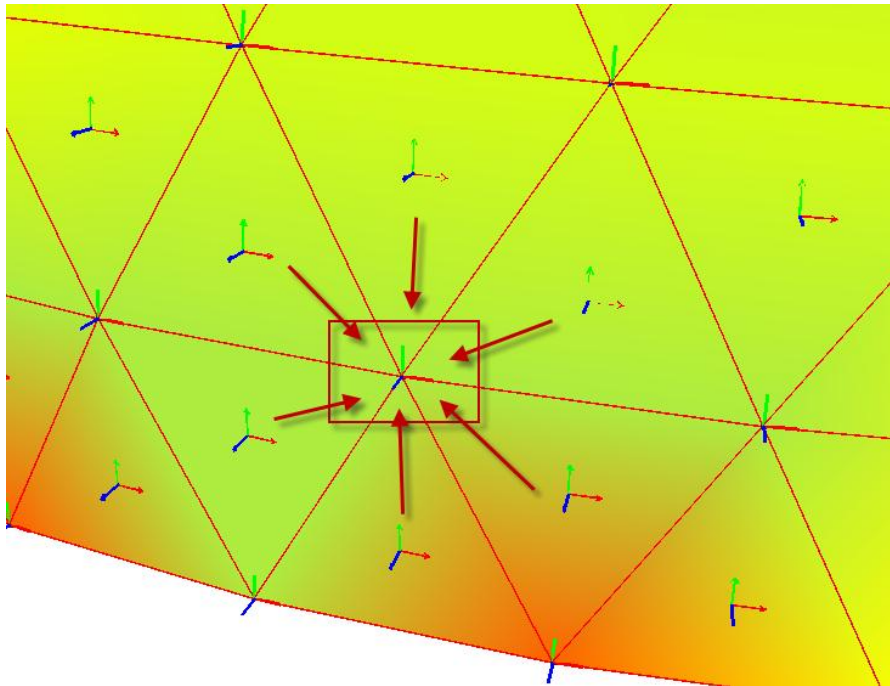
En nuestro ejemplo, podemos visualizar los ejes locales de EF seleccionando estos elementos. Además de la capa L+01, activamos la capa de muros M+01, para ver la diferencia de colocación de ejes locales en superficies horizontales y verticales. Para dejar de ver los isovalores, desactivamos Ver esfuerzos.



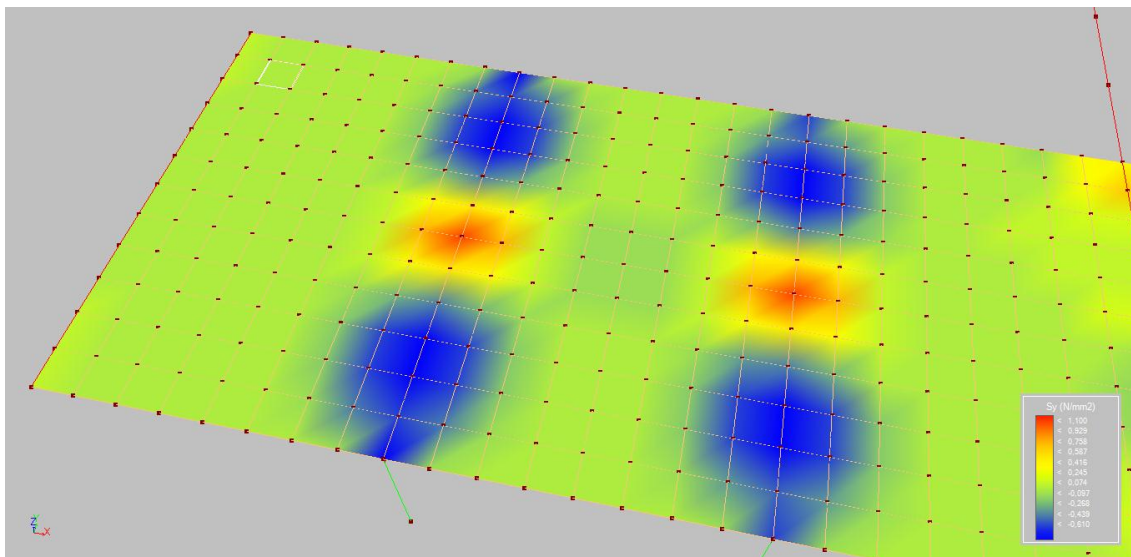
Los valores de sollicitación de EF se obtienen en los nudos de los vértices. Desactivamos la capa M+01 para quedarnos sólo con la losa, y vemos las tensiones en X (S_x). Para consultar el valor de esa sollicitación y del resto de tensiones de membrana en un nudo concreto, hay que situar el puntero sobre éste y aparecerá el letrero correspondiente.



Estas sollicitaciones de EF se expresan en función de los ejes "de cálculo" de los nudos. Estos ejes de cálculo se obtienen como una "media vectorial" de los ejes locales de los EF que concurren al nudo. Dentro de los elementos finitos, los valores de sollicitación se han obtenido interpolando linealmente entre los vértices. Utilizamos de nuevo una imagen de la estructura triangulada anterior para ilustrar este concepto.



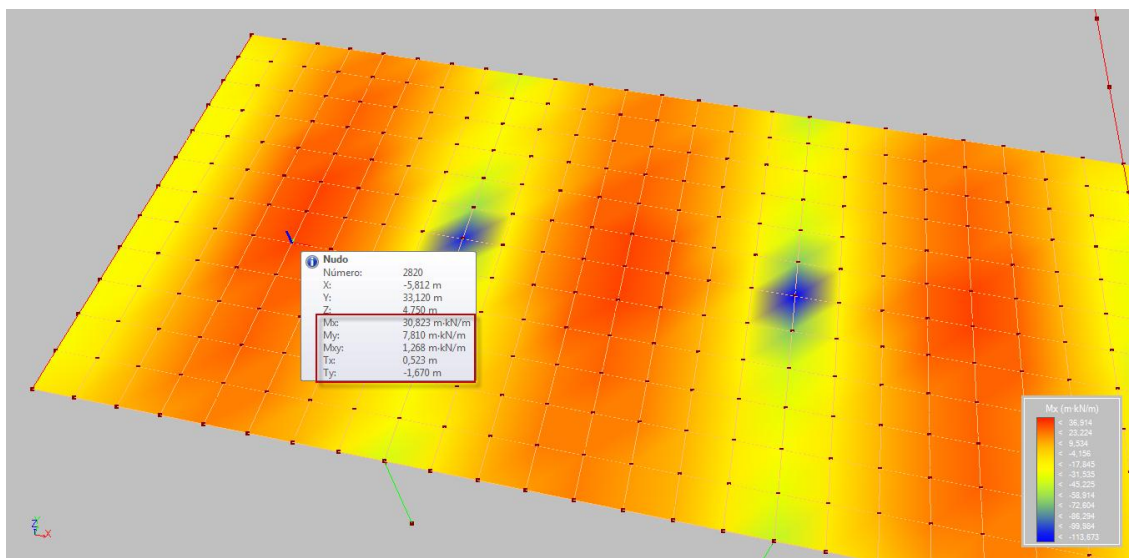
Volviendo a nuestra estructura: visualizamos S_x y posteriormente S_y , y comprobamos que se corresponde con el comportamiento esperado: la losa de hormigón, al pasar sobre las vigas de acero se comporta como cabeza comprimida o traccionada según esté en la zona de momentos positivos o negativos de la viga, respectivamente.



Las solicitaciones S_{xprinc} y S_{yprinc} se corresponden con las tensiones principales de tensión normal en cada nudo estructural, según las direcciones en las que se anula el tangencial S_{xy} . El valor de Von Mises es la tensión de comparación obtenida según el criterio de Von Mises; es un valor de tensión calculado a partir de las tensiones normales y

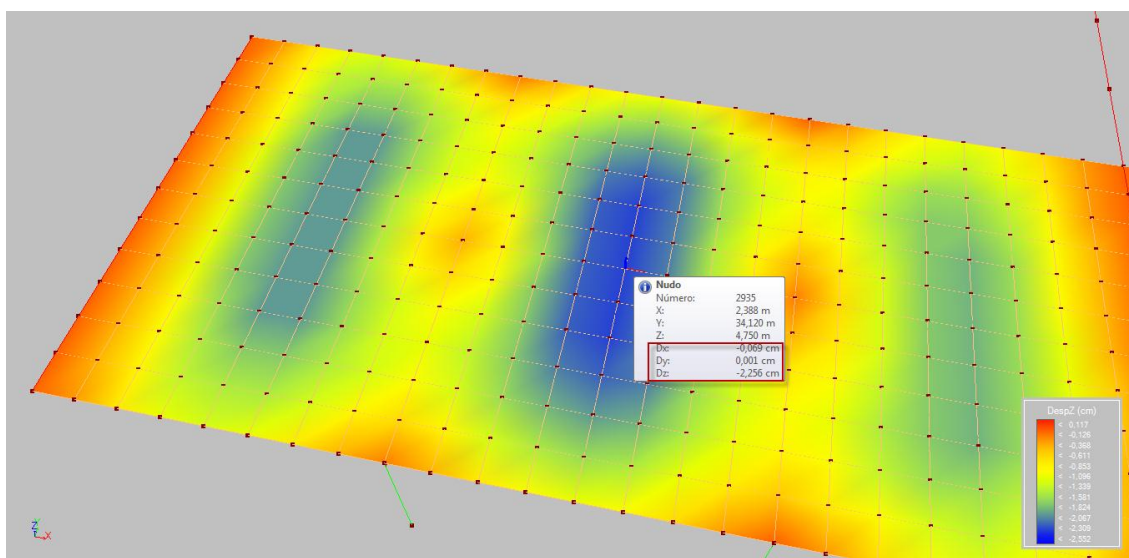
tangenciales en cada punto. Sirve para dimensionar, entre otros, placas metálicas sometidas a esfuerzos contenidos en su plano.

Por otro lado, podemos comprobar el comportamiento de los momentos de placa: si visualizamos M_x , advertimos que el comportamiento de la losa es mayoritariamente unidireccional, entre muros y vigas.



El armado de losas automático estará disponible en la siguiente versión de Architrave® ; por el momento deberán utilizarse las tablas del anexo.

Por último, en esta pestaña también podemos ver diagramas de isovalores de desplazamiento absoluto de los nudos de EF, según ejes globales. Si seleccionamos DZ (desplazamiento vertical), podemos comprobar que el resultado es congruente: mayor desplazamiento vertical en centros de vano que en apoyos.

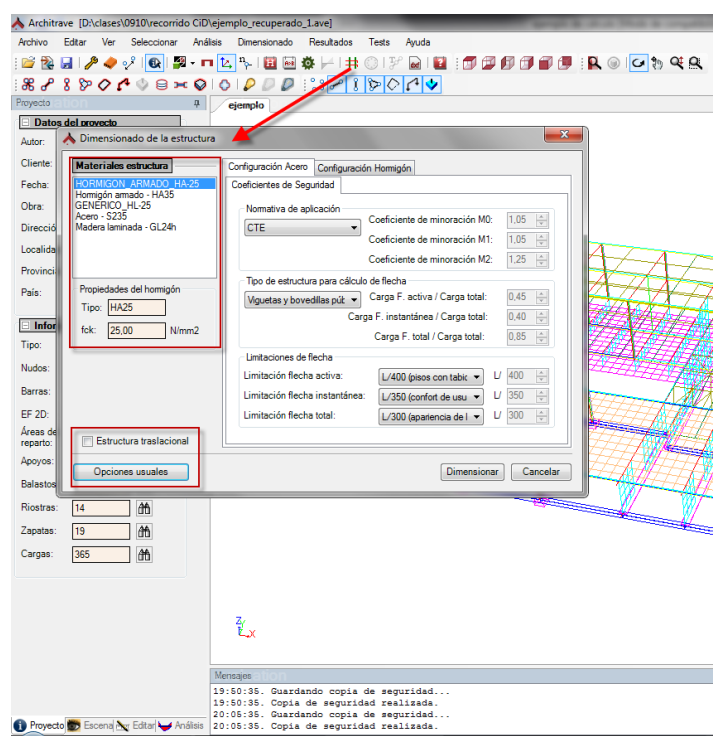


6.6 Dimensionado de las barras

El dimensionado de barras es la fase más importante del proyecto estructural. El procedimiento es distinto según se trate de acero estructural u hormigón armado, que son los dos materiales que Architrave® Cálculo dimensiona en esta primera versión:

- Acero: consiste en comprobar si las secciones dispuestas son admisibles o no.
- Hormigón armado: consiste en comprobar si las secciones dispuestas pueden o no ser armadas para que cumplan con los requisitos, y en caso afirmativo obtener ese armado.

Antes de proceder al dimensionado, es necesario establecer las opciones previas relativas a cada material. Esto se lleva a cabo desde la ventana de dimensionado, situada en *Dimensionado* → *Dimensionar*, o bien desde el botón correspondiente.



Esta ventana se estructura en varias partes. A la izquierda encontramos una lista de los materiales presentes en la estructura; los que son dimensionables (hormigón y acero), al seleccionarlos aparece debajo información relativa a sus resistencias. En la parte inferior izquierda hay una opción referente a la traslacionalidad de la estructura en relación al cálculo del pandeo; se debe activar o no según los criterios que da el CTE y la EHE-08. En nuestro caso, la estructura es intraslacional. En esta misma esquina de la ventana se encuentra un botón para *Opciones usuales*. En general, cualquier cambio de opciones que se efectúe en esta ventana se mantendrá a lo largo de la sesión.

Las opciones a definir para el dimensionado de acero se dividen en 3 partes:

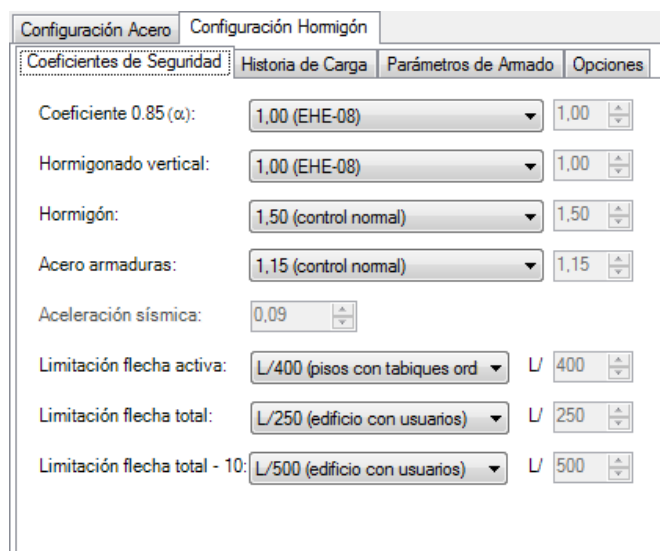
- Coeficientes de seguridad: Hay que definir una u otra normativa, o bien introducir manualmente los coeficientes de seguridad del material

- Tipo de estructura para cálculo de flecha: El CTE obliga a comprobar tres flechas distintas: activa, instantánea y total; cada una se obtiene a partir de una combinación distinta de cargas. Esta operación es equivalente a considerar que para el cálculo de cada una de las tres flechas, la carga actuante es un porcentaje de la que se obtiene para la combinación característica, que dependerá de la proporción entre concarga y sobrecarga. A este efecto, se ofrecen 6 tipologías predefinidas que el usuario puede elegir por similitud de cargas con su estructura. Si ninguna es suficientemente similar, puede introducir manualmente estas proporciones de carga.
- Limitaciones de flecha: El CTE establece distintas limitaciones dependiendo de las características del edificio. Se ofrecen varias opciones predefinidas, quedando siempre la posibilidad de introducir manualmente cualquier otro valor de limitación de flecha.

En el caso que nos ocupa, colocamos las siguientes opciones:

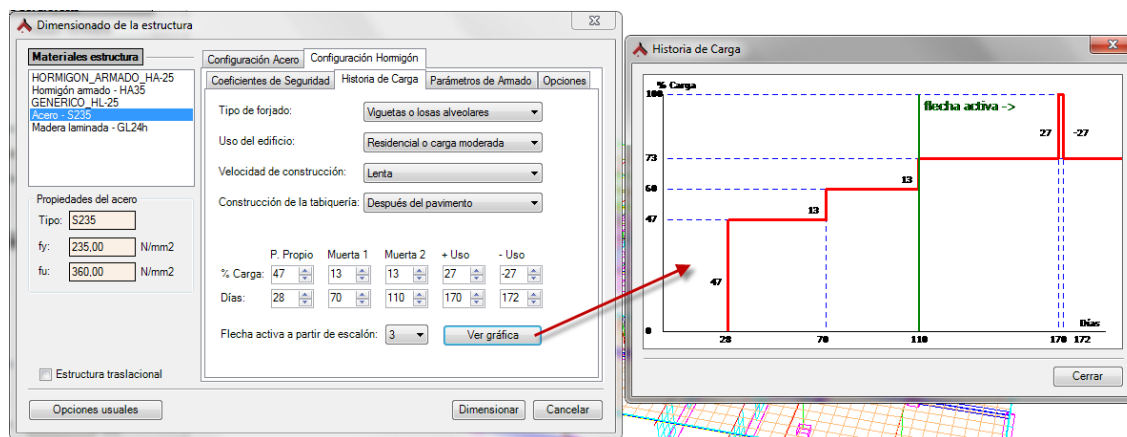
- coeficientes de seguridad según el CTE;
- tipo de estructura "chapa colaborante residencial". La única zona con vigas metálicas que haya que dimensionar a flecha es la cubierta del volumen corto. Este forjado está resuelto mediante una losa de hormigón de poco espesor, y la sobrecarga es muy pequeña (mantenimiento), luego la tipología que mejor se le asemeja es la chapa colaborante (por ser una losa de hormigón de poco espesor) de uso residencial (poca sobrecarga).
- Límites de flecha: activa L/400 (tabiques ordinarios debajo), instantánea L/350 (existen usuarios) y total L/300 (aparición importa).

Cambiamos ahora a la pestaña de hormigón. Se divide a su vez en 4 solapas. La primera de ellas sirve para establecer una serie de coeficientes. En todos ellos el funcionamiento es similar: se ofrece una o varias opciones predeterminadas, dejando siempre la puerta abierta a introducir manualmente el valor. Se debe establecer el valor de parámetros como la reducción por cansancio, que anteriores normativas era de 0'85; la reducción en pilares por decantación del hormigón; coeficientes de seguridad de material para hormigón y acero de armar, según el nivel de control de la ejecución; y las limitaciones de flecha activa y total, dependiendo de las características de la estructura. En nuestro caso, mantenemos todas las opciones tal cual.



Configuración Acero	Configuración Homigón
Coeficiente 0.85 (α):	1.00 (EHE-08)
Hormigonado vertical:	1.00 (EHE-08)
Hormigón:	1.50 (control normal)
Acero armaduras:	1.15 (control normal)
Aceleración sísmica:	0.09
Limitación flecha activa:	L/400 (pisos con tabiques ord)
Limitación flecha total:	L/250 (edificio con usuarios)
Limitación flecha total - 10:	L/500 (edificio con usuarios)

La siguiente solapa sirve para definir la historia de carga de la estructura, que es necesaria para calcular la flecha activa y la total. En hormigón, a diferencia del acero, los elementos estructurales tienen flecha diferida, es decir, siguen deformando con el tiempo aunque no aumente la carga. Para establecer la historia de carga, análogamente a otros parámetros explicados anteriormente, se ofrece la posibilidad de asemejar la estructura a casos estandarizados, ofreciéndose unos porcentajes de carga y unos tiempos con los que el programa calculará las flechas necesarias. En nuestro caso, elegimos: viguetas, carga moderada, velocidad lenta, tabiquería después del pavimento. Sobre ese supuesto, siempre se puede modificar manualmente cualquier valor. Queda así una gráfica de historia de carga que se puede consultar pinchando en *Ver gráfica*.



La tercera solapa sirve para establecer opciones referentes a la manera en que el programa va a intentar armar la sección: porcentaje de redistribución (si se superan los límites de la norma saltará un aviso al clicar en *Dimensionar*), recubrimiento nominal (que el usuario deberá haber calculado según las directrices de la EHE-08), separación de cercos mínima, tipo de acero de armar, armadura de montaje superior, y diámetros a utilizar para armar vigas y pilares. Para nuestro dimensionado, mantenemos todas las opciones por defecto salvo la redistribución, que la subimos hasta un 15%.

Coeficientes de Seguridad	Historia de Carga	Parámetros de Armado	Opciones
Redistribución de momentos (%): <input type="text" value="15"/>		Armado de vigas (Ø mm) <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 10 <input checked="" type="checkbox"/> 12 <input type="checkbox"/> 14 <input checked="" type="checkbox"/> 16 <input checked="" type="checkbox"/> 20 <input type="checkbox"/> 25 <input type="checkbox"/> 32	
Recubrimiento nominal (mm): <input type="text" value="35,0"/>		Armado de pilares (Ø mm) <input checked="" type="checkbox"/> 12 <input type="checkbox"/> 14 <input checked="" type="checkbox"/> 16 <input checked="" type="checkbox"/> 20 <input type="checkbox"/> 25 <input type="checkbox"/> 32 <input type="checkbox"/> 40	
Separación de cercos (cm) \geq <input type="text" value="10"/>		Cercos (Ø mm) <input type="checkbox"/> 6 <input checked="" type="checkbox"/> 8 <input checked="" type="checkbox"/> 10	
Tipo de acero (armaduras): <input type="text" value="B500"/>			
Armadura de montaje superior (mm): <input type="text" value="12"/>			

La cuarta solapa incluye tres opciones especiales para el armado, que no son obligatorias pero simplifican enormemente la ejecución en obra: armadura de pilares creciente conforme descendemos de planta, y el armado de secciones a flexión colocando positivos y negativos simétricos respecto del eje vertical de la sección. En nuestro caso, mantenemos activas las tres opciones.

Coeficientes de Seguridad	Historia de Carga	Parámetros de Armado	Opciones
<input checked="" type="checkbox"/> Armadura de pilares creciente <input checked="" type="checkbox"/> Positivos simétricos <input checked="" type="checkbox"/> Negativos simétricos			

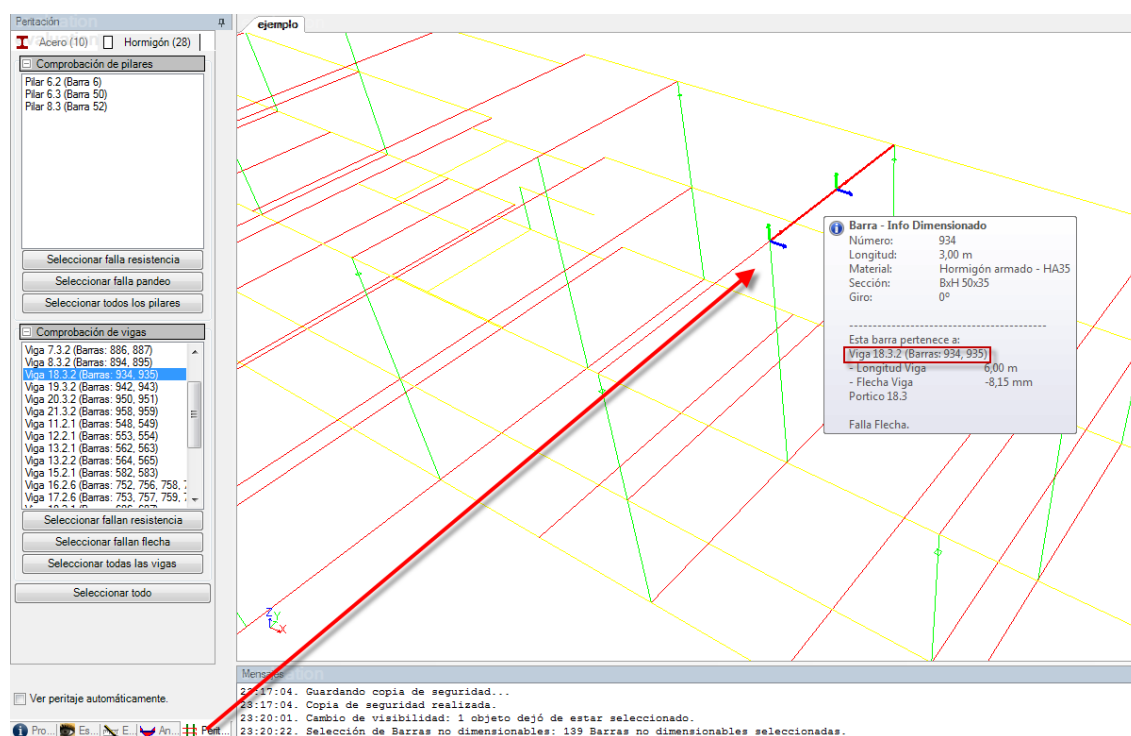
Una vez establecidas todas las opciones, clicamos en *Dimensionar*. Si en la estructura, como es el caso, existen barras no dimensionables, salta un aviso, que debemos aceptar para que se lleve a cabo el dimensionado. Este proceso suele durar algo menos que el cálculo; en nuestra estructura debe tardar unos pocos segundos.

6.7 Peritación

Una vez efectuado el dimensionado, el siguiente paso es analizar los resultados: examinar el modelo en busca de barras que no cumplan, estudiar de qué modo podemos hacerlas cumplir y, en su caso, homogeneizar los tamaños resultantes.

El programa, previamente a dimensionar las barras, las agrupa en lo que llamamos "vigas" y "pilares", que son las unidades básicas de dimensionado. Como se vio en apartados previos, una barra es todo fragmento de elemento lineal que queda entre nudos estructurales. Es decir: en los casos en que vigas o pilares se unen a EF, aquéllos quedan "troceados" en barras. Por ello, el programa necesita "recomponer" estos conjuntos de barras hasta formar "vigas" y "pilares", es decir, conjuntos de barras alineadas de idénticas características que se dimensionan con una única sección y patrón de armado, en su caso. De lo contrario, se consideraría que cada trocito (barra) se debe dimensionar por separado. Obviamente, si no existen EF que "troceen", una viga o un pilar estará formado por una sola barra.

Al seleccionar una barra perteneciente a una viga o pilar, si lo hacemos estando activa la pestaña de *Dimensionado*, quedará seleccionado la viga o pilar completo; si la pestaña activa es cualquier otra, sólo se seleccionará la barra individualmente. Al situar el puntero sobre la barra, aparece ahora en el letrero una información adicional referente a la viga o pilar a que pertenece esa barra.

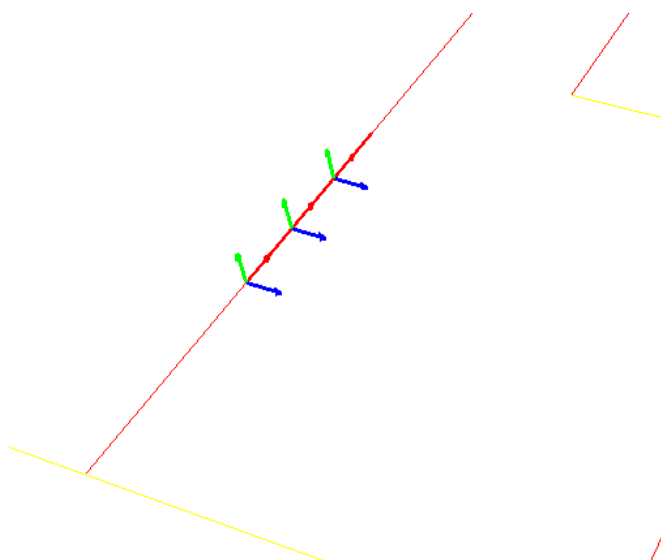


Las barras que forman una viga o pilar deben cumplir los siguientes requisitos:

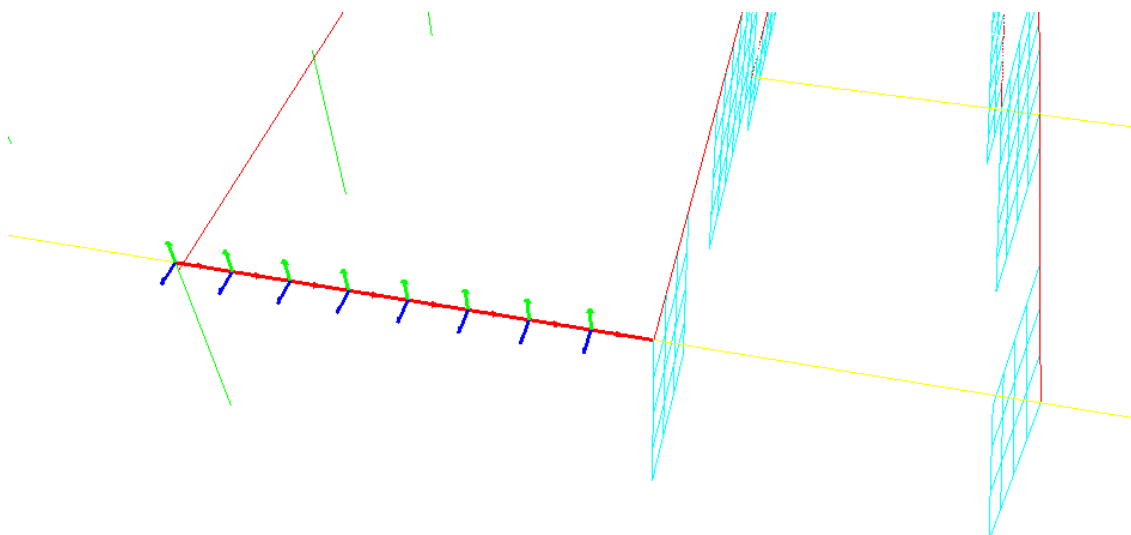
- Deben tener idéntico material, tipo de sección, medidas de la sección y giro de sección.
- Deben estar alineadas con una tolerancia de 15° entre barras.

- No debe haber discontinuidades en su longitud, es decir, cualquier extremo final de barra tiene que coincidir exactamente con el inicial de la siguiente barra, no sólo estar a una distancia menor que el entorno de captura.

En esta imagen se muestra una alineación "rota" en varias vigas por no coincidir el material.



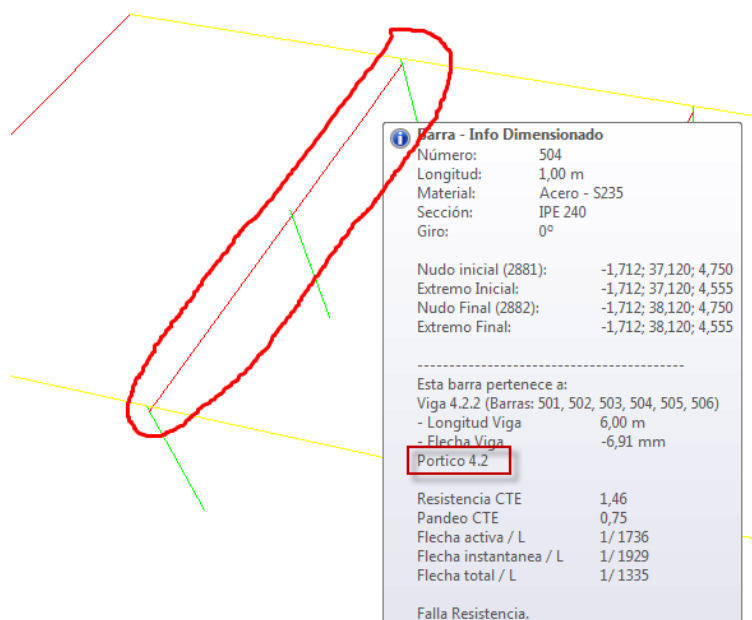
Además, las barras que forman una viga deben cumplir un requisito adicional: no debe haber ningún pilar, apoyo o plano de EF que acomete a un nudo que no sea el inicial o final de la viga. Es decir: una viga se "rompe" en dos cuando un elemento sustentante le acomete en una posición intermedia. En la imagen se muestra una alineación "rota" en varias vigas por acometerle elementos de apoyo.



Existe otra unidad de dimensionado de mayor rango que la viga y el pilar: el pórtico y la columna. Un pórtico es una alineación de vigas, y una columna una alineación de pilares. No se debe confundir el "pórtico" a efectos de dimensionado en este programa, con lo que a veces se llama "pórtico": un conjunto de pilares y vigas de una o varias plantas que se encuentran en el mismo plano vertical.

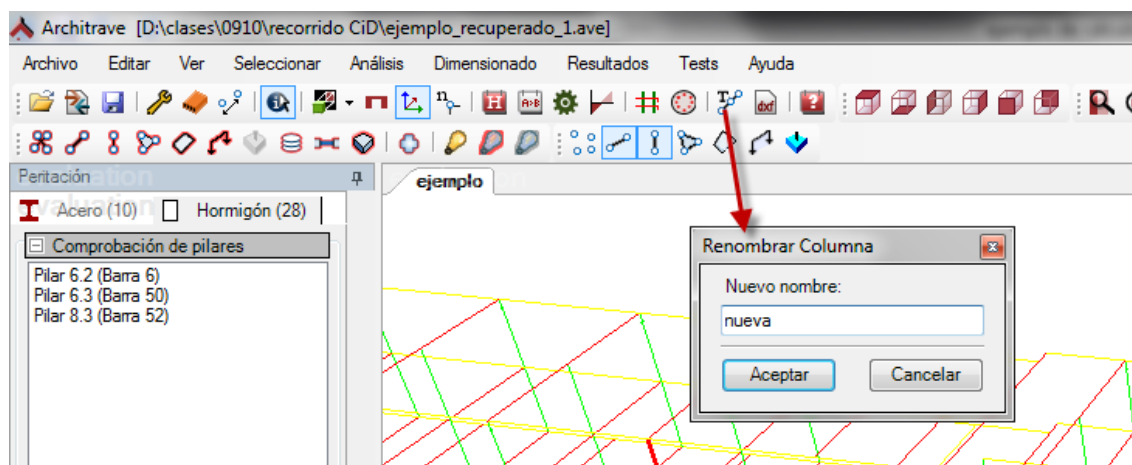
Las vigas de un pórtico, así como los pilares de una columna, sólo deben cumplir: ser del mismo material, tipo de sección y giro (no necesariamente de las mismas medidas de sección), y estar alineadas con una tolerancia de 15°. Las consecuencias de la generación de pórticos y columnas son:

- Dentro de un mismo pórtico de hormigón armado, los negativos son comunes a cada pareja de vigas que concurre a un pilar, muro o apoyo;
- Dentro de una misma columna, las armaduras de un pilar deben estar suficientemente ancladas en el pilar inferior

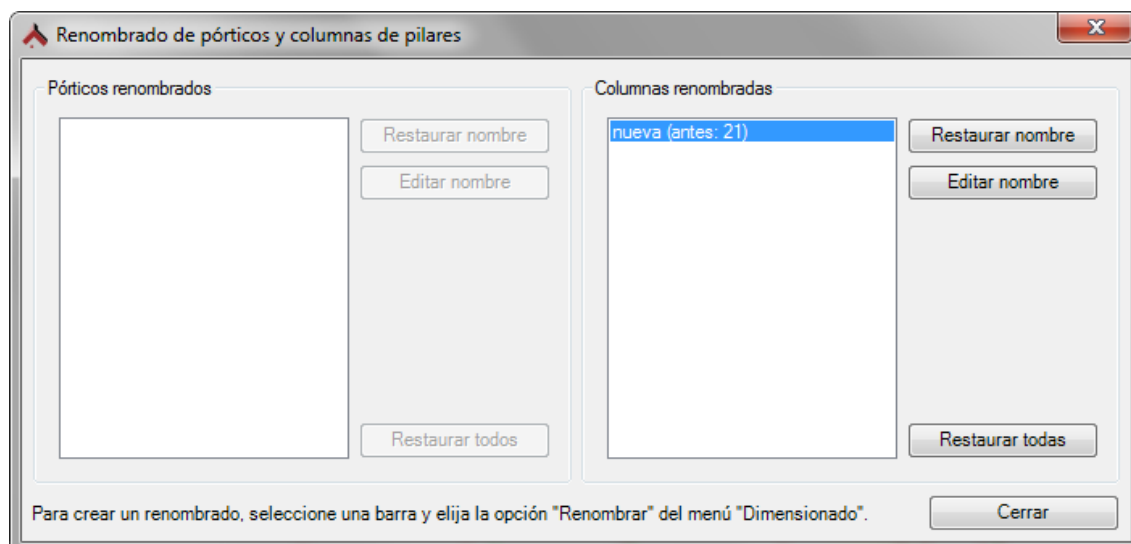


Los pórticos y columnas se numeran automáticamente con el fin de quedar fácilmente localizables en los planos de armado. La numeración de pórticos es del tipo "Pórtico M.N", donde M es un número desde 1 en adelante, y N es el número de orden del nivel donde se encuentra el pórtico. La numeración de columnas se efectúa mediante un único número. Dentro de cada pórtico, las vigas se numeran como M.N.a (a es un número de 1 en adelante), y las columnas como M.a.

La numeración automática de pórticos y columnas se puede modificar ejecutando *Dimensionado* → *Renombrar pórtico/columna seleccionada*, una vez se haya seleccionado el elemento deseado. El nuevo nombre puede ser cualquier número o palabra.



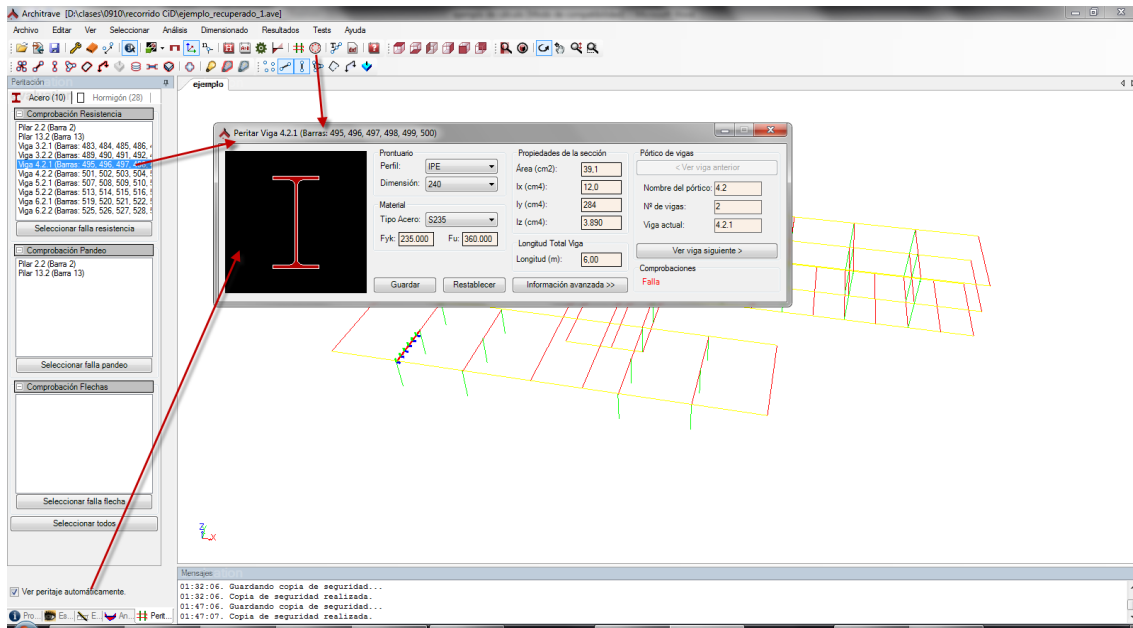
Una vez se le ha cambiado el nombre a los pórticos o columnas deseados, se pueden reponer los nombres originales desde *Dimensionado* → *Administrar renombrados*.



Retomando el proceso usual de trabajo con Architrave® Cálculo, el siguiente paso es comprobar las barras dimensionadas. Al final dicho dimensionado, automáticamente se crea una pestaña nueva llamada *Peritación* (peritar significa “comprobar, evaluar”). Desde esta pestaña se facilita el rastreo de barras que no cumplen con los requisitos estructurales, barras que “fallan”, como se suele decir en la jerga estructural.

Esta pestaña se divide en dos solapas: *Acero* y *Hormigón*. En los títulos de cada solapa aparece entre paréntesis el número de elementos que “fallan”. Estos elementos se incluyen en cada solapa organizados en varios listados, según diversos criterios. La manera de solucionar estos pilares y vigas es “peritándolos”, es decir, se debe consultar su estado accediendo a una ventana específica donde se da información de por qué está fallando (o cumpliendo, también se puede peritar un elemento que no falla). Se accede a esta ventana desde cuatro lugares distintos:

- seleccionando una viga o pilar de la escena y ejecutando *Dimensionado* → *Peritar selección*;
- pulsando el botón correspondiente tras seleccionar el elemento;
- haciendo doble clic sobre el elemento que "falla" (sólo para elementos que no cumplen)
- o bien activando la orden *Ver peritaje automáticamente*, en la parte inferior de la pestaña de *Peritación*, y a continuación seleccionando el elemento deseado.

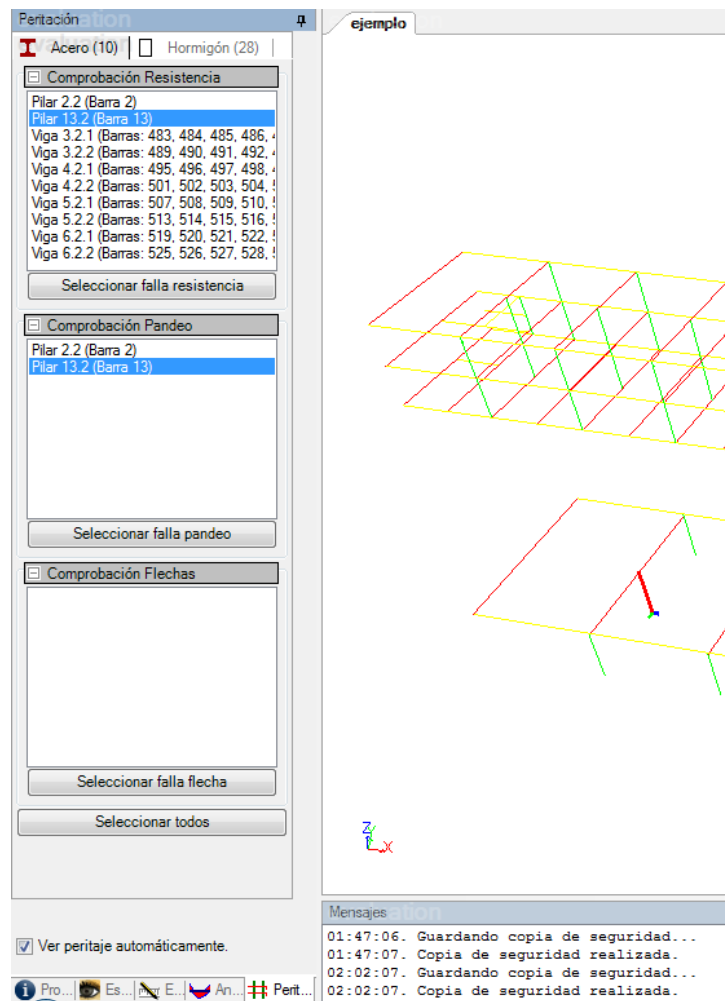


Una vez que se tiene abierta la ventana de peritaje de un elemento, podemos cambiar a otro elemento seleccionándolo en la escena o en la lista (esto último sólo para los que fallan). No hace falta ir cerrando la ventana de peritaje cada vez.

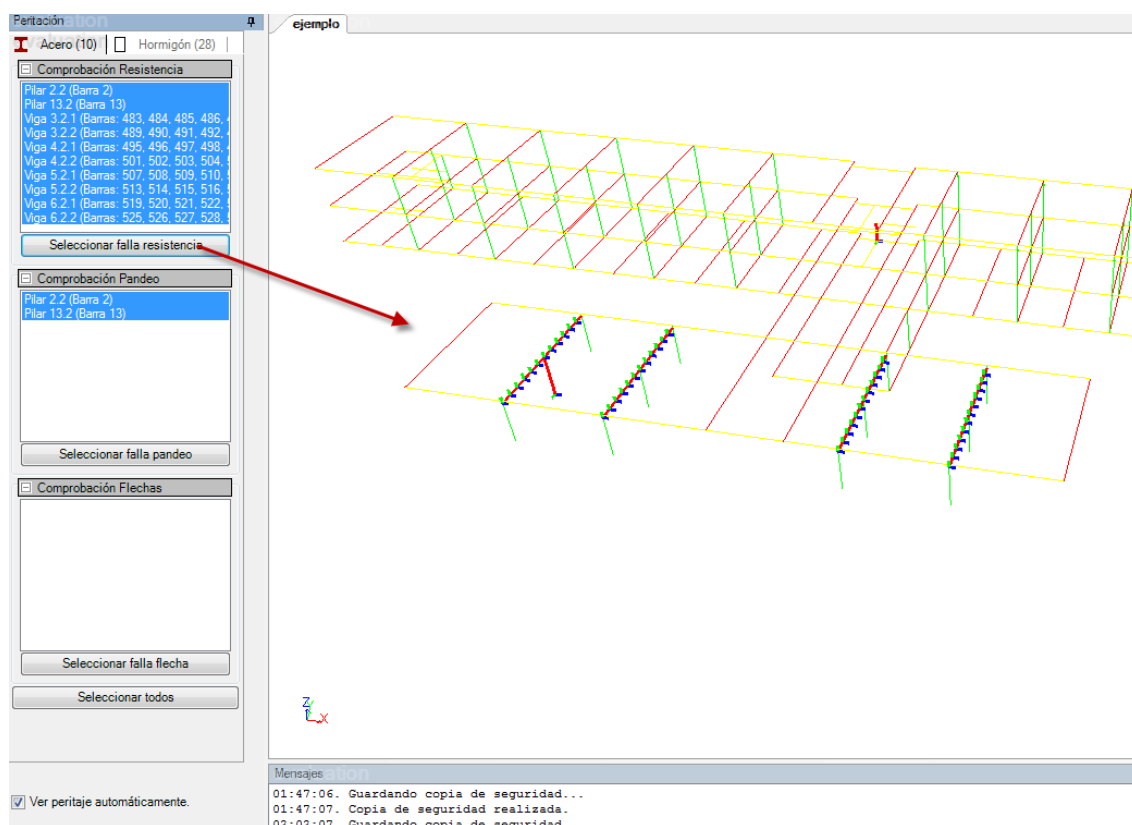
Otra manera de consultar a la información del dimensionado es a través de los letreros informativos que aparecen al posicionar el puntero sobre el elemento.

Barra - Info Dimensionado	
Número:	515
Longitud:	1,00 m
Material:	Acero - S235
Sección:	IPE 240
Giro:	0°
Nudo inicial (2994):	6,488; 36,120; 4,750
Extremo Inicial:	6,488; 36,120; 4,555
Nudo Final (2995):	6,488; 37,120; 4,750
Extremo Final:	6,488; 37,120; 4,555
Esta barra pertenece a:	
Viga 5.2.2 (Barras: 513, 514, 515, 516, 517, 518)	
- Longitud Viga	6,00 m
- Flecha Viga	-6,15 mm
Portico 5.2	
Resistencia CTE	1,49
Pandeo CTE	0,81
Flecha activa / L	1/1951
Flecha instantanea / L	1/2168
Flecha total / L	1/1501
Falla Resistencia.	

Comenzamos por solucionar los elementos de acero que no cumplen. Debemos estar situados en la solapa Acero. En nuestro caso, vemos que hay 10 elementos que no cumplen. Hay tres listas en la solapa: *Comprobación resistencia*, *Comprobación pandeo* y *Comprobación flecha*. Cada una de las listas muestra los elementos que no cumplen por la causa especificada. Si algún elemento no cumple a más de una comprobación, se encontrará en varias listas, y quedará seleccionado en todas ellas simultáneamente cuando se marque.



Lo primero que debemos hacer, para tener una idea global de lo cerca que nos encontramos de la solución final, es visualizar todos los elementos de acero que fallan. Para ello, utilizamos los botones que hay al final de cada lista: *Seleccionar falla resistencia*, *seleccionar falla pandeo*, *seleccionar falla flecha*. Al pulsar cualquiera de ellos, se seleccionan en la escena los elementos correspondientes.

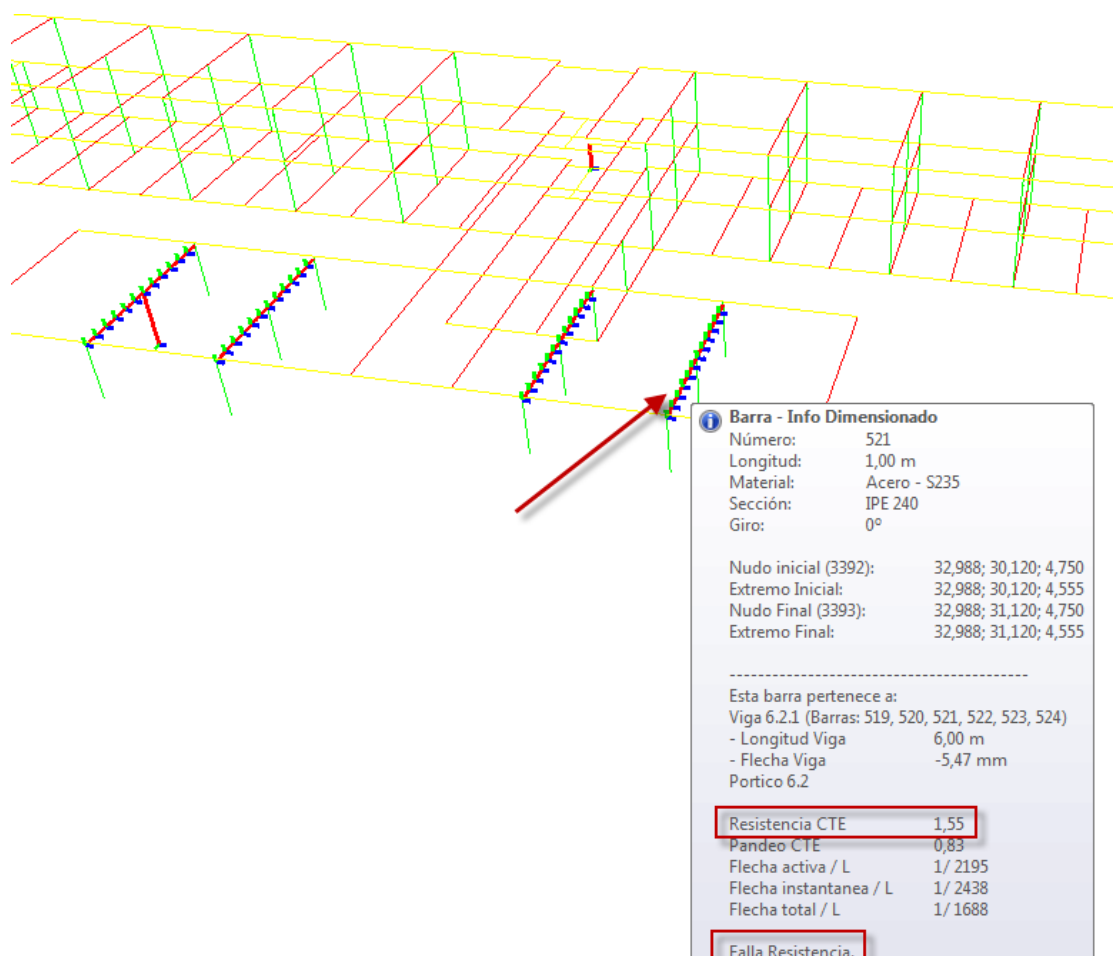


Viendo el conjunto seleccionado, vemos que los elementos de acero que fallan son:

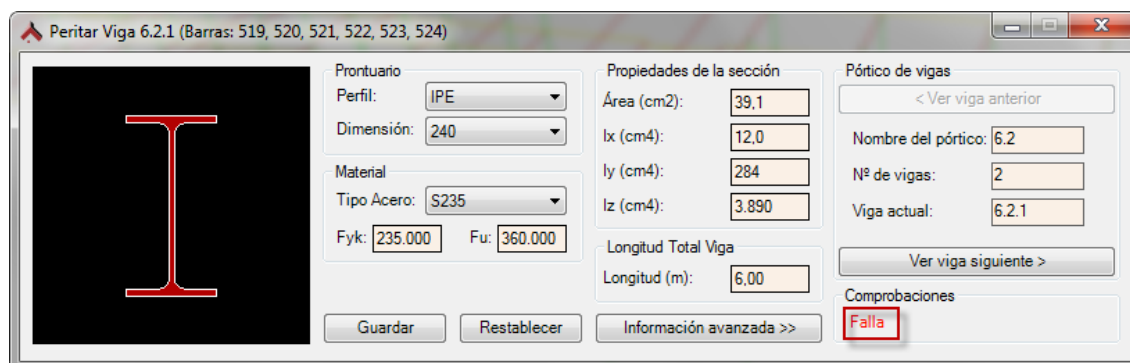
- Un pilarcito auxiliar para la escalera (resistencia y pandeo).
- Un pilar interior del volumen corto (resistencia y pandeo).
- Las cuatro vigas metálicas del volumen corto (resistencia)

Comenzamos por las vigas. Como deseamos que todas las vigas sean iguales, el procedimiento más efectivo es rastrear cuál de las cuatro vigas es la más perjudicada, ver qué perfil hace falta y hacerlo extensivo a todas. Para hacer más fácil esta evaluación del grado de perjuicio, se han definido los "factores" de resistencia, pandeo y flecha. Los dos primeros factores son tantos por uno, y representan el "grado de utilización" del perfil. Si el factor es mayor que la unidad, el elemento no cumple, está "sobrecapado". El factor de flecha es el clásico cociente f/L .

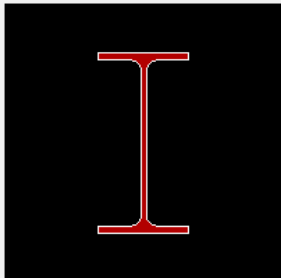
Hay varias maneras de averiguar cuál es la viga más perjudicada; la más rápida es pasar el puntero por todas ellas y observar en el letrero correspondiente cuál es la que tiene más factor de resistencia (pues sólo fallan a resistencia).



La más perjudicada en nuestro caso es la viga 6.2.1. Abrimos la ventana de peritaje, donde vemos la siguiente información: un esquema del perfil, la serie, tamaño y material, longitud y propiedades mecánicas de sección, información del pórtico en el que se incluye, y en la esquina inferior derecha, un letrero que dice "falla", sin especificar la razón del fallo.



Peritar Viga 6.2.1 (Barras: 519, 520, 521, 522, 523, 524)



Prontuario

Perfil: IPE

Dimensión: 240

Material

Tipo Acero: S235

Fyk: 235.000 Fu: 360.000

Propiedades de la sección

Área (cm2): 39,1

Ix (cm4): 12,0

Iy (cm4): 284

Iz (cm4): 3.890

Longitud Total Viga

Longitud (m): 6,00

Pórtico de vigas

< Ver viga anterior

Nombre del pórtico: 6.2

Nº de vigas: 2

Viga actual: 6.2.1

Ver viga siguiente >

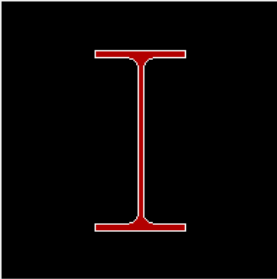
Comprobaciones

Falla

Guardar Restablecer Información avanzada >>

Para tener más datos, clicamos en *Información avanzada*.

Peritar Viga 6.2.1 (Barras: 519, 520, 521, 522, 523, 524)



Prontuario

Perfil:

Dimensión:

Material

Tipo Acero:

Fyk: Fu:

Propiedades de la sección

Área (cm²):

Ix (cm⁴):

Iy (cm⁴):

Iz (cm⁴):

Longitud Total Viga

Longitud (m):

Pórtico de vigas

< Ver viga anterior

Nombre del pórtico:

Nº de vigas:

Viga actual:

Ver viga siguiente >

Comprobaciones

Falla

Resistencia

ELU desfavorable:

Ten. Von Misses (N/mm²):

Resistencia CTE:

Pandeo

ELUs desfavorables:

Beta Pandeo Y (cm):

Beta Pandeo Z (cm):

Pandeo CTE:

Flecha Vano

Flecha activa (cm):

Flecha activa/L:

Flecha instantánea (cm):

Flecha instant/L:

Flecha total (cm):

Flecha total/L:

Límite F. activa: 1/

Lím. F. instant: 1/

Límite F. total: 1/

ELS desfavorable:

Falla resistencia (factor > 1)

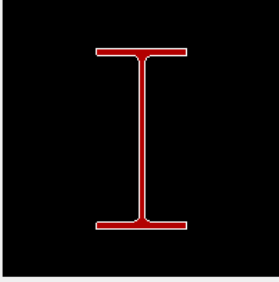
Cumple normativa

Cumple normativa

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los factores de resistencia y pandeo sean menores que 1,00 y los factores de flecha sean inferiores al límite. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.

Así obtenemos información detallada del porqué del cumplimiento o fallo ante cada una de las tres comprobaciones; se aporta información de para qué combinación se produce la situación más desfavorable en cada caso. Para hacer que el perfil cumpla a resistencia, podemos tomar tres vías: aumentar el tamaño del IPE, cambiar a otro perfil del mismo canto (HEB, por ejemplo) o cambiar a un acero más resistente. Probamos primero qué IPE sería el primero que cumpliría: el IPE 300, con el que obtenemos un factor de resistencia de 0'96. Realizando cualquiera de estos cambios, simplemente estamos recalculando tensiones admisibles y flechas para los nuevos perfiles, pero tomando las solicitaciones existentes. Esto no es totalmente riguroso, pues al modificar elementos la distribución de rigideces de la estructura queda alterada, y por tanto también las solicitaciones y deformaciones. Sin embargo, se considera que es suficientemente aproximado como para darlo por válido.

Peritar Viga 6.2.1 (Barras: 519, 520, 521, 522, 523, 524)



Prontuario
 Perfil: IPE
 Dimensión: 300
 Material
 Tipo Acero: S235
 Fyk: 235.000 Fu: 360.000

Propiedades de la sección
 Área (cm²): 53,8
 Ix (cm⁴): 20,1
 Iy (cm⁴): 604
 Iz (cm⁴): 8.360
 Longitud Total Viga
 Longitud (m): 6,00

Pórtico de vigas
 < Ver viga anterior
 Nombre del pórtico: 6.2
 Nº de vigas: 2
 Viga actual: 6.2.1
 Ver viga siguiente >

Comprobaciones
 Cumple Normativa

Resistencia
 ELU desfavorable: 2
 Ten. Von Misses (N/mm²): 231,97
 Resistencia CTE: 0,96
 Cumple normativa

Pandeo
 ELUs desfavorables: 4
 Beta Pandeo Y (cm): 0,72
 Beta Pandeo Z (cm): 0,50
 Pandeo CTE: 0,47
 Cumple normativa

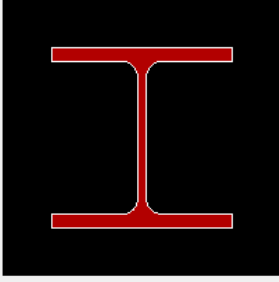
Flecha Vano
 Flecha activa (cm): 0,127
Flecha activa/L: 1/ 4.716
 Flecha instantánea (cm): 0,114
Flecha instant/L: 1/ 5.240
 Flecha total (cm): 0,165
Flecha total/L: 1/ 3.628
 Cumple normativa

Límite F. activa: 1/ 400
 Lím. F. instant: 1/ 350
 Límite F. total: 1/ 300
 ELS desfavorable: 1

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los factores de resistencia y pandeo sean menores que 1,00 y los factores de flecha sean inferiores al límite. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.

Si no queremos cambiar de canto, probamos si el HEB 240 cumpliría: sí que lo cumple, y además con un factor de resistencia muy bajo (0'54), por lo que podemos reducir hasta un HEB 200.

Peritar Viga 6.2.1 (Barras: 519, 520, 521, 522, 523, 524)



Prontuario
 Perfil: HEB
 Dimensión: 200
 Material
 Tipo Acero: S235
 Fyk: 235.000 Fu: 360.000

Propiedades de la sección
 Área (cm²): 78,1
 Ix (cm⁴): 63,4
 Iy (cm⁴): 2.000
 Iz (cm⁴): 5.700
 Longitud Total Viga
 Longitud (m): 6,00

Pórtico de vigas
 < Ver viga anterior
 Nombre del pórtico: 6.2
 Nº de vigas: 2
 Viga actual: 6.2.1
 Ver viga siguiente >

Comprobaciones
 Cumple Normativa

Resistencia
 ELU desfavorable: 2
 Ten. Von Misses (N/mm²): 214,88
 Resistencia CTE: 0,84
 Cumple normativa

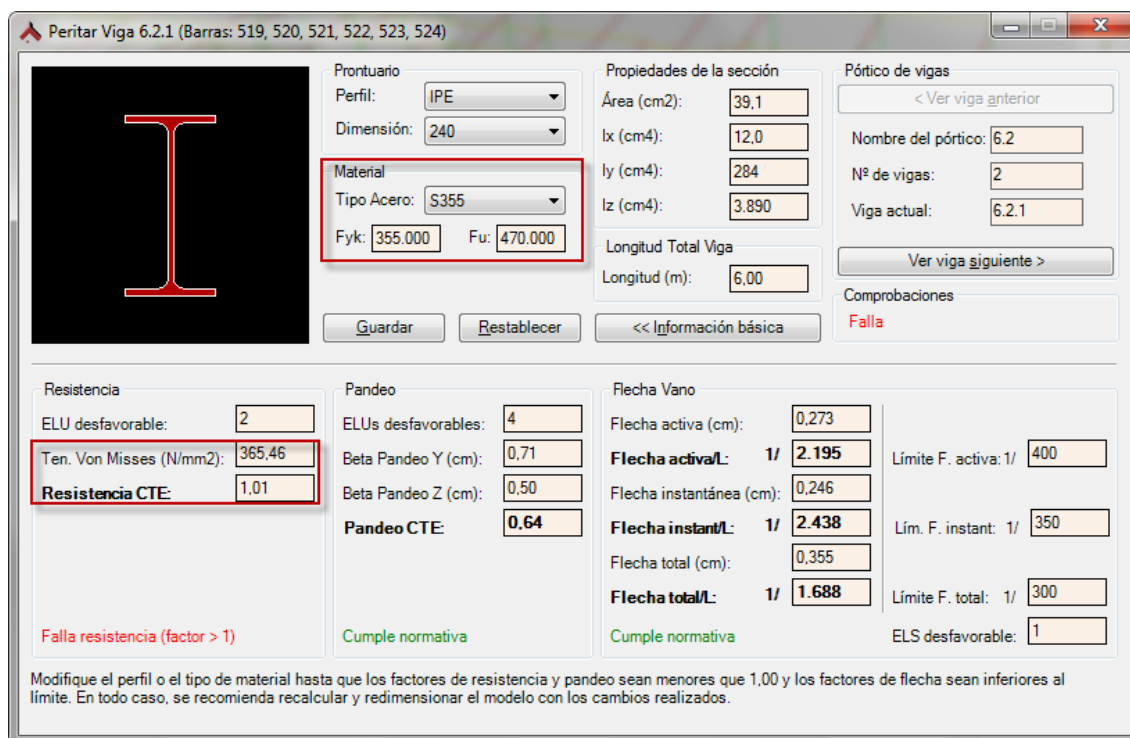
Pandeo
 ELUs desfavorables: 4
 Beta Pandeo Y (cm): 0,71
 Beta Pandeo Z (cm): 0,50
 Pandeo CTE: 0,37
 Cumple normativa

Flecha Vano
 Flecha activa (cm): 0,187
Flecha activa/L: 1/ 3.216
 Flecha instantánea (cm): 0,168
Flecha instant/L: 1/ 3.573
 Flecha total (cm): 0,243
Flecha total/L: 1/ 2.474
 Cumple normativa

Límite F. activa: 1/ 400
 Lím. F. instant: 1/ 350
 Límite F. total: 1/ 300
 ELS desfavorable: 1

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los factores de resistencia y pandeo sean menores que 1,00 y los factores de flecha sean inferiores al límite. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.

La tercera opción es probar con un IPE 240 de acero de más resistencia: con S355, el factor de resistencia es 1'01, y por tanto es no admisible.



Peritar Viga 6.2.1 (Barras: 519, 520, 521, 522, 523, 524)

Prontuario
 Perfil: IPE
 Dimensión: 240
 Material
 Tipo Acero: S355
 Fyk: 355.000 Fu: 470.000

Propiedades de la sección
 Área (cm²): 39,1
 Ix (cm⁴): 12,0
 Iy (cm⁴): 284
 Iz (cm⁴): 3.890
 Longitud Total Viga
 Longitud (m): 6,00

Pórtico de vigas
 < Ver viga anterior
 Nombre del pórtico: 6.2
 Nº de vigas: 2
 Viga actual: 6.2.1
 Ver viga siguiente >

Comprobaciones
 Falla

Resistencia
 ELU desfavorable: 2
 Ten. Von Mises (N/mm²): 365,46
 Resistencia CTE: 1,01

Pandeo
 ELUs desfavorables: 4
 Beta Pandeo Y (cm): 0,71
 Beta Pandeo Z (cm): 0,50
 Pandeo CTE: 0,64

Flecha Vano
 Flecha activa (cm): 0,273
 Flecha activa/L: 1/ 2,195
 Flecha instantánea (cm): 0,246
 Flecha instantánea/L: 1/ 2,438
 Flecha total (cm): 0,355
 Flecha total/L: 1/ 1,688

Comprobaciones
 Límite F. activa: 1/ 400
 Lim. F. instant: 1/ 350
 Límite F. total: 1/ 300
 ELS desfavorable: 1

Falla resistencia (factor > 1) Cumple normativa Cumple normativa

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los factores de resistencia y pandeo sean menores que 1,00 y los factores de flecha sean inferiores al límite. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.

Parece que lo más razonable sería colocar un HEB. Probamos con acero S275 y obtenemos que un HEB 180 cumple. Clicamos en *Guardar* para actualizar el perfil en el modelo, y salta un aviso, puesto que ese material es nuevo en la escena y se deberá crear. Le ponemos nombre automático y clicamos en *Guardar*. El resto de las vigas las modificaremos después desde *Editar*.

Se ha modificado el tipo de acero de la barra y es necesario llevar a cabo una de estas acciones

☒ Opción 1. Crear un nuevo material y asignarlo a esta barra. Este material podrá ser reutilizado en otros objetos de la estructura.

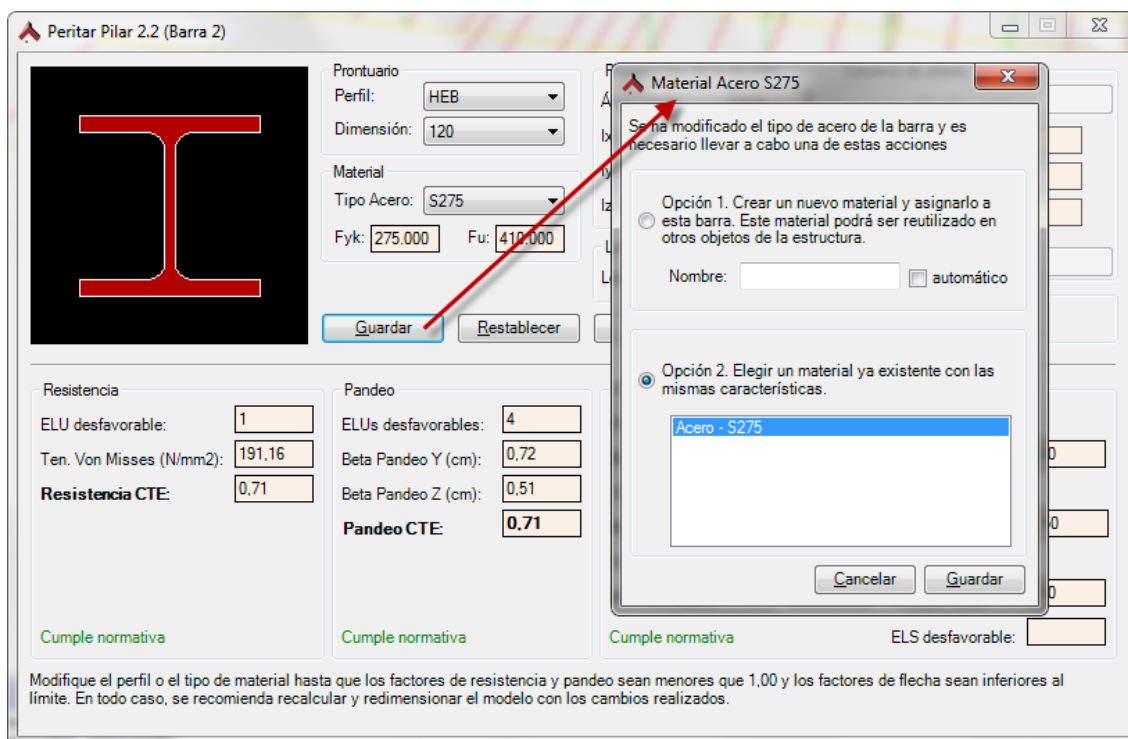
Nombre: ☐ automático

☐ Opción 2. Elegir un material ya existente con las mismas características.

no hay materiales con estas características

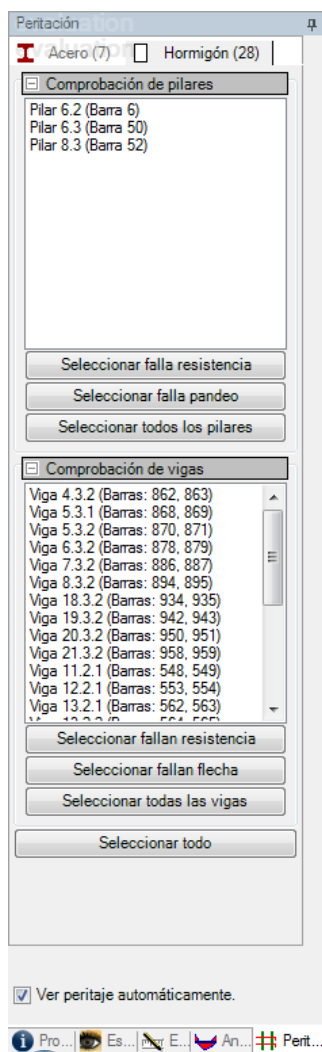
Cancelar Guardar

Ahora hay que peritar los dos pilares, sabiendo que el acero colocado será S275. Entramos a la ventana de peritaje del pilar de la escalera, y vemos que colocando S275, el factor de resistencia es 1'13, luego simplemente decidimos aumentar el perfil hasta un HEB 120. En esta ocasión, al guardar los cambios salta de nuevo el aviso respecto del material; debemos seleccionar el S275 existente.

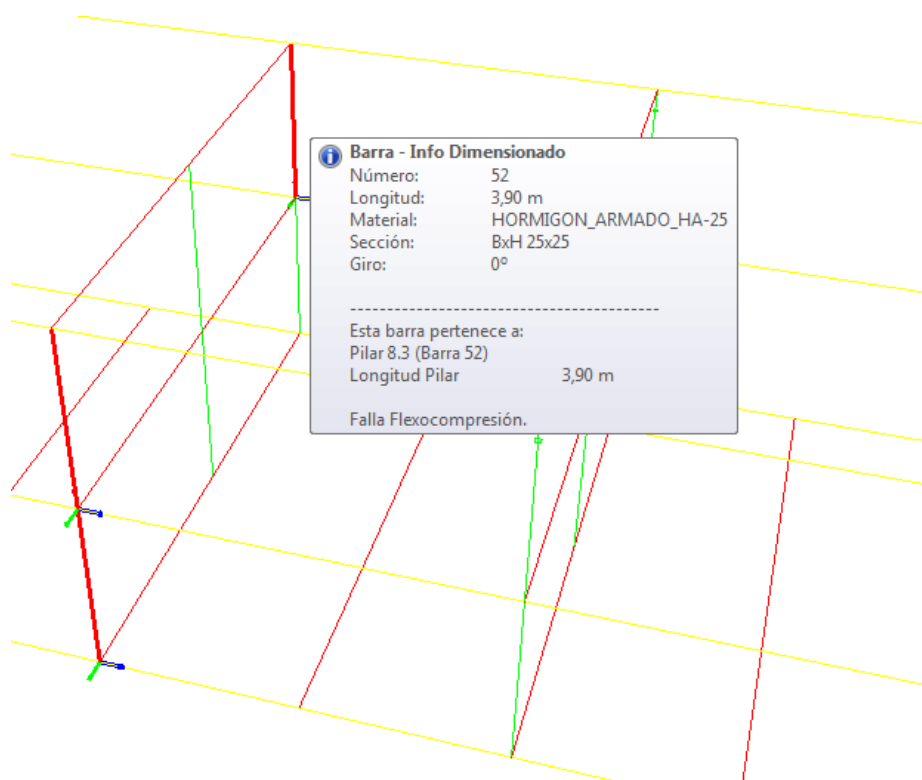


Es importante notar que conforme vamos haciendo cumplir los elementos que fallaban, éstos van desapareciendo de la lista de la pestaña. Ahora sólo nos queda peritar el pilar central. Sólo los pilares de ese pórtico estaban predimensionados como HEB 100, el resto son HEB 160. Abrimos su ventana de peritaje y comprobamos que un HEB 120 de acero S275 cumple, luego es probable que el resto de pilares estén sobredimensionados. Como los más solicitados son los centrales, visualizamos el letrero informativo de los otros tres pilares centrales y observamos que el más desfavorable tiene un factor de resistencia de 0'79, luego es probable que se pueda afinar más. Lo tendremos en cuenta para el redimensionado.

Ahora pasamos a la solapa de hormigón. Ésta se organiza de manera distinta: no se distribuye por la causa del fallo, sino por el tipo de elemento: pilar o viga, debido a que la manera de armarlos es totalmente distinta. Dentro de cada lista, aparecen botones que ayudan a conocer la causa del fallo.

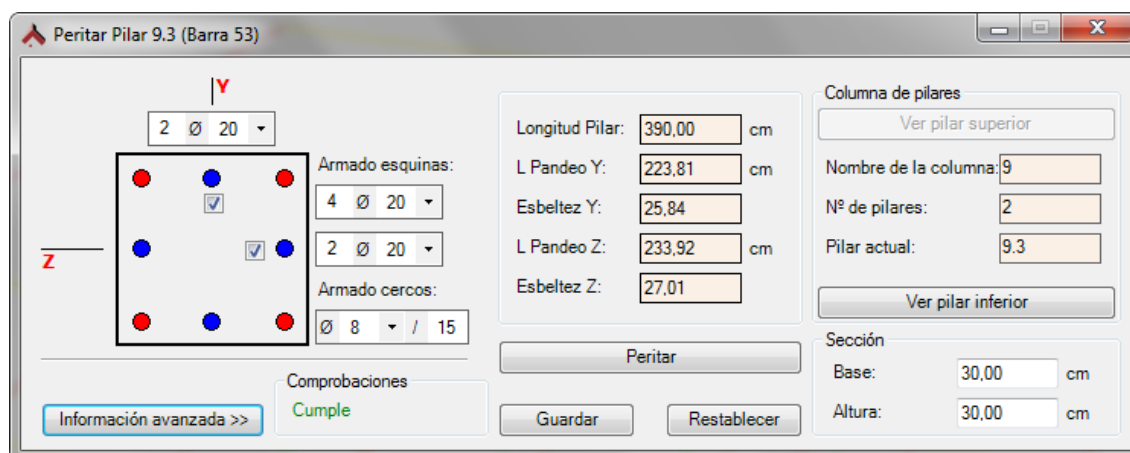


Comenzamos por los pilares. Sólo fallan tres de ellos; clicamos en *Seleccionar todos los pilares* y vemos que se concentran en uno de los pórticos del brazo largo. Vemos los letreros de los pilares pasando el puntero por encima y vemos que la causa estriba en que son de 25x25 mientras que el resto de los pilares son de 30x30. Además, los de última planta no tienen relajación del giro, luego el momento flector es mayor. En los elementos de hormigón no se puede visualizar en el letrero ningún “factor” de cumplimiento, puesto que cuando fallan es porque el programa no ha sido capaz de armarlos, y por tanto no tiene sentido hablar de factor.

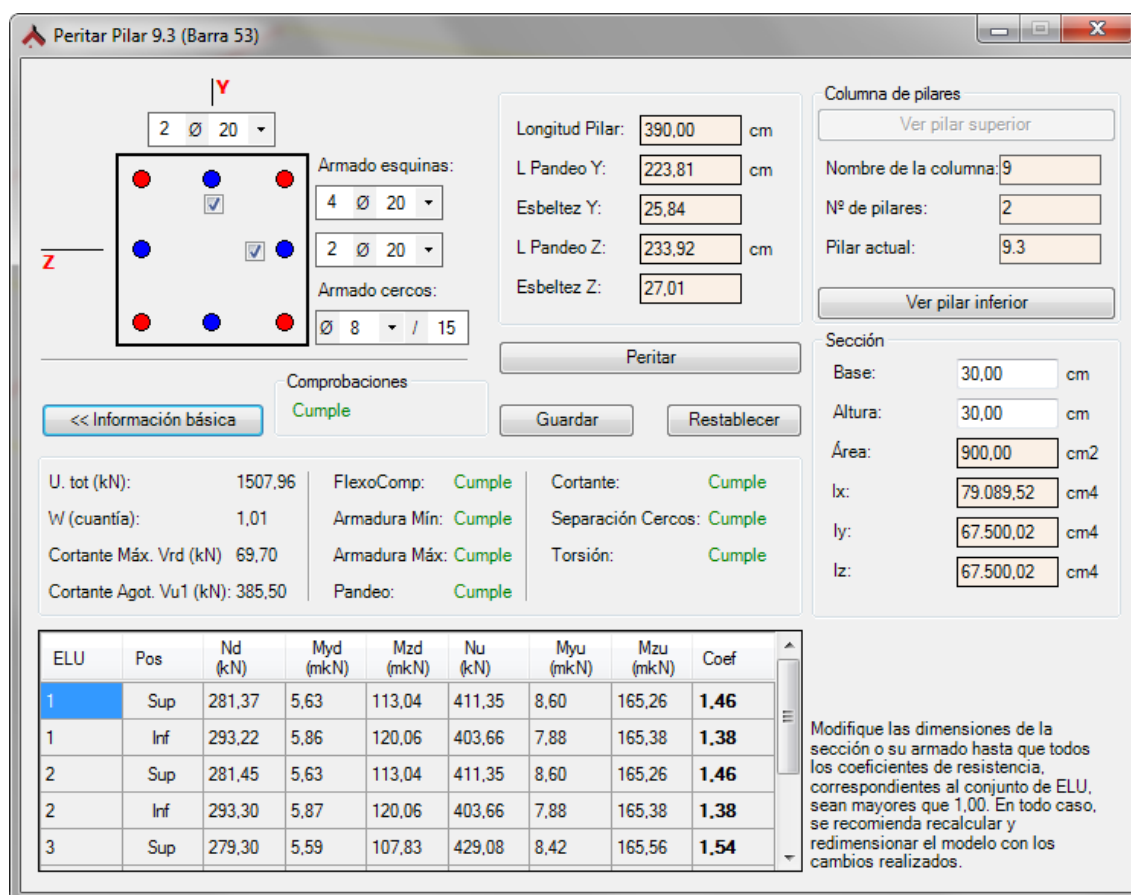


Para entender mejor cómo funciona la ventana de peritaje para pilares de hormigón, pinchamos primero en un pilar homólogo que sí cumpla, para consultar su sección y armado y así tener una idea de lo que nos va a hacer falta para hacer cumplir a nuestros pilares.

Podemos peritar uno de planta alta, que suelen ser los más perjudicados. Abrimos la ventana de peritaje del 9.3 y observamos la información que aparece: un esquema de armado, información geométrica relativa al pandeo, información sobre la columna a la que pertenece, y un letrero rojo que dice “cumple”, análogo al de la ventana de peritaje de acero.



Igualmente, desplegamos la *Información avanzada*, donde podemos ver todas las comprobaciones que se le aplican: flexocompresión, armadura mínima y máxima, pandeo, cortante, separación de cercos y torsión. Debajo hay una lista donde se detallan especifican las solicitaciones de cálculo y las solicitaciones resistentes, además de los coeficientes de resistencia a flexocompresión para cada combinación en ambas posiciones críticas del pilar (nudo superior e inferior). En este caso, un factor superior a 1 quiere decir que el pilar cumple, y viceversa.



Peritar Pilar 9.3 (Barra 53)

Columna de pilares

Ver pilar superior

Nombre de la columna: 9

Nº de pilares: 2

Pilar actual: 9.3

Ver pilar inferior

Sección

Base: 30,00 cm

Altura: 30,00 cm

Área: 900,00 cm²

Ix: 79.089,52 cm⁴

Iy: 67.500,02 cm⁴

Iz: 67.500,02 cm⁴

Comprobaciones

Cumple

U. tot (kN): 1507,96

W (cuantía): 1,01

Cortante Máx. Vrd (kN): 69,70

Cortante Agot. Vu1 (kN): 385,50

FlexoComp: Cumple

Armadura Mín: Cumple

Armadura Máx: Cumple

Pandeo: Cumple

Cortante: Cumple

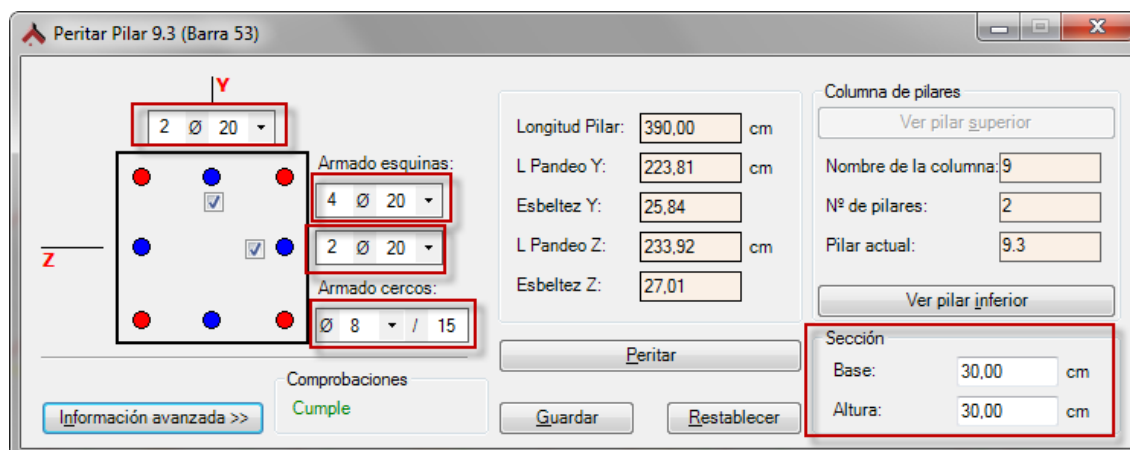
Separación Cercos: Cumple

Torsión: Cumple

ELU	Pos	Nd (kN)	Myd (mkN)	Mzd (mkN)	Nu (kN)	Myu (mkN)	Mzu (mkN)	Coef
1	Sup	281,37	5,63	113,04	411,35	8,60	165,26	1,46
1	Inf	293,22	5,86	120,06	403,66	7,88	165,38	1,38
2	Sup	281,45	5,63	113,04	411,35	8,60	165,26	1,46
2	Inf	293,30	5,87	120,06	403,66	7,88	165,38	1,38
3	Sup	279,30	5,59	107,83	429,08	8,42	165,56	1,54

Modifique las dimensiones de la sección o su armado hasta que todos los coeficientes de resistencia, correspondientes al conjunto de ELU, sean mayores que 1,00. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.

El armado se especifica de la siguiente manera: junto al esquema hay un letrero llamado *Armado esquinas*, que muestra el diámetro de los cuatro redondos de las esquinas; y en la cara superior y derecha se muestra el número y diámetro de los redondos que van en las caras horizontales y verticales, respectivamente. Todos estos campos son editables, al igual que las dimensiones del pilar (a la derecha de la ventana).



Peritar Pilar 9.3 (Barra 53)

Y

Z

2 Ø 20

Armado esquinas:

4 Ø 20

2 Ø 20

Armado cercos:

Ø 8 / 15

Longitud Pilar: 390,00 cm

L Pandeo Y: 223,81 cm

Esbeltez Y: 25,84

L Pandeo Z: 233,92 cm

Esbeltez Z: 27,01

Peritar

Guardar

Restablecer

Columna de pilares

Ver pilar superior

Nombre de la columna: 9

Nº de pilares: 2

Pilar actual: 9.3

Ver pilar inferior

Sección

Base: 30,00 cm

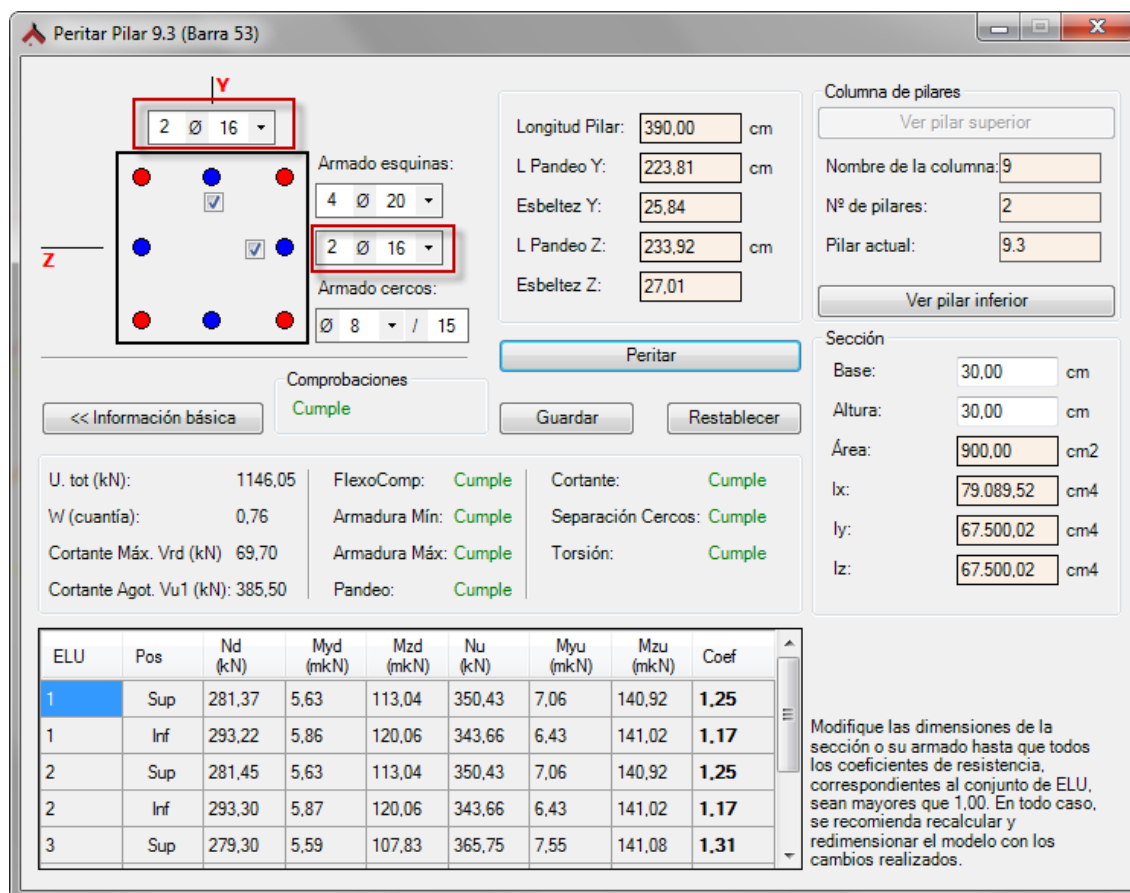
Altura: 30,00 cm

Comprobaciones

Cumple

Información avanzada >>

La función del dimensionado ha intentado armar cada pilar sólo con un diámetro de armadura; en este caso, con diámetros del 20. Normalmente el dimensionado que efectúa el programa es el más adecuado, pero en casos excepcionales podríamos cambiar el armado desde esta ventana de peritaje, a fin de conseguir algún fin concreto. Por ejemplo, podríamos probar si este pilar podría cumplir con menos armado, aunque los diámetros de las barras fueran distintos en caras que en esquinas. Probamos a colocar diámetros del 16 en caras. Para actualizar los datos de cumplimiento de normativa, pulsamos el botón *Peritar*, y observamos que sigue cumpliendo.



Peritar Pilar 9.3 (Barra 53)

Y

Z

2 Ø 16

Armado esquinas:

4 Ø 20

2 Ø 16

Armado cercos:

Ø 8 / 15

Longitud Pilar: 390,00 cm

L Pandeo Y: 223,81 cm

Esbeltez Y: 25,84

L Pandeo Z: 233,92 cm

Esbeltez Z: 27,01

Peritar

Guardar

Restablecer

Columna de pilares

Ver pilar superior

Nombre de la columna: 9

Nº de pilares: 2

Pilar actual: 9.3

Ver pilar inferior

Sección

Base: 30,00 cm

Altura: 30,00 cm

Área: 900,00 cm²

Ix: 79.089,52 cm⁴

Iy: 67.500,02 cm⁴

Iz: 67.500,02 cm⁴

Comprobaciones

Cumple

<< Información básica

U. tot (kN): 1146,05

W (cuantía): 0,76

Cortante Máx. Vrd (kN): 69,70

Cortante Agot. Vu1 (kN): 385,50

FlexoComp: Cumple

Armadura Mín: Cumple

Armadura Máx: Cumple

Pandeo: Cumple

Cortante: Cumple

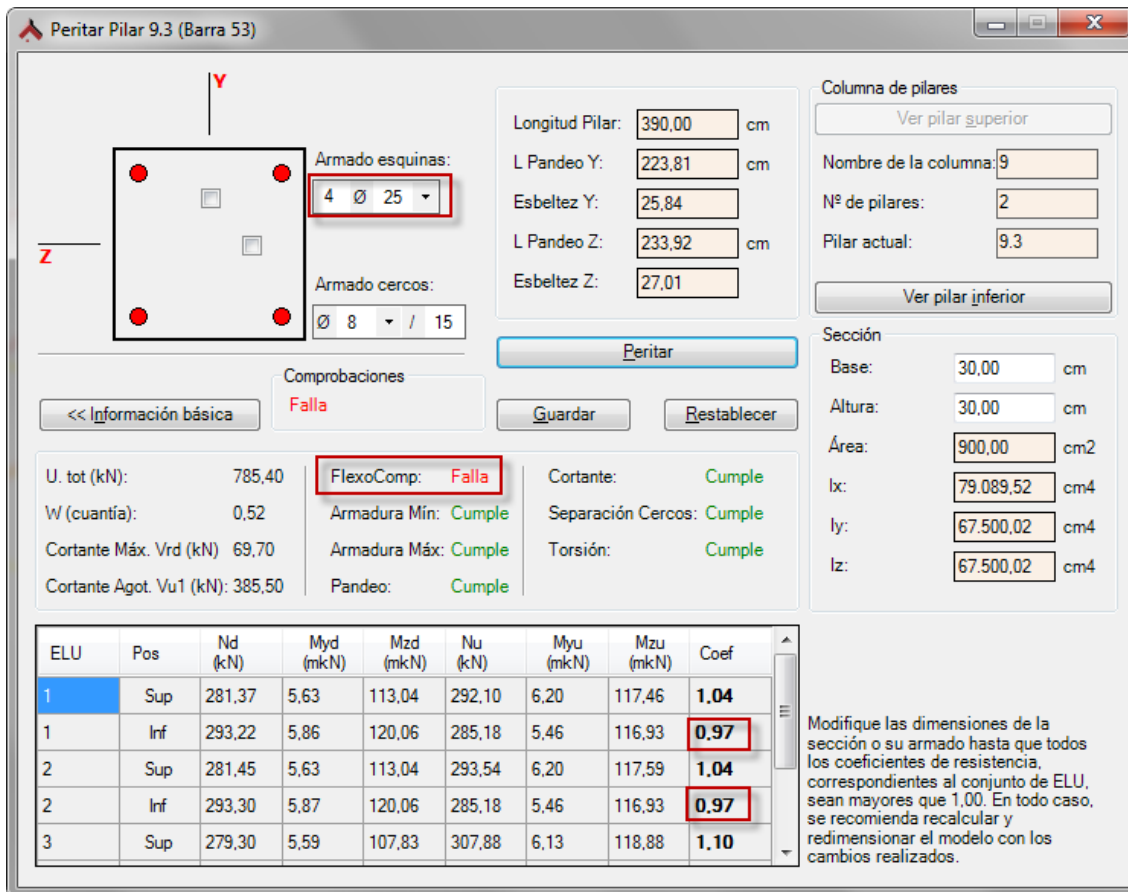
Separación Cercos: Cumple

Torsión: Cumple

ELU	Pos	Nd (kN)	Myd (mkN)	Mzd (mkN)	Nu (kN)	Myu (mkN)	Mzu (mkN)	Coef
1	Sup	281,37	5,63	113,04	350,43	7,06	140,92	1,25
1	Inf	293,22	5,86	120,06	343,66	6,43	141,02	1,17
2	Sup	281,45	5,63	113,04	350,43	7,06	140,92	1,25
2	Inf	293,30	5,87	120,06	343,66	6,43	141,02	1,17
3	Sup	279,30	5,59	107,83	365,75	7,55	141,08	1,31

Modifique las dimensiones de la sección o su armado hasta que todos los coeficientes de resistencia, correspondientes al conjunto de ELU, sean mayores que 1,00. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.

Probamos ahora si cumpliría sólo con 4 redondos del 25 en esquinas; hay que recordar que en los parámetros de armado se le especificó que sólo usara diámetros del 12, 16 y 20. En este caso vemos que falla a flexocompresión, por tener un coeficiente de resistencia menor que la unidad en varias de las situaciones críticas.



Peritar Pilar 9.3 (Barra 53)

Armado esquinas: 4 Ø 25

Armado cercos: Ø 8 / 15

Longitud Pilar: 390,00 cm

L Pandeo Y: 223,81 cm

Esbeltez Y: 25,84

L Pandeo Z: 233,92 cm

Esbeltez Z: 27,01

Columna de pilares

Ver pilar superior

Nombre de la columna: 9

Nº de pilares: 2

Pilar actual: 9.3

Ver pilar inferior

Sección

Base: 30,00 cm

Altura: 30,00 cm

Área: 900,00 cm²

Ix: 79.089,52 cm⁴

Iy: 67.500,02 cm⁴

Iz: 67.500,02 cm⁴

Comprobaciones

Falla

U. tot (kN): 785,40

W (cuantía): 0,52

Cortante Máx. Vrd (kN): 69,70

Cortante Agot. Vu1 (kN): 385,50

FlexoComp: **Falla**

Armadura Mín: Cumple

Armadura Máx: Cumple

Pandeo: Cumple

Cortante: Cumple

Separación Cercos: Cumple

Torsión: Cumple

ELU	Pos	Nd (kN)	Myd (mkN)	Mzd (mkN)	Nu (kN)	Myu (mkN)	Mzu (mkN)	Coef
1	Sup	281,37	5,63	113,04	292,10	6,20	117,46	1,04
1	Inf	293,22	5,86	120,06	285,18	5,46	116,93	0,97
2	Sup	281,45	5,63	113,04	293,54	6,20	117,59	1,04
2	Inf	293,30	5,87	120,06	285,18	5,46	116,93	0,97
3	Sup	279,30	5,59	107,83	307,88	6,13	118,88	1,10

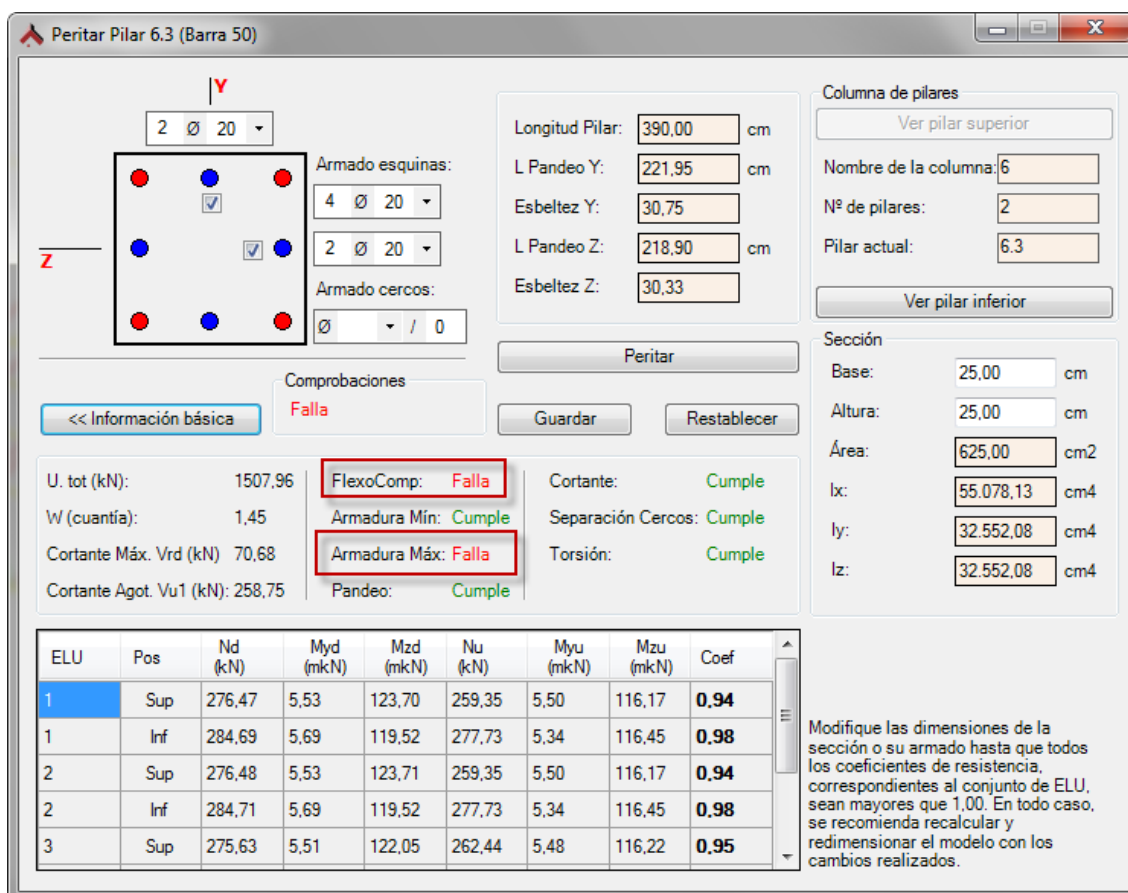
Modifique las dimensiones de la sección o su armado hasta que todos los coeficientes de resistencia, correspondientes al conjunto de ELU, sean mayores que 1,00. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.

Para restablecer el armado original del pilar, pulsamos *Restablecer*. Un dato que nos puede interesar, aparte de todos los referentes al cumplimiento, es la capacidad mecánica relativa acero/hormigón ("W"). Este parámetro refleja lo armado que está un pilar, y aunque deba ser menor que la unidad para cumplir, normalmente no debería llegar a 0'7-0'8, salvo en casos excepcionales, pues un pilar muy pequeño y excesivamente armado suele ser más caro que otro algo más holgado. Por tanto, a la hora de homogeneizar pilares por plantas, es de buena práctica revisar que la mayoría de los pilares van algo "sobrados".

U. tot (kN):	785,40	FlexoComp:	Falla	Cortante:	Cumple
W (cuantía):	0,52	Armadura Mín:	Cumple	Separación Cercos:	Cumple
Cortante Máx. Vrd (kN):	69,70	Armadura Máx:	Cumple	Torsión:	Cumple
Cortante Agot. Vu1 (kN):	385,50	Pandeo:	Cumple		

Una vez comprendido el funcionamiento de la ventana, pasamos a revisar los pilares que fallan. Normalmente este paso no suele ser necesario, puesto que, en general, si un pilar no se ha podido armar en la fase de dimensionado, lo más cómodo es directamente aumentar su tamaño y el de sus homólogos desde *Editar*, para volver a dimensionar más tarde. En cualquier caso, intentaremos armarlos manualmente.

Abrimos la ventana de peritaje de uno de los pilares de planta alta que no cumplen: el 6.3. Cuando un pilar falla, como no se ha podido armar la mayoría de los campos de la ventana son igual a cero. Vamos a ir poniéndole armado, y dándole a *Peritar*, así controlamos cómo van “mejorando” los coeficientes de resistencia. Colocamos 4 del 20 en esquinas y 2 del 20 en cada cara, y comprobamos que no llegamos a cumplir a flexocompresión y sin embargo ya nos pasamos de cuantía



Peritar Pilar 6.3 (Barra 50)

Columna de pilares

Ver pilar superior

Nombre de la columna: 6

Nº de pilares: 2

Pilar actual: 6.3

Ver pilar inferior

Sección

Base: 25,00 cm

Altura: 25,00 cm

Área: 625,00 cm²

Ix: 55.078,13 cm⁴

Iy: 32.552,08 cm⁴

Iz: 32.552,08 cm⁴

Comprobaciones

FlexoComp: **Falla**

Armadura Mín: **Cumple**

Armadura Máx: **Falla**

Pandeo: **Cumple**

Cortante: **Cumple**

Separación Cercos: **Cumple**

Torsión: **Cumple**

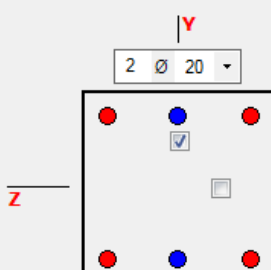
Tabla

ELU	Pos	Nd (kN)	Myd (mkN)	Mzd (mkN)	Nu (kN)	Myu (mkN)	Mzu (mkN)	Coef
1	Sup	276,47	5,53	123,70	259,35	5,50	116,17	0.94
1	Inf	284,69	5,69	119,52	277,73	5,34	116,45	0.98
2	Sup	276,48	5,53	123,71	259,35	5,50	116,17	0.94
2	Inf	284,71	5,69	119,52	277,73	5,34	116,45	0.98
3	Sup	275,63	5,51	122,05	262,44	5,48	116,22	0.95

Modifique las dimensiones de la sección o su armado hasta que todos los coeficientes de resistencia, correspondientes al conjunto de ELU, sean mayores que 1,00. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.

Probamos con 4 del 25 en esquinas y 2 del 20 sólo en las caras horizontales; cumple a flexocompresión pero nos pasamos de cuantía.

Peritar Pilar 6.3 (Barra 50)



Armadura esquinas: 4 Ø 25

Armadura cercos: Ø / 0

Longitud Pilar: 390,00 cm

L Pandeo Y: 221,95 cm

Esbeltez Y: 30,75

L Pandeo Z: 218,90 cm

Esbeltez Z: 30,33

Columna de pilares

Ver pilar superior

Nombre de la columna: 6

Nº de pilares: 2

Pilar actual: 6.3

Ver pilar inferior

<< Información básica

Comprobaciones

Falla

Guardar

Restablecer

U. tot (kN): 1288,05

W (cuantía): 1,24

Cortante Máx. Vrd (kN): 70,68

Cortante Agot. Vu1 (kN): 258,75

FlexoComp: **Cumple**

Armadura Mín: **Cumple**

Armadura Máx: Falla

Pandeo: **Cumple**

Cortante: **Cumple**

Separación Cercos: **Cumple**

Torsión: **Cumple**

ELU	Pos	Nd (kN)	Myd (mkN)	Mzd (mkN)	Nu (kN)	Myu (mkN)	Mzu (mkN)	Coef
1	Sup	276,47	5,53	123,70	288,86	5,79	129,14	1.04
1	Inf	284,69	5,69	119,52	309,80	6,46	129,95	1.09
2	Sup	276,48	5,53	123,71	288,86	5,79	129,14	1.04
2	Inf	284,71	5,69	119,52	309,80	6,46	129,95	1.09
3	Sup	275,63	5,51	122,05	292,11	5,73	129,33	1.06

Sección

Base: 25,00 cm

Altura: 25,00 cm

Área: 625,00 cm²

Ix: 55.078,13 cm⁴

Iy: 32.552,08 cm⁴

Iz: 32.552,08 cm⁴

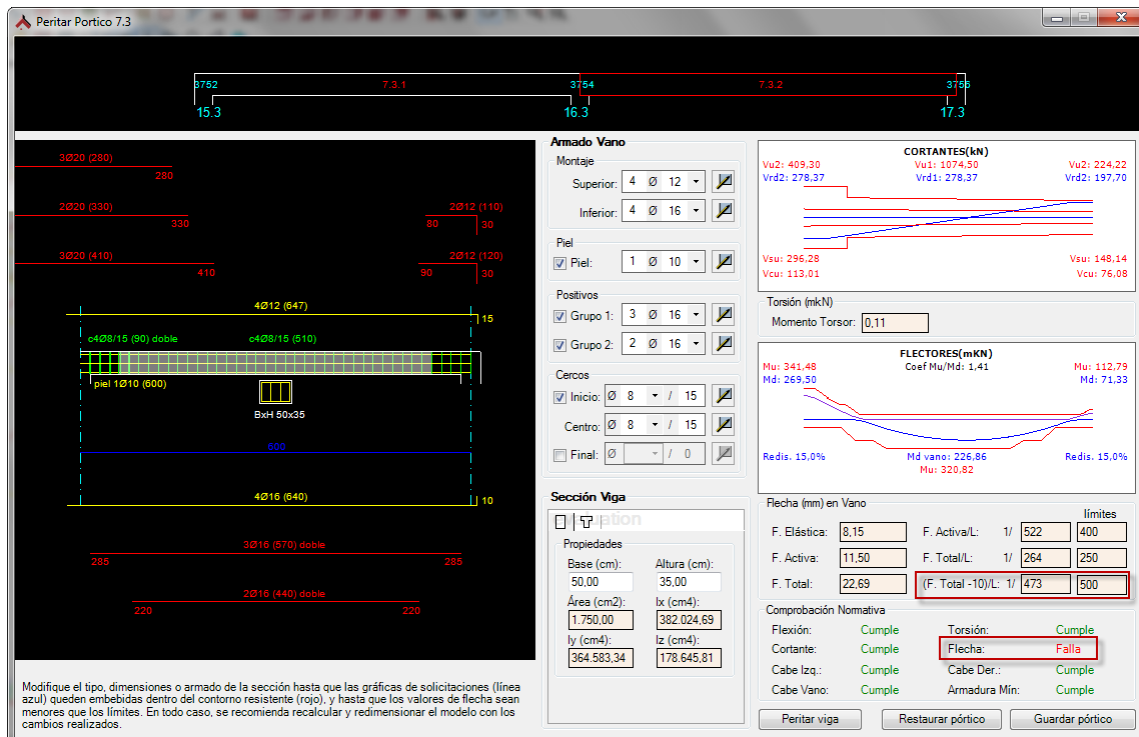
Modifique las dimensiones de la sección o su armado hasta que todos los coeficientes de resistencia, correspondientes al conjunto de ELU, sean mayores que 1,00. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.

En definitiva, comprobamos que peritar manualmente un pilar sólo debe hacerse en casos excepcionales, pues lo normal es que si no se ha podido dimensionar, no se pueda hacerlo cumplir manualmente. Además, no es recomendable recurrir a armados complicados. Por ello, lo único que podemos hacer es aumentar el tamaño del pilar y ver si cumple con un armado razonable que coloque a mano, simplemente para corroborar que cuando redimensione todos los pilares con ese tamaño no voy a tener problema. Probamos con 30x30, 4 del 20 en esquinas y 2 del 20 en caras. Cumple sobrado.

Finalmente, debemos rastrear el porqué del no cumplimiento de las vigas. Hay muchas vigas en la lista; lo primero que debemos estudiar es la causa (resistencia o flecha), pues será mucho más grave que no cumpla a resistencia que a flecha. Clicamos en *Seleccionar falla resistencia* y vemos que sólo son 3 vigas las que no se han podido armar. Las de la parte izquierda se debe probablemente a que su sección es menor que el resto (25x35 frente a 50x35); la de la parte derecha se trata de un zuncho de escalera de sección demasiado pequeña (20x30).

Clicamos ahora en *Seleccionar falla flecha*, y vemos que son bastantes las que no cumplen. Lo ideal ahora es analizar si les falta mucho o poco para que la flecha sea admisible; para ello peritamos algunas de cubierta y planta primera, como por ejemplo la viga 7.3.2. Aquí observamos que el factor de flecha total – 1cm es 473, inferior a 500. Luego lo mejor es que desde *Editar* aumentemos, por ejemplo, el ancho de la viga, suponiendo que no deseamos que aparezcan descuelgues. Otra opción sería aumentar el tamaño de los pilares para incrementar el grado de empotramiento de las vigas y así

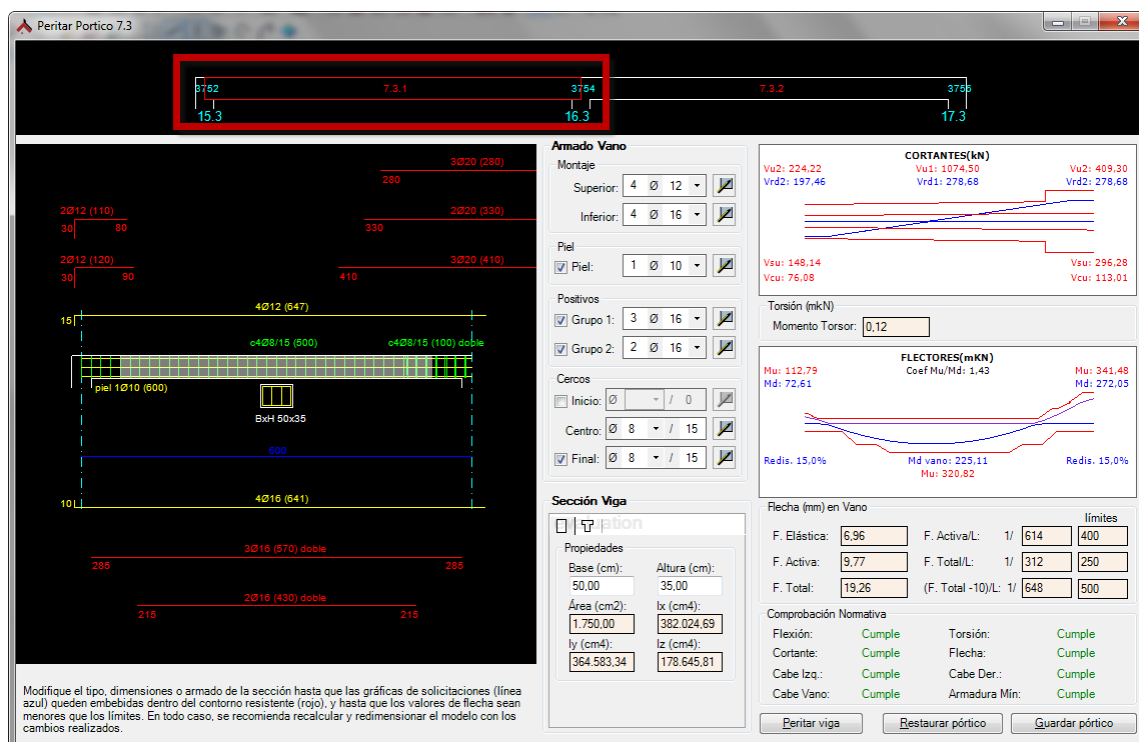
disminuir el giro de los extremos, pero ya hemos visto que los pilares ya estaban algo sobredimensionados.



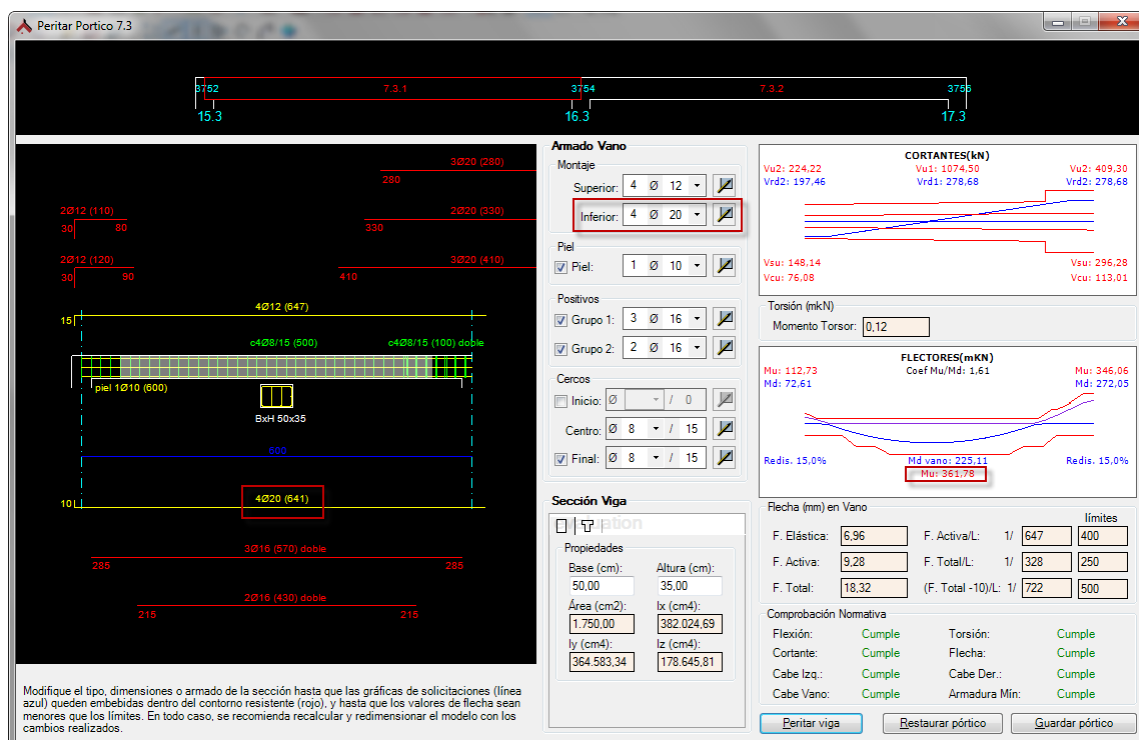
Aprovechamos esta viga que cumple para explicar el funcionamiento de la ventana de peritación. Se distribuye en varias partes:

- Esquema de la situación de la viga dentro del pórtico al que pertenece (parte superior): aquí se puede clicar en las sucesivas vigas para ver su armado.
- Esquema de armado (parte izquierda): se ofrece una vista preliminar del plano de armado de la viga, siguiendo el grafismo usual.
- Información editable de armado (parte central). Desde aquí se puede modificar las familias, cantidades y diámetros de las armaduras de la viga.
- Información de sección (parte inferior), para cambiar las dimensiones o el tipo (rectangular o "T").
- Esquemas de resistencia (derecha): muestran gráficamente la relación entre las solicitaciones (línea azul) y la resistencia (línea roja) en cada punto de la viga. Para cumplir, la línea azul debe encontrarse "embebida" dentro del contorno rojo.
- Información sobre las flechas (derecha abajo).
- Comprobaciones (derecha abajo).

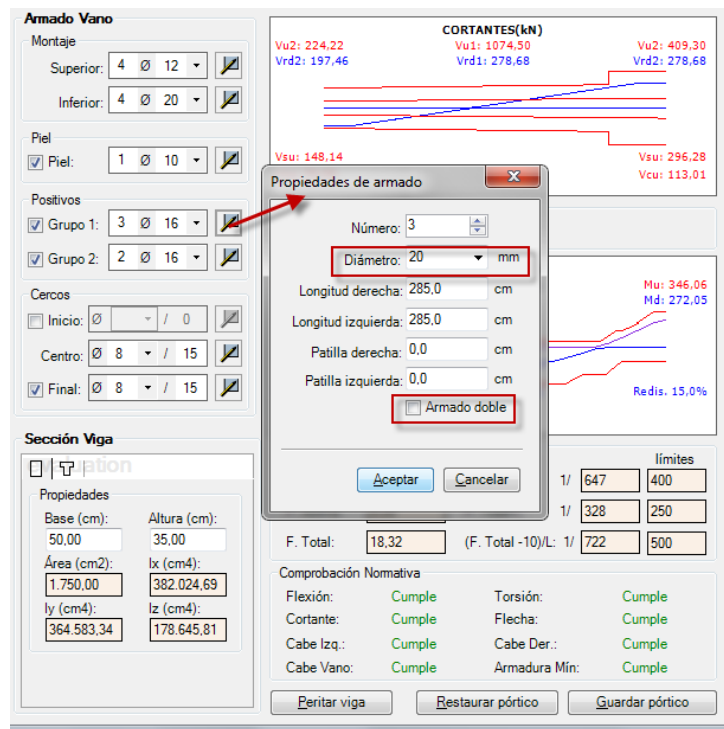
Vamos a modificar el armado de la viga contigua (7.3.1). Lo primero que hacemos es seleccionarla en el esquema superior de pórtico.



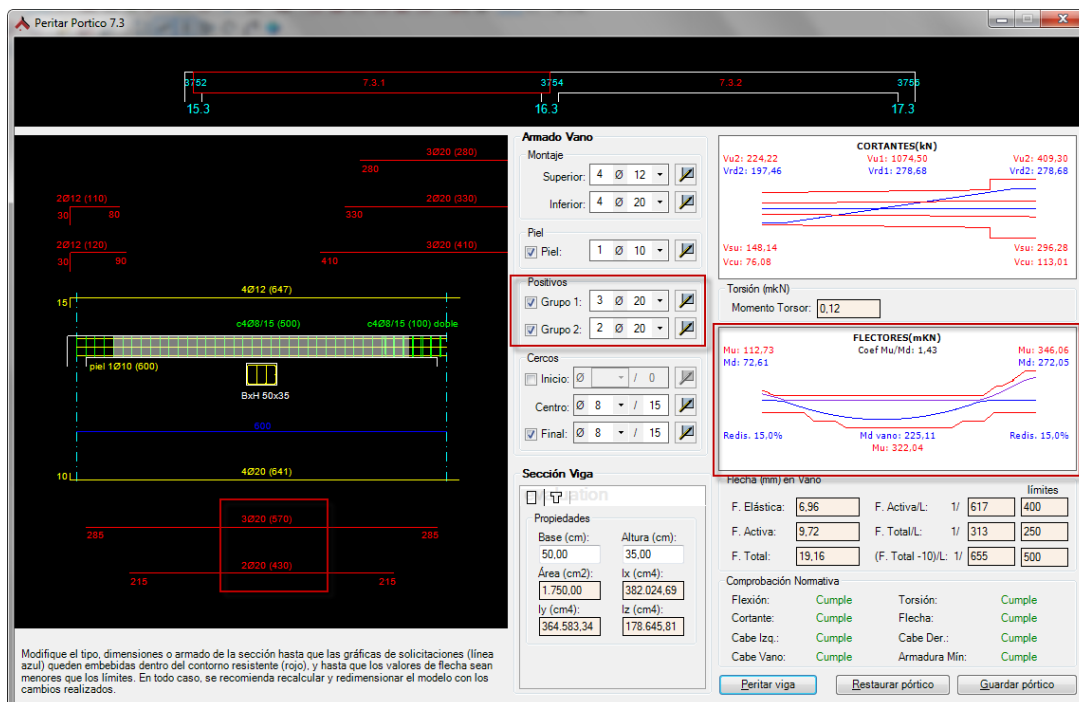
Observamos que el armado inferior que el programa ha colocado son dos familias de redondos dobles del 16. Vamos a intentar conseguir un armado de positivos con redondos simples. Lo primero que hacemos es colocar como armadura de montaje 4 del 20; para ver los cambios producidos, clicamos en *Peritar viga*. Observamos que el momento resistente en centro de vano aumenta hasta 361'78 kNm.



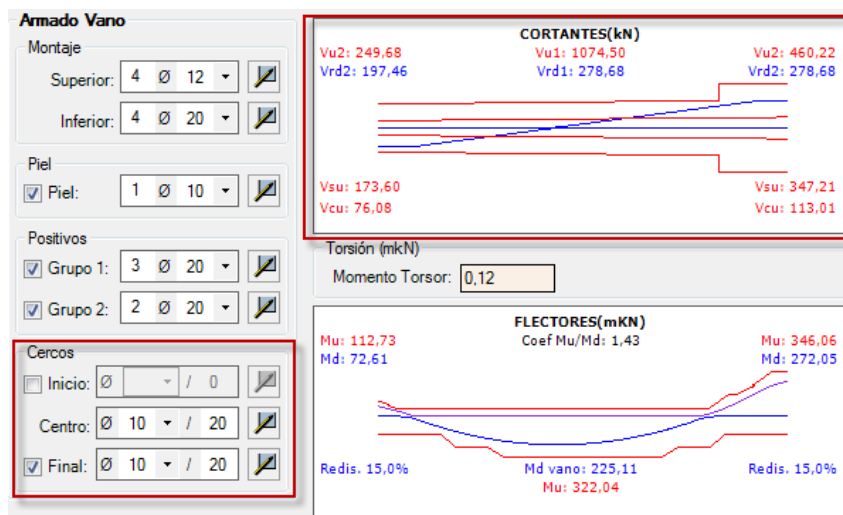
Ahora, para sustituir los positivos dobles por simples, debemos entrar en la ventana de detalle de armado, desactivar la opción de armado doble y sustituir el diámetro 16 por 20; esta operación se debe efectuar para las dos familias de positivos.



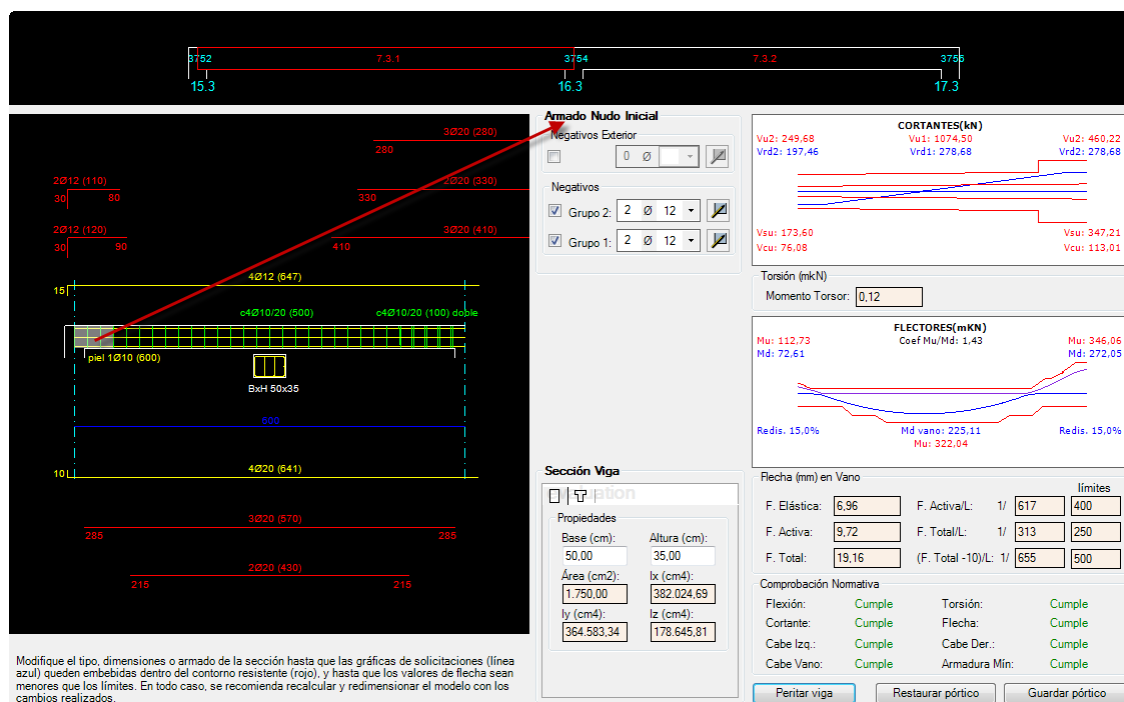
Al actualizar los datos (*Peritar viga*), observamos que sigue cumpliendo.



Para los cercos podemos probar distintas combinaciones. El programa ha colocado cercos del 8 cada 15, dobles en los extremos. Podemos probar si con cercos del 10 cada 20 cumplimos, como así es.

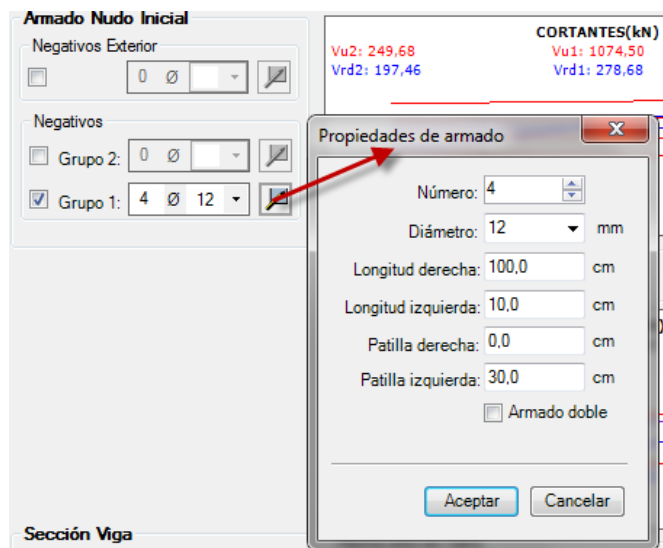


Si ahora queremos revisar el armado de negativos, debemos clicar sobre el nudo izquierdo o derecho en el esquema de armado de la parte izquierda de la ventana.

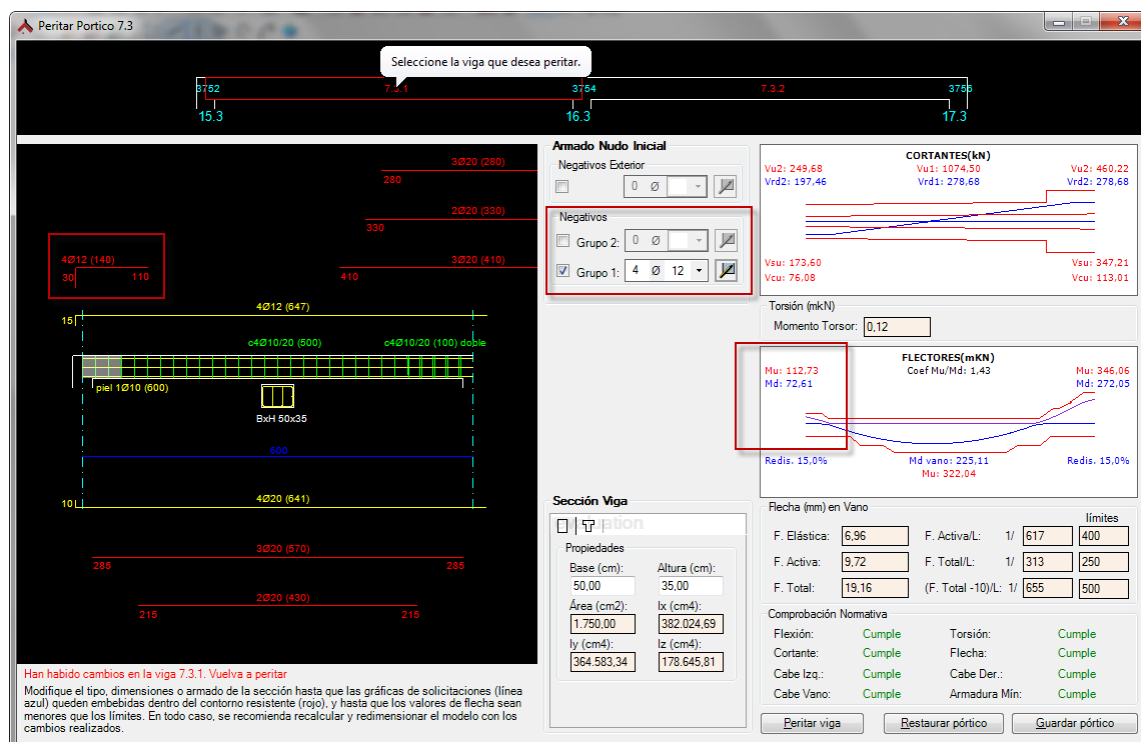


Vamos a intentar resolver los negativos con una sola familia. Procedemos de la siguiente manera: desactivamos la 2ª familia ("grupo 2"), en el grupo 1 colocamos 4 del 12, abrimos el detalle de armado y le damos las longitudes: 100 cm por la derecha, 10 por la

izquierda (desde el eje del pilar hasta el borde hay $30/2 = 15$ cm, quitándole 3'5 de recubrimiento quedarían 11'5 cm), y patilla izquierda 30 cm (canto 35 – 3'5 recubrimiento = 31'5).



Actualizamos datos (*Peritar viga*) y comprobamos que sigue cumpliendo. Salimos de la viga sin guardar cambios.

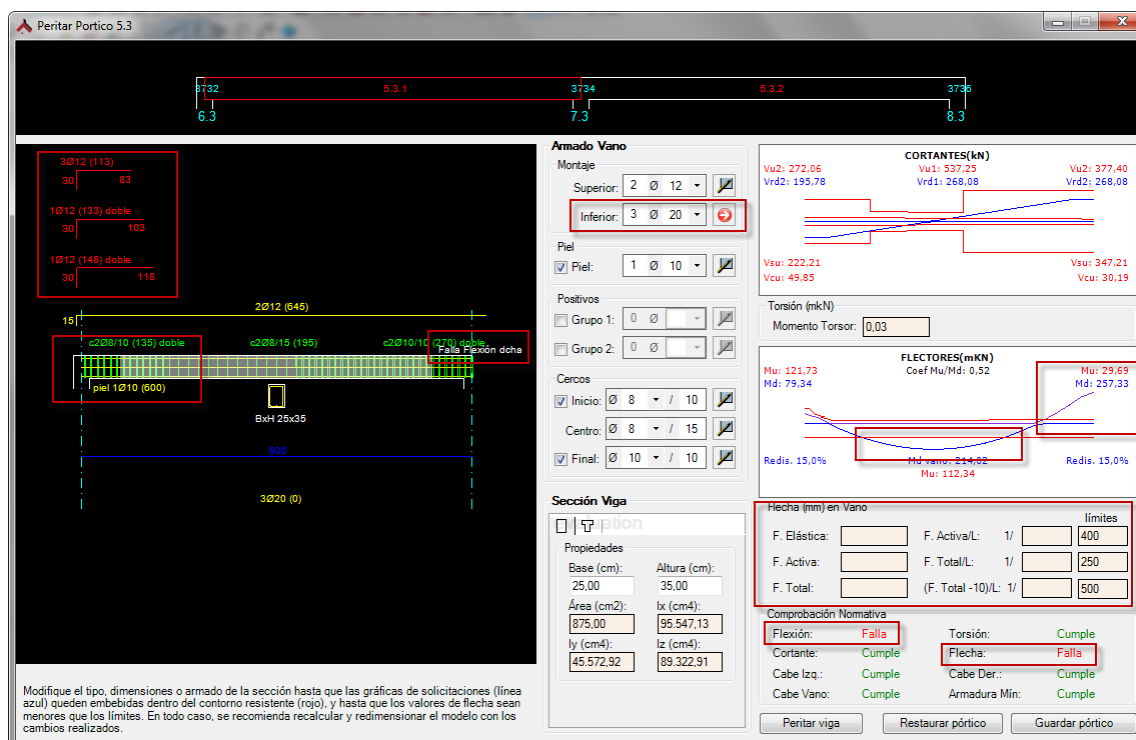


Simplemente nos queda ver las causas del no cumplimiento de las vigas a resistencia. Abrimos la ventana de peritaje de la viga 5.3.1, por ejemplo, y observamos varias cosas:

- La viga falla a flexión y a flecha, pero los valores de flecha no aparecen. Siempre que una viga no se pueda armar totalmente, no se calcula la flecha, puesto que

la armadura de compresión influye decisivamente en la flecha diferida y por tanto el dato sería erróneo

- El fallo a flexión se concreta en el esquema que se trata de un fallo en el nudo derecho, a negativos ("fallo flexión dcha"), pero también un fallo de positivos en vano. Esta descomposición del fallo de flexión en izquierda, vano y derecha también se especifica en el letrero informativo que aparece al pasar el puntero por encima de la viga. En los esquemas resistentes se ve claro dónde falla la viga y por cuánto.
- En el armado inferior base (3 del 20), se ve una flecha roja que indica que dentro hay valores erróneos; si entramos, veremos que al no poder armarse bien, las longitudes que aparecen son nulas.



De todo ello deducimos que el problema de estas vigas es que no tienen sección suficiente. Lo que hay que hacer es aumentarlas de tamaño desde *Editar*. Además, esto tiene la ventaja de que así recalculamos solicitaciones y deformaciones con los nuevos tamaños.

En resumen: debemos hacer las siguientes modificaciones:

- Cambiar los elementos de acero a S275.
- Sustituir todos los pilares metálicos por perfiles más pequeños, por ejemplo HEB 120.
- Colocar un HEB 120 también en el pilar metálico que soporta el rellano de la escalera.
- Sustituir todas las vigas metálicas por HEB 180.
- Aumentar el tamaño de los pilares de hormigón que fallaban hasta 30x30, y así quedan de similar sección al resto.
- Aumentar el ancho de las vigas de hormigón hasta 55 cm, para que cumplan a flecha.

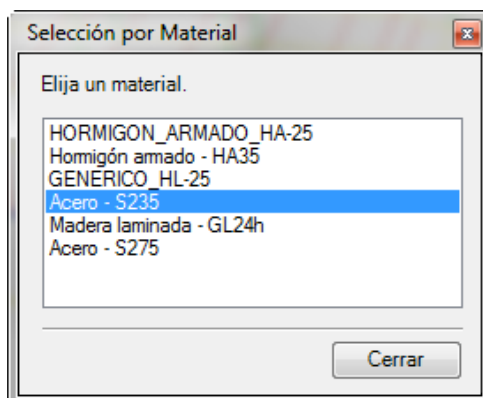
- Aumentar hasta ese mismo tamaño las vigas de hormigón que fallan a resistencia
- Aumentar de tamaño el zuncho de hormigón de la escalera, hasta 35x35
- Aumentar de ancho el zuncho de hormigón del volumen corto, que no cumplía a flecha, hasta 25x35

¿Cómo se decide si estas modificaciones son muchas o pocas como para volver a Architrave® Diseño y remodelar la estructura, volver a exportar, etc.? Lo que más peso tiene en esta decisión es estimar si va a ser fácil o no seleccionar las barras en Architrave® Cálculo, pues la edición es bastante sencilla. En nuestro caso parece que, al tener adecuadamente organizado el modelo en capas, será fácil seleccionar los elementos deseados, y por tanto no hace falta volver al módulo de diseño.

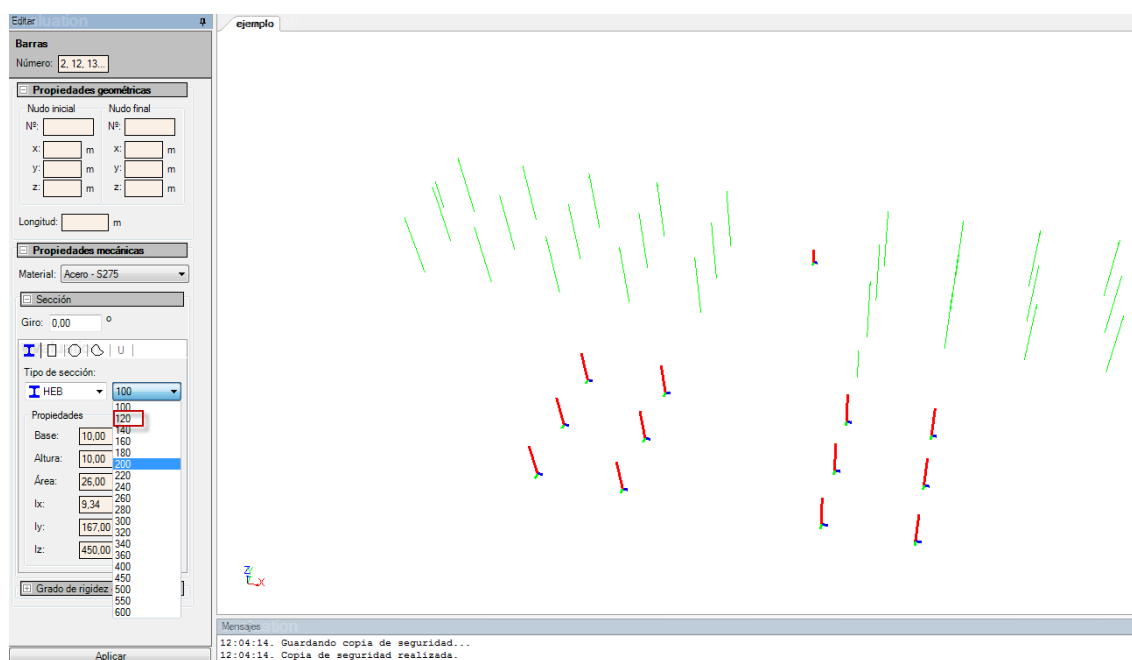
Lo primero que debemos hacer es cambiar a la pestaña de *Editar* y clicar en *Habilitar edición*, con lo cual desaparecerán los resultados de análisis y dimensionado. Es muy importante esperar a haber peritado todos los elementos deseados antes de modificar ninguno, pues se pierde la información.

El material acero lo cambiamos de la siguiente manera: *Seleccionar* → *Barras* → *Por material*, y escogemos S235.

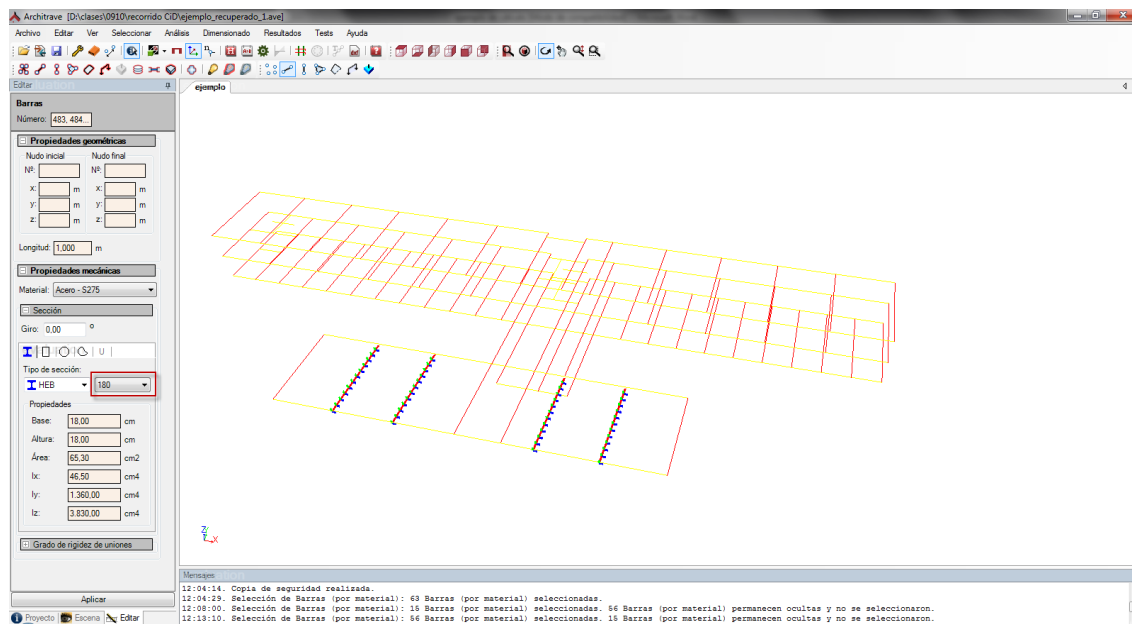
Una vez seleccionadas todas las barras de ese acero, en la pestaña de *Editar* modificamos el material a acero S275 y clicamos en *Aplicar*. Podemos entonces eliminar si lo deseamos el material S235 de la escena, desde la ventana de materiales.



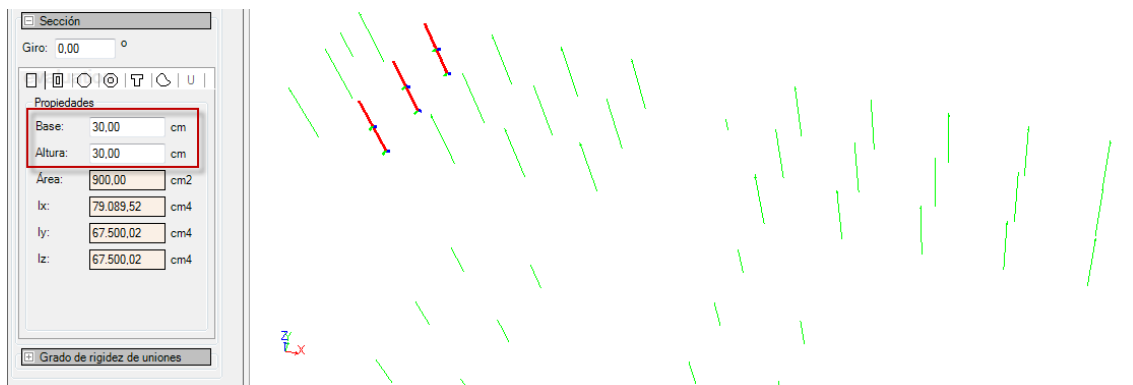
Para modificar los pilares metálicos, ocultamos las vigas y ejecutamos *Seleccionar* → *Barras* → *Por material*, y escogemos S275. Quedan así seleccionados todos los pilares que queríamos cambiar, excepto dos pilares superpuestos en la escalera izquierda. Los deseleccionamos clicando sobre ellos con *Control* pulsado. A continuación colocamos el HEB 120 en la pestaña de *Editar*, y aplicamos cambios.



Para modificar las vigas metálicas, ocultamos pilares, activamos vigas y ejecutamos **Seleccionar → Barras → Por material**, y escogemos S275. Quedan así seleccionadas todas las vigas que queríamos cambiar, excepto dos zunchos de rellano de escalera. Los deseccionamos clicando sobre ellos con **Control** pulsado. A continuación colocamos el HEB 120 en la pestaña de *Editar*, y aplicamos cambios.



Ahora vamos a seleccionar los 6 pilares de 25x25 de los cuales fallaban 3 (hay que habérselos apuntado antes, pues ahora esa información no está disponible). Mostramos pilares, ocultamos vigas y seleccionamos manualmente esos 6 pilares; les aumentamos la sección y aplicamos cambios.

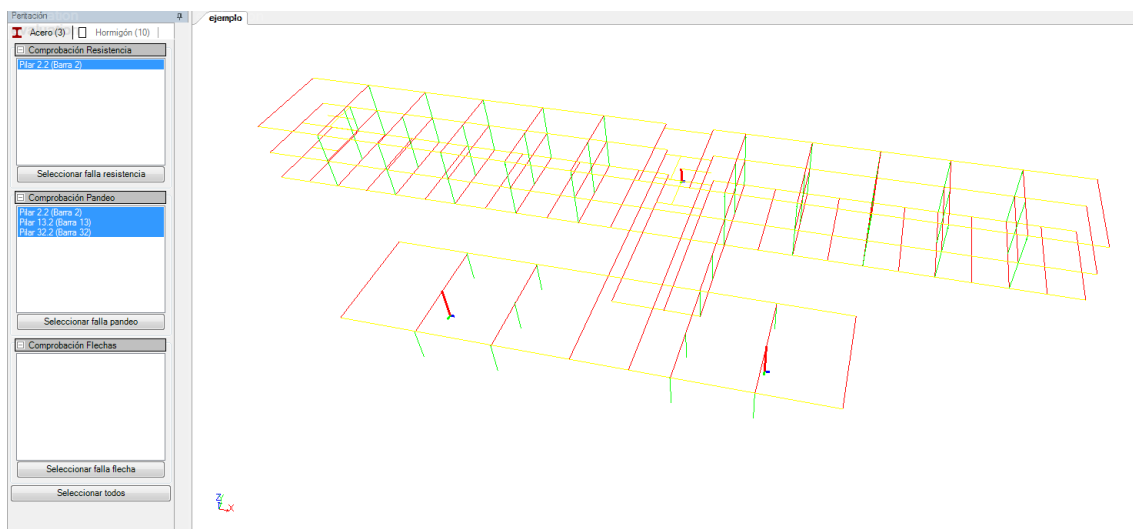


Para seleccionar las vigas de hormigón, desactivamos los pilares, ocultamos las capas de zunchos y la de vigas de planta baja (V+00), seleccionamos las de material HA-35, y desactivamos las de canto 30x35 manualmente (las del pasaje entre los dos volúmenes del edificio). Les aumentamos el ancho hasta 55 cm y aplicamos cambios. A continuación, de forma manual modificamos los tamaños del zuncho de la escalera central hasta 35x35.

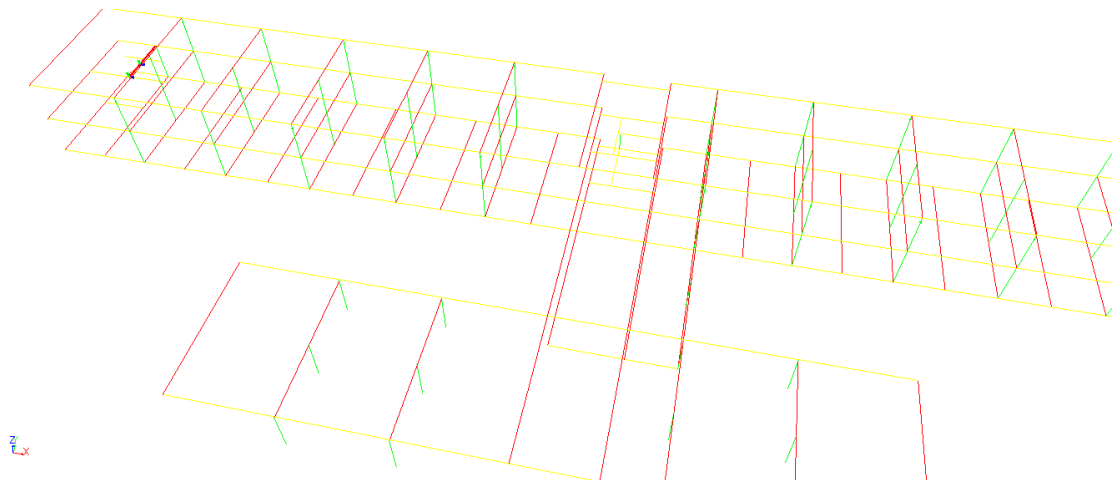
Por último, aislamos la capa Z+01, seleccionamos todo y vamos deseleccionando los zunchos del volumen grande. Esta es la única operación relativamente costosa. Los aumentamos hasta 25x35.

Tras volver a calcular y dimensionar (los parámetros de dimensionado no han cambiado desde el último uso), observamos que:

- Tres pilares metálicos fallan a pandeo: el de la escalera y dos centrales del cuerpo pequeño. Viendo los letreros de cada uno, vemos que fallan por muy poco (1'03, 1'00 y 1'04), luego podríamos mantenerlos tal cual (ahí entra el criterio del usuario).
- Varias vigas de hormigón de la cubierta del volumen largo fallan a flecha. Si entramos en la ventana de peritaje de alguna de ellas, vemos que fallan no por poco. Luego deberíamos aumentar todas las vigas hasta 60x35.



Efectuamos esta última operación, calculamos y dimensionamos, y en esta ocasión vemos que sólo falla un zuncho de borde de escalera, de hormigón. Le damos un canto de 30x35, calculamos, dimensionamos y vemos que ya cumple todo (excepto esos pilares metálicos que hemos decidido no aumentar).



6.8 Resultados

El último paso del análisis estructural consiste en la generación de planos estructurales. Esta acción se lleva a cabo desde *Resultados* → *Generar planos*; se crea una carpeta que contiene archivos DXF, correspondientes a:

- Cuadro de pilares de la estructura completa
- Planos de vigas, un plano por cada nivel
- Planos de forjado, un plano por cada nivel






En nuestro caso, se han creado y planos: un cuadro de pilares, 4 planos de forjado (cimentación, forjado sanitario y dos plantas) y 3 de vigas (los mismos excepto cimentación). Estos planos se crean independientemente de que haya elementos que "fallen", en cuyo caso faltará información relativa a armado y se incluirán letreros que indican el fallo.

Empezamos por abrir con AutoCAD® el cuadro de pilares ("ejemplo Cuadro de pilares.dxf"). Se representa en abscisas los distintos niveles y en ordenadas las columnas, siguiendo la numeración definida después del dimensionado. Como el modelo contenía pilares no dimensionables (uno de madera), junto al título aparece el texto "La estructura contiene pilares no dimensionados".

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Nivel 2, Cota 4,75	HEB 100		HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30
Nivel 1, Cota 0,85	HEB 100	HEB 100	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30	HEB 100 L=300x30
Nivel 0, Cota -0,85																			

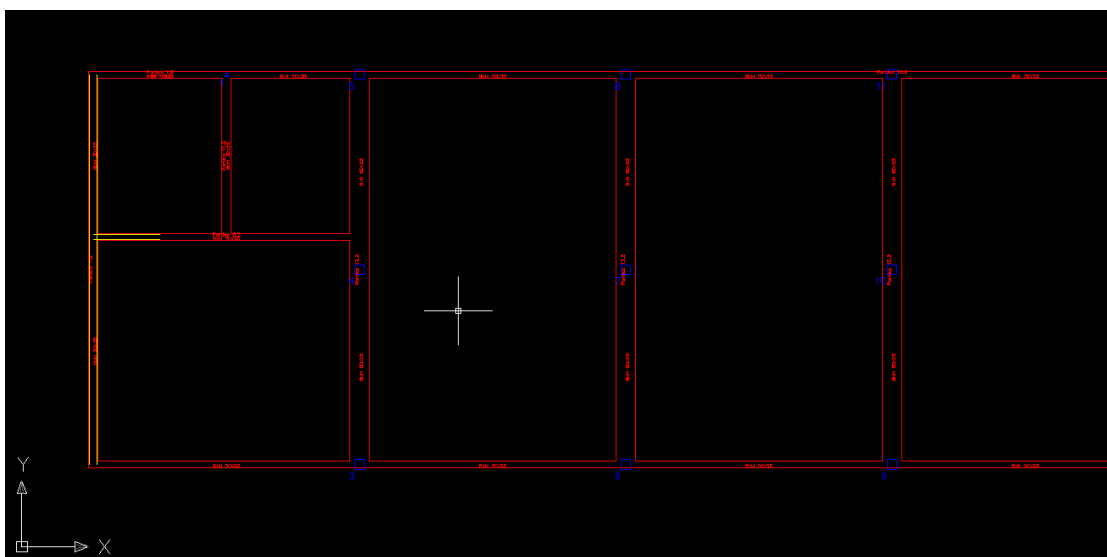
La información que hay dentro de cada celda es distinta según el pilar sea de acero o de hormigón armado:

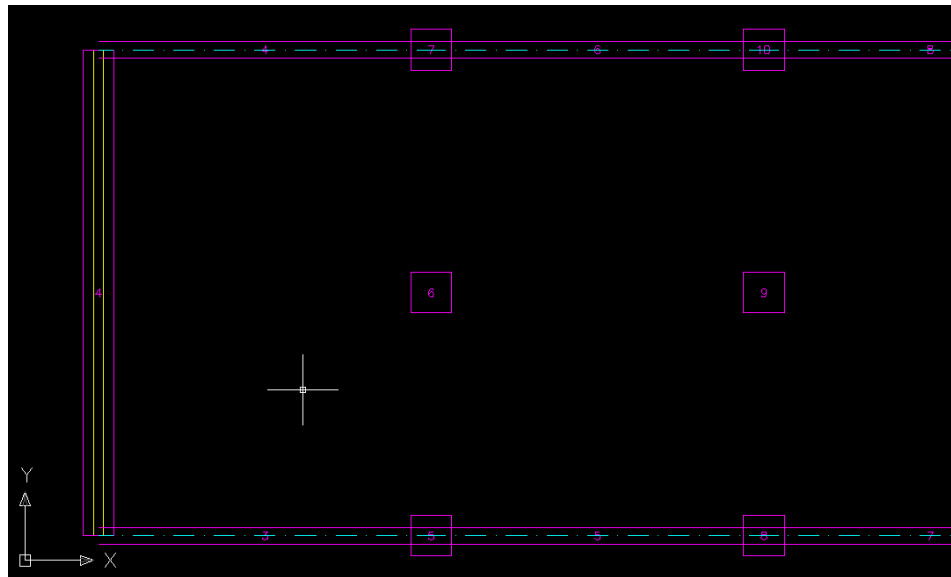
- Acero: dibujo de la sección del perfil, girado en su caso; nombre del perfil y texto que justifica el cumplimiento o no de la normativa (incluido en capa distinta para poder desactivarlo fácilmente).
- Hormigón: dibujo de la sección de la barra armada, girada en su caso; dimensiones de la sección; armado del pilar, expresado como suma de tres conjuntos (esquinas, caras horizontales y caras verticales); cercos; y longitudes y solapes de armaduras.
- Materiales no dimensionados: dibujo de la sección de la barra, girada en su caso; dimensiones de la sección; y texto aclaratorio de su ausencia de dimensionado.

 <p>HEB 100</p> <p>Cumple Normativa CTE</p>	 <p>HEB 120</p> <p>Falla: Pandeo y Resistencia.</p>	 <p>BxH 30x30</p> <p>4Ø20+2Ø20+2Ø20</p> <p>cØ8/15</p> <p>L=390+55</p>	 <p>BxH 30x30</p> <p>4Ø16</p> <p>cØ8/15</p> <p>L=390+35</p>	 <p>BxH 30x30</p> <p>4Ø20+2Ø20+2Ø20</p> <p>cØ8/15</p> <p>L=390+55</p>
--	--	--	---	--

A continuación abrimos las plantas de forjado. Estos planos contienen la siguiente información, organizada adecuadamente en capas:

- Contornos de pilares inferiores en su posición real, numerados con el mismo criterio que en el cuadro de pilares.
- Contornos de vigas, indicando el pórtico al que pertenecen y sus dimensiones.
- Contornos (sin testeros) de muros inferiores.
- Contornos de zapatas y riostras, numeradas.

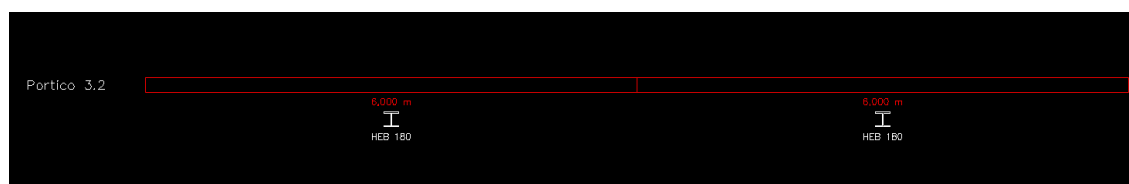




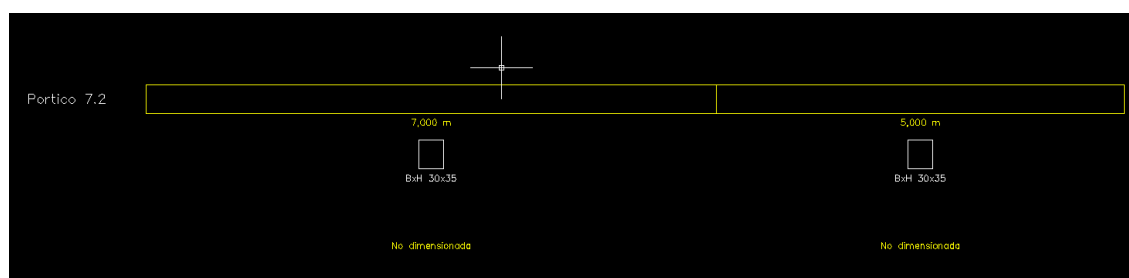
Para un proyecto de ejecución de estructura, estas plantas deben completarse con los despieces de viguetas o los armados de losas, según el caso, y acotarse debidamente.

Por último, abrimos los despieces de vigas. Estos planos contienen la siguiente información, organizada adecuadamente en capas:

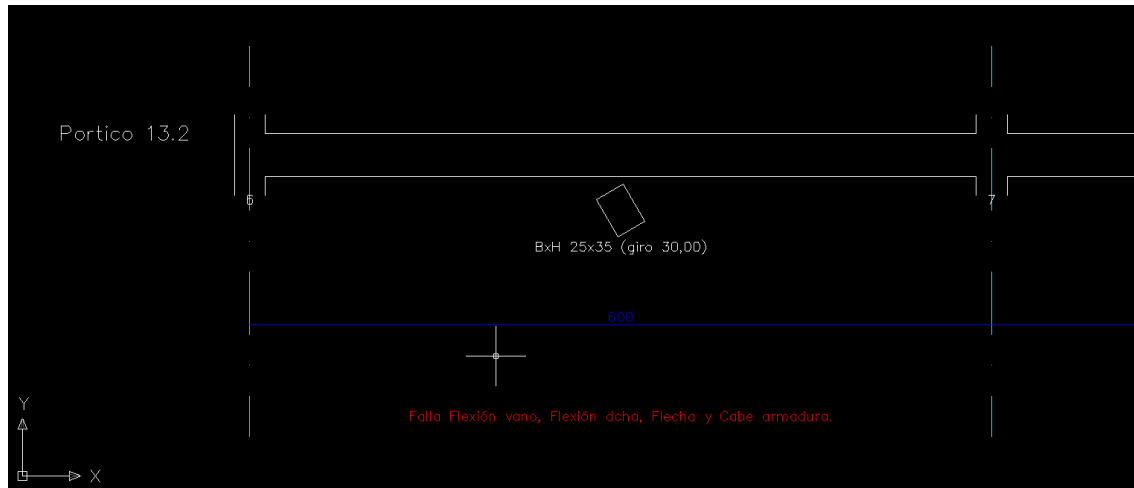
- Alzados de pórticos de cualquier material, dimensionable o no dimensionable, numerados.
- Longitudes de cada tramo y separación de vanos.
- Sección abatida en su posición real, girada en su caso y con especificación de dimensiones o nombre del perfil, y ángulo de giro en su caso.
- En vigas de hormigón armado, esquema acotado de armaduras: armado base, cercos, armado de piel, familias de positivos y familias de negativos.



Las vigas no dimensionadas se representan sólo mediante su contorno y se les añade un letrero explicativo.



Las vigas que fallan llevan un letrero añadido referente a las causas del fallo, y en el caso de hormigón carecen de armado.



Y con esto termina el proceso usual del proyecto estructural. Para próximas versiones de Architrave® estarán incluidas funciones tales como el dimensionado de la cimentación, el análisis dinámico (sismo), el armado automático de losas y muros y el dimensionado de uniones de acero.